



PROYEK AKHIR - RC 090342

**STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN
BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA
ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN KHUSUS (SRPMK)**

DAFID PURNAMA WIJAYA
NRP 3111 030 067
VICKY TRI SETYA SUMARTONO
NRP 3111 030 084

Dosen Pembimbing
YUYUN TAJUNNISA, ST. MT
NIP. 19780201 2006042 002

PROGRAM DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



PROYEK AKHIR - RC 090342

**STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN
BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA
ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN KHUSUS (SRPMK)**

DAFID PURNAMA WIJAYA
NRP 3111 030 067
VICKY TRI SETYA SUMARTONO
NRP 3111 030 084

Dosen Pembimbing
YUYUN TAJUNNISA, ST. MT
NIP. 19780201 2006042 002

PROGRAM DIPLOMA III TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



FINAL PROJECT - RC 090342

COMPARATIVE STUDY OF 4-STORY REINFORCED CONCRETE EARTHQUAKE RESISTANT BUILDING PERFORMANCE WITH INTERMEDIATE (SRPMM) AND SPECIAL MOMENT RESISTING SYSTEM (SRPMK)

DAFID PURNAMA WIJAYA
NRP 3111 030 067
VICKY TRI SETYA SUMARTONO
NRP 3111 030 084

Consellor Lecture
YUYUN TAJUNNISA, ST. MT
NIP. 19780201 2006042 002

DIPLOMA III CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2014



FINAL PROJECT - RC 090342

**COMPARATIVE STUDY OF 4-STORY REINFORCED
CONCRETE EARTHQUAKE RESISTANT BUILDING
PERFORMANCE WITH INTERMEDIATE (SRPMM) AND
SPECIAL MOMENT RESISTING SYSTEM (SRPMK)**

DAFID PURNAMA WIJAYA
NRP 3111 030 067
VICKY TRI SETYA SUMARTONO
NRP 3111 030 084

Consellor Lecture
YUYUN TAJUNNISA, ST. MT
NIP. 19780201 2006042 002

DIPLOMA III CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2014

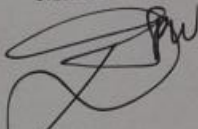
**STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN
BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA
ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN KHUSUS (SRPMK)**

PROYEK AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik pada
Bidang Studi Bangunan Gedung
Program Studi Diploma III Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

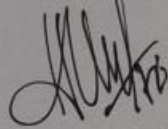
Oleh :

Mahasiswa I




DAFID PURNAMA WIJAYA
NRP. 3111 030 067

Mahasiswa II



VICKY TRI SETYA SUMARTONO
NRP. 3111 030 084

Disetujui oleh Pembimbing Proyek Akhir


YUYUN TAJUNNISA, ST, MT
NIP. 19780201 20060421002

SURABAYA, 2014

**STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN
BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA
ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN KHUSUS (SRPMK)**

Dosen Pembimbing : Yuyun Tajunnisa, ST. MT
19780201 2006042 002
Mahasiswa 1 : Dafid Purnama Wijaya
3111 030 067
Mahasiswa 2 : Vicky Tri Setya Sumartono
3111 030 084

ABSTRAK

Pada Proyek Akhir ini membandingkan evaluasi kinerja struktur bangunan rusunawa beton bertulang tahan gempa dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Khusus (SRPMK). Bangunan diasumsikan berada di zona gempa 5. Analisis dan evaluasi kinerja bangunan pada Proyek Akhir ini menggunakan *pushover* yang terdapat pada SAP2000. Hasil perbandingan dari analisis struktur antara SRPMM dan SRPMK dengan menggunakan dimensi struktur yang sama adalah adanya perbedaan pada jumlah tulangan yang dibutuhkan. Berat total tulangan pada balok SRPMM adalah 24,61 ton, sedangkan untuk SRPMK sebesar 20,97 ton, sehingga rasio berat tulangan lentur pada balok antara SRPMM dan SRPMK adalah 1,17 : 1. Adapun berat total tulangan kolom SRPMM adalah 90,1 ton, sedangkan untuk SRPMK sebesar 115 ton, sehingga rasio berat tulangan pada kolom antara SRPMM dan SRPMK adalah 1 : 1,28. Kinerja struktur pada SRPMM berdasarkan hasil *pushover* menunjukkan bahwa step ke-1 hingga step ke-4 terjadi peralihan pada kategori *Immediate Occupancy* (IO), hal ini berarti ada

sedikit kerusakan struktural pada bangunan dan masih dapat difungsikan kembali. Jumlah sendi plastis berturut-turut pada step 1 hingga 5 yaitu : 2, 5, 60, 282, 408. Nilai daktilitas sesuai SNI 1726-2002 psl. 4.3.1 memenuhi persyaratan yakni $\mu\Delta = 18,96 > \mu\Delta = 3,3$ dan $R = 30,34 > R = 5,5$. Sedangkan pada metode SRPMK, menunjukkan bahwa step ke-2 hingga step ke-3 terjadi peralihan pada kategori *Immediate Occupancy*. Jumlah sendi plastis berturut-turut pada step 2 hingga 6 yaitu : 0, 2, 94, 332, 378, 428. Nilai daktilitas tidak memenuhi persyaratan SNI 1726-2002 psl. 4.3.1 yakni $\mu\Delta = 4,155 < \mu\Delta = 5,2$ dan $R = 6,65 < R = 8,5$).

Kata kunci ; evaluasi kinerja, analisis *pushover*, rasio berat tulangan, SRPMM, SRPMK, peralihan, sendi plastis, *immediate occupancy*, daktilitas.

**COMPARATIVE STUDY OF 4-STORY REINFORCED
CONCRETE EARTHQUAKE RESISTANT BUILDING
PERFORMANCE WITH INTERMEDIATE (SRPMM) AND
SPECIAL MOMENT RESISTING SYSTEM (SRPMK)**

Consellor lecturer : Yuyun Tajunnisa, ST. MT
19780201 2006042 002

Student 1 : Dafid Purnama Wijaya
3111 030 067

Student 2 : Vicky Tri Setya Sumartono
3111 030 084

ABSTRACT

This final project is to compare the performance of reinforced concrete building and earthquake resistant with a method of intermediate moment frame system (SRPMM) and special (SRPMK). This building is assumed to be in an earthquake zone 5. Analysis and evaluation of the building performance in this final project are using pushover built in SAP2000. Result of the comparison of structure analysis between intermediate moment frame system (SRPMM) and special (SRPMK) using the same structure dimension are the difference in amount of reinforcement required. Total weight of special moment (SRPMK) beam reinforcement is 20,36 ton, and for intermediate moment (SRPMM) is 23,67 ton, and weight ratio of beam flexural reinforcement between SRPMM and SRPMK is 1,17:1. As for total weight of intermediate moment (SRPMM) column reinforcement is 90,1 ton, and for special moment (SRPMK) is 115 ton, and weight ratio of column reinforcement between SRPMM and SRPMK is 1:1,28. Performance of the structure in SRPMM based on the result of pushover show that step 1 to step 4 occurs the the transition in category of Immediate

Occupancy (IO), this means that there is a little structural damage to the building and still be able to function again. The amount of consecutive plastic hinges in step 1 to 5 are : 2, 5, 60, 282, 408. Ductility values corresponding to SNI 1726-2002 section 4.3.1 meet the requirements of $\mu\Delta = 18,96 > \mu\Delta = 3,3$ dan $R = 30,34 > R = 5,5$. While the method of SRPMK, shows that step 2 to step 3 occurs the transition in category of Immediate Occupancy (IO). The amount of consecutive plastic hinges in step 2 to 6 are : 0, 2, 94, 332, 378, 428. Ductility values do not meet the requirements of SNI 1726-2002 section 4.3.1 that is $\mu\Delta = 4,155 < \mu\Delta = 5,2$ and $R = 6,65 < R = 8,5$).

keyword ; performance evaluation, pushover analysis, reinforcement weight ratio, SRPMM, SRPMK, transition, plastic hinge, immediate occupancy, ductility.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamiin, segala puji hanya milik Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta sholawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad saw sehingga dapat menyelesaikan dan menyusun Laporan Proyek Akhir ini tepat waktu.

Terselesaikannya laporan Proyek Akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah sangat banyak membantu dan memberi masukan serta arahan kepada kami. Untuk itu kami mengucapkan terima kasih, terutama kepada :

1. Orang tua, saudara-saudara kami tercinta, sebagai penyemangat dan yang telah memberi dukungan moril maupun materil terutama doa.
2. Bu Yuyun Tajunnisa, ST. MT selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, dan motivasi dalam penyusunan proyek akhir ini.
3. Bapak Ir.M. Sigit Darmawan, M.Eng. PhD selaku koordinator Program Studi Diploma III Teknik Sipil.
4. Teman-teman terdekat yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuannya dan saran-saran yang telah diberikan selama proses pengerjaan proyek akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan proyek akhir ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari sempurna, untuk itu kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan proyek akhir ini.

Akhir kata, semoga apa yang kami sajikan dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan semua pihak.

Penyusun

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xxiii
DAFTAR NOTASI	xxv
DAFTAR LAMPIRAN	xxxix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pembebanan	5
2.1.1 Beban mati.....	5
2.1.2 Beban hidup.....	6
2.1.3 Beban gempa	6
2.2 Perbandingan SRPMK dengan SRPMM	11
2.2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen.....	11
2.2.2 Komponen Lentur.....	11
2.2.3 Komponen Terkena Beban Lentur dan Aksial	13
2.2.4 Hubungan Balok-Kolom (HBK).....	16
2.2.5 <i>Pushover Analysis</i>	17
2.2.6 Kinerja Struktur Gedung.....	21
BAB III METODOLOGI.....	23
3.1 Skema.....	23
3.2 Metode Perencanaan	24
BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER.....	31
4.1 Perencanaan Dimensi Struktur Primer	31
BAB V PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER.....	35
5.1 Perencanaan Dimensi Pelat Lantai	35
5.2 Data-data untuk perhitungan tebal pelat	38

BAB VI PEMBEBANAN STRUKTUR	45
6.1 Pembebanan Pelat	45
6.2 Pembebanan Dinding	46
BAB VII PERENCANAAN PONDASI	49
7.1 Perencanaan Pondasi Tipe 1 dan 2	49
7.2 Perhitungan Daya Dukung Ijin Tiang (P_{ijin}).....	49
7.3 Perhitungan Tiang Pancang Kelompok	52
7.4 Perencanaan Tebal <i>Pile Cap</i> (Poer).....	53
7.5 Daya Dukung Tiang dalam Kelompok	59
BAB VIII PEMBEBANAN GEMPA	65
8.1 Pusat Kekakuan dan Titik Berat Bangunan	65
8.2 Pembebanan Gempa	98
BAB IX PEMODELAN STRUKTUR	121
9.1 Langkah-Langkah Pada Pemodelan SAP2000	121
9.2 Langkah-Langkah Analisis Pushover SAP2000 :	135
9.3 Hasil Analisis <i>Pushover</i>	143
BAB X ANALISA MODEL	149
10.1 Analisa Model	149
10.2 Evaluasi Beban Gempa.....	150
10.2.1 Besar gaya geser dasar pada SRPMM	150

10.2.2 Besar gaya geser dasar pada SRPMK	151
10.3 Kontrol Kinerja Batas Layan	151
10.3.1 SRPMM.....	151
10.3.2 SRPMK	152
10.4 Kontrol Kinerja Batas Ultimit	153
10.4.1 SRPMM.....	154
10.4.2 SRPMK	155
BAB XI STRUKTUR SEKUNDER	157
11.1 Perencanaan Penulangan Pelat Lantai	157
BAB XII PERHITUNGAN STRUKTUR PRIMER	169
12.1 Perhitungan Penulangan Balok Metode SRPMM.....	169
12.1.1 Data-data penulangan balok :.....	169
12.1.2 Hasil <i>output</i> dalam analisis SAP2000 :.....	170
12.1.3 Syarat Gaya Aksial pada Balok SRPMM	172
12.1.4 Perhitungan Tulangan Torsi.....	173
12.1.5 Perhitungan tulangan untuk lentur dan geser	179
12.1.6 Perhitungan Panjang Penyaluran	210
12.2 Perhitungan Penulangan Balok Metode SRPMK.....	214
12.2.1 Data-data penulangan balok :.....	214
12.2.2 Hasil <i>output</i> dalam analisis SAP2000 :.....	215
12.2.3 Syarat Gaya Aksial pada Balok SRPMK	217
12.2.4 Perhitungan Tulangan Torsi.....	218

12.2.5	Perhitungan tulangan untuk lentur dan geser	224
12.2.6	Perhitungan Panjang Penyaluran	254
12.3	Perhitungan Penulangan Kolom Metode SRPMM	258
12.3.1	Data-data penulangan balok :	259
12.3.2	Hasil <i>output</i> dalam analisis SAP2000 :	261
12.3.3	Penulangan Lentur Uniaksial X	262
12.3.4	Penulangan Lentur Uniaksial Y	273
12.3.5	Cek Menggunakan Program PCACOL	285
12.3.6	Pengekangan Kolom	286
12.3.7	Panjang Sambungan Lewatan	291
12.4	Perhitungan Penulangan Kolom Metode SRPMK	293
12.4.1	Data-data penulangan balok :	294
12.4.2	Hasil <i>output</i> dalam analisis SAP2000 :	296
12.4.3	Penulangan Lentur Uniaksial X	297
12.4.4	Penulangan Lentur Uniaksial Y	308
12.4.5	Cek Menggunakan Program PCACOL	320
12.4.6	Persyaratan “Kolom Kuat, Balok Lemah”	321
12.4.7	Pengekangan kolom	325
12.4.8	Panjang Sambungan Lewatan Tulangan Kolom ...	328
12.4.9	Desain Hubungan Balok Kolom	330
BAB XIII PERHITUNGAN STRUKTUR BAWAH		335
13.1	Perhitungan Penulangan Sloof Metode SRPMM	335
13.1.1	Data-data penulangan sloof SRPMM:	336
13.1.2	Penulangan lentur sloof SRPMM	338

13.1.3	Penulangan geser sloof SRPMM	342
13.1.4	Perhitungan Panjang Penyaluran	349
13.6	Perhitungan Penulangan Sloof Metode SRPMK	353
13.6.1	Data-data penulangan sloof SRPMK:	354
13.6.2	Penulangan lentur sloof SRPMK	356
13.6.3	Penulangan geser sloof SRPMK.....	360
13.6.4	Perhitungan Panjang Penyaluran	367
13.7	Perhitungan Penulangan Pondasi Metode SRPMM.....	370
13.7.1	Perencanaan lentur <i>pile cap</i> (poer).....	372
13.7.2	Penulangan poer arah sumbu X	373
13.7.3	Penulangan poer arah sumbu Y	378
13.7.4	Penyaluran Tulangan Stek Kolom	383
13.8	Perhitungan Penulangan Pondasi Metode SRPMK	385
13.8.1	Perencanaan lentur <i>pile cap</i> (poer).....	387
13.8.2	Penulangan poer arah sumbu X	388
13.8.3	Penulangan poer arah sumbu Y	393
13.8.4	Penyaluran Tulangan Stek Kolom	398
BAB XIV	PENUTUP	425
14.1	Kesimpulan.....	425

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor-faktor keutamaan I untuk kategori gedung	8
Tabel 2.2 Parameter daktilitas struktur gedung	9
Tabel 2.3 Komponen Sistem Rangka Pemikul Momen	12
Tabel 2.4 Komponen rangka yang mengalami beban lentur dan aksial	14
Tabel 2.5 Perbedaan HBK antara SRPMM dengan SRPMK	16
Tabel 5.1 Perhitungan tebal tipe pelat B dan C	44
Tabel 7.1 Perhitungan jarak X dan Y 2 buah tiang pancang.....	60
Tabel 7.2 Perhitungan jarak X dan Y 4 buah tiang pancang	62
Tabel 8.1 Perhitungan pusat kekakuan bangunan	66
Tabel 8.2 Pusat kekakuan bangunan Rusunawa.....	67
Tabel 8.3 Perhitungan titik berat bangunan.....	68
Tabel 8.4 Titik berat bangunan Rusunawa.....	87
Tabel 8.5 Perhitungan berat bangunan.....	101
Tabel 9.1 Nilai performance point.....	145
Tabel 10.1 Koefisien ζ yang membatasi waktu getar alami.....	149
Tabel 10.2 Modal participation mass ratio.....	150
Tabel 11.1 Penulangan pelat B dan C.....	168

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Respon spektrum zona gempa 5.....	10
Gambar 2.2 Sistem rangka pemikul momen.....	11
Gambar 2.3 Prosedur analisis <i>pushover</i>	18
Gambar 2.4 Metode <i>displacement coefficient</i> FEMA 356.....	19
Gambar 3.1 Denah lantai.....	25
Gambar 3.2 Denah lantai 2-4.....	25
Gambar 3.3 Potongan A-A.....	26
Gambar 5.1 Lokasi pelat yang ditinjau.....	37
Gambar 5.2 Detail pelat yang ditinjau.....	38
Gambar 5.3 Lebar efektif pada balok T dan L	39
Gambar 7. 1 Sketsa pondasi 2 buah tiang pancang.....	60
Gambar 7.2 Sketsa pondasi 4 buah tiang pancang.....	62
Gambar 8.1 Denah pelat, kolom, dan balok.....	67
Gambar 8.2 Grafik respons spektrum gempa rencana.....	99
Gambar 9.1 Pembuatan model baru.....	121
Gambar 9.2 <i>Quick Grid Lines</i>	122
Gambar 9.3 Kotak dialog <i>Coordinate / Grid System</i>	122
Gambar 9.4 Definisi Lokasi <i>Gridline</i>	123
Gambar 9.5 Kotak dialog <i>Define Materials</i>	123
Gambar 9.6 Input data material.....	124
Gambar 9.7 Input data material.....	125
Gambar 9.8 Input data material.....	126
Gambar 9.9 Kotak dialog <i>frame properties</i>	127
Gambar 9.10 kotak dialog <i>frame section properties</i>	127
Gambar 9.11 Kotak dialog <i>rectangular section</i>	128
Gambar 9.12 <i>Reinforcement data</i>	129
Gambar 9.13 kotak dialog <i>area section</i>	130
Gambar 9.14 Data input pelat lantai.....	131

Gambar 9.13 Kotak dialog <i>define load patterns</i>	131
Gambar 9.14 Kotak dialog <i>define load combinations</i>	132
Gambar 9.15 Kotak isian <i>load combination</i>	132
Gambar 9.16 Kotak pemilihan <i>frame</i>	133
Gambar 9.17 Kotak pemilihan pelat	133
Gambar 9.18 Kotak isian beban pada pelat	134
Gambar 9.19 Kotak isian beban pada balok	134
Gambar 9.20 Identitas analisis gravitasi	135
Gambar 9.21 Identitas analisis <i>Pushover</i>	135
Gambar 9.22 Properti data Gravitasi	136
Gambar 9.23 Memasukkan data <i>Pushover</i>	138
Gambar 9.24 <i>Hinge</i> Pada Balok	139
Gambar 9.25 <i>Hinge</i> Pada kolom.....	140
Gambar 9.26 Hasil <i>Running Pushover</i>	142
Gambar 9.27 Kurva Kapasitas.....	143
Gambar 9.28 Kurva Respon Spektrum	144
Gambar 9.29 Step 2 terjadi sendi plastis.....	146
Gambar 9.30 Portal As-2 pada Step 5.....	147
Gambar 9.31 Sendi Plastis Step 10.....	147
Gambar 9.32 Sendi Plastis Step 15.....	148
Gambar 10.1 Gaya geser dasar pada SAP2000 SRPMM.....	150
Gambar 10.2 Gaya geser dasar pada SAP2000 SRPMK	151
Gambar 11.1 Rumus-rumus ACI untuk tebal pelat minimum ..	160
Gambar 11.2 Tinggi efektif pelat.....	162
Gambar 11.3 Detail penulangan plat	168
Gambar 12.1 Lokasi balok yang ditinjau	169
Gambar 12.2 Diagram momen (-) muka tumpuan kiri akibat gravitasi dan gempa.....	171
Gambar 12.3 Diagram Momen (+) muka tumpuan kanan akibat gravitasi & gempa	171

Gambar 12.4 Diagram momen sejarak 2h akibat gravitasi dan gempa.....	171
Gambar 12.5 Diagram geser tumpuan pada balok akibat 1,2DL + LL	171
Gambar 12.6 Diagram momen torsi akibat gravitasi dan gempa	171
Gambar 12.7 Diagram aksial pada balok akibat gravitasi dan gempa.....	171
Gambar 12.8 Diagram geser sejarak 2h akibat 1,2DL+LL	172
Gambar 12.9 Luas Acp dan Aoh	174
Gambar 12.10 Tinggi efektif balok	181
Gambar 12.11 Diagram tegangan regangan lentur tulangan rangkap.....	182
Gambar 12.12 Sketsa hasil perhitungan penulangan lentur balok	200
Gambar 12.13 Detail penulangan balok B1 350/450	209
Gambar 12.14 Lokasi balok yang ditinjau	214
Gambar 12.15 Diagram momen (-) muka tumpuan kiri akibat gravitasi & gempa	216
Gambar 12.17 Diagram momen sejarak 2h akibat gravitasi dan gempa.....	216
Gambar 12.18 Diagram geser tumpuan pada balok akibat 1,2DL + LL	216
Gambar 12.19 Diagram momen torsi akibat gravitasi dan gempa	216
Gambar 12.20 Diagram aksial pada balok akibat gravitasi dan gempa.....	217
Gambar 13.21 Diagram geser sejarak 2h akibat 1,2DL+LL	218
Gambar 12.22 Luas Acp dan Aoh	219
Gambar 12.23 Tinggi efektif balok	226
Gambar 12.24 Diagram tegangan regangan lentur tulangan rangkap kondisi balanced	227

Gambar 12.25 Sketsa hasil perhitungan penulangan lentur balok	244
Gambar 12.26 Detail penulangan balok B1 350/450	253
Gambar 12.27 Kolom yang ditinjau as C-2 frame 500 lantai 1.	260
Gambar 12.28 gaya aksial kombinasi 1,2DL	261
Gambar 12.29 gaya aksial kombinasi 1,2DL + 1,6LL	261
Gambar 12.30 Momen sway 1 akibat kombinasi EX+0,3EY ...	262
Gambar 12.31 Momen sway 2 akibat kombinasi EX+0,3EY ...	262
Gambar 12.32 Momen non-sway 1 akibat kombinasi DL+LL .	262
Gambar 12.33 Momen non-sway 2 akibat kombinasi DL+LL .	262
Gambar 12.34 Grafik alligment kolom.....	266
Gambar 12.35 Kondisi Balanced.....	268
Gambar 12.36 Kondisi tarik menentukan	271
Gambar 12.37 Momen sway 1 akibat kombinasi 0,3EX+EY ...	273
Gambar 12.38 Momen sway 2 akibat kombinasi 0,3EX+EY ...	273
Gambar 12.39 Momen non-sway 1 akibat kombinasi DL+LL .	274
Gambar 12.40 Momen non-sway 2 akibat kombinasi DL+LL .	274
Gambar 12.41 Grafik alligment kolom.....	277
Gambar 12.42 Kondisi Balanced.....	280
Gambar 12.43 Kondisi tarik menentukan	282
Gambar 12.44 Kontrol diagram PCACOL SRPMM	285
Gambar 12.45 Kontrol diagram PCACOL SRPMM	285
Gambar 12.46 Sambungan lewatan pada kolom SRPMM.....	292
Gambar 12.47 Kolom yang ditinjau as C-2 frame 500 lantai 1.	295
Gambar 12.48 gaya aksial kombinasi 1,2DL	296
Gambar 12.49 gaya aksial kombinasi 1,2DL + 1,6LL	296
Gambar 12.50 Momen sway 1 akibat kombinasi EX+0,3EY ...	297
Gambar 12.51 Momen sway 2 akibat kombinasi EX+0,3EY ...	297
Gambar 12.52 Momen non-sway 1 akibat kombinasi DL+LL .	297
Gambar 12.53 Momen non-sway 2 akibat kombinasi DL+LL .	297
Gambar 12.54 Grafik alligment kolom.....	301
Gambar 12.55 Kondisi Balanced.....	303

Gambar 12.56 Kondisi tarik menentukan	306
Gambar 12.57 Momen sway 1 akibat kombinasi 0,3EX+EY ...	308
Gambar 12.58 Momen sway 2 akibat kombinasi 0,3EX+EY ...	309
Gambar 12.59 Momen non-sway 1 akibat kombinasi DL+LL .	309
Gambar 12.60 Momen non-sway 2 akibat kombinasi DL+LL .	309
Gambar 12.61 Grafik alligment kolom.....	313
Gambar 12.62 Kondisi Balanced	316
Gambar 12.63 Kondisi tarik menentukan	318
Gambar 12.64 Kontrol diagram PCACOL SRPMK	321
Gambar 12.65 Kontrol diagram PCACOL SRPMK	321
Gambar 12.66 Hubungan balok kolom.....	322
Gambar 12.67 Diagram PCACOL pada kolom SRPMK	325
Gambar 12.68 Sketsa penulangan kolom SRPMK	328
Gambar 12.69 Sambungan lewatan pada kolom SRPMM.....	330
Gambar 12.70 Analisis geser pada HBK SRPMK tengah lantai 1	333
Gambar 12.71 Potongan HBK dengan tulangan geser.....	335
Gambar 13.2 Diagram interaksi aksial pada kolom.....	339
Gambar 13.3 Tinggi efektif balok.....	340
Gambar 13.4 gaya geser V2 pada daerah tumpuan.....	342
Gambar 13.5 gaya geser V2 pada daerah lapangan.....	345
Gambar 13.6 Sketsa hasil perhitungan penulangan sloof SRPMK	349
Gambar 13.7 Posisi sloof yang ditinjau.....	352
Gambar 13.8 Diagram interaksi aksial pada kolom.....	357
Gambar 13.9 Tinggi efektif balok.....	358
Gambar 13.10 gaya geser V2 pada daerah tumpuan.....	360
Gambar 13.11 gaya geser V2 pada daerah lapangan.....	363
Gambar 13.12 Sketsa hasil perhitungan penulangan sloof SRPMK.	367
Gambar 13.13 Reaksi Pile pada arah X.....	374
Gambar 13.14 Reaksi Pile pada arah X.....	379

Gambar 13.15 Stek kolom.....	385
Gambar 13.16 Reaksi Pile pada arah X.....	389
Gambar 13.17 Reaksi Pile pada arah X	394
Gambar 13.18 Stek kolom	400

DAFTAR NOTASI

A_{cp}	= Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton, mm^2
A_g	= Luas bruto penampang (mm^2)
A_n	= Luas bersih penampang (mm^2)
A_{tp}	= Luas penampang tiang pancang (mm^2)
A_l	= Luas total tulangan longitudinal yang menahan torsi (mm^2)
A_o	= Luas bruto yang dibatasi oleh lintasan aliran geser (mm^2)
A_{oh}	= Luas penampang yang dibatasi oleh garis as tulangan sengkang (mm^2)
A_s	= Luas tulangan tarik non prategang (mm^2)
A_s'	= Luas tulangan tekan non prategang (mm^2)
A_t	= Luas satu kaki sengkang tertutup pada daerah sejarak s untuk menahan torsi (mm^2)
A_v	= Luas tulangan geser pada daerah sejarak s atau Luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak s pada komponen struktur lentur tinggi (mm^2)
bo	= Keliling dari penampang kritis yang terdapat tegangan geser maksimum pada pondasi (mm)
b	= Lebar badan balok atau diameter penampang bulat (mm)
C	= Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral (mm)
C_0	= Koefisien faktor bentuk, untuk merubah perpindahan spektral menjadi perpindahan atap, umumnya memakai faktor partisipasi ragam yang pertama (<i>first mode participation force</i>) atau berdasarkan Tabel 3-2 dari FEMA 356
C_1	= Faktor modifikasi yang menghubungkan perpindahan inelastis maksimum dengan perpindahan yang dihitung dari respon elastik linier

- C_2 = Koefisien untuk memperhitungkan efek "pinching" dari hubungan beban-deformasi akibat degradasi kekakuan dan kekuatan berdasarkan Tabel 3-3 dari FEMA 356
- C_3 = Koefisien untuk mempertimbangkan pembesaran lateral akibat adanya efek *P-delta*. Koefisien diperoleh secara empiris dari studi statistik analisa riwayat waktu non-linier dari SDOF dan diambil berdasarkan pertimbangan *engineering judgement*, dimana perilaku hubungan gaya geser dasar – lendutan pada kondisi pasca leleh kekakuannya positif (kurva meningkat) maka $C_3 = 1$, sedangkan jika perilaku pasca lelehnya negatif (kurva menurun)
- C_c' = Gaya pada tulangan tekan
- C_s' = Gaya tekan pada beton
- d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)
- d' = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan (mm)
- db = Diameter nominal batang tulangan, kawat atau strand prategang (mm)
- D = Beban mati atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
- e = Eksentrisitas dari pembebanan tekan pada kolom atau telapak pondasi
- ex = Jarak kolom ke pusat kekakuan arah x
- ey = Jarak kolom ke pusat kekakuan arah y
- E = Pengaruh beban gempa atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa
- E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)
- E_{cb} = Modulus elastisitas balok beton
- E_{cp} = Modulus elastisitas pelat beton
- I_b = Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto balok

I_p	= Momen inersia terhadap sumbu pusat penampang bruto pelat
fc'	= Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa)
f_y	= Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non prategang (MPa)
f_{vy}	= Kuat leleh tulangan torsi longitudinal (MPa)
f_{ys}	= Kuat leleh tulangan sengkang torsi (MPa)
h	= Tinggi total dari penampang
h_n	= Bentang bersih kolom
Ke	= Kekakuan lateral efektif pada kondisi elastis
K_i	= Kekakuan awal bangunan pada arah yang ditinjau
L_n	= Bentang bersih balok
M_u	= Momen terfaktor pada penampang (Nmm)
M_{nb}	= Kekuatan momen nominal persatuan jarak sepanjang suatu garis leleh
M_{nc}	= Kekuatan momen nominal untuk balok yang tak mempunyai tulangan tekan (Nmm)
M_n	= Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (Nmm)
M_{nx}	= Kekuatan momen nominal terhadap sumbu x
M_{ny}	= Kekuatan momen nominal terhadap sumbu y
M_{ox}	= Kekuatan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu x untuk aksial tekan yang nol
M_{oy}	= Kekuatan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu y untuk aksial tekan yang nol
MR_x	= Momen puntir arah x
MR_y	= Momen puntir arah y
M_1	= Momen ujung terfaktor yang lebih kecil pada Komponen tekan; bernilai positif bila komponen struktur melengkung dengan kelengkungan tunggal, negatif bila struktur melengkung dengan kelengkungan ganda (Nmm)
M_2	= Momen ujung terfaktor yang lebih besar pada Komponen tekan; selalu bernilai positif (Nmm)

- M_{1ns} = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional (orde pertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm)
- M_{2ns} = Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm).
- M_{1s} = Nilai yang lebih kecil dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis konvensional (orde pertama). Bernilai positif bila komponen struktur melentur dalam kelengkungan tunggal, negatif bila melentur dalam kelengkungan ganda (Nmm)
- M_{2s} = Nilai yang lebih besar dari momen-momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan akibat beban yang menimbulkan goyangan kesamping yang berarti, dihitung dengan analisis rangka elastis konvensional (Nmm).
- N_u = Beban aksial terfaktor
- P_{cp} = keliling luar penampang beton (mm)
- P_b = Kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang (N)
- P_c = Beban kritis (N)
- P_{CP} = Keliling penampang beton (mm)
- Ph = Keliling dari garis as tulangan sengkang torsi
- P_n = Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas yang diberikan (N)
- P_o = Kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas nol (N)

P_u	= Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (N)
R	= Faktor reduksi gempa
S	= Spasi tulangan geser atau torsi kearah yang diberikan (N)
S_a	= Akselerasi respon spektra
T_c	= Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan beton
T_e	= Waktu getar alami efektif saai inelastis
T_i	= Periode alami awal elastis (S)
T_n	= Kuat momen torsi nominal (Nmm)
T_s	= Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh Tulangan tarik
T_u	= Momen torsi terfaktor pada penampang (Nmm)
V_c	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton (N)
V_s	= Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser (N)
V_u	= Gaya geser terfaktor pada penampang (N)
x	= Dimensi pendek bagian berbentuk persegi dari penampang
α	= Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok
α_m	= Nilai rata-rata α untuk semua balok tepi dari suatu panel
β	= Rasio bentang dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah
β_d	= Rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum
ρ_b	= Rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
ρ_{max}	= Rasio tulangan tarik maksimum
ρ_{min}	= Rasio tulangan tarik minimum
ϵ	= Regangan (mm)

xxx

- ε_c = Regangan dalam beton (mm)
- λ_d = Panjang penyaluran (mm)
- λ_{db} = Panjang penyaluran dasar (mm)
- λ_{dh} = Panjang penyaluran kait standar tarik diukur dari penampang kritis hingga ujung luar kait (bagian panjang penyaluran yang lurus antara penampang kritis dan titik awal kait (titik garis singgung) ditambah jari-jari dan satu diameter tulangan).(mm)
- λ_{hb} = Panjang penyaluran dasar dari kait standar tarik (mm)
- λ_n = Bentang bersih untuk momen positif atau geser dan rata-rata dari bentang-bentang bersih yang bersebelahan untuk momen negatif
- λ_u = Panjang bebas (tekuk) pada kolom
- δ_{ns} = Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur diantara ujung-ujung komponen struktur tekan
- δ_s = Faktor pembesaran momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh penyimpangan lateral akibat beban lateral dan gravitasi
- $\mu\Delta$ = Daktilitas struktur
- δ_y = Peralihan atap pada saat leleh pertama
- δ_u = Peralihan atap pada kondisi ultimit
- δ_T = Target perpindahan
- ξ = Simpangan ultimit

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan kejadian gempa bumi di Indonesia, menyebabkan kerusakan infrastruktur. Kondisi tersebut perlu dikaji ulang, mengingat bangunan merupakan prasarana fisik utama yang mutlak bagi manusia, terutama Rumah Susun Sederhana Sewa (Rusunawa) yang merupakan salah satu tempat tinggal seseorang yang mempunyai perekonomian menengah ke bawah.

Ketika terjadi gempa, diharapkan bangunan tersebut mampu memenuhi persyaratan “kolom kuat, balok lemah” artinya ketika struktur gedung memikul pengaruh gempa rencana, sendi-sendi plastis hanya boleh terjadi pada ujung balok dan kaki kolom atau struktur bawah tidak boleh gagal lebih dahulu dari struktur atas, dengan kata lain struktur bawah harus berperilaku elastik penuh.

Sistem stuktur dasar penahan beban lateral (gempa) secara umum terdapat bermacam-macam jenisnya, salah satunya adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Sistem ini merupakan salah satu sistem yang umum digunakan dalam perencanaan bangunan gedung di Indonesia. Adapun Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah, yang selanjutnya disingkat SRPMM memiliki daktilitas sedang dan dapat digunakan pada zona gempa 1 hingga 4, sedangkan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus yang selanjutnya disingkat SRPMK memiliki daktilitas yang tinggi dan dapat digunakan pada zona gempa 1 hingga 6.

Di dalam penulisan Tugas Akhir ini, akan dibahas secara detail, Perbandingan Kinerja Struktur Bangunan Rusunawa yang terdiri 4 lantai dengan luas bangunan 285 m², antara Metode SRPMM dan SRPMK menggunakan *Pushover Analysis built in SAP2000* pada zona gempa 4, sekaligus jumlah tulangan yang

digunakan dalam membangun Rusunawa tersebut.

Salah satu cara untuk melihat hasil evaluasi kinerja struktur bangunan gedung beton bertulang dengan menggunakan *pushover analysis* yang terdapat pada SAP2000. *Pushover analysis* adalah suatu analisis statik nonlinier dimana pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan gedung dianggap sebagai beban-beban statik yang menangkap pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama didalam struktur bangunan gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk pasca-elastik yang besar sampai mencapai kondisi elastik, pada akhirnya disusul pelelehan (sendi plastis) di lokasi yang lain distruktur tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian di atas, maka dapat diambil permasalahan yang akan dibahas dan diselesaikan yaitu :

1. Bagaimana membandingkan pembebanan sruktur dan hasil analisa struktur bangunan beton bertulang antara metode SRPMM dan SRPMK.
2. Bagaimana membandingkan perilaku seismik dan hasil kinerja struktur antara SRPMM dan SRPMK pada struktur bangunan beton bertulang dengan menggunakan *pushover analysis*.
3. Bagaimana membandingkan jumlah tulangan dan dimensi struktur beton bertulang antara metode SRPMM dan SRPMK.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menyederhanakan pembahasan masalah yang terjadi pada penulisan Proyek Akhir ini agar lebih terfokus dan terarah, maka dalam hal ini batasan masalah yang diambil yaitu :

1. Struktur yang dibahas adalah Rusunawa dengan 4 lantai.
2. Perencanaan bangunan :
 - a. Mutu Beton (f_c') = 25 N/mm²
 - b. Mutu Baja (tulangan utama) = 320 N/mm²
 - c. Mutu Baja (tulangan geser) = 240 N/mm²
3. Analisa struktur
 - a. Perencanaan struktur rusunawa dengan membandingkan antara metode SRPMM dan SRPMK pada zona gempa 4.
 - b. Perhitungan mekanika struktur untuk mendapatkan gaya-gaya dalam bidang (M, N, D) menggunakan program analisa struktur SAP2000 versi 14.2.2
 - c. Perencanaan struktur tidak memperhitungkan unsur arsitektur dan tangga.
 - d. Perencanaan ulang struktur ini tidak meninjau analisa biaya dan manajemen konstruksi.
 - e. Perencanaan struktur SRPMM dan SRPMK menggunakan *pushover analysis* yang terdapat dalam SAP2000 untuk mengetahui perpindahan lateral dan daktilitas struktur.
4. Evaluasi kinerja struktur mengacu pada SNI 1726-2002 dan FEMA (*Federation Emergency Management Agency*) 356.

1.4 Tujuan

Secara garis besar tujuan dari penyusunan Proyek Akhir ini adalah:

1. Mendapatkan hasil perbandingan analisis, dan kinerja struktur bangunan beton bertulang antara metode SRPMM dan SRPMK sesuai SNI 1726-2002 dan FEMA 356.
2. Mendapatkan hasil perbandingan perilaku seismik antara SRPMM dan SRPMK pada struktur bangunan beton bertulang dengan menggunakan *pushover analysis*.
3. Mendapatkan hasil perbandingan kinerja struktur bangunan beton bertulang antara metode SRPMM dan SRPMK Mendapatkan hasil perbandingan berat tulangan dan dimensi struktur beton bertulang antara metode SRPMM dan SRPMK.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah memperdalam pengetahuan dan teknik perencanaan tentang perhitungan struktur gedung dengan SRPMM maupun SRPMK, serta mengetahui cara kinerja bangunan beton bertulang tahan gempa dengan menggunakan *pushover analysis* yang terdapat pada SAP2000.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Agar perencanaan perhitungan struktur bangunan bertulang tahan gempa ini dapat memenuhi kriteria kekuatan dan kelayakan dengan metode SRPMM dan SRPMK maka, berpedoman pada peraturan – peraturan sebagai berikut :

1. Peraturan SNI 03-2847-2002 “Tata cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung”
2. Peraturan SNI 1726-2002 “Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung”
3. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung (PPIUG 1983)
4. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa (Prof. Ir. Rachmat Purwono, M.Sc)
5. Disain Beton Bertulang (Chu-Kia Wang, Charles G. Salmon, dan Binsar Harianja)

2.1 Pembebanan

Pembebanan yang direncanakan dalam perhitungan struktur bangunan Rusunawa tahan gempa adalah sebagai berikut :

2.1.1 Beban mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian - penyelesaian, mesin - mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut (PPIUG 1983 pasal 1.0.1). Dalam menentukan beban mati struktur bangunan sebagai berikut :

- a) Beban mati pada pelat lantai, terdiri dari :
 - Berat sendiri pelat
 - Beban pasangan keramik dan spesi
 - Beban plafond
- b) Beban mati pada balok, terdiri dari :
 - Berat sendiri balok
 - Beban mati pelat lantai
 - Berat dinding $\frac{1}{2}$ bata
- c) Beban mati pada atap, terdiri dari :
 - Berat sendiri balok pada atap
 - Beban mati pelat atap
 - Beban plafond

2.1.2 Beban hidup

Beban Hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. (PPIUG 1983 pasal 1.0.2)

2.1.3 Beban gempa

2.1.3.1 Arah pembebanan gempa

Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama yang ditentukan menurut (Pasal 5.8.1, SNI 03-1726-2002) harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tadi, tetapi efektifitas hanya 30%. (SNI 1726-2002, Pasal 5.8.2)

2.3.3.2 Faktor yang mempengaruhi gempa

a. Perhitungan berat bangunan (Wt)

Karena besarnya beban gempa sangat dipengaruhi oleh berat dari struktur bangunan, maka perlu dihitung berat dari masing-masing lantai bangunan. Berat dari bangunan dapat berupa beban mati yang terdiri dari berat sendiri material-material konstruksi dan elemen-elemen struktur, serta beban hidup yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan bangunan. Karena kemungkinan terjadinya gempa bersamaan dengan beban hidup yang bekerja penuh pada bangunan adalah kecil, maka beban hidup yang bekerja dapat direduksi besarnya. Berdasarkan standar pembebanan yang berlaku di Indonesia, untuk memperhitungkan pengaruh beban gempa pada struktur bangunan gedung, beban hidup yang bekerja dapat dikalikan dengan faktor reduksi sebesar 0,3.

b. Faktor Keutamaan Struktur (I)

Menurut SNI-1726-2002, pengaruh Gempa Rencana harus dikalikan dengan suatu Faktor Keutamaan (I) menurut persamaan :

$$I = I_1 \cdot I_2 \quad (2.1)$$

Dimana I_1 adalah faktor keutamaan untuk menyesuaikan periode ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa selama umur rencana dari gedung. Sedangkan I_2 adalah faktor keutamaan untuk menyesuaikan umur rencana dari gedung tersebut.

Tabel 2.1 Faktor-faktor keutamaan I untuk kategori gedung

Kategori gedung	Faktor Keutamaan		
	I ₁	I ₂	I
Gedung umum seperti untuk perumahan, perniagaan dan perkantoran.	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6

c. Faktor Reduksi gempa (R)

Jika V_e adalah pembebanan maksimum akibat pengaruh gempa rencana yang dapat diserap oleh struktur bangunan gedung yang bersifat elastik penuh dalam kondisi di ambang keruntuhan, dan V_n adalah pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan struktur bangunan gedung, maka berlaku hubungan sebagai berikut :

$$V_n = \frac{V_e}{R} \quad (2.2)$$

R disebut faktor reduksi gempa yang besarnya dapat ditentukan menurut persamaan

$$1,6 \leq R = \mu f_1 \leq R_m \quad (2.3)$$

Pada persamaan di atas, f_1 adalah faktor kuat lebih beban dan bahan yang terkandung di dalam sistem struktur, dan μ (miu) adalah faktor daktilitas struktur bangunan gedung. faktor daktilitas struktur adalah perbandingan / rasio antara simpangan maksimum dari struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisinya di ambang keruntuhan, dengan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelepasan yang pertama pada elemen struktur. R_m adalah faktor reduksi gempa yang maksimum yang dapat dikerahkan oleh sistem struktur yang bersangkutan. Pada tabel 2.2 dicantumkan nilai R untuk berbagai nilai μ yang bersangkutan, dengan ketentuan bahwa nilai μ dan R tidak dapat melampaui nilai maksimumnya.

Tabel 2.2 Parameter daktilitas struktur gedung

Taraf kinerja struktur gedung	μ	R
Elastis penuh	1	1,6
Daktail parsial	1,5	2,4
	2,0	3,2
	2,5	4,0
	3,0	4,8
	3,5	5,6
	4,0	6,4
	4,5	7,2
5,0	8,0	
Daktail penuh	5	8,5

d. Waktu getar empiris struktur (TE)

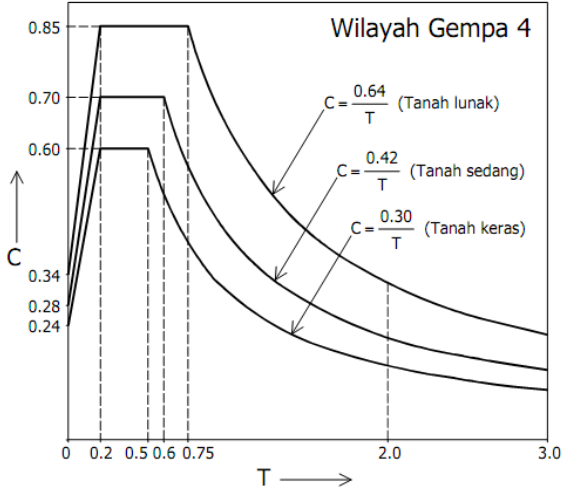
Untuk perencanaan awal, waktu getar dari bangunan gedung pada arah X (TE_x) dan arah Y (TE_y) dihitung dengan menggunakan rumus empiris:

$$TE_x = TE_y = 0,06 \cdot H \cdot 0,75 \quad (2.4)$$

Keterangan : H adalah tinggi bangunan (meter) TE_x dan TE_y (dalam detik)

e. Faktor respon gempa (C)

Setelah dihitung waktu getar dari struktur bangunan pada arah-X (T_x) dan arah-Y (T_y), maka harga dari Faktor Respon Gempa C dapat ditentukan dari diagram spektrum respon gempa rencana.

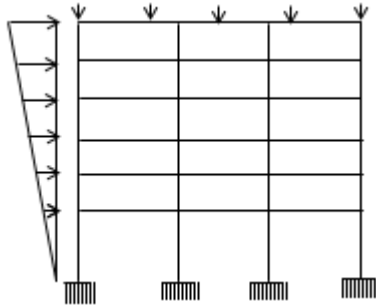


Gambar 2.1 Respon spektrum zona gempa 4

2.2 Perbandingan SRPMK dengan SRPMM

2.2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah harus memenuhi persyaratan pendetailan di pasal 23.8 dan pasal sebelumnya yang masih relevan dan dipakai untuk SRPMM yang berada pada zona gempa 2,3, dan 4. Sedangkan SRPMK harus dipakai pada zona gempa 5 dan 6, serta harus memenuhi persyaratan desain pada pasal 23.2 sampai dengan 23.7 disamping pasal-pasal sebelumnya masih berlaku.



Gambar 2.2 Sistem rangka pemikul momen

2.2.2 Komponen Lentur

Komponen-komponen lentur harus memenuhi pasal 23.3 (1(1)) sampai dengan 23.3 (1(4)) agar penampangnya terbukti berkinerja baik. Tiap komponen harus cukup daktail dan cukup efisien mentransfer momen ke kolom.

2.2.2.1 Penulangan Lentur

Syarat momen nominal di sembarang penampang komponen lentur dinyatakan dalam momen nominal pada muka kolom. Syarat ini menjamin kekuatan dan daktilitas bila terjadi lateral *displasmnt* besar. Persyaratan yang mengharuskan sedikitnya ada 2 batang tulangan menerus disisi atas maupun bawah balok, dimaksudkan untuk keperluan pelaksanaan.

Tabel 2.3 Komponen Sistem Rangka Pemikul Momen

	SRPMK	SRPMM
Umum	<p>Pasal 23.3 (1) Komponen lentur SRPM harus memenuhi kondisi berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Beban aksial tekan $\leq A_g \cdot f_c' / 10$ 2. Bentang bersih $\geq 4d$ 3. $b_w/h \geq 0,3$ 	<p>Pasal 23.10 (2) Beban aksial tekan berfaktor $\leq A_g \cdot f_c' / 10$</p>
Penulangan	<p>Pasal 23.3 (2(1)) Tulangan minimal harus sedikitnya : $\frac{b_w \cdot d}{4f_y} \sqrt{f_c'}$ dan $\frac{1,4b_w \cdot d}{f_y}$ Pada tiap potongan atas dan bawah, kecuali ketentuan Ps.12.5(3) dipenuhi.</p>	<p>Pasal 12.5 Persyaratan sama, kecuali tulangan minimal hanya diadakan di potongan yang perlu tulangan tarik dari perhitungan analitis, kecuali sebagaimana ditentukan di 12.5 (2), 12.5 (3), 12.5 (4)</p>
	<p>Pasal 23.3 (2(1)) Ratio tulangan $\leq 0,025$</p>	<p>Pasal 12.3 (3) Ratio tulangan $\leq 0,75 b$</p>
	<p>Pasal 23.3 (2(2)) Kekuatan momen positif di muka kolom $\geq \frac{1}{2}$ kuat momen negatif di muka kolom.</p>	<p>Pasal 23.10 (4(1)) Kekuatan momen positif di muka kolom $\geq \frac{1}{3}$ kuat momen negatif di muka kolom.</p>
	<p>Pasal 23.3 (2(1)) Sedikitnya dipasang 2 tulangan diatas dan bawah di tiap potongan secara menerus.</p>	<p>Pasal 9.13 Pasang penulangan integritas struktur</p>

Penulangan	<p style="text-align: center;">Pasal 23.3 (2(2))</p> <p>Di tiap potongan sepanjang komponen tidak boleh ada kuat momen negatif maupun positif yang kurang dari $\frac{1}{4}$ kuat momen maksimum yang terpasang di kedua muka kolom.</p>	<p style="text-align: center;">Pasal 23.10 (4(1))</p> <p>Persyaratan sama, namun hanya perlu $\frac{1}{5}$ kuat momen maksimum di kedua muka kolom harus ada di tiap potongan komponen.</p>
Samb. Lewatan	<p style="text-align: center;">Pasal 23.3 (2(3))</p> <p>Sambungan lewatan tidak boleh dipasang</p> <ul style="list-style-type: none"> - dalam Hubungan Balok Kolom - dalam jarak $2d$ dari muka kolom - di lokasi kemungkinan terjadi sendi plastis 	<p>Tidak ada persyaratan seperti di samping</p>
Sengkang	<p style="text-align: center;">Pasal 23.3.4</p> <p>Tulangan transversal harus pula dipasang untuk menahan gaya geser (V_e)</p>	<p style="text-align: center;">Pasal 23.10 (3)</p> <p>Tulangan transversal harus pula dipasang untuk menahan gaya geser desain yang ditentukan di 23.10 (3)</p>

2.2.3 Komponen Terkena Beban Lentur dan Aksial

2.2.3.1 Persyaratan Kuat Lentur

Berdasarkan prinsip “*Capacity Design*” dimana kolom harus diberi cukup kekuatan, sehingga kolom-kolom tidak leleh lebih dahulu sebelum balok. Goyangan lateral memungkinkan terjadinya sendi plastis di ujung-ujung kolom akan menyebabkan kerusakan berat, karena itu harus dihindarkan. Oleh sebab itu kolom-kolom selalu didisain 20% lebih kuat dari balok-balok di

suatu hubungan balok kolom. Kuat lentur kolom dihitung dari beban aksial berfaktor, konsisten dengan arah beban lateral, yang memberikan kuat lentur paling rendah. Untuk zona gempa 5 dan 6, ratio tulangan dikurangi dari 8% menjadi 6% untuk menghindari kongesti oleh tulangan, sehingga mengurangi hasil pengecoran yang kurang baik. Ini juga untuk menghindari terjadinya tegangan geser besar di kolom. Biasanya, pemakaian ratio tulangan yang lebih besar dari $\pm 4\%$ dipandang tidak praktis dan tidak ekonomis.

2.2.3.2 Sambungan Lewatan (SL)

SL tidak boleh diletakkan di lokasi I0 yang kemungkinan besar akan terjadi pelupusan dan tegangan tinggi, tapi harus diletakkan di tengah tinggi kolom. Sambungan itu harus didesain sebagai sambungan tarik dan harus dikekang oleh tulangan transversal yang cukup.

Tabel 2.4 Komponen rangka yang mengalami beban lentur dan aksial

	SRPMK	SRPMM
Umum	<p style="text-align: center;">Pasal 23.4 (1)</p> <p>Komponen harus memenuhi persyaratan :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beban aksial tekan terfaktor $> \frac{A_g f_c}{10}$ • Dimensi terkecil penampang $\geq 300\text{mm}$ • Ratio dimensi terkecil penampang terhadap dimensi tegak lurus $\geq 0,4$ 	<p style="text-align: center;">Pasal 23.10 (2)</p> <p>Gaya aksial berfaktor $> \frac{A_g f_c}{10}$</p>

Penulangan lentur	<p style="text-align: center;">Pasal 23.4 (2)</p> <p>Kuat lentur kolom harus memenuhi :</p> $\sum M_e \geq \left(\frac{6}{5}\right) \sum M_g$ <p>$\sum M_e$ = jumlah momen dimuka HBK sesuai dengan disain kuat lentur nominal kolom-kolom $\sum M_g$ = jumlah momen dimuka HBK sesuai dengan disain kuat lentur nominanl balok-balok</p>	Tidak ada persyaratan yang sama
	<p style="text-align: center;">Pasal 23.4 (3(1))</p> <p>Ratio tulangan tidak boleh kurang dari 0,01 Dan tak boleh kurang dari 0,06</p>	<p style="text-align: center;">Pasal 12.9</p> <p>Ratio tulangan harus : 0,01</p>
Sambungan Lewatan	<p style="text-align: center;">Pasal 23.4 (3(2))</p> <p>SL hanya diijinkan disekitar tengah panjang komponen, harus sebagai sambungan tarik, dan harus dikenai tulangan transversal sepanjang panjang penyalurannya dengan spasi sesuai pasal Pasal 23.3 (2(3))</p>	Tidak ada pembatasan untuk lokasi SL, yang biasanya diletakkan diatas lantai untuk kesederhanaan pelaksanaan

2.2.4 Hubungan Balok-Kolom (HBK)

Integritas menyeluruh SRPM sangat tergantung pada perilaku HBK. Degradasi pada HBK akan menghasilkan deformasi lateral besar yang dapat menyebabkan kerusakan berlebihan atau bahkan keruntuhan.

Tabel 2.5 Perbedaan HBK antara SRPM dengan SRPMK

	SRPMK	SRPMM
Penulangan memanjang balok	<p>Pasal 23.5 (1(3)) Penulangan memanjang balok yang dihentikan dalam kolom harus diteruskan masuk dalam inti kolom terkekang dan dijangkar sebagai batang Tarik sesuai pasal 23.5 (4) dan sebagai batang tekan sesuai pasal 14.</p>	Tidak disyaratkan
	<p>Pasal 23.5 (1(4)) Bila tulangan memanjang balok menerus melewati HBK, maka dimensi kolom yang sejajar tulangan balok harus tidak boleh lebih kecil dari 20 kali diameter terbesar tulangan memanjang</p>	Tidak disyaratkan
Kuat geser nominal	<p>Pasal 23.5 (1(1)) Dalam menghitung gaya geser di HBK, gaya dalam tulangan memanjang balok dimuka HBK, harus dianggap mempunyai tegangan Tarik sebesar 1,25 fy</p>	Tidak disyaratkan

Tulangan taransversal	<p>Pasal 23.5 (2(1))</p> <p>Tulangan transversal yang berlaku didaerah L_0 harus diteruskan dalam HBK. Boleh diadakan reduksi 50% TT bila keempat sisi HBK terkekang oleh lebar balok $\geq \frac{3}{4}$ lebar kolom, juga S boleh diambil 150mm.</p>	<p>Untuk keamanan baiknya persyaratan ini diberlakukan untuk wilyah gempa 3 & 4</p>
-----------------------	--	---

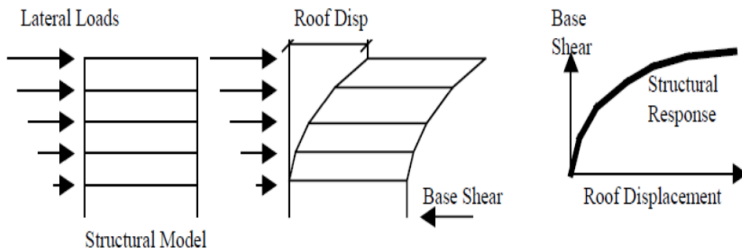
2.2.5 *Pushover Analysis*

Analisis statik nonlinier merupakan prosedur analisis untuk mengetahui perilaku keruntuhan suatu bangunan terhadap gempa, dikenal pula sebagai analisis *pushover* atau analisis beban dorong statik. Beberapa program komputer komersil yang tersedia analisis ini adalah SAP2000.

Tujuan analisis *pushover* adalah untuk memperkirakan gaya maksimum dan deformasi yang terjadi serta untuk memperoleh informasi bagian mana saja yang kritis. Selanjutnya dapat diidentifikasi bagian-bagian yang memerlukan perhatian khusus untuk pendetailan atau stabilitasnya. Cukup banyak studi menunjukkan bahwa analisis statik *pushover* dapat memberikan hasil mencukupi (ketika dibandingkan dengan hasil analisa dinamik non linier) untuk bangunan reguler dan tidak tinggi. (Dewobroto, 2006)

Analisis dilakukan dengan memberikan suatu pola beban lateral statik pada struktur, yang kemudian secara bertahap ditingkatkan dengan faktor pengali sampai satu target perpindahan lateral dari suatu titik acuan tercapai. Nilai beban statik ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan yang menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama di dalam struktur bangunan gedung, kemudian

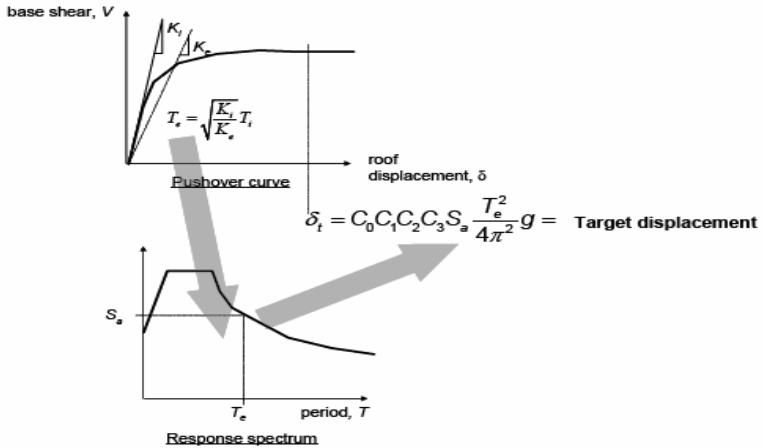
dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk pasca-elastik yang besar sampai menjadi kondisi plastik. Pada proses *pushover* struktur didorong sampai mengalami leleh di satu atau lebih lokasi pada stuktur tersebut. Kurva kapasitas akan memperlihatkan suatu kondisi linier sebelum mencapai kondisi leleh dan selanjutnya berperilaku non linier. Kurva *pushover* dipengaruhi oleh pola distribusi gaya lateral yang digunakan sebagai beban dorong. Secara sederhana prosedur analisis pushover seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.3 Prosedur analisis *pushover*

2.2.5.1 Metode *Displacement Coefficient* (FEMA 356)

Pada metode *displacement coefficient* (FEMA 356), perhitungan dilakukan dengan memodifikasi respons elastik linier sistem struktur SDOF ekuivalen dengan faktor modifikasi C_0 , C_1 , C_2 , dan C_3 sehingga dapat dihitung target peralihannya, dengan menetapkan dahulu waktu getar efektif (T_e) untuk memperhitungkan kondisi in-elastik struktur gedung.



Gambar 2.4 Metode *displacement coefficient* FEMA 356

Rumusan target perpindahan yang digunakan pada metode *displacement coefficient* FEMA 356 adalah sebagai berikut :

$$\delta_T = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_2 \cdot S_a \left(\frac{T_e}{2\pi} \right)^2 \cdot g \quad (2.5)$$

dengan :

δ_T = target peralihan,

T_e = waktu getar alami efektif,

C_0 = faktor modifikasi untuk mengkonversi spektral *displacement* struktur SDOF ekuivalen menjadi *roof displacement* struktur sistem MDOF, sesuai FEMA 356 tabel 3-2

C_1 = faktor modifikasi untuk menghubungkan peralihan in-elastik maksimum dengan peralihan respons elastik linier,

C_2 = faktor modifikasi untuk memperlihatkan *pinched hysteresis shape*, degradasi kekakuan dan penurunan kekuatan pada respon peralihan maksimum, sesuai FEMA 356 tabel 3-3,

C_3 = faktor modifikasi untuk memperlihatkan kenaikan peralihan akibat efek P-delta. Untuk gedung dengan perilaku kekakuan pasca leleh bernilai positif maka $C_3 = 1$. Sedangkan untuk gedung dengan perilaku kekakuan pasca leleh negatif, maka C_3 ditentukan dengan persamaan (1.7) sebagai berikut :

$$C_1 = \frac{[1 + (R-1) \frac{T_s}{T_e}]}{R} \quad (2.6)$$

$$C_1 = 1 + \frac{\alpha(R-1)^{3/2}}{T_e} \quad (2.7)$$

dengan :

R = *strenght ratio*, besarnya dapat dihitung sesuai dengan persamaan (1.8)

$$R = \frac{S_a}{V_y/W} \cdot C_m \quad (2.8)$$

dengan :

S_a = akselerasi spektrum respons pada waktu getar alami fundamental efektif dan rasio redaman pada arah yang ditinjau. V_y adalah gaya geser dasar pada saat leleh,

W = berat efektif seismik,

C_m = faktor massa efektif, sesuai tabel 3-1 FEMA 356 3-1,

α = rasio kekakuan pasca leleh dengan kekakuan elastik efektif, dimana hubungan gaya peralihan non linier diidealisasikan sebagai kurva bilinear,

T_s = waktu getar karakteristik respons spektrum,

g = percepatan gravitasi 9,81 m/det²

2.2.6 Kinerja Struktur Gedung

2.2.6.1 Kinerja batas layan

Kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan, disamping untuk mencegah kerusakan non struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Simpangan antar tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung tersebut akibat pengaruh gempa nominal yang telah terbagi faktor skala. Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui $\frac{0,03}{R}$ kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm, bergantung mana yang nilainya terkecil.

2.2.6.1 Kinerja batas ultimit

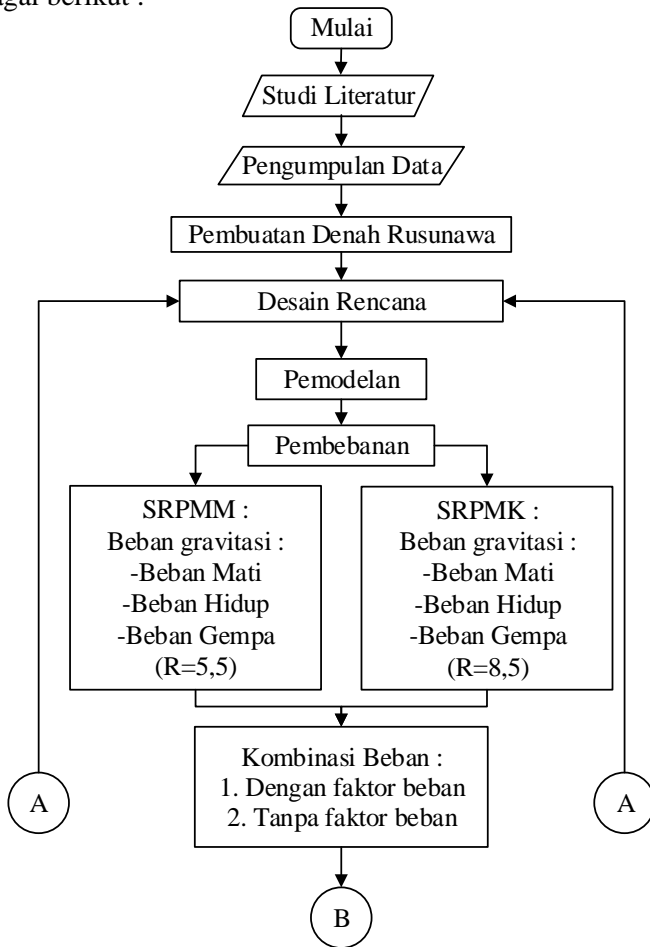
Kinerja batas ultimit struktur gedung ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi struktur gedung diambang keruntuhan, yaitu untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar gedung yang dipisah dengan sela pemisah (delatasi). Simpangan dan simpangan antar tingkat harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal, dikalikan dengan suatu faktor pengali $\xi = 0,7.R$, dengan R adalah faktor reduksi gempa struktur gedung yang ditinjau. Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas ultimit struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui 0,002 kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

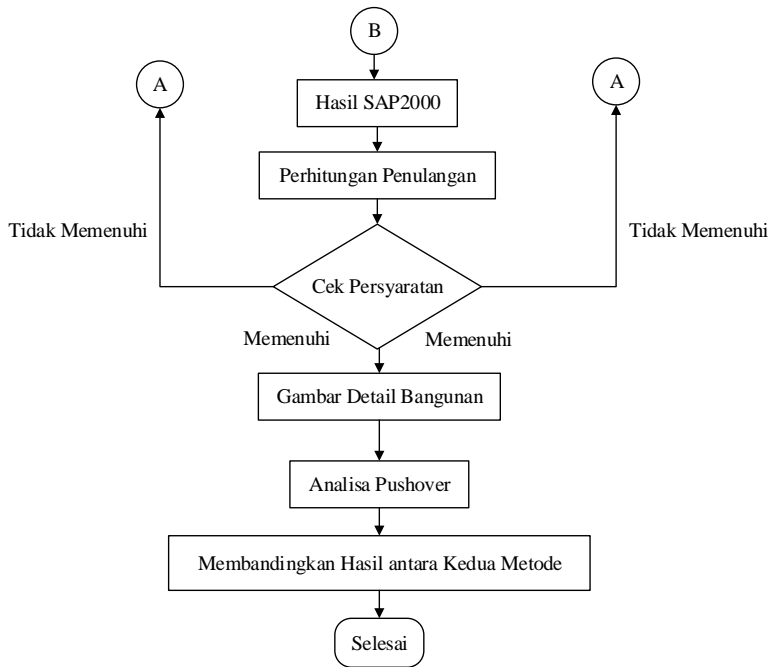
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Skema

Skema perencanaan metodologi proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

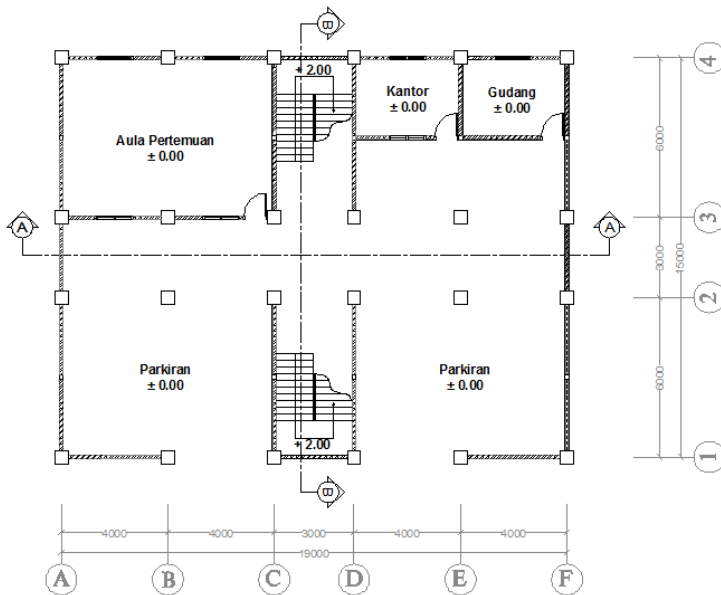




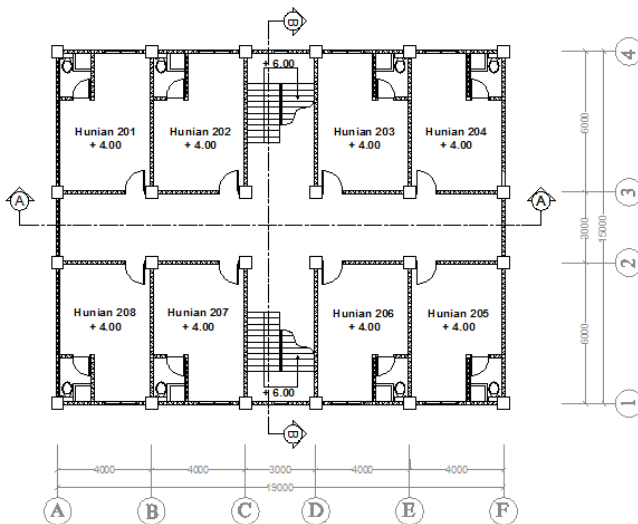
3.2 Metode Perencanaan

Langkah-langkah dalam merencanakan rumah susun sederhana sewa pada wilayah gempa zona 4 :

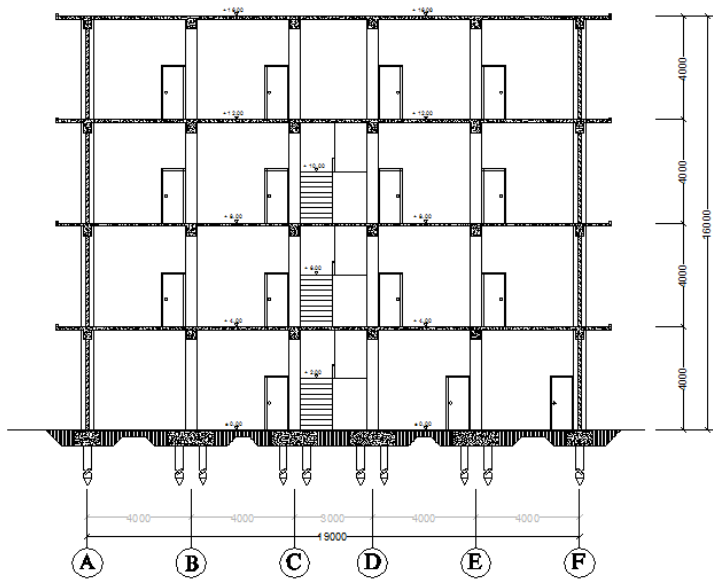
1. Pengumpulan data
 - a. Data tanah pada wilayah gempa zona 4
 - b. Gambar denah struktur rumah susun sederhana sewa



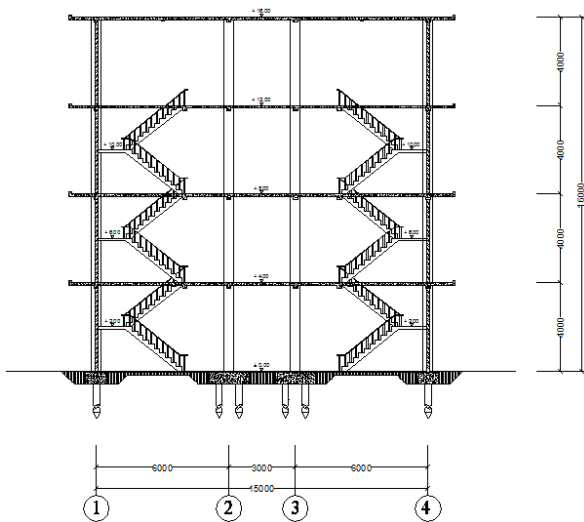
Gambar 3.1 Denah lantai 1



Gambar 3.2 Denah lantai 2-4



Gambar 3.3 Potongan A-A



Gambar 3.4 Potongan B-B

- c. Data perencanaan
- Mutu baja (f_y) = 320 N/mm²
 - Mutu baja (f_{ys}) = 240 N/mm²
 - Berat jenis beton = 2400 kg/m³

2. Desain rencana

- a. Perencanaan dimensi balok induk

$$h \geq \frac{1}{12}l \quad b \geq \frac{2}{3}h$$

Perencanaan dimensi balok anak

$$h \geq \frac{1}{16}l \quad b \geq \frac{2}{3}h$$

- b. Perencanaan dimensi balok kantilever

$$h \geq \frac{1}{8}l \quad b \geq \frac{2}{3}h$$

- c. Perencanaan dimensi kolom

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12}bxh^3}{L_k} \geq \frac{\frac{1}{12}bxh^3}{L_b}$$

3. Pemodelan struktur pada SAP2000

Pembebanan yang diberikan pada pemodelan struktur adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Beban gempa yang dipengaruhi oleh besaran R tergantung pada system yang digunakan yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.

4. Analisa gaya dalam

Nilai gaya dalam diperoleh menggunakan bantuan program komputer SAP2000 versi 14.2.2. nilai kombinasi yang digunakan sebagai analisis adalah :

- a. Untuk struktur beton bertulang digunakan kombinasi :
 - $1,4D$ (3.1)
 - $1,2D + 1,6L$ (3.2)
 - $1,2D + 1,0L \pm 1,0E$ (3.3)
- b. Kombinasi beban berfaktor :
 - $1,4D$ (3.4)
 - $1,2D + 1,6L$
 - $1,2D + 1,0L \pm 0,3EX \pm 1,0EY$ (3.5)
 - $1,2D + 1,0L \pm 1,0EX \pm 0,3EY$ (3.6)
- c. Kombinasi beban tak berfaktor :
 - $1,0D + 1,0L$ (3.7)
 - $1,0D + 1,0L + 1,0EX$ (3.8)
 - $1,0D + 1,0L + 1,0EY$ (3.9)

Keterangan :

D : beban mati

L : beban hidup

Ex : beban gempa (beban gempa dominan arah x)

Ey : beban gempa (beban gempa dominan arah y)

5. Penulangan

Penulangan dihitung berdasarkan SNI 2847 struktur beton bertulang untuk bangunan gedung menggunakan data-data yang diperoleh dari output SAP2000 versi 14.2.2

- a. Dari output SAP diperoleh nilai gaya geser (D), momen lentur (M), momen torsi (T), dan nilai gaya aksial (P). kemudian dihitung kebutuhan tulangan pada balok, kolom, dan pondasi.
- b. Perhitungan penulangan geser, lentur, dan puntir pada semua komponen struktur utama.

- c. Kontrol masing-masing perhitungan penulangan.
 - d. Penabelan penulangan yang terpakai pada elemen stuktur yang dihitung (struktur atas dan struktur bawah).
 - e. Penggambaran detail penulangan.
6. Analisa *pushover*
- a. Evaluasi perilaku seismik
 - b. Evaluasi kinerja struktur
7. Gambar detail bangunan
- Gambar perencanaan meliputi :
- a. Gambar arsitek terdiri dari :
 - Gambar denah
 - Gambar tampak
 - Potongan memanjang
 - Potongan melintang
 - b. Gambar struktur terdiri dari :
 - Gambar portal melintang
 - Gambar portal memanjang
 - Gambar denah pondasi
 - Gambar denah sloof
 - Gambar denah pembalokan
 - Gambar rencana atap

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

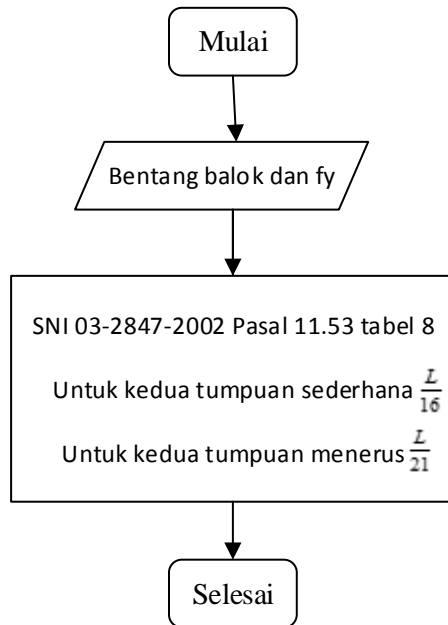
4.1 Perencanaan Dimensi Struktur Primer

4.1.1 Perencanaan dimensi balok

Data teknis :

Kuat tekan beton (f_c') = 25 N/mm²

Tegangan leleh baja (f_y) = 320 N/mm²



- a. Balok induk bentang panjang (B1)

Bentang (L) = 6000 mm

Sesuai SNI 03-2847-2002, nilai minimum tinggi (h), balok = $\frac{L}{16}$

Digunakan $h = \frac{L}{16} = \frac{6000 \text{ mm}}{16} = 375 \text{ mm} \approx 450 \text{ mm}$

Lebar (b) balok = $\frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \cdot 450 \text{ mm} = 300 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$

Jadi dimensi balok induk (B1) digunakan 35/45

- b. Balok induk bentang pendek (B2)

Bentang (L) = 4000 mm

Sesuai SNI 03-2847-2002, nilai minimum tinggi (h), balok = $\frac{L}{16}$

Digunakan $h = \frac{L}{16} = \frac{4000 \text{ mm}}{16} = 250 \text{ mm}$

Lebar (b) balok = $\frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \cdot 250 \text{ mm} = 166,67 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$

Jadi dimensi balok induk (B1) digunakan 20/25

- c. Balok anak (B3)

Bentang (L) = 4000 mm

Sesuai SNI 03-2847-2002, nilai minimum tinggi (h), balok = $\frac{L}{21}$

Digunakan $h = \frac{L}{21} = \frac{4000 \text{ mm}}{21} = 190,5 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$

Lebar (b) balok = $\frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \cdot 200 \text{ mm} = 133,33 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$

Jadi dimensi balok induk (B1) digunakan 15/20

- d. Balok kantilever (B4)

Bentang (L) = 1000 mm

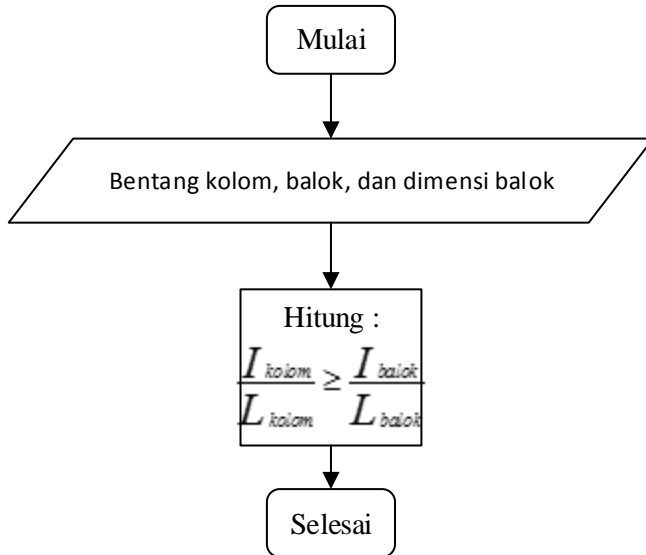
Sesuai SNI 03-2847-2002, nilai minimum tinggi (h), balok = $\frac{L}{8}$

Digunakan $h = \frac{L}{8} = \frac{1000 \text{ mm}}{8} = 125 \text{ mm}$

Lebar (b) balok = $\frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \cdot 125 \text{ mm} = 83,33 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$

Jadi dimensi balok induk (B1) digunakan 10/12,5

4.1.2 Perencanaan dimensi kolom



Dimensi kolom direncanakan sebagai berikut :

a. Kolom 1(K1)

Bentang kolom (L_k) = 4000 mm

Cara pendekatan, kolom kuat balok lemah

$$\frac{E_c \times I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{E_c \times I_{balok}}{L_{balok}}$$

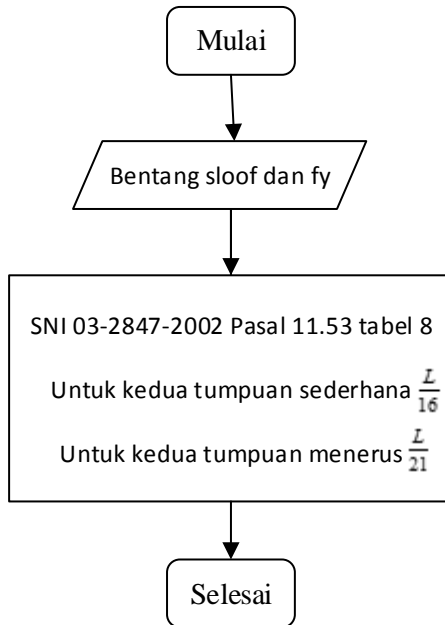
$$\frac{\left(\frac{1}{12} \times b \times h^3\right)_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{\left(\frac{1}{12} \times b \times h^3\right)_{balok}}{L_{balok}}$$

$$\frac{\left(\frac{1}{12} \times h^4\right)}{400} \geq \frac{\left(\frac{1}{12} \times 35 \times 45^3\right)}{600}$$

$$h = \sqrt[4]{2126250} = 38,19 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

jadi dimensi kolom (K1) digunakan 50/50

4.1.3 Perencanaan dimensi sloof



Sloof (S1)

Bentang (L) = 6000 mm

Sesuai SNI 03-2847-2002, nilai minimum tinggi (h), sloof = $\frac{L}{16}$

Digunakan $h = \frac{L}{16} = \frac{6000 \text{ mm}}{16} = 375 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$

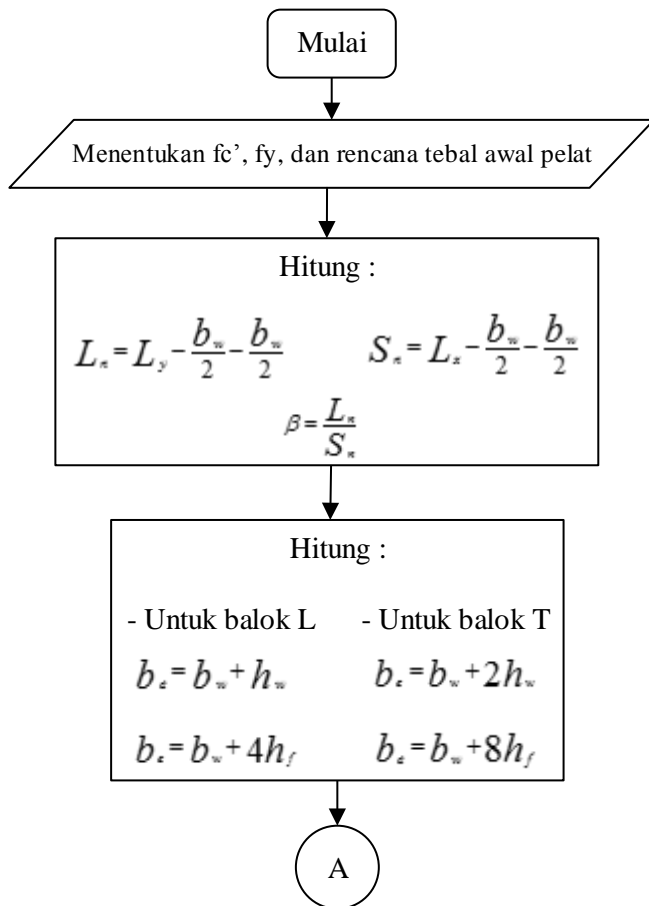
Lebar (b) sloof = $\frac{1}{2} h = \frac{1}{2} \cdot 350 \text{ mm} = 175,5 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$

Jadi dimensi balok induk (S1) digunakan 20/35

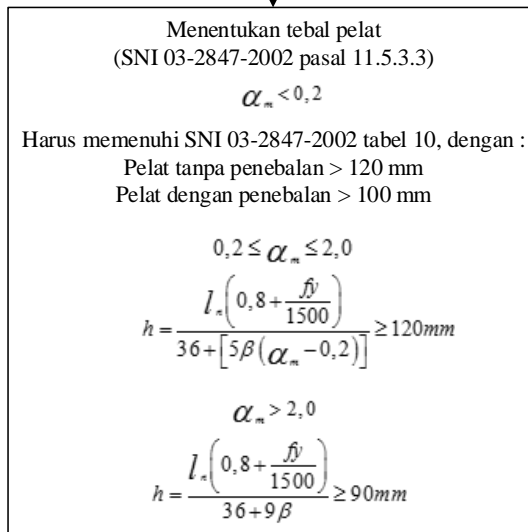
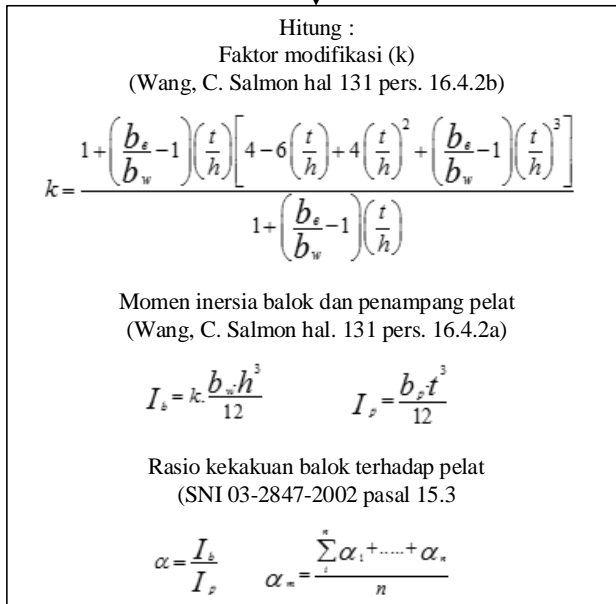
BAB V PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

5.1 Perencanaan Dimensi Pelat Lantai

5.1.1 Perencanaan dimensi pelat lantai



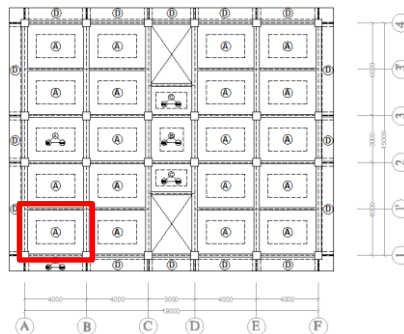
A



Selesai

Pelat atau slab adalah bidang tipis yang menahan beban-beban transversal melalui aksi lentur ke masing-masing tumpuan. Dalam perencanaan, gaya-gaya pada pelat bekerja menurut aksi satu arah dan dua arah. Jika perbandingan dari bentang panjang (L_y) terhadap bentang pendek (L_x) besarnya 2 kali lebar atau lebih, maka hampir semua beban lantai menuju balok-balok dan hanya sebagian kecil akan menyalur secara langsung ke gelagar. Sehingga pelat dapat direncanakan sebagai pelat satu arah (*one way slab*), dengan tulangan utama yang sejajar dengan gelagar dan tulangan susut dan suhu yang sejajar dengan balok-balok. Sedangkan bila perbandingan dari bentang panjang (L_y) terhadap bentang pendek (L_x) besarnya lebih dari dua, maka seluruh beban lantai menyebabkan permukaan lendutan pelat mempunyai kelengkungan ganda. Beban lantai dipikul dalam kedua arah oleh empat balok pendukung disekelilingnya, dengan demikian, panel disebut pelat dua arah (*two way slab*), dengan tulangan utama dipasang dua arah yaitu searah sumbu x dan searah sumbu y, sedangkan tulangan susut dan suhu dipasang mengitari pelat tersebut.

Sebagai contoh perhitungan penentuan ketebalan dan penulangan, diambil tipe pelat “A” pada lantai 1 dengan elevasi +4 meter seperti pada gambar dan mutu bahan yang digunakan sebagai berikut :



Gambar 5.1 Lokasi pelat yang ditinjau

5.2 Data-data untuk perhitungan tebal pelat

Data perencanaan :

Kuat tekan beton, $f_c' = 25 \text{ Mpa}$

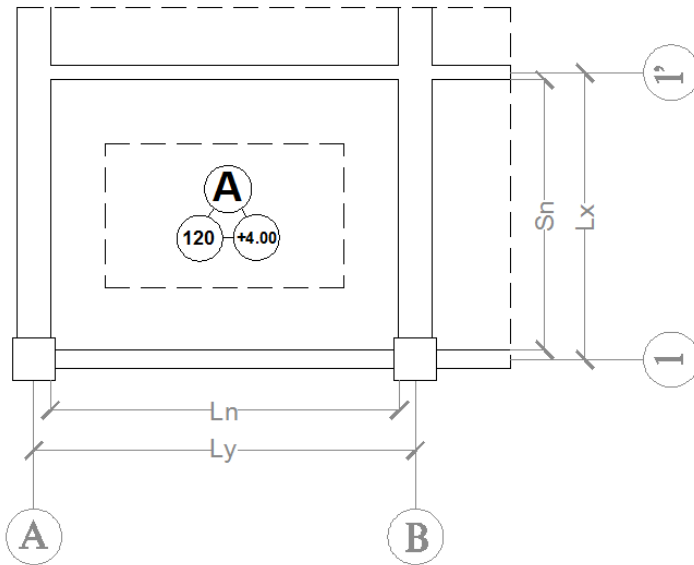
Tegangan leleh baja, $f_y = 240 \text{ Mpa}$

Modulus Elastisitas beton, $E_c = 4700\sqrt{25} = 23.500 \text{ Mpa}$

Direncanakan tebal pelat, $t = 12 \text{ cm}$

Bentang sumbu panjang, $L_y = 400 \text{ cm}$

Bentang sumbu pendek, $L_x = 300 \text{ cm}$



Gambar 5.2 Detail pelat yang ditinjau

Bentang bersih sumbu panjang,

$$L_n = L_y - \frac{b_w}{2} - \frac{b_w}{2} = 400 \text{ cm} - \frac{35}{2} - \frac{35}{2} = 365 \text{ cm}$$

Bentang bersih sumbu pendek,

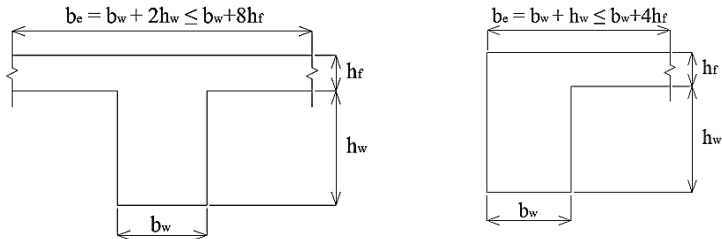
$$S_n = L_x - \frac{b_w}{2} - \frac{b_w}{2} = 300 \text{ cm} - \frac{15}{2} - \frac{20}{2} = 282,5 \text{ cm}$$

Rasio antara bentang bersih sumbu panjang terhadap bersih sumbu pendek,

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{365 \text{ cm}}{282,5 \text{ cm}} = 1,29 \leq 2 \quad \text{Termasuk pelat dua arah}$$

Menentukan lebar efektif flens

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 15.2.4, lebar efektif untuk balok T diambil nilai sebesar : $b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$

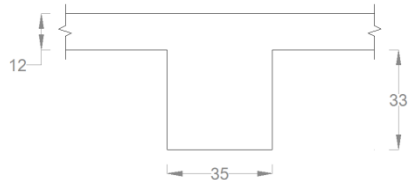


Gambar 5.3 Lebar efektif pada balok T dan L

Tinjau balok as A joint 1-1'

Lebar efektif, b_e

1. $b_e = b_w + 2h_w$
 $b_e = 35 \text{ cm} + (2 \cdot 33) \text{ cm}$
 $b_e = 101 \text{ cm}$
2. $b_e = b_w + 8h_f$
 $b_e = 35 \text{ cm} + (8 \cdot 12) \text{ cm}$
 $b_e = 131 \text{ cm}$



b_e pakai = 101 cm

Chu Kia Wang, dalam bukunya berjudul “Desain Beton Bertulang” menunjukkan bahwa momen inersia penampang bersayap bisa dinyatakan sebagai momen inersia penampang segi empat yang di modifikasikan dengan k,

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{101}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{45}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{45}\right) + 4 \left(\frac{12}{45}\right)^2 + \left(\frac{101}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{45}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{101}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{45}\right)}$$

$$k = 2,72$$

Sehingga momen inersia penampang T,

$$I_b = k \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12} = 2,72 \cdot \frac{35 \text{ cm} \cdot (45 \text{ cm})^3}{12} = 722979 \text{ cm}^4$$

Sedangkan momen inersia lajur pelat adalah

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12} = \frac{0,5(350+350) \text{ cm} \cdot (12 \text{ cm})^3}{12} = 50400 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat (SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.6)

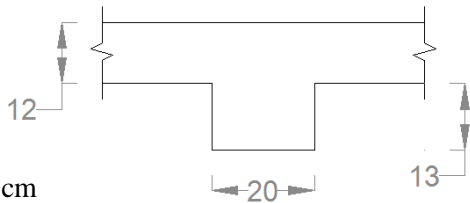
$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{722979}{50400} = 14,34$$

Tinjau balok as 1 joint A-B

Lebar efektif, b_e

1. $b_e = b_w + 2h_w$
 $b_e = 20 \text{ cm} + (2 \cdot 13) \text{ cm}$
 $b_e = 46 \text{ cm}$
2. $b_e = b_w + 8h_f$
 $b_e = 20 \text{ cm} + (8 \cdot 12) \text{ cm}$
 $b_e = 116 \text{ cm}$

b_e pakai = 46 cm



$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{46}{20} - 1\right) \left(\frac{12}{25}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{25}\right) + 4 \left(\frac{12}{25}\right)^2 + \left(\frac{46}{20} - 1\right) \left(\frac{12}{25}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{46}{20} - 1\right) \left(\frac{12}{25}\right)}$$

$$k = 2,19$$

Sehingga momen inersia penampang T,

$$I_b = k \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12} = 2,19 \cdot \frac{20 \text{ cm} \cdot (25 \text{ cm})^3}{12} = 56910,67 \text{ cm}^4$$

Sedangkan momen inersia lajur pelat adalah

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12} = \frac{350 \text{ cm} \cdot (12 \text{ cm})^3}{12} = 50400 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

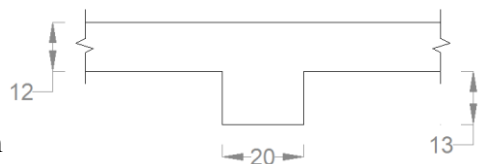
$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{56910,67}{50400} = 1,13$$

Tinjau balok as 1' joint A-B

Lebar efektif, b_e

1. $b_e = b_w + 2h_w$
 $b_e = 15 \text{ cm} + (2 \cdot 8) \text{ cm}$
 $b_e = 31 \text{ cm}$
2. $b_e = b_w + 8h_f$
 $b_e = 15 \text{ cm} + (8 \cdot 12) \text{ cm}$
 $b_e = 111 \text{ cm}$

$$b_e \text{ pakai} = 31 \text{ cm}$$



$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{31}{15} - 1\right) \left(\frac{12}{20}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{20}\right) + 4 \left(\frac{12}{20}\right)^2 + \left(\frac{46}{15} - 1\right) \left(\frac{12}{20}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{31}{15} - 1\right) \left(\frac{12}{20}\right)}$$

$$k = 2,07$$

Sehingga momen inersia penampang T,

$$I_b = k \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12} = 2,07 \cdot \frac{15 \text{ cm} \cdot (20 \text{ cm})^3}{12} = 20704 \text{ cm}^4$$

Sedangkan momen inersia lajur pelat adalah

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12} = \frac{350 \text{ cm} \cdot (12 \text{ cm})^3}{12} = 50400 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_3 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{20704}{50400} = 0,411$$

Tinjau balok as B *joint 1-1*'

Lebar efektif, b_e

1. $b_e = b_w + 2h_w$
 $b_e = 35 \text{ cm} + (2 \cdot 33) \text{ cm}$
 $b_e = 101 \text{ cm}$
2. $b_e = b_w + 8h_f$
 $b_e = 35 \text{ cm} + (8 \cdot 12) \text{ cm}$
 $b_e = 131 \text{ cm}$

$$b_e \text{ pakai} = 101 \text{ cm}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{t}{h}\right) + 4 \left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{b_e}{b_w} - 1\right) \left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{101}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{45}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{45}\right) + 4 \left(\frac{12}{45}\right)^2 + \left(\frac{101}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{45}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{111}{35} - 1\right) \left(\frac{12}{45}\right)}$$

$$k = 2,82$$

Sehingga momen inersia penampang T,

$$I_b = k \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12} = 2,82 \cdot \frac{35 \text{ cm} \cdot (45 \text{ cm})^3}{12} = 722979 \text{ cm}^4$$

Sedangkan momen inersia lajur pelat adalah

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12} = \frac{350 \text{ cm} \cdot (12 \text{ cm})^3}{12} = 50400 \text{ cm}^4$$

Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_4 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{722979}{50400} = 14,34$$

Dari keempat rasio kekakuan balok terhadap pelat diatas didapatkan rata-rata sebagai berikut :

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} = \frac{14,34 + 1,13 + 0,411 + 14,34}{4} = 7,56$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.3.c, tebal pelat untuk kekakuan rata-rata balok terhadap pelat, $\alpha_m \geq 2,0$ ketebalan minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm}$$

$$h = \frac{3650 \left(0,8 + \frac{320}{1500} \right)}{36 + (9 \times 1,292)} \geq 90 \text{ mm}$$

$$h = 77,66 \text{ mm} > 90 \text{ mm}$$

Jadi, pada pelat lantai 1 (elevasi +4 meter) dipakai pelat dengan ketebalan 120 mm, sedangkan pada pelat lantai 2 (elevasi +8 meter) dipakai pelat dengan ketebalan 120 mm, dan pada pelat lantai atap (elevasi + 12 meter) dipakai pelat dengan ketebalan 100 mm.

Tabel 5.1 Perhitungan tebal tipe pelat B dan C

Tipe pelat	Bentang panjang (Ln) mm	Bentang pendek (Sn) mm	α_m	Tebal pelat perlu (mm)	Tebal pelat pakai (mm)
B	2650	2800	12,56	60,32	120
C	3650	2825	12,6	77,66	120

BAB VI PEMBEBANAN STRUKTUR

6.1 Pembebanan Pelat

Pembebanan yang ada pada komponen struktur pelat disesuaikan dengan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG '83). Karena komponen struktur pelat merupakan salah satu komponen struktur sekunder maka direncanakan hanya menerima beban mati (DL) dan beban hidup (LL) dengan menggunakan kombinasi pembebanan sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 11.2.1 yaitu $1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$.

❖ Pembebanan pelat lantai 1, 2 dan 3

Beban mati (DL)

$$\text{Berat pelat} = 0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$$

(Sudah dalam perhitungan SAP2000)

$$\text{Plafond + penggantung} = 11+7 = 18 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi 1cm} = 0,01 \times 2100 = 21 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Keramik 1 cm} = 0,01 \times 2400 = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Instalasi listrik} = 40 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{DL} = 391 \text{ kg/m}^2 +$$

Beban hidup

Beban hidup untuk Rusunawa (LL)

$$\text{LL} = 250 \text{ kg/m}^2$$

Beban ultimate

$$\text{Ult.} = 1,2(391) + 1,6(250)$$

$$\text{Ult.} = 869,2 \text{ kg/m}^2$$

❖ Pembebanan pelat atap

Beban mati (DL)

Berat pelat	$= 0,1 \times 2400$	$= 240 \text{ kg/m}^2$	
Plafon + penggantung	$= 11+7$	$= 18 \text{ kg/m}^2$	
	DL	$= 258 \text{ kg/m}^2$	+

Beban hidup

Beban hidup untuk pekerja	$= 100 \text{ kg/m}^2$
---------------------------	------------------------

Beban ultimate

$$\text{Ult.} = 1,2(258) + 1,6(100)$$

$$\text{Ult.} = 469,6 \text{ kg/m}^2$$

6.2 Pembebanan Dinding

Dalam permodelan struktur SAP2000, pembahasan komponen struktur dinding dibebankan atau didistribusikan pada komponen struktur balok yang berada di atas sisi komponen struktur balok.

Pembebanan komponen struktur dinding pada struktur balok merupakan distribusi beban. Ini dikarenakan beban pada komponen struktur dinding merupakan beban luasan sedangkan beban pada komponen struktur balok yaitu beban merata sehingga beban dinding harus dikonversikan ke beban merata pada balok. Pembebanan yang ada pada komponen struktur dinding disesuaikan dengan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG '83). Maka menurut peraturan tersebut digunakan berat mati dinding dengan pasangan batu merah setengah batu yaitu sebesar 250 kg/m^2 dengan dikalikan tinggi per lantai.

❖ Tinggi dinding tiap lantai :

- Lantai 1 (H1) = 4 m
- Lantai 2 (H2) = 4 m
- Lantai 3 (H3) = 4 m

❖ Perhitungan

- Berat dinding lantai 1
 $q \text{ dinding} = 4 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2 = 1.000 \text{ kg/m}$
- Berat dinding lantai 2
 $q \text{ dinding} = 4 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2 = 1.000 \text{ kg/m}$
- Berat dinding lantai 3
 $q \text{ dinding} = 4 \text{ m} \times 250 \text{ kg/m}^2 = 1.000 \text{ kg/m}$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VII PERENCANAAN PONDASI

7.1 Perencanaan Pondasi Tipe 1 dan 2

Perencanaan Pondasi

Adapun data-data dalam perencanaan pondasi adalah :

- | | |
|------------------------------------|-------------------------|
| a. Kedalaman tiang pancang | = 7000 mm |
| b. Diameter tiang pancang | = 300 mm |
| c. Tebal selimut | = 75 mm |
| [SNI 03-2847-2002 Pasal 9.7.1.(a)] | |
| d. Mutu beton (f_c') | |
| Tiang pancang | = 25 N/mm ² |
| Poer | = 25 N/mm ² |
| e. Mutu baja | |
| Poer | = 320 N/mm ² |

7.2 Perhitungan Daya Dukung Ijin Tiang (P_{ijin})

Dalam menghitung daya dukung ijin tiang pada gedung rusunawa ini menggunakan metode uji SPT (*Standart Penetration Test*) yaitu suatu metode uji yang dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui, baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan. Uji SPT terdiri atas uji pemukulan tabung belah dinding tebal ke dalam tanah, disertai pengukuran jumlah pukulan untuk memasukkan tabung belah sedalam 300 mm vertikal. Dalam sistem beban jatuh ini digunakan palu dengan berat 63,5 kg, yang dijatuhkan secara berulang dengan tinggi jatuh 0,76 m.

Pelaksanaan pengujian dibagi dalam tiga tahap, yaitu berturut-turut setebal 150 mm untuk masing-masing tahap. Tahap pertama

dicatat sebagai dudukan, sementara jumlah pukulan untuk memasukkan tahap kedua dan ketiga dijumlahkan untuk memperoleh nilai pukulan N atau perlawanan SPT (dinyatakan dalam pukulan/0,3 m). (SNI 4153:2008)

Data SPT :

Panjang tiang pancang $(L_{TP}) = 7 \text{ m}$

Nilai SPT pada ujung tiang $(N) = (24+24+20)/3 = 23 \frac{\text{blow}}{\text{feet}}$

Rata-rata nilai SPT pada ujung tiang $(N_{av}) = 18,67 \frac{\text{blow}}{\text{feet}}$

Luas permukaan ujung tiang dalam m^2 $(A_p) = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_{(30)}^2$
 $(A_p) = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \cdot (0,03\text{m})^2$
 $(A_p) = 0,071 \text{ m}^2$

Luas selimut tiang dalam m^2 $(A_s) = \pi \cdot d_{(30)} \cdot L$
 $(A_s) = \left(\frac{22}{7}\right) \cdot (0,03\text{m}) \cdot 7\text{m}$
 $(A_s) = 0,66 \text{ m}^2$

Daya dukung tiang pancang terhadap kekuatan tanah :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = (40 \cdot N \cdot A_p) + \left(\frac{N_{av} \times A_s}{5}\right)$$

$$Q_u = 40 \cdot (23) \cdot (0,071) + \left(\frac{18,67 \times 0,66}{5}\right)$$

$$Q_u = 66,84 \text{ ton} \quad ; \quad \text{dengan SF} = 3$$

$$Q_{u_{\text{ijin tanah 1}}} = \frac{Q_u}{SF} = \frac{66,84}{3} = 22,28 \text{ ton}$$

Sedangkan kekuatan bahan :

$Q_{\text{bahan}} = 75$ ton berdasarkan tabel kelas A, dimensi standart tiang pancang dari PT. HUME SAKTI INDONESIA

$$Q_{\text{bahan}} > Q_{\text{ijin tanah}}$$

$$75 \text{ ton} > 22,28 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

Syarat jarak antar tiang pancang (s) berdasarkan Karl Terzaghi dan Ralph B. Peck dalam buku "*Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*", Jilid 2 disebutkan bahwa :

Syarat jarak antar tiang pancang (s) :

$$2,5D \leq s \leq 3D$$

$$2,5 \times 30 \text{ cm} \leq s \leq 3 \times 30 \text{ cm}$$

$$75 \text{ cm} \leq s \leq 90 \text{ cm}$$

Dipakai $s = 90$ cm.

Syarat jarak tepi poer ke tiang (s') :

$$1,5D \leq s \leq 2D$$

$$1,5 \times 30 \leq s \leq 2 \times 30$$

$$45 \text{ cm} \leq s \leq 60 \text{ cm}$$

Dipakai $s' = 45$ cm.

7.3 Perhitungan Tiang Pancang Kelompok

Efisiensi tiang pancang kelompok berdasarkan efisiensi metode AASHTO

$$(\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 mn}$$

dengan,

(η) = efisiensi kelompok tiang

m = jumlah baris tiang

n = jumlah tiang dalam satu baris

θ = arc.tan (d/s), dalam derajat = arc.tan (30/90) = 18,43

s = jarak pusat ke pusat tiang (m)

d = diameter tiang (m)

Tiang kelompok (2 buah)

$$m = 2$$

$$n = 1$$

$$s = 3D \text{ (Syarat } 2D \leq S \leq 6D)$$

$$\theta = 18,43^\circ$$

$$(\eta_2) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 mn}$$

$$(\eta_2) = 1 - 18,43^\circ \frac{(1-1).2 + (2-1).1}{90.(2).1}$$

$$(\eta_2) = 0,898$$

$$Q_{u_{ijin \text{ tanah}}} = (\eta_2) \cdot Q_{u_{ijin \text{ tanah}}}$$

$$Q_{u_{ijin \text{ tanah}}} = 0,898 \cdot 22,28 \text{ ton} \cdot 2$$

$$Q_{u_{ijin \text{ tanah}}} = 40,01 \text{ ton} < Q_{ijin \text{ bahan}}$$

$$40,01 \text{ ton} < 75 \text{ ton (OK)}$$

Tiang kelompok (4 buah)

$$m = 2$$

$$n = 2$$

$$s = 3D \text{ (Syarat } 2D \leq S \leq 6D)$$

$$\theta = 18,43^\circ$$

$$(\eta_2) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 mn}$$

$$(\eta_2) = 1 - 18,43 \circ \frac{(2-1).2 + (2-1).2}{90.(2).2}$$

$$(\eta_2) = 0,795$$

$$Q_{u_{\text{ijin tanah}}} = (\eta_2) \cdot Q_{u_{\text{ijin tanah}}}$$

$$Q_{u_{\text{ijin tanah}}} = 0,795 \cdot 22,28 \text{ ton} \cdot 4$$

$$Q_{u_{\text{ijin tanah}}} = 70,85 \text{ ton} < Q_{\text{ijin bahan}}$$

$$70,85 \text{ ton} < 75 \text{ ton (OK)}$$

7.4 Perencanaan Tebal *Pile Cap* (Poer)

Akibat beban tetap (1,0DL+1,0LL)

$$P = 49031,27 \text{ kg}$$

$$M_x = -981.24 \text{ kg.m}$$

$$M_y = 478.84 \text{ kg.m}$$

Perencanaan dimensi *pile cap* :

$$\text{Panjang} = 1,8 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1,8 \text{ m}$$

$$\text{Reaksi perlawanan tanah } (qt) = \frac{\sum P_{total}}{\text{luas poer}}$$

$$qt = \frac{490312,7 \text{ N}}{1800 \times 1800} = 0,15 \text{ N/mm}^2$$

Hitung d (tinggi manfaat yang diperlukan dengan anggapan kerja balok lebar dan kerja balok 2 arah. Ambil nilai d terbesar diantara keduanya).

- **Geser Satu Arah pada Poer**

Luasan Tributari A_t (mm^2)

$$A_t = \frac{L_{poer} - b_{kolom} - (2 \times \text{tebal poer})}{2 \times b_{poer}}$$

$$A_t = \frac{1800 - 500 - (2 \times d)}{2 \times 1800} = 1215000 - 1800d$$

Beban Gaya Geser V_u (N)

$$V_u = qt \cdot A_t$$

$$V_u = (0,1513) \cdot (1215000 - 1800d)$$

$$V_u = 183867,3 - 272,39d$$

Gaya Geser yang Mampu Dipikul Oleh Beton V_c (N)

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \quad [\text{SNI 03-2847-2002 Pasal 13.8.6}]$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$0,75 \cdot \frac{1}{6} \sqrt{25} \cdot 1800 \cdot d \geq 183867,3 - 272,9d$$

$$1125d \geq 183867,3 - 272,39d$$

$$d \geq 131578 \text{ mm}$$

- **Geser Dua Arah pada Poer**

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 13.12. (2). (a), (b), dan (c) , untuk beton non prategang, maka V_c harus memenuhi persamaan berikut dengan mengambil nilai V_c terkecil.

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \cdot \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot bo \cdot d$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} \beta_c &= \text{rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom} \\ &= 500/500 \\ &= 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} bo &= \text{keliling dari penampang kritis} \\ &= (2 \cdot (500 + 500)) + 4d \\ &= 2000 + 4d \end{aligned}$$

$$V_c = \left[\frac{\alpha_s \cdot d}{bo} + 2 \right] \frac{\sqrt{f_c'} \cdot bo \cdot d}{12}$$

Keterangan :

$$\alpha_s = 40 \text{ untuk kolom dalam}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot bo \cdot d$$

Luasan Tributari A_t (mm^2)

$$A_t = (L_{poer} \cdot B_{poer}) - ((L_{kolom} + tebal_{poer}) \cdot (B_{kolom} + tebal_{poer}))$$

$$A_t = (1800 \cdot 1800) - ((4000 + d) \cdot (500 + d))$$

$$A_t = d^2 + 4500d + 1240000$$

Beban Gaya Geser Vu (N)

$$Vu = qu \cdot At$$

$$Vu = 0,15 \cdot (d^2 + 4500d + 1240000)$$

$$Vu = 0,15 \cdot d^2 + 675d + 186000$$

SNI 03-2847-2002 Pasal 13.12.2.(a)

$$Vc = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$Vc = \left(1 + \frac{2}{1}\right) \cdot \frac{1}{6} \sqrt{25} \cdot (2000 + 4d) \cdot d$$

$$Vc = 2,5d (2000 + 4d)$$

$$Vc = 5000d + 10d^2$$

$$Vc \geq Vu$$

$$5000d + 10d^2 \geq 0,15 \cdot d^2 + 675d + 186000$$

$$10d^2 - 0,15d^2 + 5000d - 675d - 186000 \geq 0$$

$$9,85d^2 + 4325d - 186000 \geq 0$$

$$d_{1,2} = \frac{-4325 \pm \sqrt{(4325)^2 - 4(9,85)(-186000)}}{2 \cdot (9,85)} \geq 0$$

$$d_{1,2} = \frac{-4325 \pm \sqrt{91989625}}{2 \cdot (9,85)} \geq 0$$

$$d = 267,32 > 0$$

(OK)

SNI 03-2847-2002 Pasal 13.12.2.(b)

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2 \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{12}$$

$$V_c = \left(\frac{40 \cdot d}{(2000 + 4d)} + 2 \right) \cdot \frac{\sqrt{25} \cdot (2000 + 4d) \cdot d}{12}$$

$$V_c = \left(\frac{40 \cdot d}{2000 + 4d} + \frac{4000 + 8d}{2000 + 4d} \right) \cdot (0,42d(2000 + 4d))$$

$$V_c = \left(\frac{48 \cdot d + 4000}{2000 + 4d} \right) \cdot (0,42d(2000 + 4d))$$

$$V_c = 20,16d^2 + 1680d$$

$$V_c \geq V_u$$

$$20,16d^2 + 1680d \geq 0,15 \cdot d^2 + 675d + 186000$$

$$20,16d^2 - 0,15d^2 + 1680d - 675d - 186000 \geq 0$$

$$20,01d^2 + 1005d - 186000 \geq 0$$

$$d_{1,2} = \frac{-1005 \pm \sqrt{(1005)^2 - 4(20,01 \cdot (-186000))}}{2 \cdot (20,01)} \geq 0$$

$$d_{1,2} = \frac{-1005 \pm \sqrt{(149884425)}}{40,02} \geq 0$$

$$d = 280,8 \text{ mm} > 0 \quad (\text{OK})$$

SNI 03-2847-2002 Pasal 13.12.2.(c)

$$V_c = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25} \cdot (2000 + 4d) \cdot d$$

$$V_c = 1,67d \cdot (2000 + 4d)$$

$$V_c = 3333,33d + 6,67d^2$$

$$V_c \geq V_u$$

$$3333,33d + 6,67d^2 \geq 0,15d^2 + 675d + 186000$$

$$6,67d^2 - 0,15d^2 + 3333,33d - 675d - 1860000 \geq 0$$

$$6,52d^2 + 2658,33d - 1860000 \geq 0$$

$$d_{1,2} = \frac{-2658,33 \pm \sqrt{(2658,33)^2 - 4(6,52 \cdot (-1860000))}}{2 \cdot (6,52)} \geq 0$$

$$d_{1,2} = \frac{-4325 \pm \sqrt{(55575518,39)}}{2 \cdot (6,52)} \geq 0$$

$$d = 240,03 > 0 \quad (\text{OK})$$

Dari ketiga persamaan diatas, didapatkan harga d yang paling memenuhi yaitu : $d = 280,8$ mm (nilai terbesar).

Jadi tebal poer :

$$h = \frac{d}{0,9} = \frac{280,8}{0,9} = 312 \text{ mm} \approx 550 \text{ mm}$$

7.5 Daya Dukung Tiang dalam Kelompok

Dari output SAP 2000 diambil as 1-A joint 384 didapatkan gaya-gaya dalam sebagai berikut :

- Akibat beban tetap (1,0DL+1,0LL)

$$P = 34039,36 \text{ kg}$$

$$M_x = -1147,33 \text{ kg.m} \quad ; \quad M_y = 507,959 \text{ kg.m}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban tetap adalah sebagai berikut :

Berat sendiri poer

$$\left(1,8 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,55 \text{ m} \times \frac{2400 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) = 4276,8 \text{ kg}$$

Beban aksial kolom

$$(\text{output SAP 2000}) = 34039,36 \text{ kg}$$

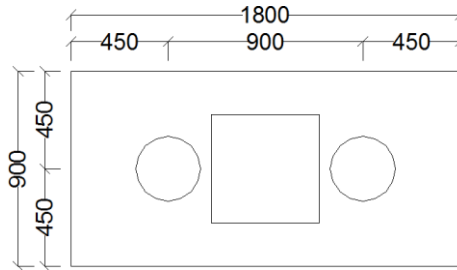
$$\Sigma P = 4276,8 \text{ kg} + 34039,36 \text{ kg} = 38316,16 \text{ kg}$$

Perkiraan jumlah tiang pancang

$$n = \frac{\Sigma P}{Q_{ijin \text{ tanah}}} = \frac{38316,16 \text{ kg}}{23540 \text{ kg}} = 1,63 \approx 2 \text{ buah}$$

Direncanakan 2 buah

Maka, direncanakan pakai 2 buah tiang pancang.



Gambar 7. 1 Sketsa pondasi 2 buah tiang pancang

Tabel 7.1 Perhitungan jarak X dan Y 2 buah tiang pancang

	X (m)	X ²
X1	0,45	0,2025
X2	0,45	0,2025
ΣX ²		0,405

	Y (m)	Y ²
Y1	0	0
Y2	0	0
ΣY ²		0

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{38316,16}{2} + \frac{507,96 \cdot (0,45)}{0,405} + \frac{-1147 \cdot (0)}{0}$$

$$P_1 = 19722,48 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{58316,16}{2} + \frac{507,96 \cdot (0,45)}{0,405} + \frac{-1147 \cdot (0)}{0}$$

$$P_2 = 19722,48 \text{ kg}$$

Beban maksimum yang diterima dua tiang pancang adalah

$$P_{total} < Qu_{ijin tanah}$$

$$39444,96 \text{ kg} < 40010 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})$$

Dari output SAP 2000 diambil as 2-C joint 391 didapatkan gaya-gaya dalam sebagai berikut :

Akibat beban tetap (1,0DL+1,0LL)

$$P = 56099,17 \text{ kg}$$

$$M_x = 679,86 \text{ kg.m} \quad ; \quad M_y = -358 \text{ kg.m}$$

P akibat pengaruh beban tetap

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban tetap adalah sebagai berikut :

Berat sendiri poer

$$\left(1,8 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,55 \text{ m} \times \frac{2400 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) = 4276,8 \text{ kg}$$

Beban aksial kolom

$$(\text{output SAP 2000}) = 56099,17 \text{ kg}$$

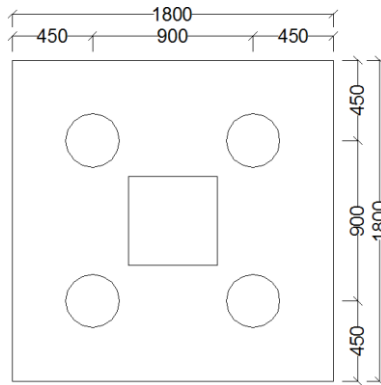
$$\Sigma P = 4276,8 \text{ kg} + 56099,17 \text{ kg} = 60375,97 \text{ kg}$$

Perkiraan jumlah tiang pancang

$$n = \frac{\sum P}{Qu_{ijin tanah}} = \frac{60375,97 \text{ kg}}{23540 \text{ kg}} = 2,6 \approx 4 \text{ buah}$$

Direncanakan 4 buah

Maka, direncanakan pakai 4 buah tiang pancang.



Gambar 7.2 Sketsa pondasi 4 buah tiang pancang

Tabel 7.2 Perhitungan jarak X dan Y 4 buah tiang pancang

	X (m)	X ²
X1	0,45	0,2025
X2	0,45	0,2025
X3	0,45	0,2025
X4	0,45	0,2025
ΣX ²		0,81

	Y (m)	Y ²
Y1	0,45	0,2025
Y2	0,45	0,2025
Y3	0,45	0,2025
Y4	0,45	0,2025
ΣY ²		0,81

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{60375,97}{4} + \frac{-358 \cdot (0,45)}{0,81} + \frac{679,86 \cdot (0,45)}{0,81}$$

$$P_1 = 15272,8 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{60375,97}{4} + \frac{-358 \cdot (0,45)}{0,81} + \frac{679,86 \cdot (0,45)}{0,81}$$

$$P_2 = 15272,8 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{60375,97}{4} + \frac{-358 \cdot (0,45)}{0,81} + \frac{679,86 \cdot (0,45)}{0,81}$$

$$P_3 = 15272,8 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{60375,97}{4} + \frac{-358 \cdot (0,45)}{0,81} + \frac{679,86 \cdot (0,45)}{0,81}$$

$$P_4 = 15272,8 \text{ kg}$$

Beban maksimum yang diterima empat tiang pancang adalah

$$P_{total} < Q_{ijin tanah}$$

$$61091,21 \text{ kg} < 70850 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VIII

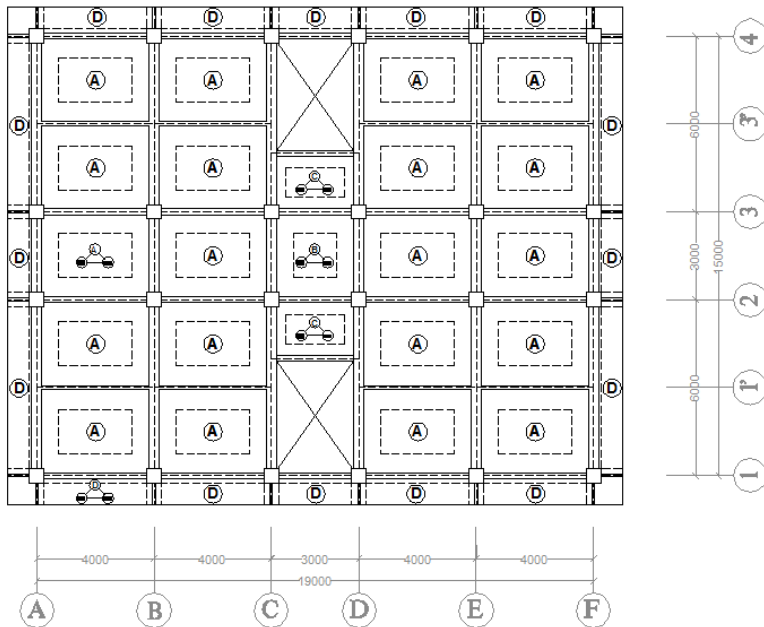
PEMBEBANAN GEMPA

8.1 Pusat Kekakuan dan Titik Berat Bangunan

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam perencanaan bangunan tahan gempa adalah timbulnya momen torsi pada elemen bangunan. Timbulnya momen torsi tersebut disebabkan adanya eksentrisitas antara pusat massa bangunan dengan pusat rotasi bangunan. Pusat massa adalah letak titik tangkap resultante beban mati dan beban hidup yang sesuai serta yang bekerja pada lantai tingkat tersebut. Sedangkan pusat rotasi (pusat kekakuan) adalah titik dimana pada suatu lantai bangunan, apabila bekerja gaya horizontal pada titik tersebut, lantai tingkat tersebut tidak mengalami rotasi tapi hanya bertranslasi (BSN, 2002). Struktur gedung yang dibangun, agar terjamin keamanannya terhadap momen torsi tak terduga maka letak titik tangkap beban yang bekerja setidaknya harus berjarak 5% terhadap lebar bangunan, dari pusat kekakuannya (Miamis, 2006). Jarak 5% tersebut digunakan meskipun pada gedung yang letak pusat massa dan pusat kekakuan berimpit (tidak terdapat eksentrisitas). Peraturan gempa di Indonesia (SNI 1726-2002) memberikan persyaratan tentang besarnya eksentrisitas rencana (e_d) yang diperhitungkan terhadap beban horizontal yang bekerja pada tiap lantai. Persyaratan tersebut ditetapkan untuk memberikan keamanan akibat eksentrisitas beban gempa yang terjadi pada struktur gedung. Analisis ini dimaksudkan melihat pengaruh penempatan beban hidup bangunan terhadap letak eksentrisitas rencana bangunan dan meninjau besarnya gaya dalam yang ditimbulkannya. Stabilitas struktur akan ditinjau dengan cara melihat besarnya lendutan arah lateral akibat eksentrisitas beban gempa pada model struktur yang dianalisis.

Tabel 8.1 Perhitungan pusat kekakuan bangunan

No	Type	As	Dimensi Plat		(A)	Xo	Yo	L.X	L.Y
			Ly	Lx		(X)	(Y)		
			(m)	(m)	(m ²)	(m)	(m)	(Kg.m)	(Kg.m)
1	K1	1A	0,5	0,5	0,25	0,225	0,225	0,06	0,06
		2A	0,5	0,5	0,25	0,225	6,225	0,06	1,56
		3A	0,5	0,5	0,25	0,225	9,225	0,06	2,31
		4A	0,5	0,5	0,25	0,225	15,225	0,06	3,81
		1B	0,5	0,5	0,25	4,225	0,225	1,06	0,06
		2B	0,5	0,5	0,25	4,225	6,225	1,06	1,56
		3B	0,5	0,5	0,25	4,225	9,225	1,06	2,31
		4B	0,5	0,5	0,25	4,225	15,225	1,06	3,81
		1C	0,5	0,5	0,25	8,225	0,225	2,06	0,06
		2C	0,5	0,5	0,25	8,225	6,225	2,06	1,56
		3C	0,5	0,5	0,25	8,225	9,225	2,06	2,31
		4C	0,5	0,5	0,25	8,225	15,225	2,06	3,81
		1D	0,5	0,5	0,25	11,225	0,225	2,81	0,06
		2D	0,5	0,5	0,25	11,225	6,225	2,81	1,56
		3D	0,5	0,5	0,25	11,225	9,225	2,81	2,31
		4D	0,5	0,5	0,25	11,225	15,225	2,81	3,81
		1E	0,5	0,5	0,25	15,225	0,225	3,81	0,06
		2E	0,5	0,5	0,25	15,225	6,225	3,81	1,56
		3E	0,5	0,5	0,25	15,225	9,225	3,81	2,31
		4E	0,5	0,5	0,25	15,225	15,225	3,81	3,81
		1F	0,5	0,5	0,25	19,225	0,225	4,81	0,06
		2F	0,5	0,5	0,25	19,225	6,225	4,81	1,56
		3F	0,5	0,5	0,25	19,225	9,225	4,81	2,31
		4F	0,5	0,5	0,25	19,225	15,225	4,81	3,81
	Total				6			58,4	46,4



Gambar 8.1 Denah pelat, kolom, dan balok

Tabel 8.2 Pusat kekakuan bangunan Rusunawa

Pusat Kekakuan	Xa	Ya	Xa	Ya
	(m)	(m)	(cm)	(cm)
	9,725	7,725	972,5	772,5

Tabel 8.3 Perhitungan titik berat bangunan

No	Type	As	Dimensi Plat		t	ρ	(W)	S ke	S ke	W.X	W.Y
			Ly	Lx				Xo	Yo		
			(m)	(m)	(m)	(Kg/m3)	(Kg)	(m)	(m)	(Kg.m)	(Kg.m)
Lantai 1											
Plat Lantai											
1	A	A-B & 1-1'	3	4	0,12	2400	3456	3	2,5	10368	8640
		A-B & 1'-2	3	4	0,12	2400	3456	3	5,5	10368	19008
		A-B & 2-3	3	4	0,12	2400	3456	3	8,5	10368	29376
		A-B & 3-3'	3	4	0,12	2400	3456	3	11,5	10368	39744
		A-B & 3'-4	3	4	0,12	2400	3456	3	14,5	10368	50112
		B-C & 1-1'	3	4	0,12	2400	3456	7	2,5	24192	8640
		B-C & 1'-2	3	4	0,12	2400	3456	7	5,5	24192	19008
		B-C & 2-3	3	4	0,12	2400	3456	7	8,5	24192	29376
		B-C & 3-3'	3	4	0,12	2400	3456	7	11,5	24192	39744
		B-C & 3'-4	3	4	0,12	2400	3456	7	14,5	24192	50112
		D-E & 1-1'	3	4	0,12	2400	3456	14	2,5	48384	8640
		D-E & 1'-2	3	4	0,12	2400	3456	14	5,5	48384	19008
		D-E & 2-3	3	4	0,12	2400	3456	14	8,5	48384	29376
		D-E & 3-3'	3	4	0,12	2400	3456	14	11,5	48384	39744
		D-E & 3'-4	3	4	0,12	2400	3456	14	14,5	48384	50112
		E-F & 1-1'	3	4	0,12	2400	3456	18	2,5	62208	8640
		E-F & 1'-2	3	4	0,12	2400	3456	18	5,5	62208	19008
		E-F & 2-3	3	4	0,12	2400	3456	18	8,5	62208	29376
		E-F & 3-3'	3	4	0,12	2400	3456	18	11,5	62208	39744
		E-F & 3'-4	3	4	0,12	2400	3456	18	14,5	62208	50112
	B	C-D & 2-3	3	3	0,12	2400	2592	10,5	8,5	27216	22032
	C	C-D & 1"-2	2	3	0,12	2400	1728	10,5	6	18144	10368
		C-D & 3-3"	2	3	0,12	2400	1728	10,5	11	18144	19008

	D	A-12	1	6	0,1	2400	1440	0,5	4	720	5760
		A-23	1	3	0,1	2400	720	0,5	8,5	360	6120
		A-34	1	6	0,1	2400	1440	0,5	13	720	18720
		F-12	1	6	0,1	2400	1440	20,5	4	29520	5760
		F-23	1	3	0,1	2400	720	20,5	8,5	14760	6120
		F-34	1	6	0,1	2400	1440	20,5	13	29520	18720
		1-AB	1	4	0,1	2400	960	3	0,5	2880	480
		1-BC	1	4	0,1	2400	960	7	0,5	6720	480
		1-CD	1	3	0,1	2400	720	10,5	0,5	7560	360
		1-DE	1	4	0,1	2400	960	14	0,5	13440	480
		1-EF	1	4	0,1	2400	960	18	0,5	17280	480
		4-AB	1	4	0,1	2400	960	3	16,5	2880	15840
		4-BC	1	4	0,1	2400	960	7	16,5	6720	15840
		4-CD	1	3	0,1	2400	720	10,5	16,5	7560	11880
		4-DE	1	4	0,1	2400	960	14	16,5	13440	15840
		4-EF	1	4	0,1	2400	960	18	16,5	17280	15840

		Dinding	L	h							
		A 1-2	6	4		250	6000	1	4	6000	24000
		A 2-3	3	4		250	3000	1	8,5	3000	25500
		A 3-4	6	4		250	6000	1	13	6000	78000
		B 1-2	6	4		250	6000	5	4	30000	24000
		B 3-4	6	4		250	6000	5	13	30000	78000
		C 1-2	6	4		250	6000	9	4	54000	24000
		C 3-4	6	4		250	6000	9	13	54000	78000
		D 1-2	6	4		250	6000	12	4	72000	24000
		D 3-4	6	4		250	6000	12	13	72000	78000
		E 1-2	6	4		250	6000	16	4	96000	24000

		E 3-4	6	4		250	6000	16	13	96000	78000
		F 1-2	6	4		250	6000	20	4	120000	24000
		F 2-3	3	4		250	3000	20	8,5	60000	25500
		F 3-4	6	4		250	6000	20	13	120000	78000
		1 A-B	4	4		250	4000	3	1	12000	4000
		1 B-C	4	4		250	4000	7	1	28000	4000
		1 C-D	3	4		250	3000	10,5	1	31500	3000
		1 D-E	4	4		250	4000	14	1	56000	4000
		1 E-F	4	4		250	4000	18	1	72000	4000
		2 A-B	4	4		250	4000	3	7	12000	28000
		2 B-C	4	4		250	4000	7	7	28000	28000
		2 D-E	4	4		250	4000	14	7	56000	28000
		2 E-F	4	4		250	4000	18	7	72000	28000
		3 A-B	4	4		250	4000	3	10	12000	40000
		3 B-C	4	4		250	4000	7	10	28000	40000
		3 D-E	4	4		250	4000	14	10	56000	40000
		3 E-F	4	4		250	4000	18	10	72000	40000
		4 A-B	4	4		250	4000	3	16	12000	64000
		4 B-C	4	4		250	4000	7	16	28000	64000
		4 C-D	3	4		250	3000	10,5	16	31500	48000
		4 D-E	4	4		250	4000	14	16	56000	64000
		4 E-F	4	4		250	4000	18	16	72000	64000
		Dinding	L	h							
		A 1-2	6	4		250	6000	1	4	6000	24000
		A 2-3	3	4		250	3000	1	8,5	3000	25500
		A 3-4	6	4		250	6000	1	13	6000	78000
		B 1-2	6	4		250	6000	5	4	30000	24000
		B 3-4	6	4		250	6000	5	13	30000	78000
		C 1-2	6	4		250	6000	9	4	54000	24000

Balok											
B1	A 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	1	4	2268	9072	
B1	A 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	1	8,5	1134	9639	
B1	A 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	1	13	2268	29484	
B1	B 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	5	4	11340	9072	
B1	B 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	5	8,5	5670	9639	
B1	B 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	5	13	11340	29484	
B1	C 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	9	4	20412	9072	
B1	C 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	9	8,5	10206	9639	
B1	C 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	9	13	20412	29484	
B1	D 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	12	4	27216	9072	
B1	D 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	12	8,5	13608	9639	
B1	D 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	12	13	27216	29484	
B1	E 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	16	4	36288	9072	
B1	E 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	16	8,5	18144	9639	
B1	E 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	16	13	36288	29484	
B1	F 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	20	4	45360	9072	
B1	F 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	20	8,5	22680	9639	
B1	F 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	20	13	45360	29484	
B2	1 A-B	0,2	0,25	4	2400	480	3	1	1440	480	
B2	1 B-C	0,20	0,25	4	2400	480	7	1	3360	480	

	B2	1 C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	1	3780	360
	B2	1 D-E	0,20	0,25	4	2400	480	14	1	6720	480
	B2	1 E-F	0,20	0,25	4	2400	480	18	1	8640	480
	B2	2 A-B	0,2	0,25	4	2400	480	3	7	1440	3360
	B2	2 B-C	0,20	0,25	4	2400	480	7	7	3360	3360
	B2	2 C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	7	3780	2520
	B2	2 D-E	0,20	0,25	4	2400	480	14	7	6720	3360
	B2	2 E-F	0,20	0,25	4	2400	480	18	7	8640	3360
	B2	3 A-B	0,2	0,25	4	2400	480	3	10	1440	4800
	B2	3 B-C	0,20	0,25	4	2400	480	7	10	3360	4800
	B2	3 C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	10	3780	3600
	B2	3 D-E	0,20	0,25	4	2400	480	14	10	6720	4800
	B2	3 E-F	0,20	0,25	4	2400	480	18	10	8640	4800
	B2	4 A-B	0,2	0,25	4	2400	480	3	16	1440	7680
	B2	4 B-C	0,20	0,25	4	2400	480	7	16	3360	7680
	B2	4 C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	16	3780	5760
	B2	4 D-E	0,20	0,25	4	2400	480	14	16	6720	7680
	B2	4 E-F	0,20	0,25	4	2400	480	18	16	8640	7680
	B2	1" C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	5	3780	1800
	B2	3" C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	12	3780	4320
	B3	1' A-B	0,15	0,2	4	2400	288	3	4	864	1152

B3	1' B-C	0,15	0,2	4	2400	288	7	4	2016	1152
B3	1' D-E	0,15	0,2	4	2400	288	14	4	4032	1152
B3	1' E-F	0,15	0,2	4	2400	288	18	4	5184	1152
B3	3' A-B	0,15	0,2	4	2400	288	3	13	864	3744
B3	3' B-C	0,15	0,2	4	2400	288	7	13	2016	3744
B3	3' D-E	0,15	0,2	4	2400	288	14	13	4032	3744
B3	3' E-F	0,15	0,2	4	2400	288	18	13	5184	3744
BK	1 A-A''	0,1	0,125	1	2400	30	0,5	1	15	30
BK	2 A-A''	0,1	0,125	1	2400	30	0,5	7	15	210
BK	3 A-A''	0,1	0,125	1	2400	30	0,5	10	15	300
BK	4 A-A''	0,1	0,125	1	2400	30	0,5	16	15	480
BK	1 F-F''	0,1	0,125	1	2400	30	20,5	1	615	30
BK	2 F-F''	0,1	0,125	1	2400	30	20,5	7	615	210
BK	3 F-F''	0,1	0,125	1	2400	30	20,5	10	615	300
BK	4 F-F''	0,1	0,125	1	2400	30	20,5	16	615	480
BK	A 1-1''	0,1	0,125	1	2400	30	1	0,5	30	15
BK	B 1-1''	0,1	0,125	1	2400	30	5	0,5	150	15
BK	C 1-1''	0,1	0,125	1	2400	30	9	0,5	270	15
BK	D 1-1''	0,1	0,125	1	2400	30	12	0,5	360	15
BK	E 1-1''	0,1	0,125	1	2400	30	16	0,5	480	15
BK	F 1-1''	0,1	0,125	1	2400	30	20	0,5	600	15

	BK	A 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	1	16,5	30	495
	BK	B 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	5	16,5	150	495
	BK	C 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	9	16,5	270	495
	BK	D 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	12	16,5	360	495
	BK	E 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	16	16,5	480	495
	BK	F 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	20	16,5	600	495

Kolom											
	K	1A	0,5	0,5	4	2400	2400	1	1	2400	2400
		2A	0,5	0,5	4	2400	2400	1	7	2400	16800
		3A	0,5	0,5	4	2400	2400	1	10	2400	24000
		4A	0,5	0,5	4	2400	2400	1	16	2400	38400
		1B	0,5	0,5	4	2400	2400	5	1	12000	2400
		2B	0,5	0,5	4	2400	2400	5	7	12000	16800
		3B	0,5	0,5	4	2400	2400	5	10	12000	24000
		4B	0,5	0,5	4	2400	2400	5	16	12000	38400
		1C	0,5	0,5	4	2400	2400	9	1	21600	2400
		2C	0,5	0,5	4	2400	2400	9	7	21600	16800
		3C	0,5	0,5	4	2400	2400	9	10	21600	24000
		4C	0,5	0,5	4	2400	2400	9	16	21600	38400

		1D	0,5	0,5	4	2400	2400	12	1	28800	2400
		2D	0,5	0,5	4	2400	2400	12	7	28800	16800
		3D	0,5	0,5	4	2400	2400	12	10	28800	24000
		4D	0,5	0,5	4	2400	2400	12	16	28800	38400
		1E	0,5	0,5	4	2400	2400	16	1	38400	2400
		2E	0,5	0,5	4	2400	2400	16	7	38400	16800
		3E	0,5	0,5	4	2400	2400	16	10	38400	24000
		4E	0,5	0,5	4	2400	2400	16	16	38400	38400
		1F	0,5	0,5	4	2400	2400	20	1	48000	2400
		2F	0,5	0,5	4	2400	2400	20	7	48000	16800
		3F	0,5	0,5	4	2400	2400	20	10	48000	24000
		4F	0,5	0,5	4	2400	2400	20	16	48000	38400
		JUMLAH					3E+05			4E+06	3E+06

Lantai 2											
Plat Lantai											
1	A	A-B & 1'-1'	3	4	0,12	2400	3456	3	2,5	10368	8640
		A-B & 1'-2	3	4	0,12	2400	3456	3	5,5	10368	19008
		A-B & 2-3	3	4	0,12	2400	3456	3	8,5	10368	29376
		A-B & 3-3'	3	4	0,12	2400	3456	3	11,5	10368	39744
		A-B & 3'-4	3	4	0,12	2400	3456	3	14,5	10368	50112
		B-C & 1-1'	3	4	0,12	2400	3456	7	2,5	24192	8640
		B-C & 1'-2	3	4	0,12	2400	3456	7	5,5	24192	19008

		B-C & 2-3	3	4	0,12	2400	3456	7	8,5	24192	29376
		B-C & 3-3'	3	4	0,12	2400	3456	7	11,5	24192	39744
		B-C & 3'-4	3	4	0,12	2400	3456	7	14,5	24192	50112
		D-E & 1-1'	3	4	0,12	2400	3456	14	2,5	48384	8640
		D-E & 1'-2	3	4	0,12	2400	3456	14	5,5	48384	19008
		D-E & 2-3	3	4	0,12	2400	3456	14	8,5	48384	29376
		D-E & 3-3'	3	4	0,12	2400	3456	14	11,5	48384	39744
		D-E & 3'-4	3	4	0,12	2400	3456	14	14,5	48384	50112
		E-F & 1-1'	3	4	0,12	2400	3456	18	2,5	62208	8640
		E-F & 1'-2	3	4	0,12	2400	3456	18	5,5	62208	19008
		E-F & 2-3	3	4	0,12	2400	3456	18	8,5	62208	29376
		E-F & 3-3'	3	4	0,12	2400	3456	18	11,5	62208	39744
		E-F & 3'-4	3	4	0,12	2400	3456	18	14,5	62208	50112
	B	C-D & 2-3	3	3	0,12	2400	2592	10,5	8,5	27216	22032
	C	C-D & 1"-2	2	3	0,12	2400	1728	10,5	6	18144	10368
		C-D & 3-3"	2	3	0,12	2400	1728	10,5	11	18144	19008
	D	A-12	1	6	0,1	2400	1440	0,5	4	720	5760
		A-23	1	3	0,1	2400	720	0,5	8,5	360	6120
		A-34	1	6	0,1	2400	1440	0,5	13	720	18720
		F-12	1	6	0,1	2400	1440	20,5	4	29520	5760
		F-23	1	3	0,1	2400	720	20,5	8,5	14760	6120
		F-34	1	6	0,1	2400	1440	20,5	13	29520	18720
		1-AB	1	4	0,1	2400	960	3	0,5	2880	480
		1-BC	1	4	0,1	2400	960	7	0,5	6720	480
		1-CD	1	3	0,1	2400	720	10,5	0,5	7560	360
		1-DE	1	4	0,1	2400	960	14	0,5	13440	480
		1-EF	1	4	0,1	2400	960	18	0,5	17280	480
		4-AB	1	4	0,1	2400	960	3	16,5	2880	15840
		4-BC	1	4	0,1	2400	960	7	16,5	6720	15840

		4-CD	1	3	0,1	2400	720	10,5	16,5	7560	11880
		4-DE	1	4	0,1	2400	960	14	16,5	13440	15840
		4-EF	1	4	0,1	2400	960	18	16,5	17280	15840

		Dinding	L	h							
		A 1-2	6	4		250	6000	1	4	6000	24000
		A 2-3	3	4		250	3000	1	8,5	3000	25500
		A 3-4	6	4		250	6000	1	13	6000	78000
		B 1-2	6	4		250	6000	5	4	30000	24000
		B 3-4	6	4		250	6000	5	13	30000	78000
		C 1-2	6	4		250	6000	9	4	54000	24000
		C 3-4	6	4		250	6000	9	13	54000	78000
		D 1-2	6	4		250	6000	12	4	72000	24000
		D 3-4	6	4		250	6000	12	13	72000	78000
		E 1-2	6	4		250	6000	16	4	96000	24000
		E 3-4	6	4		250	6000	16	13	96000	78000
		F 1-2	6	4		250	6000	20	4	120000	24000
		F 2-3	3	4		250	3000	20	8,5	60000	25500
		F 3-4	6	4		250	6000	20	13	120000	78000
		1 A-B	4	4		250	4000	3	1	12000	4000
		1 B-C	4	4		250	4000	7	1	28000	4000
		1 C-D	3	4		250	3000	10,5	1	31500	3000
		1 D-E	4	4		250	4000	14	1	56000	4000
		1 E-F	4	4		250	4000	18	1	72000	4000
		2 A-B	4	4		250	4000	3	7	12000	28000
		2 B-C	4	4		250	4000	7	7	28000	28000
		2 D-E	4	4		250	4000	14	7	56000	28000
		2 E-F	4	4		250	4000	18	7	72000	28000

		3 A-B	4	4		250	4000	3	10	12000	40000
		3 B-C	4	4		250	4000	7	10	28000	40000
		3 D-E	4	4		250	4000	14	10	56000	40000
		3 E-F	4	4		250	4000	18	10	72000	40000
		4 A-B	4	4		250	4000	3	16	12000	64000
		4 B-C	4	4		250	4000	7	16	28000	64000
		4 C-D	3	4		250	3000	10,5	16	31500	48000
		4 D-E	4	4		250	4000	14	16	56000	64000
		4 E-F	4	4		250	4000	18	16	72000	64000

Balok											
	B1	A 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	1	4	2268	9072
	B1	A 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	1	8,5	1134	9639
	B1	A 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	1	13	2268	29484
	B1	B 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	5	4	11340	9072
	B1	B 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	5	8,5	5670	9639
	B1	B 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	5	13	11340	29484
	B1	C 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	9	4	20412	9072
	B1	C 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	9	8,5	10206	9639
	B1	C 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	9	13	20412	29484
	B1	D 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	12	4	27216	9072
	B1	D 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	12	8,5	13608	9639
	B1	D 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	12	13	27216	29484
	B1	E 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	16	4	36288	9072

	B1	E 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	16	8,5	18144	9639
	B1	E 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	16	13	36288	29484
	B1	F 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	20	4	45360	9072
	B1	F 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	20	8,5	22680	9639
	B1	F 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	20	13	45360	29484
	B2	1 A-B	0,2	0,25	4	2400	480	3	1	1440	480
	B2	1 B-C	0,20	0,25	4	2400	480	7	1	3360	480
	B2	1 C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	1	3780	360
	B2	1 D-E	0,20	0,25	4	2400	480	14	1	6720	480
	B2	1 E-F	0,20	0,25	4	2400	480	18	1	8640	480
	B2	2 A-B	0,2	0,25	4	2400	480	3	7	1440	3360
	B2	2 B-C	0,20	0,25	4	2400	480	7	7	3360	3360
	B2	2 C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	7	3780	2520
	B2	2 D-E	0,20	0,25	4	2400	480	14	7	6720	3360
	B2	2 E-F	0,20	0,25	4	2400	480	18	7	8640	3360
	B2	3 A-B	0,2	0,25	4	2400	480	3	10	1440	4800
	B2	3 B-C	0,20	0,25	4	2400	480	7	10	3360	4800
	B2	3 C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	10	3780	3600
	B2	3 D-E	0,20	0,25	4	2400	480	14	10	6720	4800
	B2	3 E-F	0,20	0,25	4	2400	480	18	10	8640	4800
	B2	4 A-B	0,2	0,25	4	2400	480	3	16	1440	7680

	B2	4 B-C	0,20	0,25	4	2400	480	7	16	3360	7680
	B2	4 C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	16	3780	5760
	B2	4 D-E	0,20	0,25	4	2400	480	14	16	6720	7680
	B2	4 E-F	0,20	0,25	4	2400	480	18	16	8640	7680
	B2	1" C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	5	3780	1800
	B2	3" C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	12	3780	4320
	B3	1' A-B	0,15	0,2	4	2400	288	3	4	864	1152
	B3	1' B-C	0,15	0,2	4	2400	288	7	4	2016	1152
	B3	1' D-E	0,15	0,2	4	2400	288	14	4	4032	1152
	B3	1' E-F	0,15	0,2	4	2400	288	18	4	5184	1152
	B3	3' A-B	0,15	0,2	4	2400	288	3	13	864	3744
	B3	3' B-C	0,15	0,2	4	2400	288	7	13	2016	3744
	B3	3' D-E	0,15	0,2	4	2400	288	14	13	4032	3744
	B3	3' E-F	0,15	0,2	4	2400	288	18	13	5184	3744
	BK	1 A-A"	0,1	0,125	1	2400	30	0,5	1	15	30
	BK	2 A-A"	0,1	0,125	1	2400	30	0,5	7	15	210
	BK	3 A-A"	0,1	0,125	1	2400	30	0,5	10	15	300
	BK	4 A-A"	0,1	0,125	1	2400	30	0,5	16	15	480
	BK	1 F-F"	0,1	0,125	1	2400	30	20,5	1	615	30
	BK	2 F-F"	0,1	0,125	1	2400	30	20,5	7	615	210
	BK	3 F-F"	0,1	0,125	1	2400	30	20,5	10	615	300

	BK	4 F-F"	0,1	0,125	1	2400	30	20,5	16	615	480
	BK	A 1-1"	0,1	0,125	1	2400	30	1	0,5	30	15
	BK	B 1-1"	0,1	0,125	1	2400	30	5	0,5	150	15
	BK	C 1-1"	0,1	0,125	1	2400	30	9	0,5	270	15
	BK	D 1-1"	0,1	0,125	1	2400	30	12	0,5	360	15
	BK	E 1-1"	0,1	0,125	1	2400	30	16	0,5	480	15
	BK	F 1-1"	0,1	0,125	1	2400	30	20	0,5	600	15
	BK	A 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	1	16,5	30	495
	BK	B 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	5	16,5	150	495
	BK	C 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	9	16,5	270	495
	BK	D 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	12	16,5	360	495
	BK	E 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	16	16,5	480	495
	BK	F 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	20	16,5	600	495

Kolom											
	K	1A	0,5	4	2400	2400	1	1	2400	2400	0,5
		2A	0,5	4	2400	2400	1	7	2400	16800	0,5
		3A	0,5	4	2400	2400	1	10	2400	24000	0,5
		4A	0,5	4	2400	2400	1	16	2400	38400	0,5
		1B	0,5	4	2400	2400	5	1	12000	2400	0,5
		2B	0,5	4	2400	2400	5	7	12000	16800	0,5
		3B	0,5	4	2400	2400	5	10	12000	24000	0,5
		4B	0,5	4	2400	2400	5	16	12000	38400	0,5
		1C	0,5	4	2400	2400	9	1	21600	2400	0,5
		2C	0,5	4	2400	2400	9	7	21600	16800	0,5
		3C	0,5	4	2400	2400	9	10	21600	24000	0,5
		4C	0,5	4	2400	2400	9	16	21600	38400	0,5
		1D	0,5	4	2400	2400	12	1	28800	2400	0,5
		2D	0,5	4	2400	2400	12	7	28800	16800	0,5
		3D	0,5	4	2400	2400	12	10	28800	24000	0,5
		4D	0,5	4	2400	2400	12	16	28800	38400	0,5
		1E	0,5	4	2400	2400	16	1	38400	2400	0,5
		2E	0,5	4	2400	2400	16	7	38400	16800	0,5
		3E	0,5	4	2400	2400	16	10	38400	24000	0,5
		4E	0,5	4	2400	2400	16	16	38400	38400	0,5

		1F	0,5	4	2400	2400	20	1	48000	2400	0,5
		2F	0,5	4	2400	2400	20	7	48000	16800	0,5
		3F	0,5	4	2400	2400	20	10	48000	24000	0,5
		4F	0,5	4	2400	2400	20	16	48000	38400	0,5
		JUMLAH						3E+05		4E+06	3E+06

Lantai 3

Plat Lantai

Plat Lantai											
1	A	A-B & 1-1'	3	4	0,12	2400	3456	3	2,5	10368	8640
		A-B & 1'-2	3	4	0,12	2400	3456	3	5,5	10368	19008
		A-B & 2-3	3	4	0,12	2400	3456	3	8,5	10368	29376
		A-B & 3-3'	3	4	0,12	2400	3456	3	11,5	10368	39744
		A-B & 3'-4	3	4	0,12	2400	3456	3	14,5	10368	50112
		B-C & 1-1'	3	4	0,12	2400	3456	7	2,5	24192	8640
		B-C & 1'-2	3	4	0,12	2400	3456	7	5,5	24192	19008
		B-C & 2-3	3	4	0,12	2400	3456	7	8,5	24192	29376
		B-C & 3-3'	3	4	0,12	2400	3456	7	11,5	24192	39744
		B-C & 3'-4	3	4	0,12	2400	3456	7	14,5	24192	50112
		D-E & 1-1'	3	4	0,12	2400	3456	14	2,5	48384	8640
		D-E & 1'-2	3	4	0,12	2400	3456	14	5,5	48384	19008
		D-E & 2-3	3	4	0,12	2400	3456	14	8,5	48384	29376
		D-E & 3-3'	3	4	0,12	2400	3456	14	11,5	48384	39744
		D-E & 3'-4	3	4	0,12	2400	3456	14	14,5	48384	50112
		E-F & 1-1'	3	4	0,12	2400	3456	18	2,5	62208	8640
		E-F & 1'-2	3	4	0,12	2400	3456	18	5,5	62208	19008
		E-F & 2-3	3	4	0,12	2400	3456	18	8,5	62208	29376

		E-F & 3-3'	3	4	0,12	2400	3456	18	11,5	62208	39744
		E-F & 3'-4	3	4	0,12	2400	3456	18	14,5	62208	50112
	B	C-D & 2-3	3	3	0,12	2400	2592	10,5	8,5	27216	22032
	C	C-D & 1"-2	2	3	0,12	2400	1728	10,5	6	18144	10368
		C-D & 3-3"	2	3	0,12	2400	1728	10,5	11	18144	19008
	D	A-12	1	6	0,1	2400	1440	0,5	4	720	5760
		A-23	1	3	0,1	2400	720	0,5	8,5	360	6120
		A-34	1	6	0,1	2400	1440	0,5	13	720	18720
		F-12	1	6	0,1	2400	1440	20,5	4	29520	5760
		F-23	1	3	0,1	2400	720	20,5	8,5	14760	6120
		F-34	1	6	0,1	2400	1440	20,5	13	29520	18720
		1-AB	1	4	0,1	2400	960	3	0,5	2880	480
		1-BC	1	4	0,1	2400	960	7	0,5	6720	480
		1-CD	1	3	0,1	2400	720	10,5	0,5	7560	360
		1-DE	1	4	0,1	2400	960	14	0,5	13440	480
		1-EF	1	4	0,1	2400	960	18	0,5	17280	480
		4-AB	1	4	0,1	2400	960	3	16,5	2880	15840
		4-BC	1	4	0,1	2400	960	7	16,5	6720	15840
		4-CD	1	3	0,1	2400	720	10,5	16,5	7560	11880
		4-DE	1	4	0,1	2400	960	14	16,5	13440	15840
		4-EF	1	4	0,1	2400	960	18	16,5	17280	15840

	Dinding	L	h								
	A 1-2	6	4		250	6000	1	4	6000	24000	
	A 2-3	3	4		250	3000	1	8,5	3000	25500	
	A 3-4	6	4		250	6000	1	13	6000	78000	
	B 1-2	6	4		250	6000	5	4	30000	24000	
	B 3-4	6	4		250	6000	5	13	30000	78000	
	C 1-2	6	4		250	6000	9	4	54000	24000	

		C 3-4	6	4		250	6000	9	13	54000	78000
		D 1-2	6	4		250	6000	12	4	72000	24000
		D 3-4	6	4		250	6000	12	13	72000	78000
		E 1-2	6	4		250	6000	16	4	96000	24000
		E 3-4	6	4		250	6000	16	13	96000	78000
		F 1-2	6	4		250	6000	20	4	120000	24000
		F 2-3	3	4		250	3000	20	8,5	60000	25500
		F 3-4	6	4		250	6000	20	13	120000	78000
		1 A-B	4	4		250	4000	3	1	12000	4000
		1 B-C	4	4		250	4000	7	1	28000	4000
		1 C-D	3	4		250	3000	10,5	1	31500	3000
		1 D-E	4	4		250	4000	14	1	56000	4000
		1 E-F	4	4		250	4000	18	1	72000	4000
		2 A-B	4	4		250	4000	3	7	12000	28000
		2 B-C	4	4		250	4000	7	7	28000	28000
		2 D-E	4	4		250	4000	14	7	56000	28000
		2 E-F	4	4		250	4000	18	7	72000	28000
		3 A-B	4	4		250	4000	3	10	12000	40000
		3 B-C	4	4		250	4000	7	10	28000	40000
		3 D-E	4	4		250	4000	14	10	56000	40000
		3 E-F	4	4		250	4000	18	10	72000	40000
		4 A-B	4	4		250	4000	3	16	12000	64000
		4 B-C	4	4		250	4000	7	16	28000	64000
		4 C-D	3	4		250	3000	10,5	16	31500	48000
		4 D-E	4	4		250	4000	14	16	56000	64000
		4 E-F	4	4		250	4000	18	16	72000	64000

Balok											
	B1	A 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	1	4	2268	9072
	B1	A 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	1	8,5	1134	9639
	B1	A 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	1	13	2268	29484
	B1	B 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	5	4	11340	9072
	B1	B 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	5	8,5	5670	9639
	B1	B 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	5	13	11340	29484
	B1	C 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	9	4	20412	9072
	B1	C 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	9	8,5	10206	9639
	B1	C 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	9	13	20412	29484
	B1	D 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	12	4	27216	9072
	B1	D 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	12	8,5	13608	9639
	B1	D 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	12	13	27216	29484
	B1	E 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	16	4	36288	9072
	B1	E 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	16	8,5	18144	9639
	B1	E 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	16	13	36288	29484
	B1	F 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	20	4	45360	9072
	B1	F 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	20	8,5	22680	9639
	B1	F 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	20	13	45360	29484
	B2	1 A-B	0,2	0,25	4	2400	480	3	1	1440	480
	B2	1 B-C	0,20	0,25	4	2400	480	7	1	3360	480

	B2	1 C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	1	3780	360
	B2	1 D-E	0,20	0,25	4	2400	480	14	1	6720	480
	B2	1 E-F	0,20	0,25	4	2400	480	18	1	8640	480
	B2	2 A-B	0,2	0,25	4	2400	480	3	7	1440	3360
	B2	2 B-C	0,20	0,25	4	2400	480	7	7	3360	3360
	B2	2 C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	7	3780	2520
	B2	2 D-E	0,20	0,25	4	2400	480	14	7	6720	3360
	B2	2 E-F	0,20	0,25	4	2400	480	18	7	8640	3360
	B2	3 A-B	0,2	0,25	4	2400	480	3	10	1440	4800
	B2	3 B-C	0,20	0,25	4	2400	480	7	10	3360	4800
	B2	3 C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	10	3780	3600
	B2	3 D-E	0,20	0,25	4	2400	480	14	10	6720	4800
	B2	3 E-F	0,20	0,25	4	2400	480	18	10	8640	4800
	B2	4 A-B	0,2	0,25	4	2400	480	3	16	1440	7680
	B2	4 B-C	0,20	0,25	4	2400	480	7	16	3360	7680
	B2	4 C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	16	3780	5760
	B2	4 D-E	0,20	0,25	4	2400	480	14	16	6720	7680
	B2	4 E-F	0,20	0,25	4	2400	480	18	16	8640	7680
	B2	1" C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	5	3780	1800
	B2	3" C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	12	3780	4320
	B3	1' A-B	0,15	0,2	4	2400	288	3	4	864	1152

	B3	1' B-C	0,15	0,2	4	2400	288	7	4	2016	1152
	B3	1' D-E	0,15	0,2	4	2400	288	14	4	4032	1152
	B3	1' E-F	0,15	0,2	4	2400	288	18	4	5184	1152
	B3	3' A-B	0,15	0,2	4	2400	288	3	13	864	3744
	B3	3' B-C	0,15	0,2	4	2400	288	7	13	2016	3744
	B3	3' D-E	0,15	0,2	4	2400	288	14	13	4032	3744
	B3	3' E-F	0,15	0,2	4	2400	288	18	13	5184	3744
	BK	1 A-A"	0,1	0,125	1	2400	30	0,5	1	15	30
	BK	2 A-A"	0,1	0,125	1	2400	30	0,5	7	15	210
	BK	3 A-A"	0,1	0,125	1	2400	30	0,5	10	15	300
	BK	4 A-A"	0,1	0,125	1	2400	30	0,5	16	15	480
	BK	1 F-F"	0,1	0,125	1	2400	30	20,5	1	615	30
	BK	2 F-F"	0,1	0,125	1	2400	30	20,5	7	615	210
	BK	3 F-F"	0,1	0,125	1	2400	30	20,5	10	615	300
	BK	4 F-F"	0,1	0,125	1	2400	30	20,5	16	615	480
	BK	A 1-1"	0,1	0,125	1	2400	30	1	0,5	30	15
	BK	B 1-1"	0,1	0,125	1	2400	30	5	0,5	150	15
	BK	C 1-1"	0,1	0,125	1	2400	30	9	0,5	270	15
	BK	D 1-1"	0,1	0,125	1	2400	30	12	0,5	360	15
	BK	E 1-1"	0,1	0,125	1	2400	30	16	0,5	480	15
	BK	F 1-1"	0,1	0,125	1	2400	30	20	0,5	600	15

	BK	A 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	1	16,5	30	495
	BK	B 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	5	16,5	150	495
	BK	C 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	9	16,5	270	495
	BK	D 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	12	16,5	360	495
	BK	E 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	16	16,5	480	495
	BK	F 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	20	16,5	600	495

Kolom											
	K	1A	0,5	0,5	4	2400	2400	1	1	2400	2400
		2A	0,5	0,5	4	2400	2400	1	7	2400	16800
		3A	0,5	0,5	4	2400	2400	1	10	2400	24000
		4A	0,5	0,5	4	2400	2400	1	16	2400	38400
		1B	0,5	0,5	4	2400	2400	5	1	12000	2400
		2B	0,5	0,5	4	2400	2400	5	7	12000	16800
		3B	0,5	0,5	4	2400	2400	5	10	12000	24000
		4B	0,5	0,5	4	2400	2400	5	16	12000	38400
		1C	0,5	0,5	4	2400	2400	9	1	21600	2400
		2C	0,5	0,5	4	2400	2400	9	7	21600	16800
		3C	0,5	0,5	4	2400	2400	9	10	21600	24000
		4C	0,5	0,5	4	2400	2400	9	16	21600	38400
		1D	0,5	0,5	4	2400	2400	12	1	28800	2400

		2D	0,5	0,5	4	2400	2400	12	7	28800	16800
		3D	0,5	0,5	4	2400	2400	12	10	28800	24000
		4D	0,5	0,5	4	2400	2400	12	16	28800	38400
		1E	0,5	0,5	4	2400	2400	16	1	38400	2400
		2E	0,5	0,5	4	2400	2400	16	7	38400	16800
		3E	0,5	0,5	4	2400	2400	16	10	38400	24000
		4E	0,5	0,5	4	2400	2400	16	16	38400	38400
		1F	0,5	0,5	4	2400	2400	20	1	48000	2400
		2F	0,5	0,5	4	2400	2400	20	7	48000	16800
		3F	0,5	0,5	4	2400	2400	20	10	48000	24000
		4F	0,5	0,5	4	2400	2400	20	16	48000	38400
		JUMLAH					3E+05			4E+06	3E+06

Lantai 4											
Plat Lantai											
1	A	A-B & 1-1'	3	4	0,1	2400	2880	3	2,5	8640	7200
		A-B & 1'-2	3	4	0,1	2400	2880	3	5,5	8640	15840
		A-B & 2-3	3	4	0,1	2400	2880	3	8,5	8640	24480
		A-B & 3-3'	3	4	0,1	2400	2880	3	11,5	8640	33120
		A-B & 3'-4	3	4	0,1	2400	2880	3	14,5	8640	41760
		B-C & 1-1'	3	4	0,1	2400	2880	7	2,5	20160	7200
		B-C & 1'-2	3	4	0,1	2400	2880	7	5,5	20160	15840
		B-C & 2-3	3	4	0,1	2400	2880	7	8,5	20160	24480

		B-C & 3-3'	3	4	0,1	2400	2880	7	11,5	20160	33120
		B-C & 3'-4	3	4	0,1	2400	2880	7	14,5	20160	41760
		D-E & 1-1'	3	4	0,1	2400	2880	14	2,5	40320	7200
		D-E & 1'-2	3	4	0,1	2400	2880	14	5,5	40320	15840
		D-E & 2-3	3	4	0,1	2400	2880	14	8,5	40320	24480
		D-E & 3-3'	3	4	0,1	2400	2880	14	11,5	40320	33120
		D-E & 3'-4	3	4	0,1	2400	2880	14	14,5	40320	41760
		E-F & 1-1'	3	4	0,1	2400	2880	18	2,5	51840	7200
		E-F & 1'-2	3	4	0,1	2400	2880	18	5,5	51840	15840
		E-F & 2-3	3	4	0,1	2400	2880	18	8,5	51840	24480
		E-F & 3-3'	3	4	0,1	2400	2880	18	11,5	51840	33120
		E-F & 3'-4	3	4	0,1	2400	2880	18	14,5	51840	41760
	B	C-D & 2-3	3	3	0,1	2400	2160	10,5	8,5	22680	18360
		C-D & 1-1'	3	3	0,1	2400	2160	10,5	2,5	22680	5400
		C-D & 1'-2	3	3	0,1	2400	2160	10,5	5,5	22680	11880
		C-D & 3-3'	3	3	0,1	2400	2160	10,5	11,5	22680	24840
		C-D & 3'-4	3	3	0,1	2400	2160	10,5	14,5	22680	31320
	C	A-12	1	6	0,1	2400	1440	0,5	4	720	5760
		A-23	1	3	0,1	2400	720	0,5	8,5	360	6120
		A-34	1	6	0,1	2400	1440	0,5	13	720	18720
		F-12	1	6	0,1	2400	1440	20,5	4	29520	5760
		F-23	1	3	0,1	2400	720	20,5	8,5	14760	6120
		F-34	1	6	0,1	2400	1440	20,5	13	29520	18720
		1-AB	1	4	0,1	2400	960	3	0,5	2880	480
		1-BC	1	4	0,1	2400	960	7	0,5	6720	480
		1-CD	1	3	0,1	2400	720	10,5	0,5	7560	360
		1-DE	1	4	0,1	2400	960	14	0,5	13440	480
		1-EF	1	4	0,1	2400	960	18	0,5	17280	480
		4-AB	1	4	0,1	2400	960	3	16,5	2880	15840
		4-BC	1	4	0,1	2400	960	7	16,5	6720	15840

		4-CD	1	3	0,1	2400	720	10,5	16,5	7560	11880
		4-DE	1	4	0,1	2400	960	14	16,5	13440	15840
		4-EF	1	4	0,1	2400	960	18	16,5	17280	15840

Balok											
	B1	A 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	1	4	2268	9072
	B1	A 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	1	8,5	1134	9639
	B1	A 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	1	13	2268	29484
	B1	B 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	5	4	11340	9072
	B1	B 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	5	8,5	5670	9639
	B1	B 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	5	13	11340	29484
	B1	C 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	9	4	20412	9072
	B1	C 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	9	8,5	10206	9639
	B1	C 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	9	13	20412	29484
	B1	D 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	12	4	27216	9072
	B1	D 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	12	8,5	13608	9639
	B1	D 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	12	13	27216	29484
	B1	E 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	16	4	36288	9072
	B1	E 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	16	8,5	18144	9639
	B1	E 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	16	13	36288	29484
	B1	F 1-2	0,35	0,45	6	2400	2268	20	4	45360	9072
	B1	F 2-3	0,35	0,45	3	2400	1134	20	8,5	22680	9639

	B1	F 3-4	0,35	0,45	6	2400	2268	20	13	45360	29484
	B2	1 A-B	0,2	0,25	4	2400	480	3	1	1440	480
	B2	1 B-C	0,20	0,25	4	2400	480	7	1	3360	480
	B2	1 C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	1	3780	360
	B2	1 D-E	0,20	0,25	4	2400	480	14	1	6720	480
	B2	1 E-F	0,20	0,25	4	2400	480	18	1	8640	480
	B2	2 A-B	0,2	0,25	4	2400	480	3	7	1440	3360
	B2	2 B-C	0,20	0,25	4	2400	480	7	7	3360	3360
	B2	2 C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	7	3780	2520
	B2	2 D-E	0,20	0,25	4	2400	480	14	7	6720	3360
	B2	2 E-F	0,20	0,25	4	2400	480	18	7	8640	3360
	B2	3 A-B	0,2	0,25	4	2400	480	3	10	1440	4800
	B2	3 B-C	0,20	0,25	4	2400	480	7	10	3360	4800
	B2	3 C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	10	3780	3600
	B2	3 D-E	0,20	0,25	4	2400	480	14	10	6720	4800
	B2	3 E-F	0,20	0,25	4	2400	480	18	10	8640	4800
	B2	4 A-B	0,2	0,25	4	2400	480	3	16	1440	7680
	B2	4 B-C	0,20	0,25	4	2400	480	7	16	3360	7680
	B2	4 C-D	0,20	0,25	3	2400	360	10,5	16	3780	5760
	B2	4 D-E	0,20	0,25	4	2400	480	14	16	6720	7680
	B2	4 E-F	0,20	0,25	4	2400	480	18	16	8640	7680

	B3	1' A-B	0,15	0,2	4	2400	288	3	4	864	1152
	B3	1' B-C	0,15	0,2	4	2400	288	7	4	2016	1152
	B3	1' C-D	0,15	0,2	3	2400	216	10,5	4	2268	864
	B3	1' D-E	0,15	0,2	4	2400	288	14	4	4032	1152
	B3	1' E-F	0,15	0,2	4	2400	288	18	4	5184	1152
	B3	3' A-B	0,15	0,2	4	2400	288	3	13	864	3744
	B3	3' B-C	0,15	0,2	4	2400	288	7	13	2016	3744
	B3	3' C-D	0,15	0,2	3	2400	216	10,5	13	2268	2808
	B3	3' D-E	0,15	0,2	4	2400	288	14	13	4032	3744
	B3	3' E-F	0,15	0,2	4	2400	288	18	13	5184	3744
	BK	1 A-A"	0,1	0,125	1	2400	30	0,5	1	15	30
	BK	2 A-A"	0,1	0,125	1	2400	30	0,5	7	15	210
	BK	3 A-A"	0,1	0,125	1	2400	30	0,5	10	15	300
	BK	4 A-A"	0,1	0,125	1	2400	30	0,5	16	15	480
	BK	1 F-F"	0,1	0,125	1	2400	30	20,5	1	615	30
	BK	2 F-F"	0,1	0,125	1	2400	30	20,5	7	615	210
	BK	3 F-F"	0,1	0,125	1	2400	30	20,5	10	615	300
	BK	4 F-F"	0,1	0,125	1	2400	30	20,5	16	615	480
	BK	A 1-1"	0,1	0,125	1	2400	30	1	0,5	30	15
	BK	B 1-1"	0,1	0,125	1	2400	30	5	0,5	150	15
	BK	C 1-1"	0,1	0,125	1	2400	30	9	0,5	270	15

	BK	D 1-1"	0,1	0,125	1	2400	30	12	0,5	360	15
	BK	E 1-1"	0,1	0,125	1	2400	30	16	0,5	480	15
	BK	F 1-1"	0,1	0,125	1	2400	30	20	0,5	600	15
	BK	A 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	1	16,5	30	495
	BK	B 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	5	16,5	150	495
	BK	C 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	9	16,5	270	495
	BK	D 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	12	16,5	360	495
	BK	E 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	16	16,5	480	495
	BK	F 4-4"	0,1	0,125	1	2400	30	20	16,5	600	495

Kolom											
	K	1A	0,5	0,5	4	2400	2400	1	1	2400	2400
		2A	0,5	0,5	4	2400	2400	1	7	2400	16800
		3A	0,5	0,5	4	2400	2400	1	10	2400	24000
		4A	0,5	0,5	4	2400	2400	1	16	2400	38400
		1B	0,5	0,5	4	2400	2400	5	1	12000	2400
		2B	0,5	0,5	4	2400	2400	5	7	12000	16800
		3B	0,5	0,5	4	2400	2400	5	10	12000	24000
		4B	0,5	0,5	4	2400	2400	5	16	12000	38400
		1C	0,5	0,5	4	2400	2400	9	1	21600	2400
		2C	0,5	0,5	4	2400	2400	9	7	21600	16800
		3C	0,5	0,5	4	2400	2400	9	10	21600	24000

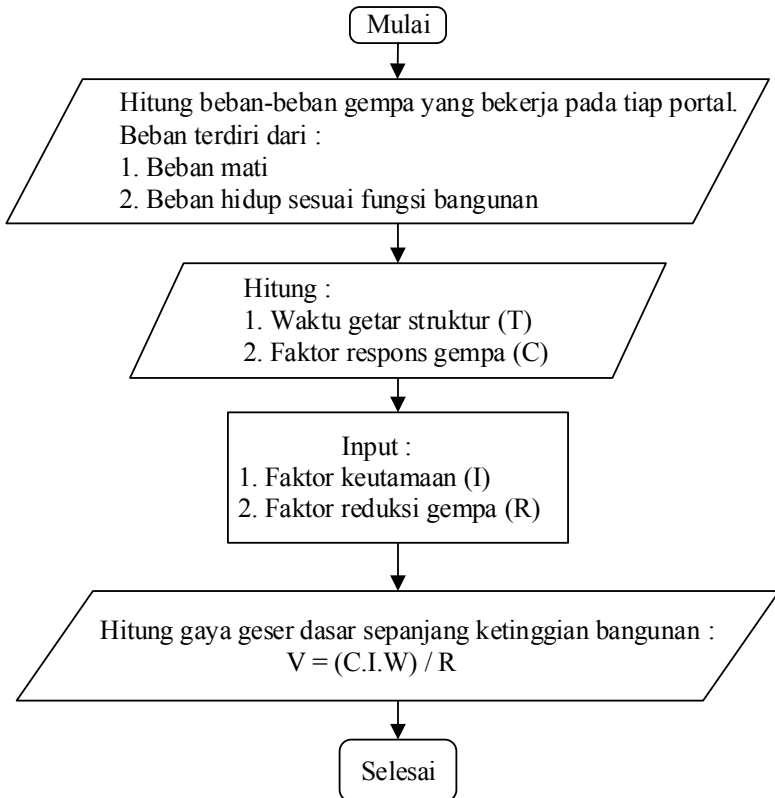
		4C	0,5	0,5	4	2400	2400	9	16	21600	38400
		1D	0,5	0,5	4	2400	2400	12	1	28800	2400
		2D	0,5	0,5	4	2400	2400	12	7	28800	16800
		3D	0,5	0,5	4	2400	2400	12	10	28800	24000
		4D	0,5	0,5	4	2400	2400	12	16	28800	38400
		1E	0,5	0,5	4	2400	2400	16	1	38400	2400
		2E	0,5	0,5	4	2400	2400	16	7	38400	16800
		3E	0,5	0,5	4	2400	2400	16	10	38400	24000
		4E	0,5	0,5	4	2400	2400	16	16	38400	38400
		1F	0,5	0,5	4	2400	2400	20	1	48000	2400
		2F	0,5	0,5	4	2400	2400	20	7	48000	16800
		3F	0,5	0,5	4	2400	2400	20	10	48000	24000
		4F	0,5	0,5	4	2400	2400	20	16	48000	38400
		JUMLAH					2E+05			2E+06	2E+06

Tabel 8.4 Titik berat bangunan Rusunawa

TITIK BERAT	Xa	Ya	Xa	Ya
	(m)	(m)	(cm)	(cm)
	10,5	8,5	1050	850

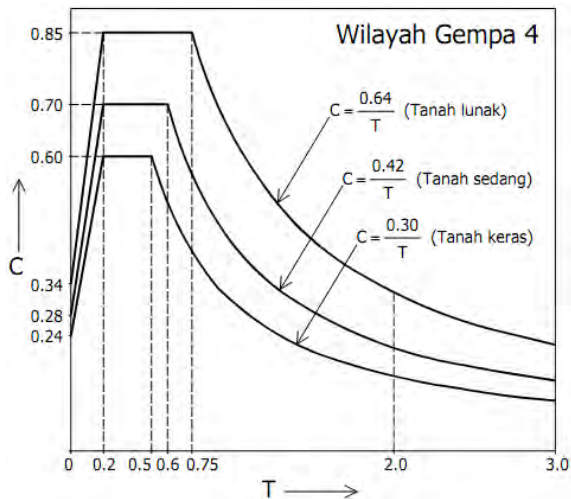
8.2 Pembebanan Gempa

Perhitungan beban gempa pada bangunan rusunawa ini, dilakukan dengan menggunakan analisa statik ekuivalen dimana menurut SNI 03-1726-2002 pasal 6.1.3 gaya geser dasar nominal harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban gempa nominal statik ekuivalen pada gedung beraturan. Adapun langkah-langkah perhitungan analisis gempa dengan menggunakan statik ekuivalen sebagai berikut :



➤ Faktor respons gempa (C)

Bangunan rusunawa ini direncanakan di wilayah gempa 4 pada tanah lunak, maka untuk perhitungan gaya geser dasar nominal statik ekuivalen terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana, dilakukan dengan metode analisis ragam respons spektrum dengan memakai spektrum respons menurut gambar 2 SNI 03-1726-2002 yang nilai ordinatnya dikalikan faktor koreksi I/R, dimana I adalah faktor keutamaan menurut tabel 1, sedangkan R adalah faktor reduksi gempa dari struktur gempa yang bersangkutan.



Gambar 8.2 Grafik respons spektrum gempa rencana

➤ Faktor reduksi gempa (R)

Bangunan rusunawa ini direncanakan menggunakan SRPMM dan SRPMK, sehingga berdasarkan tabel 3 SNI 03-1726-2002 didapatkan nilai faktor reduksi gempa $R = 5,5$ dan $8,5$.

- Oleh karena struktur bangunan tersebut beraturan, maka mengacu pada SNI 1726-2002 pasal 6.1. untuk perhitungan beban gempa nominal menggunakan statik ekuivalen. Berdasarkan SNI 1726-2002 pasal 6.1.2, beban geser dasar nominal (V) dapat dihitung menurut persamaan :

$$V = \frac{C.I}{R} \cdot Wt \quad (8.1)$$

Beban geser dasar nominal V menurut Pasal 6.1.2 harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban-beban gempa nominal statik ekuivalen F_i yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat ke- i menurut persamaan :

$$F_i = \frac{W_i \cdot Z_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot Z_i} \cdot V \quad (8.2)$$

Ket : F_i = beban gempa lantai tingkat ke- i

Z_i =ketinggian lantai ke- i

W_i = berat lantai tingkat ke- i

- Faktor keutamaan (I)

Bangunan ini sesuai dengan fungsinya yaitu sebagai rumah susun sederhana sewa sehingga berdasarkan tabel 1 SNI 03-1726-2002, didapatkan nilai $I = 1,0$.

- Arah pembebanan gempa

Berdasarkan pasal 5.8.2 SNI 03-1726-2002 untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana, gempa yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama harus dianggap 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah pembebanan tadi, tetapi dengan efektifitas hanya 30%.

Tabel 8.5 Perhitungan berat bangunan

W0

SLOOF

Elemen	ρ (kg/m ³)	Dimensi		L (m)	n (buah)	Σ (kg)
		b (m)	h (m)			
Sloof memanjang	2400	0,2	0,35	6	12	12096
Sloof melintang	2400	0,2	0,35	4	16	10752
Sloof melintang	2400	0,2	0,35	3	10	5040
Total						27888

DINDING

Elemen	LL (kg/m ²)	L (m)	t (m)	n (buah)	Σ (kg)
Dinding memanjang	250	6	2	8	24000
Dinding melintang	250	4	2	10	20000
Dinding melintang	250	3	2	5	7500
Total					51500

KOLOM

Elemen	ρ (kg/m ³)	Dimensi		L (m)	n (buah)	Σ (kg)
		b (m)	h (m)			
Kolom	2400	0,5	0,5	2	24	23328

KOLOM PRAKTIS

Elemen	ρ (kg/m ³)	Dimensi		L (m)	n (buah)	Σ (kg)
		b (m)	h (m)			
Kolom	2400	0,15	0,15	2	9	972
W0						103688

W1

KOLOM

Elemen	ρ (kg/m ³)	Dimensi		L (m)	n (buah)	Σ (kg)
		b (m)	h (m)			
Kolom	2400	0,5	0,5	4	24	46656

KOLOM PRAKTIS

Elemen	ρ (kg/m ³)	Dimensi		L (m)	n (buah)	Σ (kg)
		b (m)	h (m)			
Kolom	2400	0,15	0,15	4	12	2592

BALOK

Elemen	ρ (kg/m ³)	Dimensi		L (m)	n (buah)	Σ (kg)
		b (m)	h (m)			
induk memanjang	2400	0,35	0,45	6	12	30240
induk memanjang	2400	0,35	0,45	3	6	7560
induk melintang	2400	0,35	0,45	4	16	26880
induk melintang	2400	0,35	0,45	3	6	7560
anak memanjang	2400	0,15	0,2	4	8	2304
Blk kantilever memanjang	2400	0,1	0,125	1	12	360
Blk kantilever melintang	2400	0,1	0,125	1	8	240

DINDING

Elemen	LL (kg/m ²)	L (m)	t (m)	n (buah)	Σ (kg)
Dinding memanjang	250	6	4	12	72000
Dinding memanjang	250	3	4	2	6000
Dinding melintang	250	4	4	16	64000
Dinding melintang	250	3	4	2	6000

PELAT LANTAI 1

Elemen	ρ (kg/m ³)	p (m)	l (m)	t (m)	n (buah)	Σ (kg)
Pelat	2400	4	3	0,12	20	69120
Pelat	2400	3	3	0,12	1	2592
Pelat	2400	3	2	0,12	2	3456
Pelat kantilever	2400	4	1	0,1	8	7680
Pelat kantilever	2400	3	1	0,1	4	2880
Pelat kantilever	2400	6	1	0,1	4	5760
Keramik	24	4	3		20	5760
Keramik	24	3	3		1	216
Keramik	24	3	2		2	288
Spesi	21	4	3		20	5040
Spesi	21	3	3		1	189
Spesi	21	3	2		2	252
Plafond	18	4	3		20	4320
Plafond	18	3	3		1	162
Plafond	18	3	2		2	216
Instalasi Listik	40	4	3		20	9600
Instalasi Listik	40	3	3		1	360
Instalasi Listik	40	3	2		2	480
Beban Hidup	250	4	3		20	60000
Beban Hidup	250	3	3		1	2250
Beban Hidup	250	3	2		2	3000
Beban Hidup kantilever	100	4	1		8	3200
Beban Hidup kantilever	100	3	1		4	1200
Beban Hidup kantilever	100	6	1		4	2400
					W1	462813

W2

KOLOM

Elemen	ρ (kg/m ³)	Dimensi		L (m)	n (buah)	Σ (kg)
		b (m)	h (m)			
Kolom	2400	0,5	0,5	4	24	46656

KOLOM PRAKTIS

Elemen	ρ (kg/m ³)	Dimensi		L (m)	n (buah)	Σ (kg)
		b (m)	h (m)			
Kolom	2400	0,15	0,15	4	12	2592

BALOK

Elemen	ρ (kg/m ³)	Dimensi		L (m)	n (buah)	Σ (kg)
		b (m)	h (m)			
induk memanjang	2400	0,35	0,45	6	12	30240
induk memanjang	2400	0,35	0,45	3	6	7560
induk melintang	2400	0,35	0,45	4	16	26880
induk melintang	2400	0,35	0,45	3	6	7560
anak memanjang	2400	0,15	0,2	4	8	2304
Blk kantilever memanjang	2400	0,1	0,125	1	12	360
Blk kantilever melintang	2400	0,1	0,125	1	8	240

DINDING

Elemen	LL (kg/m ²)	L (m)	t (m)	n (buah)	Σ (kg)
Dinding memanjang	250	6	4	12	72000
Dinding memanjang	250	3	4	2	6000
Dinding melintang	250	4	4	16	64000
Dinding melintang	250	3	4	2	6000

PELAT LANTAI 2

Elemen	ρ (kg/m ³)	p (m)	l (m)	t (m)	n (buah)	Σ (kg)
Pelat	2400	4	3	0,12	20	69120
Pelat	2400	3	3	0,12	1	2592
Pelat	2400	3	2	0,12	2	3456
Pelat kantilever	2400	4	1	0,1	8	7680
Pelat kantilever	2400	3	1	0,1	4	2880
Pelat kantilever	2400	6	1	0,1	4	5760
Keramik	24	4	3		20	5760
Keramik	24	3	3		1	216
Keramik	24	3	2		2	288
Spesi	21	4	3		20	5040
Spesi	21	3	3		1	189
Spesi	21	3	2		2	252
Plafond	18	4	3		20	4320
Plafond	18	3	3		1	162
Plafond	18	3	2		2	216
Instalasi Listik	40	4	3		20	9600
Instalasi Listik	40	3	3		1	360
Instalasi Listik	40	3	2		2	480
Beban Hidup	250	4	3		20	60000
Beban Hidup	250	3	3		1	2250
Beban Hidup	250	3	2		2	3000
Beban Hidup kantilever	100	4	1		8	3200
Beban Hidup kantilever	100	3	1		4	1200
Beban Hidup kantilever	100	6	1		4	2400
					W2	462813

W3

KOLOM

Elemen	ρ (kg/m ³)	Dimensi		L (m)	n (buah)	Σ (kg)
		b (m)	h (m)			
Kolom	2400	0,45	0,45	4	24	46656

KOLOM PRAKTIS

Elemen	ρ (kg/m ³)	Dimensi		L (m)	n (buah)	Σ (kg)
		b (m)	h (m)			
Kolom	2400	0,15	0,15	4	12	2592

BALOK

Elemen	ρ (kg/m ³)	Dimensi		L (m)	n (buah)	Σ (kg)
		b (m)	h (m)			
induk memanjang	2400	0,35	0,45	6	12	30240
induk memanjang	2400	0,35	0,45	3	6	7560
induk melintang	2400	0,35	0,45	4	16	26880
induk melintang	2400	0,35	0,45	3	6	7560
anak memanjang	2400	0,15	0,2	4	8	2304
Blk kantilever memanjang	2400	0,1	0,125	1	12	360
Blk kantilever melintang	2400	0,1	0,125	1	8	240

DINDING

Elemen	LL (kg/m ²)	L (m)	t (m)	n (buah)	Σ (kg)
Dinding memanjang	250	6	4	12	72000
Dinding memanjang	250	3	4	2	6000
Dinding melintang	250	4	4	16	64000
Dinding melintang	250	3	4	2	6000

PELAT LANTAI 3

Elemen	ρ (kg/m^3)	p (m)	l (m)	t (m)	n (buah)	Σ (kg)
Pelat	2400	4	3	0,12	20	69120
Pelat	2400	3	3	0,12	1	2592
Pelat	2400	3	2	0,12	2	3456
Pelat kantilever	2400	4	1	0,1	8	7680
Pelat kantilever	2400	3	1	0,1	4	2880
Pelat kantilever	2400	6	1	0,1	4	5760
Keramik	24	4	3		20	5760
Keramik	24	3	3		1	216
Keramik	24	3	2		2	288
Spesi	21	4	3		20	5040
Spesi	21	3	3		1	189
Spesi	21	3	2		2	252
Plafond	18	4	3		20	4320
Plafond	18	3	3		1	162
Plafond	18	3	2		2	216
Instalasi Listik	40	4	3		20	9600
Instalasi Listik	40	3	3		1	360
Instalasi Listik	40	3	2		2	480
Beban Hidup	250	4	3		20	60000
Beban Hidup	250	3	3		1	2250
Beban Hidup	250	3	2		2	3000
Beban Hidup kantilever	100	4	1		8	3200
Beban Hidup kantilever	100	3	1		4	1200
Beban Hidup kantilever	100	6	1		4	2400
					W3	462813

W4

KOLOM

Elemen	ρ (kg/m ³)	Dimensi		L (m)	n (buah)	Σ (kg)
		b (m)	h (m)			
Kolom	2400	0,5	0,5	2	24	23328

KOLOM PRAKTIS

Elemen	ρ (kg/m ³)	Dimensi		L (m)	n (buah)	Σ (kg)
		b (m)	h (m)			
Kolom	2400	0,15	0,15	2	12	1296

BALOK

Elemen	ρ (kg/m ³)	Dimensi		L (m)	n (buah)	Σ (kg)
		b (m)	h (m)			
induk memanjang	2400	0,35	0,45	6	12	30240
induk memanjang	2400	0,35	0,45	3	6	7560
induk melintang	2400	0,35	0,45	4	16	26880
induk melintang	2400	0,35	0,45	3	4	5040
anak memanjang	2400	0,15	0,2	3	2	432
anak memanjang	2400	0,15	0,2	4	8	2304
Blk kantilever memanjang	2400	0,1	0,125	1	12	360
Blk kantilever melintang	2400	0,1	0,125	1	8	240

DINDING

Elemen	LL (kg/m ²)	L (m)	t (m)	n (buah)	Σ (kg)
Dinding memanjang	250	6	2	12	36000
Dinding memanjang	250	3	2	2	3000
Dinding melintang	250	4	2	16	32000
Dinding melintang	250	3	2	2	3000

PELAT LANTAI 4

Elemen	ρ (kg/m ³)	p (m)	l (m)	y (m)	n (buah)	Σ (kg)
Pelat	2400	4	3	0,1	20	57600
Pelat	2400	3	3	0,1	5	10800
Pelat kantilever	2400	4	1	0,1	8	7680
Pelat kantilever	2400	3	1	0,1	4	2880
Pelat kantilever	2400	6	1	0,1	4	5760
Plafond	18	4	3		20	4320
Plafond	18	3	3		1	162
Plafond	18	3	2		2	216
Beban Hidup	100	4	3		20	24000
Beban Hidup	100	3	3		5	4500
Beban Hidup kantilever	100	4	1		8	3200
Beban Hidup kantilever	100	3	1		4	1200
Beban Hidup kantilever	100	6	1		4	2400
W4						296398
W Total (W1+W2+W3+W4)						1677932

- Waktu getar alami fundamental (T)

$$C_t = 0,0731 \quad (\text{UBC 1997})$$

$$h_n = 16 \text{ m}$$

$$T = C_t (h_n)^{\frac{3}{4}} \quad (\text{UBC 1997})$$

$$= 0,585$$

- Faktor respon gempa (C)

Kondisi tanah = Lunak

Wilayah gempa = 4

$$T = 0,585$$

$$C = \frac{0,76}{T} = \frac{0,76}{0,585} = 1,299 \quad (\text{lihat gambar 8.1})$$

- Beban geser dasar nominal SRPMM (V)

$$C = 1,299$$

$$I = 1 \text{ (faktor keutamaan)}$$

$$R = 5,5 \text{ (faktor reduksi)}$$

$$W_{\text{total}} = 1677932 \text{ kg}$$

$$V = \frac{1,299 \cdot 1}{5,5} \cdot (1677932 \text{ kg})$$

$$V = 422.417,09 \text{ kg}$$

- Distribusi gaya geser gempa

$$W_1 = 462.813 \text{ kg} \quad Z_1 = 4 \text{ m}$$

$$W_2 = 462.813 \text{ kg} \quad Z_2 = 8 \text{ m}$$

$$W_3 = 462.813 \text{ kg} \quad Z_3 = 12 \text{ m}$$

$$W_4 = 296.398 \text{ kg} \quad Z_4 = 16 \text{ m}$$

$$F_i = \frac{W_i \cdot Z_i}{(W_1 \cdot Z_1) + (W_2 \cdot Z_2) + (W_3 \cdot Z_3) + (W_4 \cdot Z_4)} \cdot V$$

$$F_1 = \frac{42813.4}{(42813.4) + (42813.8) + (42813.12) + (296398.16)} \cdot 422417,09$$

$$F_1 = 12537,48 \text{ kg}$$

$$F_2 = \frac{42813.8}{(42813.4) + (42813.8) + (42813.12) + (296398.16)} \cdot 422417,09$$

$$F_2 = 25074,97 \text{ kg}$$

$$F_3 = \frac{42813.12}{(42813.4) + (42813.8) + (42813.12) + (296398.16)} \cdot 422417,09$$

$$F_3 = 47612,45 \text{ kg}$$

$$F_4 = \frac{296398.16}{(42813.4) + (42813.8) + (42813.12) + (296398.16)} \cdot 422417,09$$

$$F_4 = 37612,45 \text{ kg}$$

Beban Gempa per kolom
Lantai 1 (terhadap titik kekakuan)

No	As	X	Y	(X)2	(Y)2	Fix	Fiy
		(m)	(m)	(m)	(m)		
1	1A	-9,5	-7,5	90,25	56,25	522,40	522,395
2	2A	-9,5	-1,5	90,25	2,25	522,40	522,395
3	3A	-9,5	1,5	90,25	2,25	522,40	522,395
4	4A	-9,5	7,5	90,25	56,25	522,40	522,395
5	1B	-5,5	-7,5	30,25	56,25	522,40	522,395
6	2B	-5,5	-1,5	30,25	2,25	522,40	522,395
7	3B	-5,5	1,5	30,25	2,25	522,40	522,395
8	4B	-5,5	7,5	30,25	56,25	522,40	522,395
9	1C	-1,5	-7,5	2,25	56,25	522,40	522,395
10	2C	-1,5	-1,5	2,25	2,25	522,40	522,395
11	3C	-1,5	1,5	2,25	2,25	522,40	522,395
12	4C	-1,5	7,5	2,25	56,25	522,40	522,395
13	1D	1,5	-7,5	2,25	56,25	522,40	522,395
14	2D	1,5	-1,5	2,25	2,25	522,40	522,395
15	3D	1,5	1,5	2,25	2,25	522,40	522,395
16	4D	1,5	7,5	2,25	56,25	522,40	522,395
17	1E	5,5	-7,5	30,25	56,25	522,40	522,395
18	2E	5,5	-1,5	30,25	2,25	522,40	522,395
19	3E	5,5	1,5	30,25	2,25	522,40	522,395
20	4E	5,5	7,5	30,25	56,25	522,40	522,395
21	1F	9,5	-7,5	90,25	56,25	522,40	522,395
22	2F	9,5	-1,5	90,25	2,25	522,40	522,395
23	3F	9,5	1,5	90,25	2,25	522,40	522,395
24	4F	9,5	7,5	90,25	56,25	522,40	522,395
				982	702,00	12537,48	12537,48

Beban Gempa per kolom
Lantai 2 (terhadap titik kekakuan)

No	As	X	Y	(X)2	(Y)2	Fix	Fiy
		(m)	(m)	(m)	(m)	(kg/m)	(kg/m)
1	1A	-9,5	-7,5	90,25	56,25	1044,79	1044,790
2	2A	-9,5	-1,5	90,25	2,25	1044,79	1044,790
3	3A	-9,5	1,5	90,25	2,25	1044,79	1044,790
4	4A	-9,5	7,5	90,25	56,25	1044,79	1044,790
5	1B	-5,5	-7,5	30,25	56,25	1044,79	1044,790
6	2B	-5,5	-1,5	30,25	2,25	1044,79	1044,790
7	3B	-5,5	1,5	30,25	2,25	1044,79	1044,790
8	4B	-5,5	7,5	30,25	56,25	1044,79	1044,790
9	1C	-1,5	-7,5	2,25	56,25	1044,79	1044,790
10	2C	-1,5	-1,5	2,25	2,25	1044,79	1044,790
11	3C	-1,5	1,5	2,25	2,25	1044,79	1044,790
12	4C	-1,5	7,5	2,25	56,25	1044,79	1044,790
13	1D	1,5	-7,5	2,25	56,25	1044,79	1044,790
14	2D	1,5	-1,5	2,25	2,25	1044,79	1044,790
15	3D	1,5	1,5	2,25	2,25	1044,79	1044,790
16	4D	1,5	7,5	2,25	56,25	1044,79	1044,790
17	1E	5,5	-7,5	30,25	56,25	1044,79	1044,790
18	2E	5,5	-1,5	30,25	2,25	1044,79	1044,790
19	3E	5,5	1,5	30,25	2,25	1044,79	1044,790
20	4E	5,5	7,5	30,25	56,25	1044,79	1044,790
21	1F	9,5	-7,5	90,25	56,25	1044,79	1044,790
22	2F	9,5	-1,5	90,25	2,25	1044,79	1044,790
23	3F	9,5	1,5	90,25	2,25	1044,79	1044,790
24	4F	9,5	7,5	90,25	56,25	1044,79	1044,790
				982	702,00	25074,97	25074,97

Beban Gempa per kolom
Lantai 3 (terhadap titik kekakuan)

No	As	X	Y	(X)2	(Y)2	Fix (kg/m)	Fiy (kg/m)
		(m)	(m)	(m)	(m)		
1	1A	-9,5	-7,5	90,25	56,25	1983,85	1983,852
2	2A	-9,5	-1,5	90,25	2,25	1983,85	1983,852
3	3A	-9,5	1,5	90,25	2,25	1983,85	1983,852
4	4A	-9,5	7,5	90,25	56,25	1983,85	1983,852
5	1B	-5,5	-7,5	30,25	56,25	1983,85	1983,852
6	2B	-5,5	-1,5	30,25	2,25	1983,85	1983,852
7	3B	-5,5	1,5	30,25	2,25	1983,85	1983,852
8	4B	-5,5	7,5	30,25	56,25	1983,85	1983,852
9	1C	-1,5	-7,5	2,25	56,25	1983,85	1983,852
10	2C	-1,5	-1,5	2,25	2,25	1983,85	1983,852
11	3C	-1,5	1,5	2,25	2,25	1983,85	1983,852
12	4C	-1,5	7,5	2,25	56,25	1983,85	1983,852
13	1D	1,5	-7,5	2,25	56,25	1983,85	1983,852
14	2D	1,5	-1,5	2,25	2,25	1983,85	1983,852
15	3D	1,5	1,5	2,25	2,25	1983,85	1983,852
16	4D	1,5	7,5	2,25	56,25	1983,85	1983,852
17	1E	5,5	-7,5	30,25	56,25	1983,85	1983,852
18	2E	5,5	-1,5	30,25	2,25	1983,85	1983,852
19	3E	5,5	1,5	30,25	2,25	1983,85	1983,852
20	4E	5,5	7,5	30,25	56,25	1983,85	1983,852
21	1F	9,5	-7,5	90,25	56,25	1983,85	1983,852
22	2F	9,5	-1,5	90,25	2,25	1983,85	1983,852
23	3F	9,5	1,5	90,25	2,25	1983,85	1983,852
24	4F	9,5	7,5	90,25	56,25	1983,85	1983,852
				982	702,00	47612,45	47612,45

Beban Gempa per kolom
Lantai 4 (terhadap titik kekakuan)

No	As	X	Y	(X)2	(Y)2	Fix	Fiy
		(m)	(m)	(m)	(m)	(kg/m)	(kg/m)
1	1A	-9,5	-7,5	90,25	56,25	1567,19	1567,185
2	2A	-9,5	-1,5	90,25	2,25	1567,19	1567,185
3	3A	-9,5	1,5	90,25	2,25	1567,19	1567,185
4	4A	-9,5	7,5	90,25	56,25	1567,19	1567,185
5	1B	-5,5	-7,5	30,25	56,25	1567,19	1567,185
6	2B	-5,5	-1,5	30,25	2,25	1567,19	1567,185
7	3B	-5,5	1,5	30,25	2,25	1567,19	1567,185
8	4B	-5,5	7,5	30,25	56,25	1567,19	1567,185
9	1C	-1,5	-7,5	2,25	56,25	1567,19	1567,185
10	2C	-1,5	-1,5	2,25	2,25	1567,19	1567,185
11	3C	-1,5	1,5	2,25	2,25	1567,19	1567,185
12	4C	-1,5	7,5	2,25	56,25	1567,19	1567,185
13	1D	1,5	-7,5	2,25	56,25	1567,19	1567,185
14	2D	1,5	-1,5	2,25	2,25	1567,19	1567,185
15	3D	1,5	1,5	2,25	2,25	1567,19	1567,185
16	4D	1,5	7,5	2,25	56,25	1567,19	1567,185
17	1E	5,5	-7,5	30,25	56,25	1567,19	1567,185
18	2E	5,5	-1,5	30,25	2,25	1567,19	1567,185
19	3E	5,5	1,5	30,25	2,25	1567,19	1567,185
20	4E	5,5	7,5	30,25	56,25	1567,19	1567,185
21	1F	9,5	-7,5	90,25	56,25	1567,19	1567,185
22	2F	9,5	-1,5	90,25	2,25	1567,19	1567,185
23	3F	9,5	1,5	90,25	2,25	1567,19	1567,185
24	4F	9,5	7,5	90,25	56,25	1567,19	1567,185
				982	702,00	37612,45	37612,45

➤ Beban geser dasar nominal SRPMK (V)

$$C = 1,299$$

$$I = 1 \text{ (faktor keutamaan)}$$

$$R = 8,5 \text{ (faktor reduksi)}$$

$$W_{\text{total}} = 1677932 \text{ kg}$$

$$V = \frac{1,299 \cdot 1}{8,5} \cdot (1677932 \text{ kg})$$

$$V = 273328,70 \text{ kg}$$

➤ Distribusi gaya geser gempa

$$W_1 = 462.813 \text{ kg} \quad Z_1 = 4 \text{ m}$$

$$W_2 = 462.813 \text{ kg} \quad Z_2 = 8 \text{ m}$$

$$W_3 = 462.813 \text{ kg} \quad Z_3 = 12 \text{ m}$$

$$W_4 = 296.398 \text{ kg} \quad Z_4 = 16 \text{ m}$$

$$F_i = \frac{W_i \cdot Z_i}{(W_1 \cdot Z_1) + (W_2 \cdot Z_2) + (W_3 \cdot Z_3) + (W_4 \cdot Z_4)} \cdot V$$

$$F_1 = \frac{42813.4}{(42813.4) + (42813.8) + (42813.12) + (296398.16)} \cdot 273328,70$$

$$F_1 = 8123,75 \text{ kg}$$

$$F_2 = \frac{42813.8}{(42813.4) + (42813.8) + (42813.12) + (296398.16)} \cdot 273328,70$$

$$F_2 = 16247,50 \text{ kg}$$

$$F_3 = \frac{42813.12}{(42813.4) + (42813.8) + (42813.12) + (296398.16)} \cdot 273328,70$$

$$F_3 = 24371,26 \text{ kg}$$

$$F_4 = \frac{296398.16}{(42813.4) + (42813.8) + (42813.12) + (296398.16)} \cdot 273328,70$$

$$F_4 = 224965,68 \text{ kg}$$

Beban Gempa per kolom
Lantai 1 (terhadap titik kekakuan)

No	As	X	Y	(X)2	(Y)2	Fix	Fiy
		(m)	(m)	(m)	(m)	(kg/m)	(kg/m)
1	1A	-9,5	-7,5	90,25	56,25	338,49	338,490
2	2A	-9,5	-1,5	90,25	2,25	338,49	338,490
3	3A	-9,5	1,5	90,25	2,25	338,49	338,490
4	4A	-9,5	7,5	90,25	56,25	338,49	338,490
5	1B	-5,5	-7,5	30,25	56,25	338,49	338,490
6	2B	-5,5	-1,5	30,25	2,25	338,49	338,490
7	3B	-5,5	1,5	30,25	2,25	338,49	338,490
8	4B	-5,5	7,5	30,25	56,25	338,49	338,490
9	1C	-1,5	-7,5	2,25	56,25	338,49	338,490
10	2C	-1,5	-1,5	2,25	2,25	338,49	338,490
11	3C	-1,5	1,5	2,25	2,25	338,49	338,490
12	4C	-1,5	7,5	2,25	56,25	338,49	338,490
13	1D	1,5	-7,5	2,25	56,25	338,49	338,490
14	2D	1,5	-1,5	2,25	2,25	338,49	338,490
15	3D	1,5	1,5	2,25	2,25	338,49	338,490
16	4D	1,5	7,5	2,25	56,25	338,49	338,490
17	1E	5,5	-7,5	30,25	56,25	338,49	338,490
18	2E	5,5	-1,5	30,25	2,25	338,49	338,490
19	3E	5,5	1,5	30,25	2,25	338,49	338,490
20	4E	5,5	7,5	30,25	56,25	338,49	338,490
21	1F	9,5	-7,5	90,25	56,25	338,49	338,490
22	2F	9,5	-1,5	90,25	2,25	338,49	338,490
23	3F	9,5	1,5	90,25	2,25	338,49	338,490
24	4F	9,5	7,5	90,25	56,25	338,49	338,490
				982	702,00	8123,75	8123,75

Beban Gempa per kolom
Lantai 2 (terhadap titik kekakuan)

No	As	X	Y	(X)2	(Y)2	Fix	Fiy
		(m)	(m)	(m)	(m)	(kg/m)	(kg/m)
1	1A	-9,5	-7,5	90,25	56,25	676,98	676,979
2	2A	-9,5	-1,5	90,25	2,25	676,98	676,979
3	3A	-9,5	1,5	90,25	2,25	676,98	676,979
4	4A	-9,5	7,5	90,25	56,25	676,98	676,979
5	1B	-5,5	-7,5	30,25	56,25	676,98	676,979
6	2B	-5,5	-1,5	30,25	2,25	676,98	676,979
7	3B	-5,5	1,5	30,25	2,25	676,98	676,979
8	4B	-5,5	7,5	30,25	56,25	676,98	676,979
9	1C	-1,5	-7,5	2,25	56,25	676,98	676,979
10	2C	-1,5	-1,5	2,25	2,25	676,98	676,979
11	3C	-1,5	1,5	2,25	2,25	676,98	676,979
12	4C	-1,5	7,5	2,25	56,25	676,98	676,979
13	1D	1,5	-7,5	2,25	56,25	676,98	676,979
14	2D	1,5	-1,5	2,25	2,25	676,98	676,979
15	3D	1,5	1,5	2,25	2,25	676,98	676,979
16	4D	1,5	7,5	2,25	56,25	676,98	676,979
17	1E	5,5	-7,5	30,25	56,25	676,98	676,979
18	2E	5,5	-1,5	30,25	2,25	676,98	676,979
19	3E	5,5	1,5	30,25	2,25	676,98	676,979
20	4E	5,5	7,5	30,25	56,25	676,98	676,979
21	1F	9,5	-7,5	90,25	56,25	676,98	676,979
22	2F	9,5	-1,5	90,25	2,25	676,98	676,979
23	3F	9,5	1,5	90,25	2,25	676,98	676,979
24	4F	9,5	7,5	90,25	56,25	676,98	676,979
				982	702,00	16247,50	16247,50

Beban Gempa per kolom
Lantai 3 (terhadap titik kekakuan)

No	As	X	Y	(X)2	(Y)2	Fix	Fiy
		(m)	(m)	(m)	(m)	(kg/m)	(kg/m)
1	1A	-9,5	-7,5	90,25	56,25	1015,47	1015,469
2	2A	-9,5	-1,5	90,25	2,25	1015,47	1015,469
3	3A	-9,5	1,5	90,25	2,25	1015,47	1015,469
4	4A	-9,5	7,5	90,25	56,25	1015,47	1015,469
5	1B	-5,5	-7,5	30,25	56,25	1015,47	1015,469
6	2B	-5,5	-1,5	30,25	2,25	1015,47	1015,469
7	3B	-5,5	1,5	30,25	2,25	1015,47	1015,469
8	4B	-5,5	7,5	30,25	56,25	1015,47	1015,469
9	1C	-1,5	-7,5	2,25	56,25	1015,47	1015,469
10	2C	-1,5	-1,5	2,25	2,25	1015,47	1015,469
11	3C	-1,5	1,5	2,25	2,25	1015,47	1015,469
12	4C	-1,5	7,5	2,25	56,25	1015,47	1015,469
13	1D	1,5	-7,5	2,25	56,25	1015,47	1015,469
14	2D	1,5	-1,5	2,25	2,25	1015,47	1015,469
15	3D	1,5	1,5	2,25	2,25	1015,47	1015,469
16	4D	1,5	7,5	2,25	56,25	1015,47	1015,469
17	1E	5,5	-7,5	30,25	56,25	1015,47	1015,469
18	2E	5,5	-1,5	30,25	2,25	1015,47	1015,469
19	3E	5,5	1,5	30,25	2,25	1015,47	1015,469
20	4E	5,5	7,5	30,25	56,25	1015,47	1015,469
21	1F	9,5	-7,5	90,25	56,25	1015,47	1015,469
22	2F	9,5	-1,5	90,25	2,25	1015,47	1015,469
23	3F	9,5	1,5	90,25	2,25	1015,47	1015,469
24	4F	9,5	7,5	90,25	56,25	1015,47	1015,469
				982	702,00	24371,26	24371,26

Beban Gempa per kolom
Lantai 4 (terhadap titik kekakuan)

No	As	X	Y	(X)2	(Y)2	Fix	Fiy
		(m)	(m)	(m)	(m)	(kg/m)	(kg/m)
1	1A	-9,5	-7,5	90,25	56,25	9373,57	9373,570
2	2A	-9,5	-1,5	90,25	2,25	9373,57	9373,570
3	3A	-9,5	1,5	90,25	2,25	9373,57	9373,570
4	4A	-9,5	7,5	90,25	56,25	9373,57	9373,570
5	1B	-5,5	-7,5	30,25	56,25	9373,57	9373,570
6	2B	-5,5	-1,5	30,25	2,25	9373,57	9373,570
7	3B	-5,5	1,5	30,25	2,25	9373,57	9373,570
8	4B	-5,5	7,5	30,25	56,25	9373,57	9373,570
9	1C	-1,5	-7,5	2,25	56,25	9373,57	9373,570
10	2C	-1,5	-1,5	2,25	2,25	9373,57	9373,570
11	3C	-1,5	1,5	2,25	2,25	9373,57	9373,570
12	4C	-1,5	7,5	2,25	56,25	9373,57	9373,570
13	1D	1,5	-7,5	2,25	56,25	9373,57	9373,570
14	2D	1,5	-1,5	2,25	2,25	9373,57	9373,570
15	3D	1,5	1,5	2,25	2,25	9373,57	9373,570
16	4D	1,5	7,5	2,25	56,25	9373,57	9373,570
17	1E	5,5	-7,5	30,25	56,25	9373,57	9373,570
18	2E	5,5	-1,5	30,25	2,25	9373,57	9373,570
19	3E	5,5	1,5	30,25	2,25	9373,57	9373,570
20	4E	5,5	7,5	30,25	56,25	9373,57	9373,570
21	1F	9,5	-7,5	90,25	56,25	9373,57	9373,570
22	2F	9,5	-1,5	90,25	2,25	9373,57	9373,570
23	3F	9,5	1,5	90,25	2,25	9373,57	9373,570
24	4F	9,5	7,5	90,25	56,25	9373,57	9373,570
				982	702,00	224965,68	224965,68

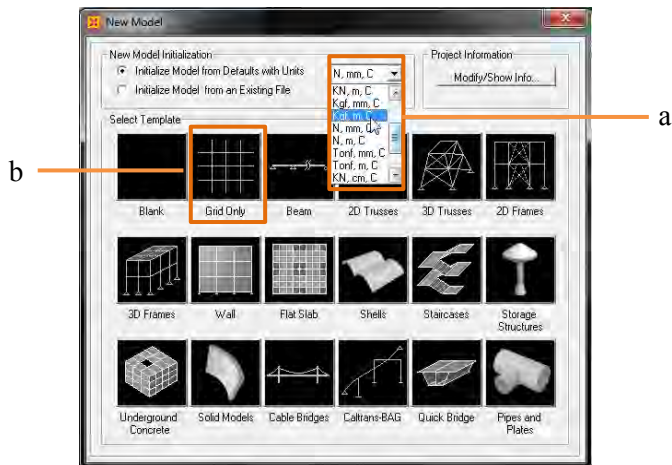
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IX PEMODELAN STRUKTUR

9.1 Langkah-Langkah Pada Pemodelan SAP2000

1. Buka software SAP2000.exe yang sudah ter-*install*,
2. Memulai membuat model baru :

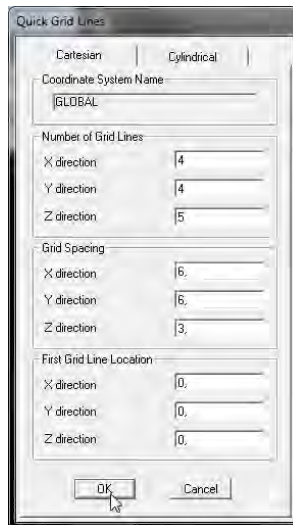
File → New Model



Gambar 9.1 Pembuatan model baru

- a. Pada *Initialize Model from Default with Units* pilih satuan kgf, m, C
- b. Klik tombol *Grid Only*

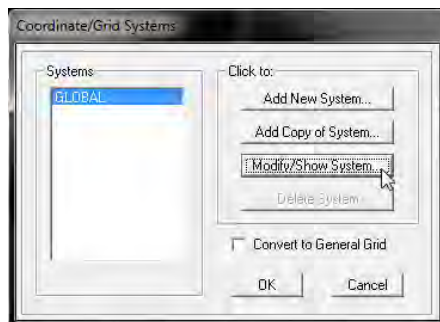
3. Pada kotak *Quick Grid Lines*, klik OK



Gambar 9.2 *Quick Grid Lines*

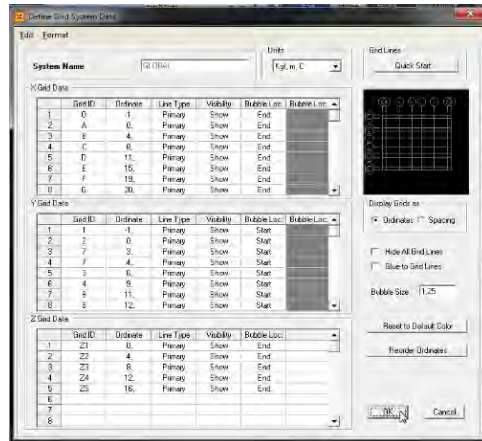
4. Menentukan ukuran bangunan yang akan direncanakan,

Define → *Coordinate system/Grids* → *Modify/Show System* → OK



Gambar 9.3 Kotak dialog *Coordinate / Grid System*

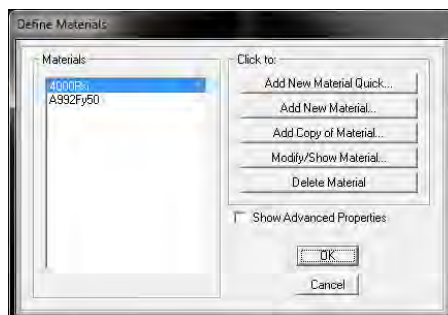
5. Akan muncul Gambar 9.4 yang diisi sesuai dengan ukuran bangunan dalam proyek akhir ini,



Gambar 9.4 Definisi Lokasi *Gridline*

6. Mendefinisikan jenis bahan :

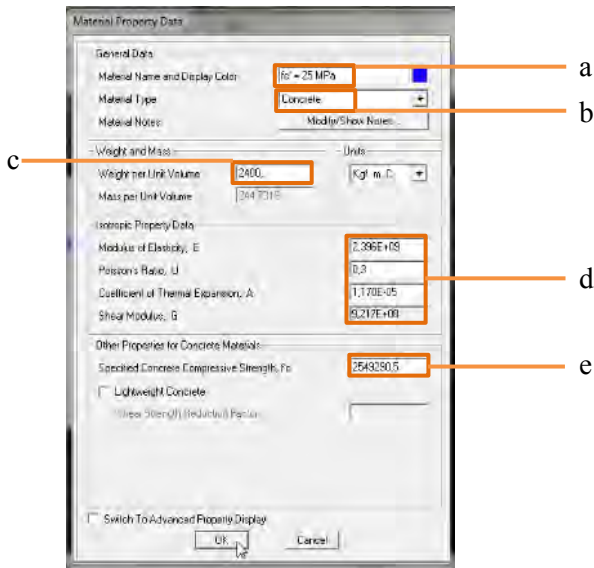
Define → *Materials*



Gambar 9.5 Kotak dialog *Define Materials*

7. Klik *Add New Material..* untuk menambah tipe bahan beton

8. Isi sesuai petunjuk yang dijelaskan pada Gambar 9.6



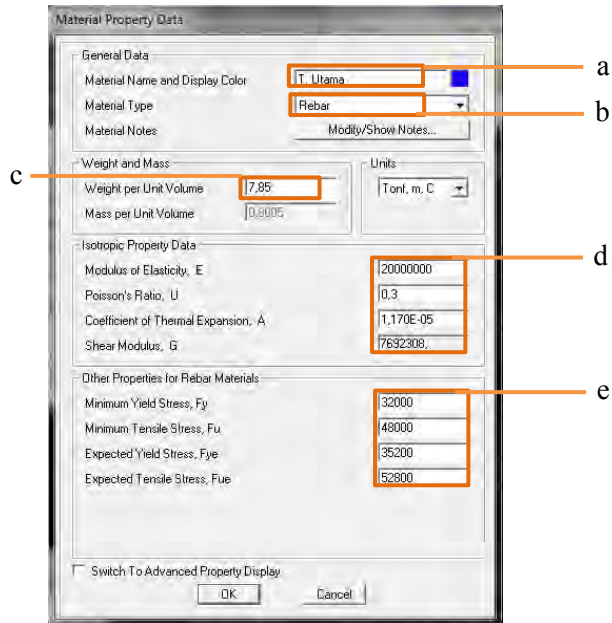
Gambar 9.6 Input data material

- a. Beri nama bahan ($f'c = 25 \text{ Mpa}$)
- b. Material type pilih Concrete
- c. Pada isian *Weight per unit volume* isikan 2400 dalam Kgf, m, C (berat jenis beton)
- d. Pada isian *Modulus of elasticity* isikan 23500 dalam satuan N, mm, C ($E = 4700\sqrt{25} \text{ Mpa}$); pada *poisson ratio* isikan 0,3 ; *coeff of thermal Expansion* isikan default dari SAP2000.
- e. Pada $f'c$ isikan 25 dalam satuan N, mm, C

9. Setelah selesai pada langkah 8 klik OK

10. Klik *Add New Material..* lagi untuk menambah tipe bahan penulangan utama pada beton

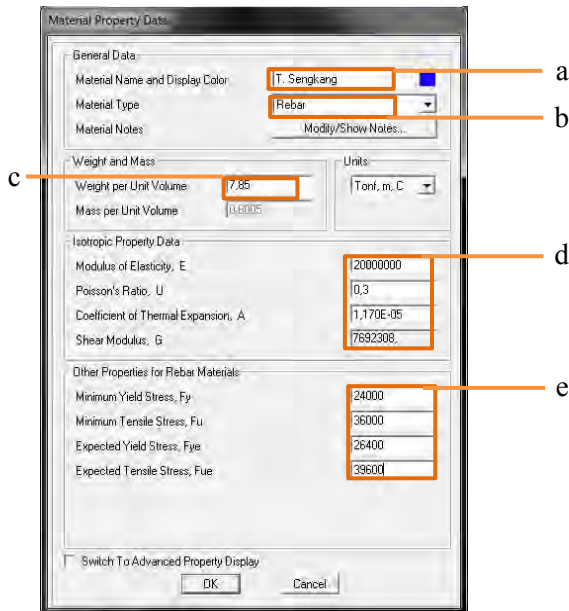
11. Isi sesuai petunjuk yang dijelaskan pada gambar 9.7



Gambar 9.7 Input data material

- a. Beri nama bahan (misal : T. Utama)
- b. Material type pilih Rebar
- c. Pada isian Weight per unit volume isikan 7,85 dalam satuan Tonf, m, C (berat jenis baja)
- d. Pada isian *Modulus of elasticity* isikan 20.000.000 dalam satuan Tonf, m, C ; pada *poisson ratio* isikan 0,3 ; dan *Coeff of Thermal Expansion* isikan default dari SAP2000
- e. Pada fy isikan 32.000 dalam satuan Tonf, m, C ; fu isikan 48.000 dalam satuan Tonf, m, C (1,5fy) ; fye isikan 35.200 dalam satuan Tonf, m, C (1,1fy) ; fue isikan 52.800 dalam satuan Tonf, m, C (1,5fye)

12. Setelah selesai pada langkah 11 klik OK
13. Klik *Add New Material..* lagi untuk menambah tipe bahan penulangan sengkang pada beton
14. Isi sesuai petunjuk yang dijelaskan pada Gambar 9.8



Gambar 9.8 Input data material

- a. Beri nama bahan (misal : T. Sengkang)
- b. Material *type* pilih *Rebar*
- c. Pada isian *Weight per unit volume* isikan 7,85 dalam satuan Tonf, m, C (berat jenis baja)
- d. Pada isian *Modulus of elasticity* isikan 20.000.000 dalam satuan Tonf, m, C ; pada *poisson ratio* isikan 0,3 ; dan *Coeff of Thermal Expansion* isikan default dari SAP2000

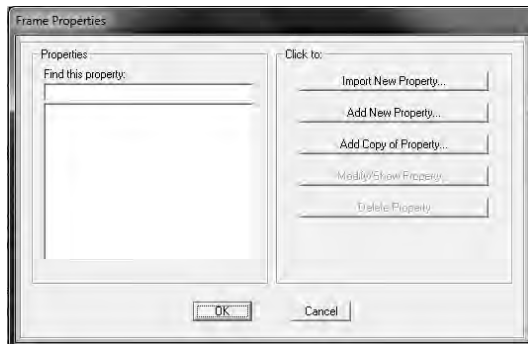
- e. Pada f_y isikan 24.000 dalam satuan Tonf, m, C ; f_u isikan 36.000 dalam satuan Tonf, m, C (1,5fy) ; f_{ye} isikan 26.400 dalam satuan Tonf, m, C (1,1fy) ; f_{ue} isikan 39.600 dalam satuan Tonf, m, C (1,5fy)

15. Setelah selesai pada langkah 14 klik OK

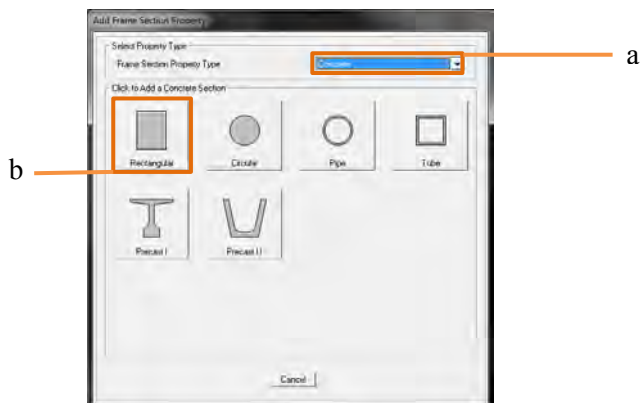
16. Kemudian mendefinisikan penampang elemen struktur :

Define → *Section Properties* → *Frame Section*

17. Klik tombol *Add New Property..* untuk menambahkan tipe penampang yang baru pada kotak dialog *frame properties*



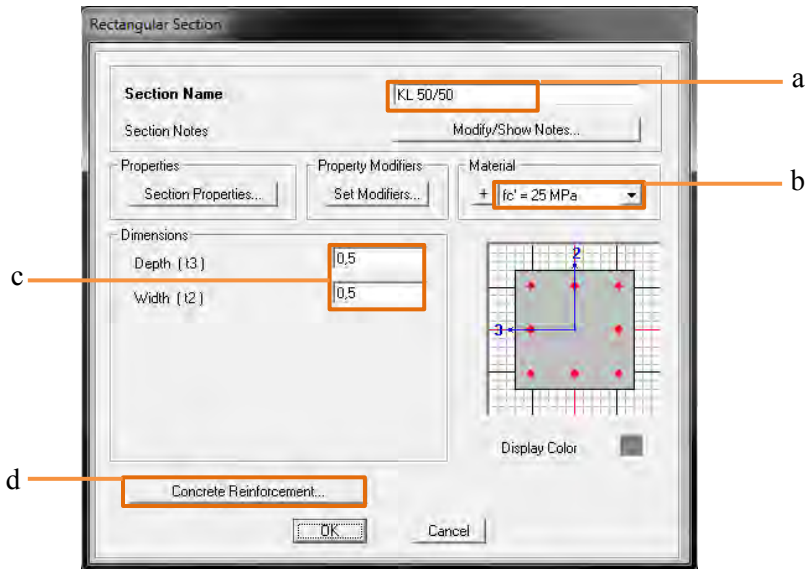
Gambar 9.9 Kotak dialog *frame properties*



Gambar 9.10 kotak dialog *frame section properties*

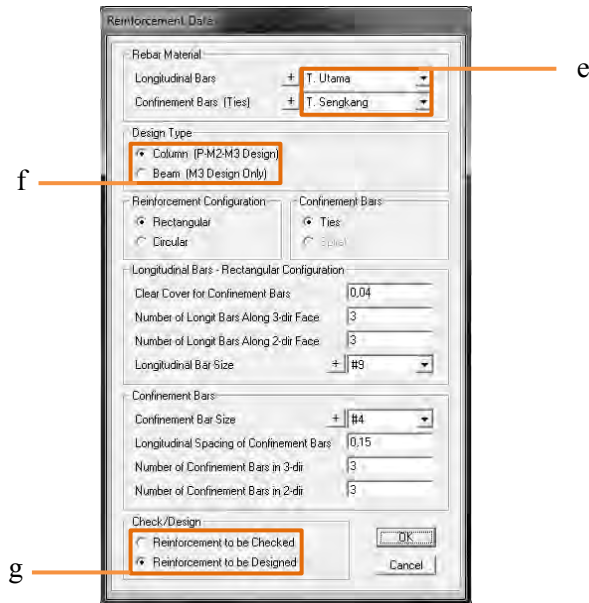
- a. Pada *frame section property type* pilih *concrete*
- b. Klik tombol *rectangular*

18. Mengisi *Rectangular Section* seperti pada gambar 9.11



Gambar 9.11 Kotak dialog *rectangular section*

- a. Beri nama penampang (misal : KL 50/50)
- b. Pilih material “ $f_c' = 25 \text{ MPa}$ ”
- c. Pada isian *Dept* (t_3) = 0,5 m (tinggi) dan *Width* (t_2) = 0,5 m (lebar)
- d. Klik *Concrete Reinforcement..* seperti yang terlihat pada Gambar 9.12

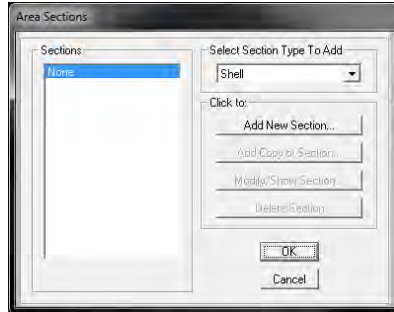


Gambar 9.12 Reinforcement data

- e. *Longitudinal bars* untuk tulangan utama dan *Confiement bars (ties)* untuk tulangan geser
 - f. *Column (P-M2-M3 Design)* untuk penampang kolom dan *Beam (M3 Design only)* untuk penampang balok
 - g. Pada bagian *Check/Design* pastikan terpilih *Reinforcement to be Design*, lalu klik OK
19. Untuk mendefinisikan frame baru sama seperti pada langkah 16-18
 20. Kemudian mendefinisikan penampang elemen struktur :

Define → Section Properties → Area Section

21. Klik tombol *Add New Section..* untuk menambahkan tipe pelat yang baru pada kotak dialog *area section*

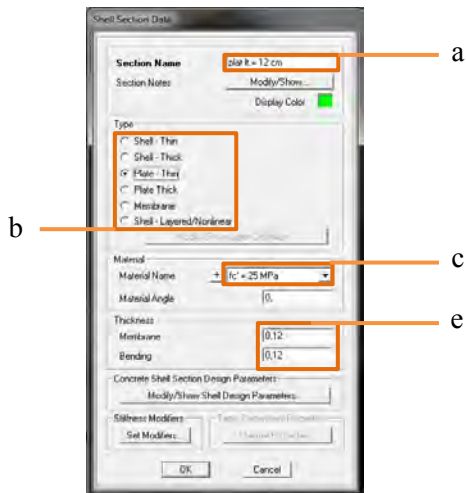


Gambar 9.13 kotak dialog *area section*

22. Mengisi *Shell Section Data* seperti pada Gambar 9.14

- a. Beri nama penampang pelat (misal : plat $t = 12$ cm)
- b. Pada *type*, pilih *shell-thin*. Tipe *shell* merupakan gabungan dari sifat *plate* dan *membrane*. *Plate* adalah elemen luasan yang menahan gaya pada arah tegak lurus bidang pelat, sedangkan *membrane* searah pada bidangnya. Walaupun elemen pelat lantai hanya menerima beban arah tegak lurus bidangnya saja (*elemen plate*), namun mengingat pula bahwa model 3D ini juga akan bergerak *transversal* (horizontal) dimana bisa terjadi gaya searah bidang pelat, maka tetap dipakai *elemen shell*. Sedangkan ketebalan pelat mempengaruhi tipe *thin* dan *thick*. Untuk pelat lantai masih didominasi oleh lentur sehingga dipilih *thin*, namun untuk pelat yang relatif tebal (misal pada perkerasan jalan), dipilih *thick*
- c. Pilih material yang sesuai dengan bahan pelat yaitu beton
- d. Pada *thickness* diisi dengan ketebalan elemen pelat lantai (12 cm) karena satuan dalam model ini dipakai meter maka diisikan 0,12 m

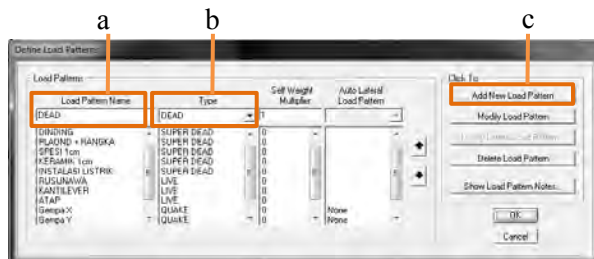
e. Setelah selesai klik OK



Gambar 9.14 Data input pelat lantai

23. Membuat nama beban yang akan dimasukkan ke dalam pemodelan

Define → *Load Patterns..*



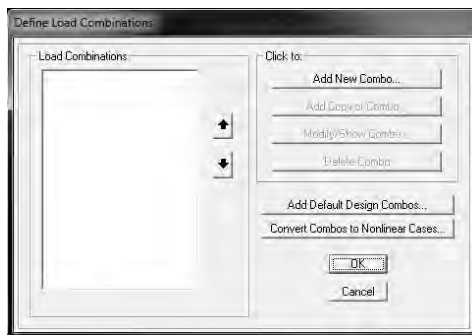
Gambar 9.13 Kotak dialog *define load patterns*

a. Pada *Load Pattern Name* isikan nama beban yang akan dimasukkan

- b. Pada *type* pilih sesuai dengan tipe beban yang akan dimasukkan
- c. Klik tombol *Add New Load Pattern*
- d. Setelah selesai membuat beban klik OK

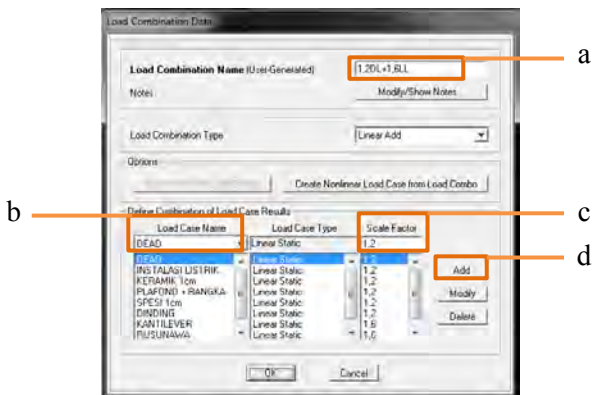
24. Membuat kombinasi pembebanan

Define → *Load Combinations..*



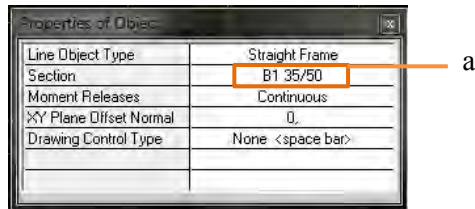
Gambar 9.14 Kotak dialog *define load combinations*

25. klik *Add New Combo..*



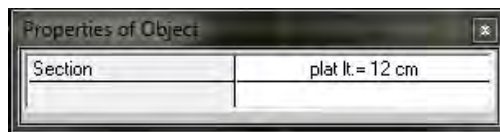
Gambar 9.15 Kotak isian *load combination*

- a. Beri nama kombinasi yang diinginkan
 - b. Pilih *case* nama sesuai yang dimasukkan pada *load case* pada langkah 23
 - c. Isikan faktor skala yang direncanakan
 - d. Klik *add*
 - e. Setelah selesai klik OK
26. Gambar balok dan sloop (pada sumbu xy), kolom dan tiang pancang (pada sumbu xz). Klik draw *frame/cable element*



Gambar 9.16 Kotak pemilihan *frame*

- a. Pilih *frame* yang akan digambar dan gambar sesuai pada *grid* yang direncanakan
27. Gambar pelat dengan cara klik *draw rectangular area* pada *toolbar draw*

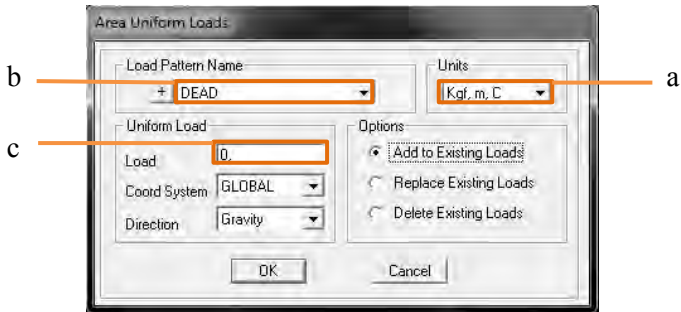


Gambar 9.17 Kotak pemilihan pelat

28. Masukkan beban-beban pada pelat serta balok dengan perintah :

28.1 Beban pada pelat

Select (pelat yang akan dibebani) → Assign →
Area Load → Uniform (shell)

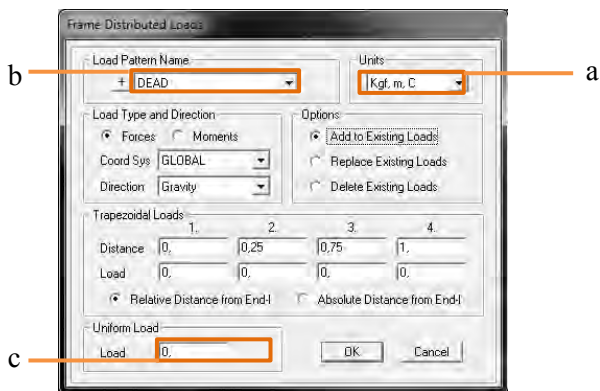


Gambar 9.18 Kotak isian beban pada pelat

- Pilih satuan beban yang akan dimasukkan Kgf, m, C
- Pilih nama beban yang akan dimasukkan
- Masukkan besar beban

29.2 Beban pada balok

*Select (balok yang akan dibebani) → Assign →
Frame Load → Distributed*



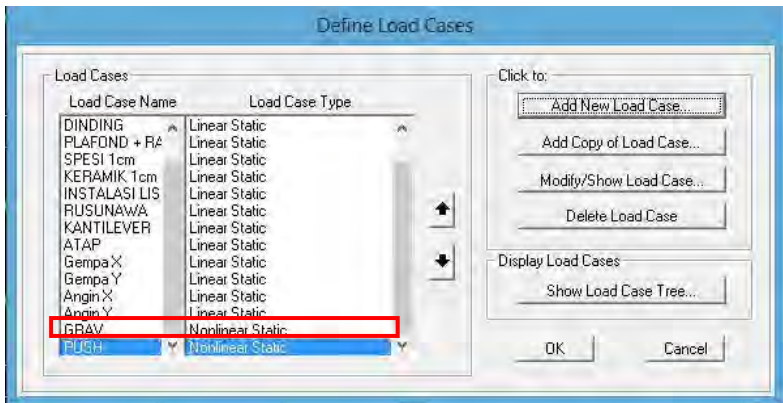
Gambar 9.19 Kotak isian beban pada balok

- Pilih satuan beban yang akan dimasukkan Kgf, m, C
- Pilih nama beban yang akan dimasukkan
- Masukkan besar beban

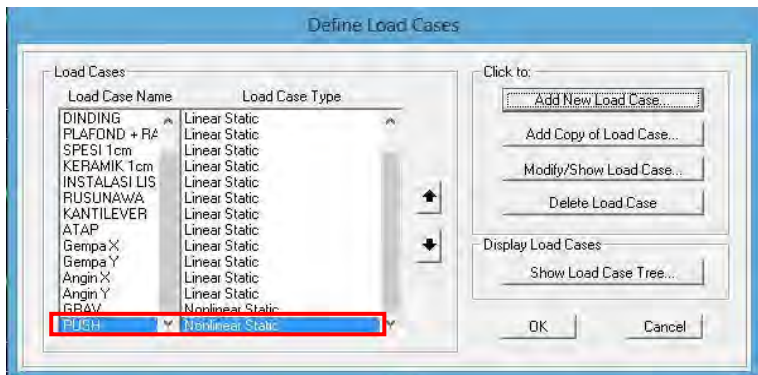
9.2 Langkah-Langkah Analisis Pushover program SAP2000 :

Tahapan analisis *Pushover* menggunakan program SAP2000 sebagai berikut :

1. Menentukan Identitas Analisis Static nonlinear yakni GRAV dan PUSH



Gambar 9.20 Identitas analisis gravitasi



Gambar 9.21 Identitas analisis *Pushover*

2. Memasukkan data gravitasi

Input Pembebanan

- Dead = faktor pengali = 1
- Live = faktor pengali = 1

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name GRAV Set Def Name		Notes Modify/Show...		Load Case Type Static Design...																									
Initial Conditions <input checked="" type="radio"/> Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State <input type="radio"/> Continue from State at End of Nonlinear Case: ▼ <small>Important Note: Loads from this previous case are included in the current case</small>				Analysis Type <input type="radio"/> Linear <input checked="" type="radio"/> Nonlinear <input type="radio"/> Nonlinear Staged Construction																									
Modal Load Case All Modal Loads Applied Use Modes from Case: MODAL ▼				Geometric Nonlinearity Parameters <input checked="" type="radio"/> None <input type="radio"/> P-Delta <input type="radio"/> P-Delta plus Large Displacements																									
Loads Applied																													
Load Type	Load Name	Scale Factor																											
Load Pattern ▼	RUSUNAW/ ▼	1																											
Load Pattern	DEAD	1	<div style="border: 1px solid red; padding: 2px;"> <table border="1"> <tr><td>Load Pattern</td><td>DEAD</td><td>1</td></tr> <tr><td>Load Pattern</td><td>DINDING</td><td>1</td></tr> <tr><td>Load Pattern</td><td>INSTALASI LIST</td><td>1</td></tr> <tr><td>Load Pattern</td><td>KERAMIK 1cm</td><td>1</td></tr> <tr><td>Load Pattern</td><td>PLADND + RAN</td><td>1</td></tr> <tr><td>Load Pattern</td><td>SPESEI 1cm</td><td>1</td></tr> <tr><td>Load Pattern</td><td>ATAP</td><td>1</td></tr> <tr><td>Load Pattern</td><td>KANTILEVER</td><td>1</td></tr> </table> </div> <div style="margin-top: 5px;"> Add Modify Delete </div>			Load Pattern	DEAD	1	Load Pattern	DINDING	1	Load Pattern	INSTALASI LIST	1	Load Pattern	KERAMIK 1cm	1	Load Pattern	PLADND + RAN	1	Load Pattern	SPESEI 1cm	1	Load Pattern	ATAP	1	Load Pattern	KANTILEVER	1
Load Pattern	DEAD	1																											
Load Pattern	DINDING	1																											
Load Pattern	INSTALASI LIST	1																											
Load Pattern	KERAMIK 1cm	1																											
Load Pattern	PLADND + RAN	1																											
Load Pattern	SPESEI 1cm	1																											
Load Pattern	ATAP	1																											
Load Pattern	KANTILEVER	1																											
Load Pattern	DINDING	1																											
Load Pattern	INSTALASI LIST	1																											
Load Pattern	KERAMIK 1cm	1																											
Load Pattern	PLADND + RAN	1																											
Load Pattern	SPESEI 1cm	1																											
Load Pattern	ATAP	1																											
Load Pattern	KANTILEVER	1																											

Other Parameters

Load Application	Full Load	Modify/Show...
Results Saved	Final State Only	Modify/Show...
Nonlinear Parameters	Default	Modify/Show...

OK Cancel

Gambar 9.22 Properti data Gravitasi

3. Memasukkan data *static nonlinear*

– Pada analisis *pushover* hanya meninjau sumbu lemah sumbu Y

– Memasukkan gaya Accel (UX)

Load Case Data - Nonlinear Static

Load Case Name: PUSH Set Def Name Modify/Show...

Notes: Load Case Type: Static Design...

Initial Conditions:

- Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- Continue from State at End of Nonlinear Case GRAV

(Important Note: Loads from the previous case are included in the current case.)

Modal Load Case: All Modal Loads Applied Use Modes from Case MODAL

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Accel	UX	-1
Accel	UY	1.5

Buttons: Add, Modify, Delete

Analysis Type:

- Linear
- Nonlinear
- Nonlinear Staged Construction

Geometric Nonlinearity Parameters:

- None
- P-Delta
- P-Delta plus Large Displacements

Other Parameters:

- Load Application: Full Load Modify/Show...
- Results Saved: Final State Only Modify/Show...
- Nonlinear Parameters: Default Modify/Show...

Buttons: OK, Cancel

Load Application Control for Nonlinear Static Analysis

Load Application Control:

- Full Load
- Displacement Control

Control Displacement:

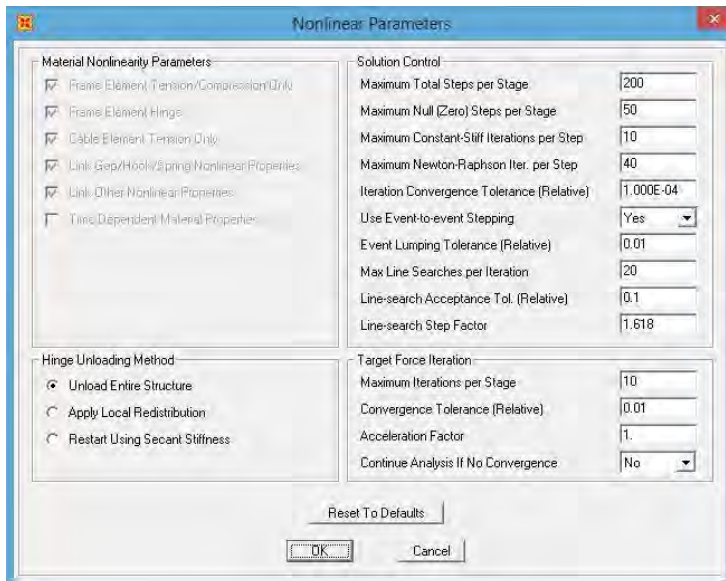
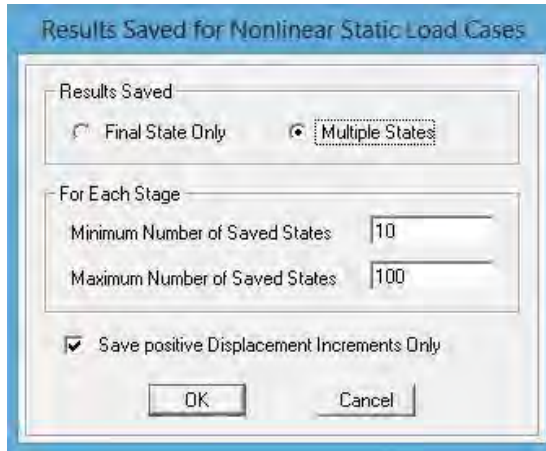
- Use Conjugate Displacement
- Use Monitored Displacement

 Load to a Monitored Displacement Magnitude of 0.64

Monitored Displacement:

- DOF U2 at Joint 328
- Generalized Displacement

Buttons: OK, Cancel



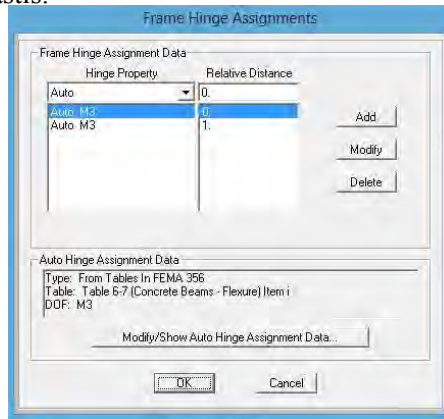
Gambar 9.23 Memasukkan data Pushover

4. Menentukan properti sendi

Select → Properties → Frame (Beams)

Assign → Frame → Hinge.

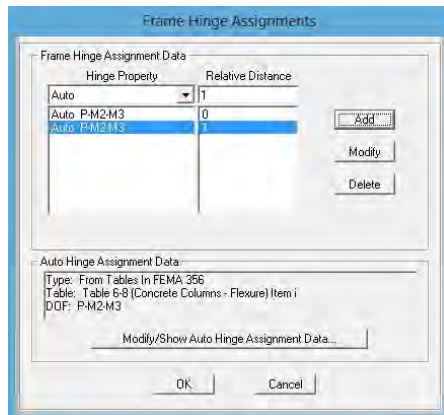
Keterangan : Untuk balok kantilever tidak perlu di-*select* dikarenakan pada ujung bebas kantilever tidak terjadi tegangan yang mengakibatkan terjadinya sendi plastis.

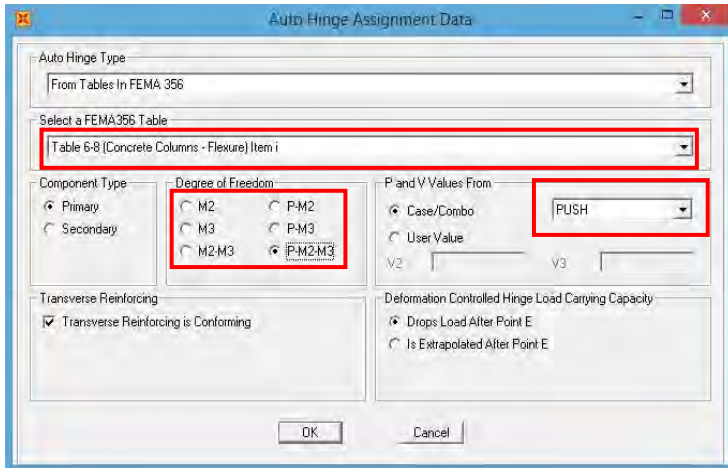


Gambar 9.24 Hinge Pada Balok

Select → Properties → Frame (Columns)

Assign → Frame → *Hinge*





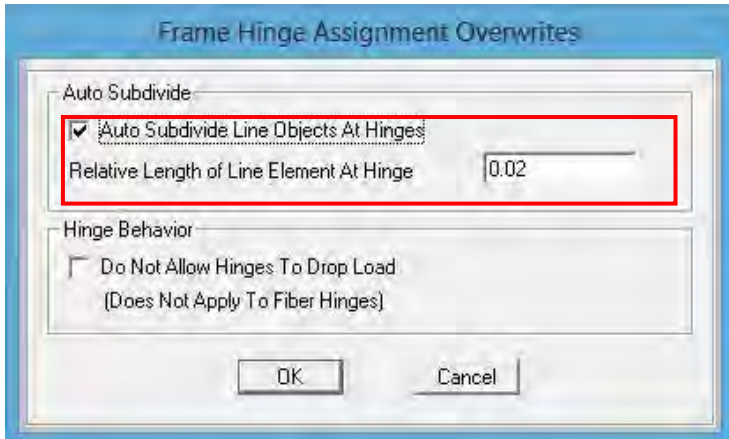
Gambar 9.25 Hinge Pada kolom

- Elemen kolom menggunakan Auto PM2M3 (hubungan aksial dengan momen) sedangkan balok menggunakan Auto M3 balok efektif menahan momen pada sumbu-3.
- Angka 0 dan 1 merupakan identitas dua titik nodal balok.
- Case pada tiap properti hinge diisi Push

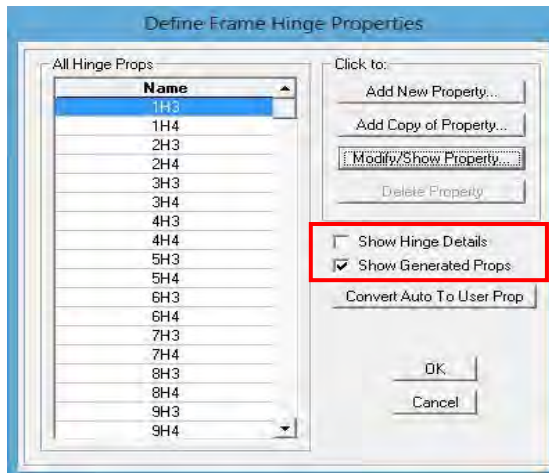
5. Menentukan Hinge Overwrites

Select all → Frame → Assign → Hinge Overwrites

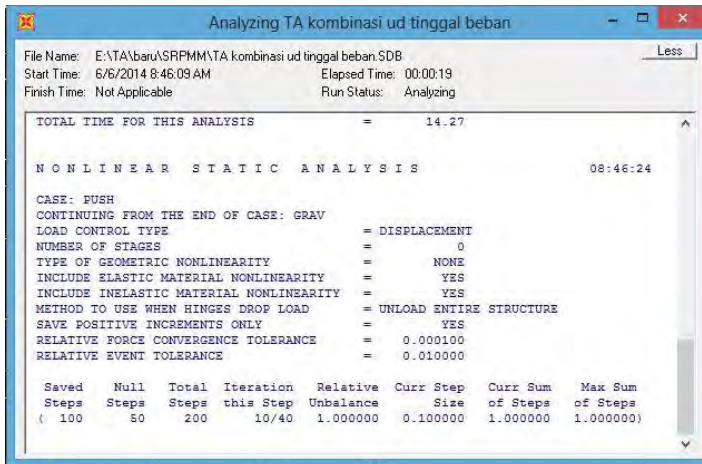
Sendi plastis diasumsikan terjadi sejarak 2% dari frame yang ditinjau



Define → Section Properties → Hinge Properties



6. Hasil Running



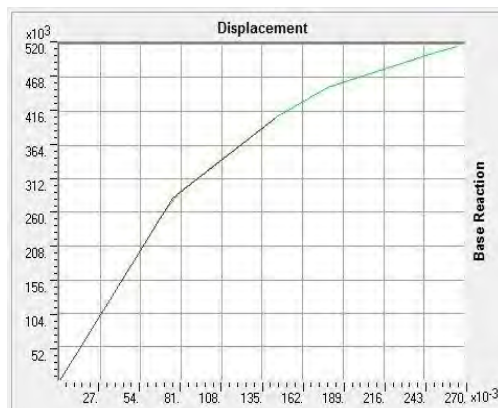
Gambar 9.26 Hasil Running Pushover

Perhitungan iterasi dilakukan sepenuhnya oleh komputer. Dari hasil running analisis *pushover*, steps berhenti dan tersimpan pada step 7

9.3 Hasil Analisis *Pushover*

9.3.1 Kurva Kapasitas

Dari proses *iterasi*, didapatkan *kurva kapasitas* yang merupakan hubungan antara perpindahan titik acuan (D) dengan gaya geser dasar (V).



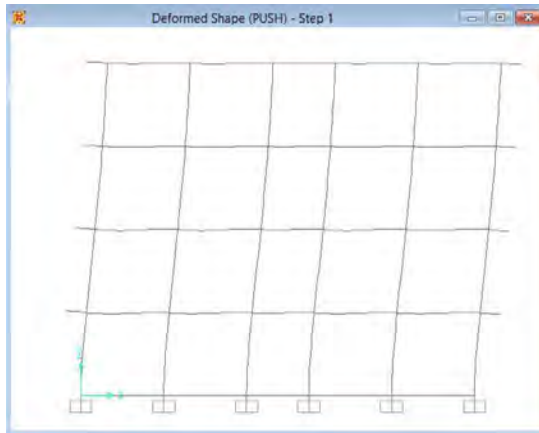
Gambar 9.27 Kurva Kapasitas

Step	Displacement m	BaseForce Kgf	AtotB	BtotD	IDtotLS	LStotCP	CPtotC	CtotD	DtotE	BeyondE	Total
0	6.564E-06	0.00	812	0	0	0	0	0	0	0	812
1	0.064007	239988.57	812	0	0	0	0	0	0	0	812
2	0.065163	244201.38	810	2	0	0	0	0	0	0	812
3	0.079231	290061.74	718	94	0	0	0	0	0	0	812
4	0.144391	407989.34	480	308	24	0	0	0	0	0	812
5	0.178599	453739.98	434	354	24	0	0	0	0	0	812
6	0.248757	506332.40	384	354	50	24	0	0	0	0	812
7	0.265950	517310.38	380	346	62	22	0	2	0	0	812

Gambar 9.28 Jumlah sendi elastis dan plastis

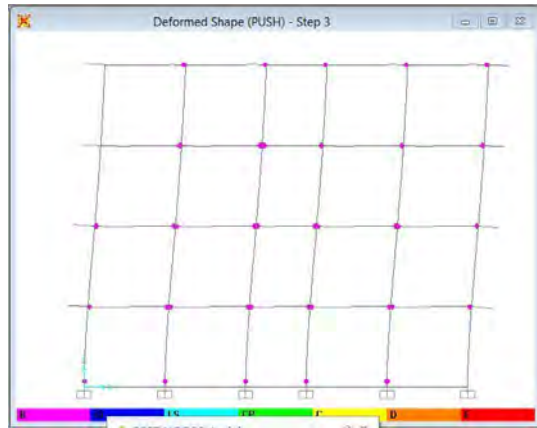
9.3.2 Skema distribusi sendi plastis

Pada penyajian gambar skema distribusi sendi plastis diambil contoh gambar portal As-1 dengan pertimbangan bahwa sendi plastis terjadi pertama kali pada portal tersebut sehingga menjadi parameter utama.



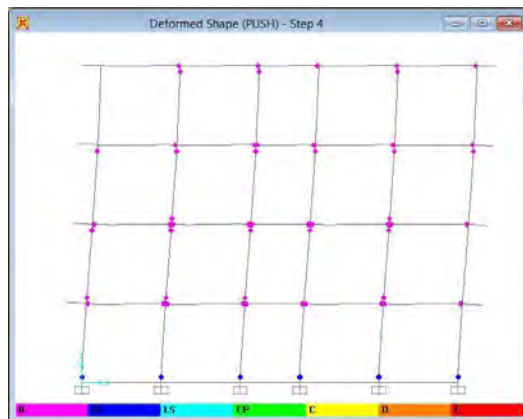
Gambar 9.29 Step ke-1 dan 2 tidak terjadi sendi plastis

Pada tahap pertama, yaitu pada step 1 tidak terjadi sendi-sendi plastis pada portal As-1 dikarenakan sendi masih berperilaku elastis pada saat terkena beban gempa.



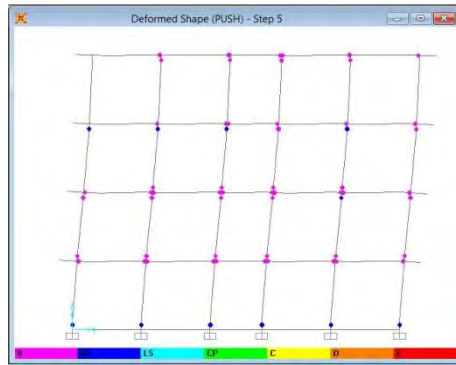
Gambar 9.30 Portal As-1 pada step ke-3

Terjadinya sendi plastis pertama kali pada lantai dasar hingga lantai 4 bangunan dengan ditandai warna merah muda terang.



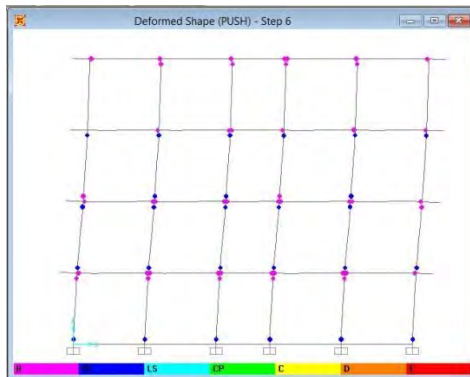
Gambar 9.31 Sendi Plastis Step ke-4

Sendi plastis terjadi pada hampir seluruh lantai dasar hingga lantai 4, dan mulai mencapai tahap leleh dengan keadaan struktur balok IO (*Immediate Occupancy*) dengan perilaku nonlinear yang ditandai warna biru terang.



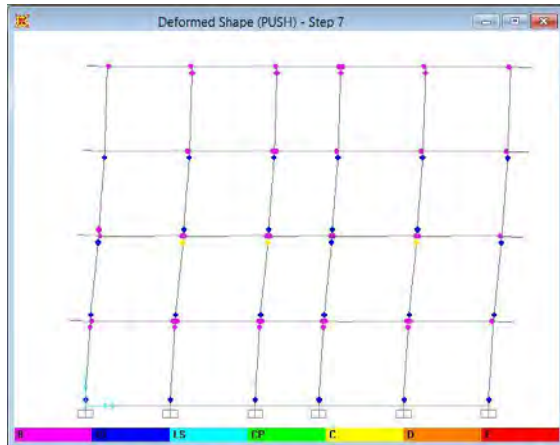
Gambar 9.32 Sendi Plastis Step ke-5

Sendi plastis mencapai tahap leleh pada lantai dasar dan lantai 3 dengan keadaan struktur balok IO (*Immediate Occupancy*) dengan perilaku nonlinear yang ditandai warna biru terang, seperti yang terlihat pada gambar 9.32





Gambar 9.33 Sendi Plastis Step ke-6

Pada step ke-6 hampir terjadi pada seluruh lantai kecuali lantai 4 dengan keadaan struktur balok IO (*Immediate Occupancy*) dengan perilaku nonlinear yang ditandai warna biru terang, seperti yang terlihat pada gambar 9.33



Gambar 9.34 Sendi Plastis Step ke-6

Pada step 7, program berhenti melakukan iterasi. Sendi plastis muncul di seluruh elemen balok dengan sifat in-elastis. Pada tahap ini adalah batas maksimum gaya geser yang masih mampu ditahan gedung. Pada kondisi ini terjadi kerusakan sampai tingkatan tinggi yang ditandai dengan adanya balok dan kolom yang mengalami keadaan struktur C (*Ultimate point*) dengan simbol warna kuning.

Keterangan	Simbol	Penjelasan
		Menunjukkan batas linear yang kemudian diikuti terjadinya pelelehan pertama pada struktur.
		Terjadinya kerusakan yang kecil atau tidak berarti pada struktur, kekakuan struktur hampir sama pada saat sebelum terjadi gempa.
		Terjadi kerusakan dengan tingkatan kecil hingga sedang. Kekakuan struktur berkurang, tetapi masih mempunyai ambang yang cukup besar terhadap keruntuhan.
		Terjadi kerusakan yang parah pada struktur sehingga kekuatan dan kekakuannya berkurang banyak.
		Batas maksimum gaya geser yang masih mampu ditahan gedung.
		Terjadinya degradasi kekuatan struktur yang besar, sehingga kondisi struktur tidak stabil dan hampir <i>collapse</i> .
		Struktur sudah tidak mampu menahan gaya geser dan hancur.

BAB X ANALISA MODEL

10.1 Analisa Model

Pasal 5.6 SNI-1726-2002 menyatakan bahwa, untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental T_1 dari struktur gedung harus dibatasi, bergantung pada koefisien ζ untuk wilayah gempa tempat struktur gedung berada dan jumlah tingkatnya (n) menurut persamaan :

$$T < \zeta \cdot n \quad (10.1)$$

Dimana koefisien ζ ditetapkan menurut tabel 10.1

Tabel 10.1 Koefisien ζ yang membatasi waktu getar alami

Wilayah gempa	ζ
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

Menurut tabel tabel 10.1 untuk wilayah gempa 5, maka nilai $\zeta = 0,16$, jadi nilai T maksimum untuk bangunan bertingkat 4 adalah $0,16 \times 5 = 0,8$ detik

Tabel 10.2 Modal *participation mass ratio*

<i>Type</i>	<i>Accel</i>	<i>Static Percent</i>	<i>Dynamic Percent</i>	<i>Effective Period</i>
<i>Accel</i>	UX	100	99,975	0,792
<i>Accel</i>	UY	99,99	99,559	0,792
<i>Accel</i>	UZ	47,77	30,019	0,213

Stuktur gedung ini memenuhi syarat waktu getar alami karena :

$$T_{\text{terjadi}} = 0,792 \text{ detik} < T_{\text{rencana}} = 0,8 \text{ detik}$$

10.2 Evaluasi Beban Gempa

Kontrol besar gaya geser dasar (V) rencana pada SAP200, dimana $V_{\text{rencana}} \approx V_{\text{terjadi}}$.

10.2.1 Besar gaya geser dasar pada SRPMM

	OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX Kgf
▶	Gempa X	LinStatic	422417,1
	Gempa Y	LinStatic	-0,0000007255

Gambar 10.1 Gaya geser dasar pada SAP2000 SRPMM

Besar gaya geser rencana yang sudah dijelaskan pada Bab VIII sebesar $V = 422417,09$ kg, pada gambar 10.1 dapat dilihat besar gaya geser yang terjadi pada SAP2000 sebesar $V = 422417,1$ kg. Maka $V_{\text{rencana}} \approx V_{\text{terjadi}}$ memenuhi

10.2.2 Besar gaya geser dasar pada SRPMK

	OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX Kgf
▶	Gempa X	LinStatic	273328,8
	Gempa Y	LinStatic	-0,0000004694

Gambar 10.2 Gaya geser dasar pada SAP2000 SRPMK

Besar gaya geser rencana yang sudah dijelaskan pada Bab VIII sebesar $V = 273328,7$ kg, pada gambar 10.1 dapat dilihat besar gaya geser yang terjadi pada SAP2000 sebesar $V = 273328,8$ kg. Maka $V_{rencana} \approx V_{terjadi}$ memenuhi

10.2.3 Besar gaya vertikal pada rusunawa

	GroupName Text	SelfMass Kgf-s2/m	SelfWeight Kgf
▶	ALL	81921.55	803376

Gambar 10.3 Gaya vertikal pada SAP2000

Besar gaya vertikal pada SAP2000 sebesar 803376 kg, sedangkan pada perhitungan manual sebesar 803773,4 kg. Dari perhitungan manual maupun perhitungan pada SAP2000 ini dapat disimpulkan bahwa beban tersebut dapat diterima kebenarannya dikarenakan selisih beban sekitar 397,4 kg.

10.3 Kontrol Kinerja Batas Layan

Kinerja batas layan pasal 8.12 SNI-1726-2002 menjelaskan bahwa, untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung menurut pasal 8.1.1 tidak boleh melampaui $\frac{0,03}{R}$ kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm, bergantung yang mana nilainya paling kecil.

10.3.1 SRPMM

Syarat Δs antar tingkat (m)

$$\Delta s (\text{lantai 1}) = \frac{0,03}{R} \times h \rightarrow \frac{0,03}{5,5} \times 4 \text{ m} = 0,0218$$

$$\Delta s (\text{lantai 2}) = \frac{0,03}{R} \times h \rightarrow \frac{0,03}{5,5} \times 4 \text{ m} = 0,0218$$

$$\Delta s (\text{lantai 3}) = \frac{0,03}{R} \times h \rightarrow \frac{0,03}{5,5} \times 4 \text{ m} = 0,0218$$

$$\Delta s (\text{lantai 4}) = \frac{0,03}{R} \times h \rightarrow \frac{0,03}{5,5} \times 4 \text{ m} = 0,0218$$

Arah X

Tingkat	Δs (m)	Δs antar tingkat (m)	Syarat Δs antar tingkat (m)	Keterangan
1	0,019	0,019	0,0218	OK
2	0,036	0,017	0,0218	OK
3	0,057	0,021	0,0218	OK
4	0,072	0,015	0,0218	OK

Arah Y

Tingkat	Δs (m)	Δs antar tingkat (m)	Syarat Δs antar tingkat (m)	Keterangan
1	0,012	0,012	0,0218	OK
2	0,029	0,017	0,0218	OK
3	0,043	0,014	0,0218	OK
4	0,051	0,008	0,0218	OK

10.3.2 SRPMK

Syarat Δs antar tingkat (m)

$$\Delta s (\text{lantai 1}) = \frac{0,03}{R} \times h \rightarrow \frac{0,03}{8,5} \times 4 = 0,0141$$

$$\Delta s (\text{lantai 2}) = \frac{0,03}{R} \times h \rightarrow \frac{0,03}{8,5} \times 4 = 0,0141$$

$$\Delta s (\text{lantai 3}) = \frac{0,03}{R} \times h \rightarrow \frac{0,03}{8,5} \times 4 = 0,0141$$

$$\Delta s (\text{lantai 4}) = \frac{0,03}{R} \times h \rightarrow \frac{0,03}{8,5} \times 4 = 0,0141$$

Arah X

Tingkat	Δs (m)	Δs antar tingkat (m)	Syarat Δs antar tingkat (m)	Keterangan
1	0,012	0,012	0,0141	OK
2	0,025	0,013	0,0141	OK
3	0,036	0,011	0,0141	OK
4	0,050	0,014	0,0141	OK

Arah Y

Tingkat	Δs (m)	Δs antar tingkat (m)	Syarat Δs antar tingkat (m)	Keterangan
Dasar	0,0075	0,0075	0,0141	OK
1	0,018	0,0105	0,0141	OK
2	0,026	0,008	0,0141	OK
3	0,031	0,005	0,0141	OK

10.4 Kontrol Kinerja Batas Ultimit

Kinerja batas ultimit pasal 8.22 SNI 1726-2002 menjelaskan bahwa, untuk memenuhi persyaratan kinerja batas ultimit struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari struktur gedung menurut pasal 8.2.1 tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

Sesuai pasal 4.3.3 simpangan dan simpangna antar tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal, dikalikan dengan suatu faktor pengali ζ untuk gedung beraturan sebagai berikut :

$$\zeta = 0,7 \cdot R \quad (10.2)$$

dimana R adalah faktor reduksi gempa struktur gedung tersebut dan faktor skala adalah seperti yang ditetapkan dalam pasal 7.2.3

10.4.1 SRPMM

$$\zeta = 0,7 \cdot R \rightarrow 0,7 \times 5,5 = 3,85$$

Syarat Δs antar tingkat (m)

$$\Delta m \text{ (lantai 1)} = \Delta s \times h \rightarrow 0,02 \times 4 \text{ m} = 0,087$$

$$\Delta m \text{ (lantai 2)} = \Delta s \times h \rightarrow 0,02 \times 4 \text{ m} = 0,087$$

$$\Delta m \text{ (lantai 3)} = \Delta s \times h \rightarrow 0,02 \times 4 \text{ m} = 0,087$$

$$\Delta m \text{ (lantai 4)} = \Delta s \times h \rightarrow 0,02 \times 4 \text{ m} = 0,087$$

Arah X

Tingkat	Δm (m)	Δm antar tingkat (m)	$\zeta \Delta m$ antar tingkat (m)	Syarat Δm antar tingkat (m)	Ket.
1	0,019	0,019	0,073	0,087	OK
2	0,030	0,017	0,065	0,087	OK
3	0,057	0,021	0,080	0,087	OK
4	0,072	0,015	0,057	0,087	OK

Arah Y

Tingkat	Δm (m)	Δm antar tingkat (m)	ζ Δm antar tingkat (m)	Syarat Δm antar tingkat (m)	Ket.
1	0,012	0,012	0,046	0,087	OK
2	0,029	0,017	0,065	0,087	OK
3	0,043	0,014	0,053	0,087	OK
4	0,051	0,008	0,030	0,087	OK

10.4.2 SRPMK

$$\zeta = 0,7 \cdot R \rightarrow 0,7 \times 8,5 = 5,95$$

Syarat Δs antar tingkat (m)

$$\Delta m \text{ (lantai 1)} = \Delta s \times h \rightarrow 0,0218 \times 4 = 0,087$$

$$\Delta m \text{ (lantai 2)} = \Delta s \times h \rightarrow 0,0218 \times 4 = 0,087$$

$$\Delta m \text{ (lantai 3)} = \Delta s \times h \rightarrow 0,0218 \times 4 = 0,087$$

$$\Delta m \text{ (lantai 4)} = \Delta s \times h \rightarrow 0,0218 \times 4 = 0,087$$

Arah X

Tingkat	Δm (m)	Δm antar tingkat (m)	ζ Δm antar tingkat (m)	Syarat Δm antar tingkat (m)	Ket.
1	0,012	0,012	0,0714	0,087	OK
2	0,025	0,013	0,077	0,087	OK
3	0,036	0,011	0,065	0,087	OK
4	0,050	0,014	0,083	0,087	OK

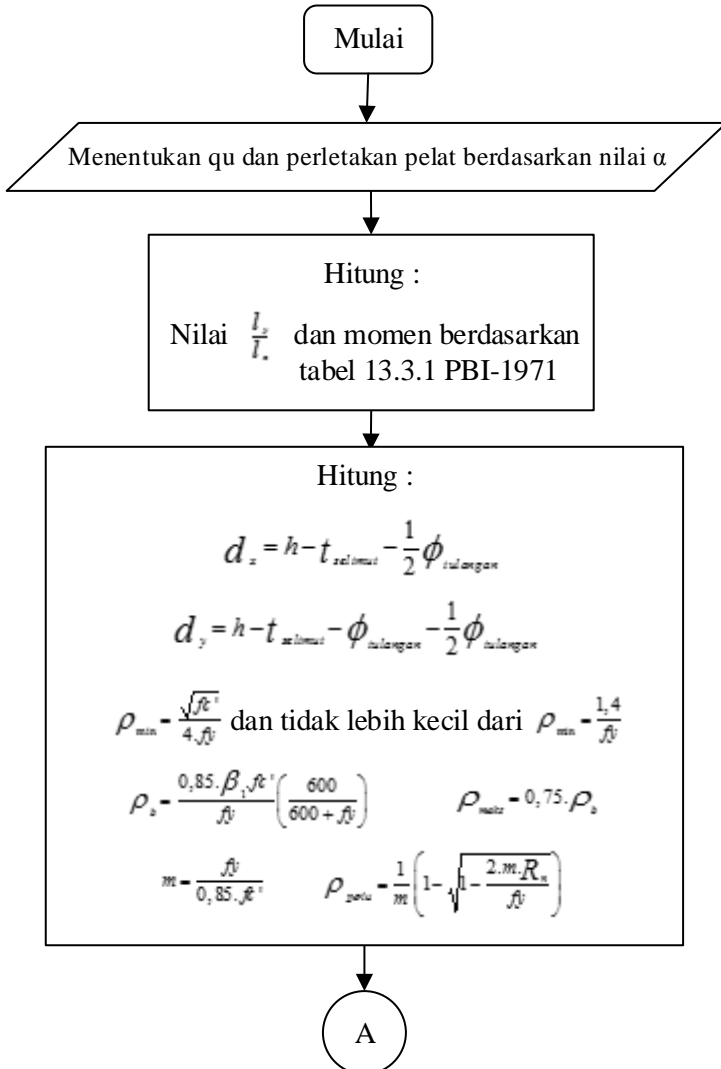
Arah Y

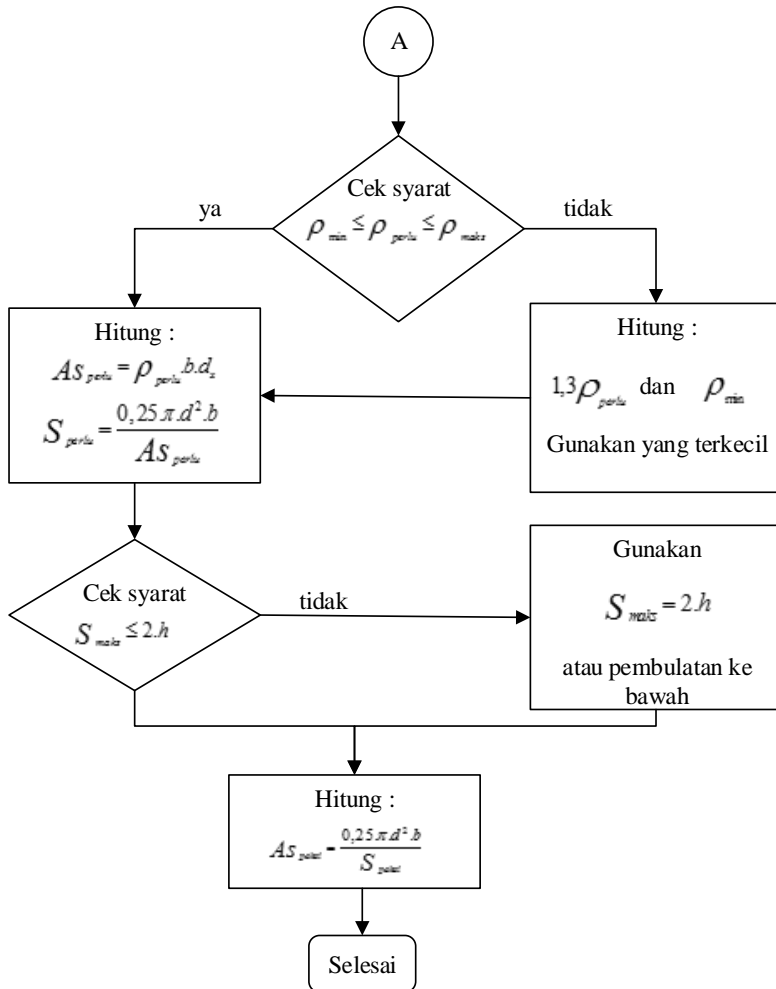
Tingkat	Δm (m)	Δm antar tingkat (m)	ζ Δm antar tingkat (m)	Syarat Δm antar tingkat (m)	Ket.
1	0,0075	0,0075	0,044	0,087	OK
2	0,018	0,0105	0,062	0,087	OK
3	0,026	0,008	0,047	0,087	OK
4	0,031	0,005	0,029	0,087	OK

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB XI STRUKTUR SEKUNDER

11.1 Perencanaan Penulangan Pelat Lantai





Sebagai contoh dalam perhitungan penulangan pelat ditinjau pelat tipe A, untuk pembebanan direncanakan pelat menerima beban-beban sesuai dengan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Bangunan Gedung 1983.

Pembebanan untuk pelat tipe A:

❖ Beban mati (qd)			
Berat sendiri pelat	= 0,12 x 2400	= 288 kg/m ²	
Plafond + penggantung	= 11+7	= 18 kg/m ²	
Spesi 1cm	= 0,01 x 2100	= 21 kg/m ²	
Keramik 1 cm	= 0,01 x 2400	= 24 kg/m ²	
Instalasi listrik		= 40 kg/m ²	
			+
	Beban total	= 391 kg/m ²	

❖ Beban hidup (ql)

Beban hidup untuk bangunan rumah susun sederhana sewa adalah 250 kg/m²

❖ Kombinasi pembebanan

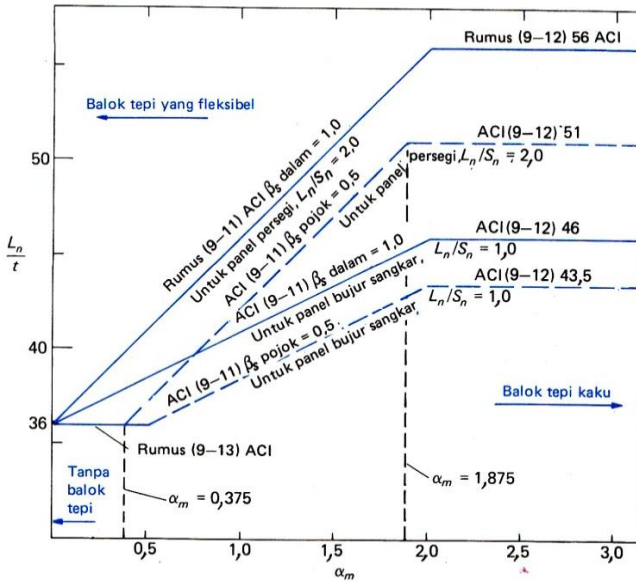
Kombinasi pembebanan yang digunakan perhitungan penulangan pelat sesuai dengan SNI 03-2847-2002.

$$\begin{aligned} q_u &= 1,2q_d + 1,6q_l \\ &= (1,2 \cdot 391 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \cdot 250 \text{ kg/m}^2) \\ &= 869,2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Analisa gaya dalam pada pelat

Dalam menganalisa gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan pasal 13.3 tabel 13.3.1 PBI 1971 sebagai acuan. Chu Kia Wang dalam bukunya yang berjudul “Desain Beton Bertulang” menunjukkan perletakan yang digunakan pada pelat terhadap balok tepi seperti yang tercantum dalam gambar 4.2.1 dapat diasumsikan sebagai berikut :

1. $\alpha_m \leq 0,375$ sebagai pelat tanpa balok tepi
2. $0,375 \leq \alpha_m \leq 1,875$ sebagai balok tepi yang fleksibel
3. $\alpha_m \leq 2$ sebagai balok tepi kaku



Gambar 11.1 Rumus-rumus ACI untuk tebal pelat minimum

Karena pada perhitungan kekakuan rata-rata balok terhadap pelat α_m pada tipe pelat "A" diperoleh 8,43 maka untuk perletakan tipe pelat "A" dapat diasumsikan sebagai pelat dengan balok tepi yang kaku dengan kata lain pelat terjepit penuh pada keempat sisinya.

Sesuai dengan pasal 13.3 tabel 13.3.1 PBI 1971 untuk pelat terjepit penuh keempat sisinya,

1. $MI_x = 0,001 \cdot q_u \cdot I_x^2 \cdot X$
2. $MI_y = 0,001 \cdot q_u \cdot I_y^2 \cdot X$
3. $Mt_x = 0,001 \cdot q_u \cdot I_x^2 \cdot X$
4. $Mt_y = 0,001 \cdot q_u \cdot I_y^2 \cdot X$

dimana ,

MI_x = momen lapangan arah x

MI_y = momen lapangan arah y

Mt_x = momen tumpuan arah x

Mt_y = momen tumpuan arah x

L_x = bentang terpendek dari pelat

X = koefisien (tabel 13.3.1 PBI)

Perhitungan penulangan pelat menggunakan diameter tulangan polos 10 mm untuk tulangan utama dan 8 mm untuk tulangan susut dengan mutu baja 320 Mpa dan mutu beton 25 Mpa. Direncanakan tebal selimut pelat 20 mm sesuai pasal 9.7.1 SNI 03-2847-2002 dan dihitung berdasarkan lebar per meter lari.

Perhitungan gaya momen pada pelat

$$\frac{I_y}{I_x} = \frac{4 \text{ m}}{3 \text{ m}} = 1,3$$

$$MI_x = 0,001 \cdot q_u \cdot I_x^2 \cdot X$$

$$MI_x = 0,001 \cdot 869,2 \text{ kg/m}^2 \cdot (3 \text{ m})^2 \cdot 31$$

$$MI_x = 242,51 \text{ kg.m/m}$$

$$MI_y = 0,001 \cdot q_u \cdot I_y^2 \cdot X$$

$$MI_y = 0,001 \cdot 869,2 \text{ kg/m}^2 \cdot (4 \text{ m})^2 \cdot 19$$

$$MI_y = 264,24 \text{ kg.m/m}$$

$$Mt_x = 0,001 \cdot q_u \cdot I_x^2 \cdot X$$

$$Mt_x = 0,001 \cdot 869,2 \text{ kg/m}^2 \cdot (3 \text{ m})^2 \cdot 69$$

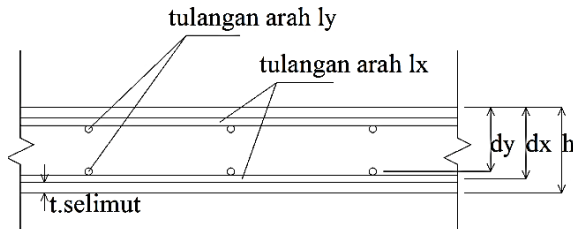
$$Mt_x = 539,77 \text{ kg.m/m}$$

$$M_{t_y} = 0,001 \cdot q_u \cdot I_y^2 \cdot X$$

$$M_{t_y} = 0,001 \cdot 869,2 \text{ kg/m}^2 \cdot (4 \text{ m})^2 \cdot 57$$

$$M_{t_y} = 792,71 \text{ kg.m/m}$$

Tinggi efektif



Gambar 11.2 Tinggi efektif pelat

$$d_x = h - t_{selimut} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tulangan}\right)$$

$$d_x = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 12 \text{ mm}\right) = 94 \text{ mm}$$

$$d_y = h - t_{selimut} - \emptyset_{tulangan} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tulangan}\right)$$

$$d_y = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 12 \text{ mm}\right) = 82 \text{ mm}$$

Tulangan minimum dan maksimum

SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1, tulangan minimum untuk struktur lentur adalah :

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c}}{4 \cdot f_y} = \frac{\sqrt{25}}{4 \cdot 320} = 0,0039 \quad \text{dan tidak lebih kecil dari :}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{320} = 0,0044$$

SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.3 menyatakan, sebagai alternatif untuk komponen struktur yang besar dan masif, luas tulangan yang diperlukan pada setiap penampang, positif atau negatif, paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan berdasarkan analisis.

Rasio tulangan untuk komponen lentur dalam kondisi *balanced* berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3,

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_{c'} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{320} \cdot \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0,037$$

Dan tulangan maksimum untuk struktur lentur sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3,

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,037 = 0,028$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} = \frac{320}{0,85 \cdot 25} = 15,06$$

Penulangan lapangan arah x

$$Ml_x = 242,51 \text{ kg.m/m} = 242,51 \times 10^4 \text{ N.mm/m}$$

$$Mnl_x = \frac{Ml_x}{\phi} = \frac{242,51 \times 10^4 \text{ N.mm/m}}{0,8} = 2.853.021 \text{ N.mm / m}$$

$$Rn = \frac{Mnl_x}{b \cdot d_x^2} = \frac{2.853.021 \text{ N.mm/m}}{1000 \text{ mm} \cdot (94 \text{ mm})^2} = 0,403 \text{ N / mm}^2 / \text{ m}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,06} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,06 \cdot 0,403}{320}} \right) = 0,0013$$

Cek syarat

$$\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$$

$$0,0044 > 0,0013 < 0,028 \quad (\text{tidak memenuhi syarat})$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.3, digunakan :

$$1,3 \cdot \rho_{perlu} = 1,3 \cdot 0,0013 = 0,0017 < \rho_{max} = 0,028$$

Digunakan $\rho_{perlu} = 0,0017$

Luas tulangan yang diperlukan :

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d_x = 0,0017 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 94 \text{ mm} = 155,6 \text{ mm}^2$$

$$S_{perlu} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{s_{perlu}}} = \frac{0,25 \cdot \frac{22}{7} \cdot (10 \text{ mm})^2 \cdot 1000 \text{ mm}}{155,6 \text{ mm}^2} = 504,69 \text{ mm}$$

Digunakan jarak 150 mm

Persyaratan jarak antar tulangan SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2

$$S_{maks} \leq 2 \cdot h$$

$$150 \text{ mm} < 2 \cdot 120 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$$

Tulangan dipakai $\phi 10 - 150$

Luas tulangan pakai :

$$A_{Spakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{pakai}} = \frac{0,25 \cdot \frac{22}{7} \cdot (10\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{150} = 524 \text{ mm}^2$$

Penulangan lapangan arah y

$$M_{Iy} = 264,24 \text{ kg.m/m} = 264,24 \times 10^4 \text{ N.mm/m}$$

$$MnI_y = \frac{M_{Ix}}{\phi} = \frac{264,24 \times 10^4 \text{ N.mm/m}}{0,8} = 33.302.960 \text{ N.mm / m}$$

$$Rn = \frac{MnI_y}{b \cdot d_y^2} = \frac{33.302.960 \text{ N.mm/m}}{1000 \text{ mm} \cdot (82 \text{ mm})^2} = 0,614 \text{ N / mm}^2 / \text{ m}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,06} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,06 \cdot 0,614}{320}} \right) = 0,0019$$

Cek syarat

$$\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$$

$$0,0044 > 0,0019 < 0,028 \quad (\text{tidak memenuhi syarat})$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.3, digunakan :

$$1,3 \cdot \rho_{perlu} = 1,3 \cdot 0,0019 = 0,0025 < \rho_{max} = 0,028$$

Digunakan $\rho_{perlu} = 0,0025$

Luas tulangan yang diperlukan :

$$A_{Sperlu} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d_y = 0,0025 \cdot 1000\text{mm} \cdot 82\text{mm} = 207,59 \text{ mm}^2$$

$$S_{perlu} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{Sperlu}} = \frac{0,25 \cdot \frac{22}{7} \cdot (10\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{207,59 \text{ mm}^2} = 378,34 \text{ mm}$$

Digunakan jarak 150 mm

Persyaratan jarak antar tulangan SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2

$$S_{maks} \leq 2 \cdot h$$

$$150 \text{ mm} < 2 \cdot 120 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$$

Tulangan dipakai $\phi 10 - 150$

Luas tulangan pakai :

$$A_{Spakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{pakai}} = \frac{0,25 \cdot \frac{22}{7} \cdot (10\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{150} = 524 \text{ mm}^2$$

Penulangan tumpuan arah x

$$M_{t_x} = 539,77 \text{ kg.m/m} = 539,77 \times 10^4 \text{ N.mm/m}$$

$$M_{nt_x} = \frac{M_{t_x}}{\phi} = \frac{539,77 \times 10^4 \text{ N.mm/m}}{0,8} = 6.747.165 \text{ N.mm / m}$$

$$R_n = \frac{M_{nt_x}}{b \cdot d_x^2} = \frac{6.747.165 \text{ N.mm/m}}{1000 \text{ mm} \cdot (94 \text{ mm})^2} = 0,954 \text{ N / mm}^2 / \text{ m}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,06} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,06 \cdot 0,954}{320}} \right) = 0,0031$$

Cek syarat

$$\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$$

$$0,0044 > 0,0031 < 0,028 \quad (\text{tidak memenuhi syarat})$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.3, digunakan :

$$1,3 \cdot \rho_{perlu} = 1,3 \cdot 0,0031 = 0,004 < \rho_{max} = 0,028$$

Digunakan $\rho_{perlu} = 0,004$

Luas tulangan yang diperlukan :

$$A_{Sperlu} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d_x = 0,004 \cdot 1000\text{mm} \cdot 94\text{mm} = 373,08 \text{ mm}^2$$

$$S_{perlu} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{Sperlu}} = \frac{0,25 \cdot \frac{22}{7} \cdot (10\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{373,08 \text{ mm}^2} = 210,52 \text{ mm}$$

Digunakan jarak 150 mm

Persyaratan jarak antar tulangan SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2

$$S_{maks} \leq 2 \cdot h$$

$$150 \text{ mm} < 2 \cdot 120 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$$

Tulangan dipakai $\phi 10 - 150$

Luas tulangan pakai :

$$A_{Spakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{pakai}} = \frac{0,25 \cdot \frac{22}{7} \cdot (10\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{150} = 524 \text{ mm}^2$$

Penulangan tumpuan arah y

$$M_{t_y} = 792,71 \text{ kg.m/m} = 792,71 \times 10^4 \text{ N.mm/m}$$

$$M_{nt_y} = \frac{M_{I_x}}{\phi} = \frac{792,71 \times 10^4 \text{ N.mm/m}}{0,8} = 9.908.880 \text{ N.mm / m}$$

$$R_n = \frac{M_{nt_y}}{b \cdot d_y^2} = \frac{9.908.880 \text{ N.mm/m}}{1000 \text{ mm} \cdot (82 \text{ mm})^2} = 1,84 \text{ N / mm}^2 / \text{m}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,06} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,06 \cdot 1,84}{320}} \right) = 0,0060$$

Cek syarat

$$\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$$

$$0,0044 < 0,0060 < 0,028 \quad (\text{memenuhi syarat})$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.3, digunakan :

$$\text{Digunakan } \rho_{perlu} = 0,006$$

Luas tulangan yang diperlukan :

$$A_{Sperlu} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d_y = 0,0060 \cdot 1000\text{mm} \cdot 82 \text{ mm} = 494,5 \text{ mm}^2$$

$$S_{perlu} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{Sperlu}} = \frac{0,25 \cdot \frac{22}{7} \cdot (10\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{494,5 \text{ mm}^2} = 158,83 \text{ mm}$$

Digunakan jarak 150 mm

Persyaratan jarak antar tulangan SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2

$$S_{maks} \leq 2 \cdot h$$

$$150 \text{ mm} < 2 \cdot 120 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$$

Tulangan dipakai $\phi 10 - 150$

Luas tulangan pakai :

$$A_{Spakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{pakai}} = \frac{0,25 \cdot \frac{22}{7} \cdot (10\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{100} = 785 \text{ mm}^2$$

Tulangan susut dan suhu

SNI 03-2847-2002 pasal 9.12.2.1 menyatakan bahwa tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap lusa bruto penampang beton sebesar 0,0014 untuk tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 300.

Luas tulangan susut dan suhu yang diperlukan :

$$A_s = 0,0014 \cdot b \cdot h = 0,0014 \cdot 1000\text{mm} \cdot 120\text{mm} = 168 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan yang diperlukan, S_{perlu}

$$S_{perlu} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{A_{Sperlu}} = \frac{0,25 \cdot \frac{22}{7} \cdot (8\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{168\text{mm}^2} = 299,20 \text{ mm}$$

Digunakan jarak 200 mm

Persyaratan jarak antar tulangan SNI 03-2847-2002 pasal 15.3.2

$$S_{maks} \leq 2 \cdot h$$

$$200 \text{ mm} < 2 \cdot 120 \text{ mm}$$

$$200 \text{ mm} < 240 \text{ mm}$$

Tulangan dipakai $\phi 8 - 200$

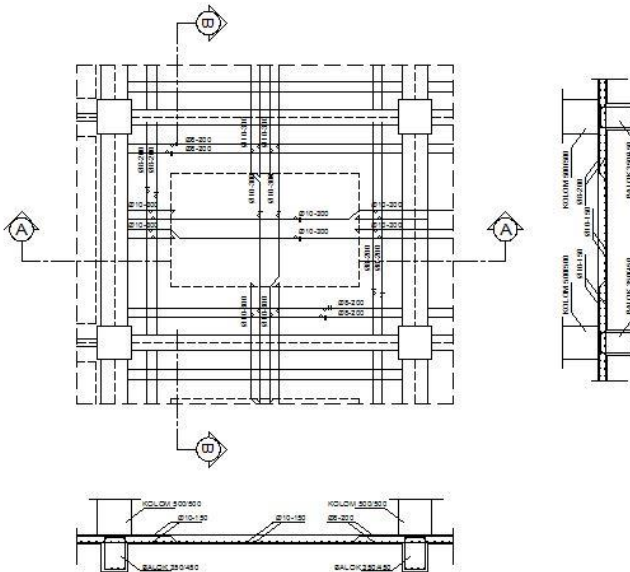
Luas tulangan pakai :

$$A_{Spakai} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot b}{S_{pakai}} = \frac{0,25 \cdot \frac{22}{7} \cdot (10\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{200} = 251,33 \text{ mm}^2$$

Untuk perhitungan penulangan pelat lainnya dilampirkan dalam bentuk tabel 1.1 sebagai berikut :

Tabel 11.1 Penulangan pelat B dan C

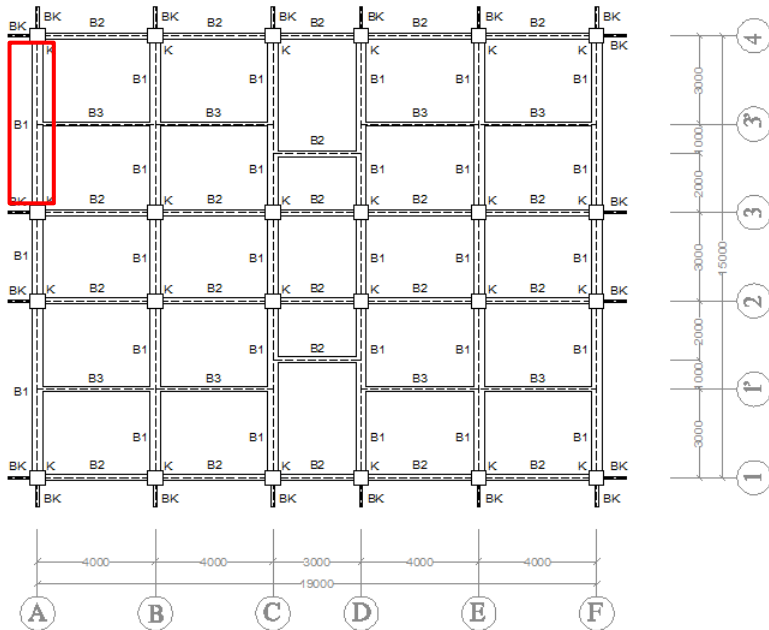
Tipe pelat	beban ultimate (qu) kg/m ³	Momen	Tulangan Perlu	Tulangan Pakai
B	869,2	Mlx = 164,2788 kgm/m	Ø 10 - 703,1	Ø 10 - 150
		Mly = 164,2788 kgm/m	Ø 10 - 806	Ø 10 - 150
		Mtx = -406,7856 kgm/m	Ø 10 - 281	Ø 10 - 150
		Mty = -406,7856 kgm/m	Ø 10 - 322,1	Ø 10 - 150
C	869,2	Mlx = 281,6208 kgm/m	Ø 10 - 408,1	Ø 10 - 150
		Mly = 132,9876 kgm/m	Ø 10 - 997	Ø 10 - 150
		Mtx = -264,2368 kgm/m	Ø 10 - 435,3	Ø 10 - 150
		Mty = -194,7008 kgm/m	Ø 10 - 679,2	Ø 10 - 150



Gambar 11.3 Detail penulangan plat tipe A

BAB XII PERHITUNGAN STRUKTUR PRIMER

12.1 Perhitungan Penulangan Balok Metode SRPMM



Gambar 12.1 Lokasi balok yang ditinjau

12.1.1 Data-data penulangan balok :

- ❖ Tipe balok : B1 35/45
- ❖ Bentang balok L_{balok} : 6000 mm
- ❖ Dimensi balok b_{balok} : 350 mm
- ❖ Dimensi balok h_{balok} : 450 mm

❖ Bentang kolom	L_{kolom} : 4000	mm
❖ Dimensi kolom	b_{kolom} : 500	mm
❖ Dimensi kolom	h_{kolom} : 500	mm
❖ Kuat tekan beton	fc' : 25	N/mm ²
❖ Kuat leleh tulangan lentur	fy : 320	N/mm ²
❖ Kuat leleh tulangan geser	fyv : 240	N/mm ²
❖ Kuat leleh tulangan puntir	fyt : 240	N/mm ²
❖ Diameter tulangan lentur	\emptyset_{lentur} : 22	mm
❖ Diameter tulangan geser	\emptyset_{geser} : 10	mm
❖ Tebal selimut beton	$t_{decking}$: 40	mm
(SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1)		
❖ Faktor β_1	β_1 : 0,85	
(SNI 03-2847-2002 psl. 12.2.7.(3))		
❖ Faktor reduksi kekuatan lentur	ϕ : 0,8	
(SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2.(1))		
❖ Faktor reduksi kekuatan geser	ϕ : 0,75	
(SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2.(3))		
❖ Faktor reduksi kekuatan puntir	ϕ : 0,75	
(SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2.(3))		

12.1.2 Hasil *output* dan diagram gaya dalam analisis SAP2000 :

Perhitungan penulangan balok ini menggunakan analisis program SAP2000 versi 14.2.2. Adapun dalam pengambilan hasil *output* dan diagram gaya dari analisis SAP2000 pada balok as A 3-4 lantai 2 (frame 264) adalah gaya yang paling maksimum akibat beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa.

Kombinasi pembebanan non gempa :

$$- U = 1,4 \text{ DL}$$

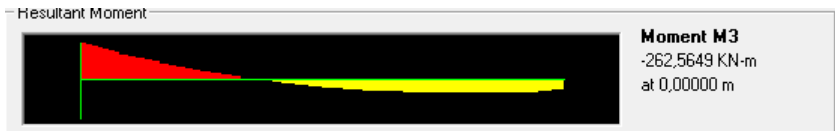
$$U = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} ; U = 1,2 \text{ DL} + \text{LL}$$

Kombinasi pembebanan gempa :
 Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa

$$U = 1,2 DL + LL \pm E$$

$$U = 0,9 DL \pm E$$

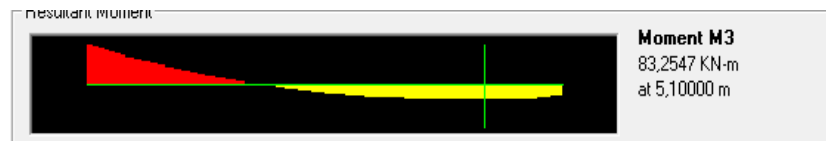
Berikut diperoleh hasil momen dari analisis program SAP2000 :



Gambar 12.2 Diagram momen (-) muka tumpuan kiri akibat gravitasi dan gempa



Gambar 12.3 Diagram Momen (+) muka tumpuan kanan akibat gravitasi & gempa



Gambar 12.4 Diagram momen sejarak 2h akibat gravitasi dan gempa



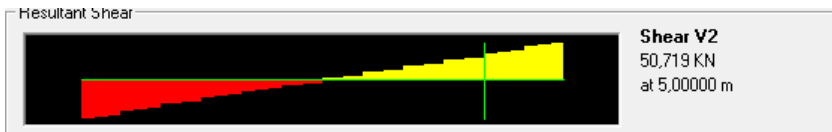
Gambar 12.5 Diagram geser tumpuan pada balok akibat 1,2DL + LL



Gambar 12.6 Diagram momen torsi akibat gravitasi dan gempa



Gambar 12.7 Diagram aksial pada balok akibat gravitasi dan gempa



Gambar 12.8 Diagram geser sejarak 2h akibat 1,2DL+LL

Untuk perhitungan penulangan lentur balok maka diambil momen yang terbesar dari delapan kombinasi pembebanan di atas :

Tumpuan Kiri :

Akibat kombinasi : 1,2 DL + LL-0,3EX+EY

$Mu_{tumpuan} = 262,56 \text{ kN.m}$

Lapangan :

Akibat kombinasi : 1,2 DL + LL-0,3EX+EY

$Mu_{lapangan} = 83,25 \text{ kN.m}$

12.1.3 Syarat Gaya Aksial pada Balok SRPMM

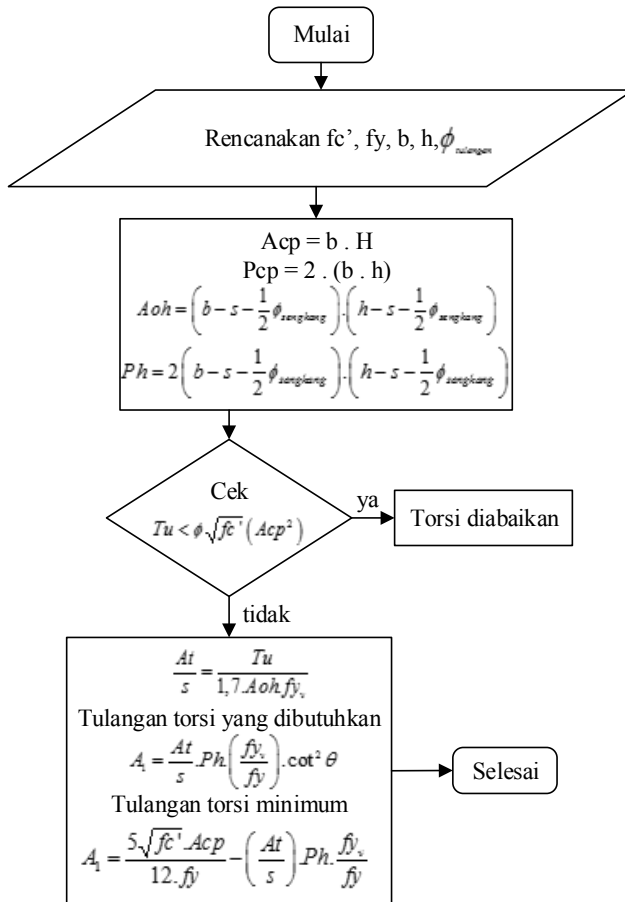
Balok harus memenuhi definisi komponen struktur lentur. Detail penulangan komponen SRPMM harus memenuhi ketentuan-ketentuan SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4, bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi persamaan :

$$0,1 \cdot A_g \cdot f_c' = 0,1 \cdot 350\text{mm} \cdot 450\text{mm} \cdot 25\text{N/mm}^2 = 393,75 \text{ kN}$$

Berdasarkan analisis struktur SAP2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi gaya gempa dan gravitasi pada komponen struktur sebesar $5,41 \text{ kN} < 393,75 \text{ kN}$

12.1.4 Perhitungan Tulangan Torsi pada Balok SRPMM

Skema penulangan torsi :



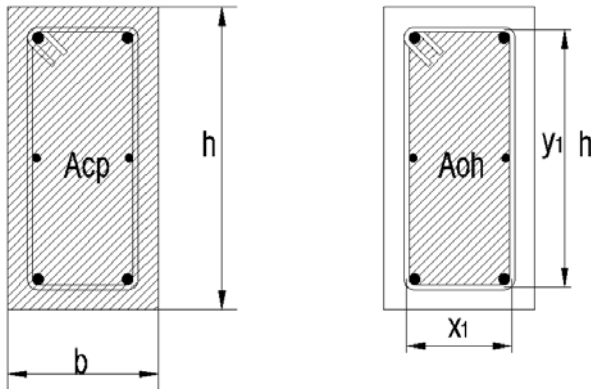
$$Tu = 34,72 \text{ kN.m}$$

$$Tn = \frac{Tu}{\phi} = \frac{34,72 \text{ kN.m}}{0,75} = 46,293 \text{ kN.m}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3.(5))

➤ **Cek apakah perlu tulangan torsi**

Momen puntir ultimate :



Gambar 12.9 Luas Acp dan Aoh

Luas penampang dibatasi sisi luar :

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \cdot h \\ &= 350 \cdot 450 \\ &= 157.500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi sisi luar :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \cdot (b + h) \\ &= 2 \cdot (350 + 450) \\ &= 1.600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Pengaruh Tulangan Torsi :

$$T_{u_{\min}} = \frac{\phi \sqrt{f_c'}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \text{ (SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.1.(a))}$$

$$Tu_{\min} = \frac{0,75\sqrt{25}}{12} \left(\frac{157500^2}{1600} \right)$$

$$Tu_{\min} = 4,84 \text{ kN.m}$$

Syarat : $Tu_{\min} \geq Tu$ → tulangan torsi diabaikan

$Tu_{\min} < Tu$ → tulangan torsi diperlukan

4,84 kN.m < 34,72 kN.m → tulangan torsi diperlukan

➤ **Menghitung properti penampang**

$$x_1 = b - 2 \left(t_{\text{decking}} + \frac{1}{2} \phi_{\text{senggang}} \right)$$

$$x_1 = 350 - 2 \left(40 + \frac{1}{2} \cdot 10 \right)$$

$$x_1 = 260 \text{ mm}$$

$$y_1 = h - 2 \left(t_{\text{decking}} + \frac{1}{2} \phi_{\text{senggang}} \right)$$

$$y_1 = 450 - 2 \left(40 + \frac{1}{2} \cdot 10 \right)$$

$$y_1 = 360 \text{ mm}$$

Luas yang dicakup oleh garis tengah senggang, lihat gambar 12.3:

$$Aoh = x_1 \cdot y_1 = 260 \text{ mm} \cdot 360 \text{ mm} = 93.600 \text{ mm}^2$$

Luas bruto yang dicakup oleh aliran geser sesuai SNI 03-2847-2002 psl 13.6.3.6,

$$Ao = 0,85 \cdot Aoh = 0,85 \cdot (93.600 \text{ mm}^2) = 79.560 \text{ mm}^2$$

Tinggi efektif balok

$$d_{pasang} = h - t_{decking} - \emptyset_{senggang} - \left(\frac{1}{2} \emptyset_{tul.utama} \right)$$

$$d_{pasang} = 450 - 40 - 10 - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \right)$$

$$d_{pasang} = 389 \text{ mm}$$

Keliling dari garis tengah tulangan torsi tertutup bagian luar :

$$Ph = 2 \cdot (x_1 + y_1)$$

$$Ph = 2 \cdot (260 \text{ mm} + 360 \text{ mm})$$

$$Ph = 1240 \text{ mm}$$

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton untuk komponen struktur non-prategang berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl. 13.3.1 adalah:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 350 \text{ mm} \cdot 389 \text{ mm} = 109,81 \text{ kN}$$

Sesuai SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3.1 (a) dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b \cdot d} \right)^2 + \left(\frac{Tu \cdot Ph}{1,7 \cdot A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b \cdot d} + \frac{2 \cdot \sqrt{f_c'}}{3} \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{81980}{350 \cdot 389} \right)^2 + \left(\frac{34720000 \cdot 1240}{1,7 \cdot (93600)^2} \right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{109810}{350 \cdot 389} + \frac{2 \cdot \sqrt{25}}{3} \right)$$

$$3,092 < 3,105 \text{ (Penampang cukup besar)}$$

➤ **Menentukan tulangan torsi transversal yang diperlukan**

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{34,72 \text{ kN.m}}{0,75} = 46,293 \text{ kN.m}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3.(5))

Untuk beton non prategang :

$$\theta = 45^\circ \text{ (SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3.6)}$$

$$\frac{At}{s} = \frac{T_n}{2.A_o.f_{yv}.\cot \theta}$$

$$\frac{At}{s} = \frac{46293000 \text{ Nmm}}{2.(79560 \text{ mm}^2).240 \text{ N/mm}^2.\cot 45^\circ}$$

$$\frac{At}{s} = 1,21 \text{ mm}^2$$

➤ **Menentukan tulangan torsi longitudinal yang diperlukan**

Sesuai SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3.7 tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir tidak boleh kurang daripada :

$$A_1 = \frac{At}{s} . Ph. \left(\frac{f_{yv}}{f_y} \right) . \cot^2 \theta$$

$$A_1 = 1,21.(1240) . \left(\frac{240}{320} \right) . \cot^2 45^\circ$$

$$A_1 = 1127,37 \text{ mm}^2$$

Sesuai SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan :

$$A_{1\min} = \frac{5\sqrt{f_c'} . A_{cp}}{12.f_y} - \left(\frac{At}{s} \right) . Ph. \frac{f_{yv}}{f_y}$$

$$A_{1\min} = \frac{5\sqrt{25}.157500 \text{ mm}^2}{12.320 \text{ N/mm}^2} - 1127,37 \text{ mm}^2 = 101,98 \text{ mm}^2$$

Sesuai SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.5.3 tulangan longitudinal yang dibutuhkan untuk menahan puntir harus didistribusikan di sekeliling perimeter sengkang tertutup dengan spasi tidak melebihi 300mm. Batang atau tendon longitudinal tersebut harus berada didalam sengkang. Pada setiap sudut sengkang tertutup harus ditempatkan minimal satu batang tulangan atau tendon longitudinal. Diameter batang tulangan longitudinal haruslah minimal sama dengan 1/24 spasi sengkang, tetapi tidak kurang daripada 10mm.

Luas tulangan sebesar $\frac{1}{2} A_1$ akan didistribusikan secara sama pada muka vertikal irisan penampang.

$$\frac{A_{1\min}}{2} = \frac{101,98\text{mm}^2}{2} = 50,99 \text{ mm}^2$$

Luasan tambahan puntir transversal untuk tulangan geser :

$$\frac{At}{s} = 1,21 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir pakai :

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_{10})^2$$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{22}{7} \cdot (10\text{mm})^2 = 157,14 \text{ mm}^2$$

Jadi digunakan tulangan tengah 2Ø10

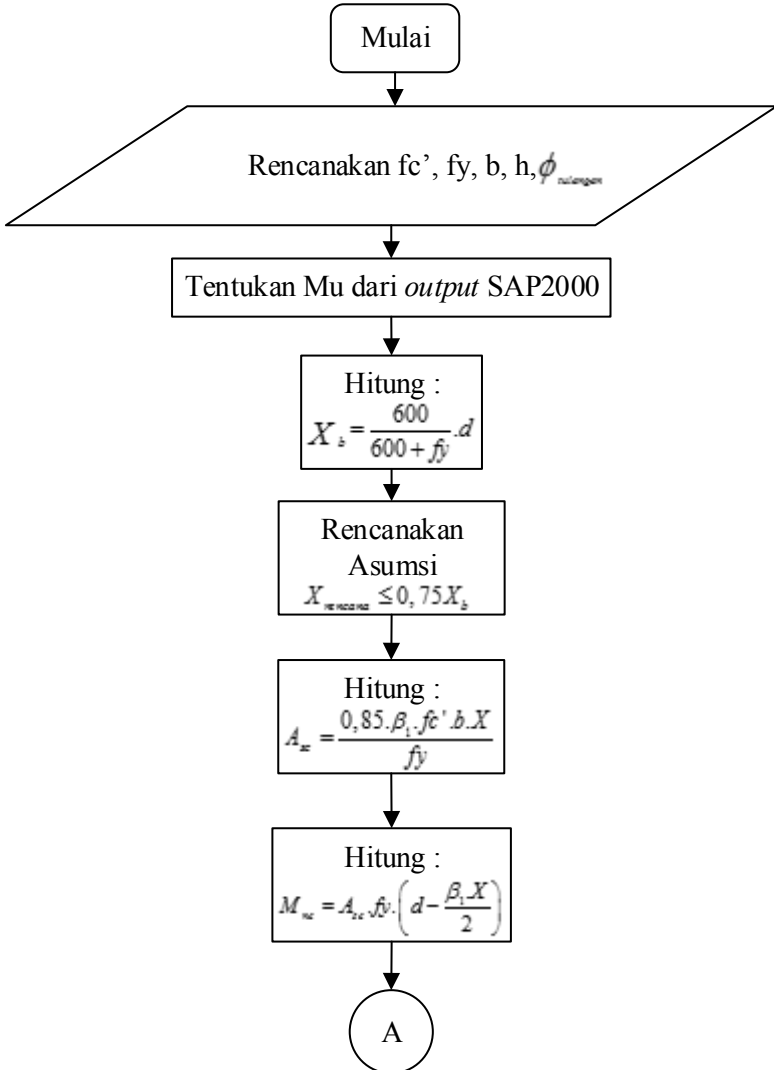
$$A_{1\text{pakai}} = A_1 - A_v$$

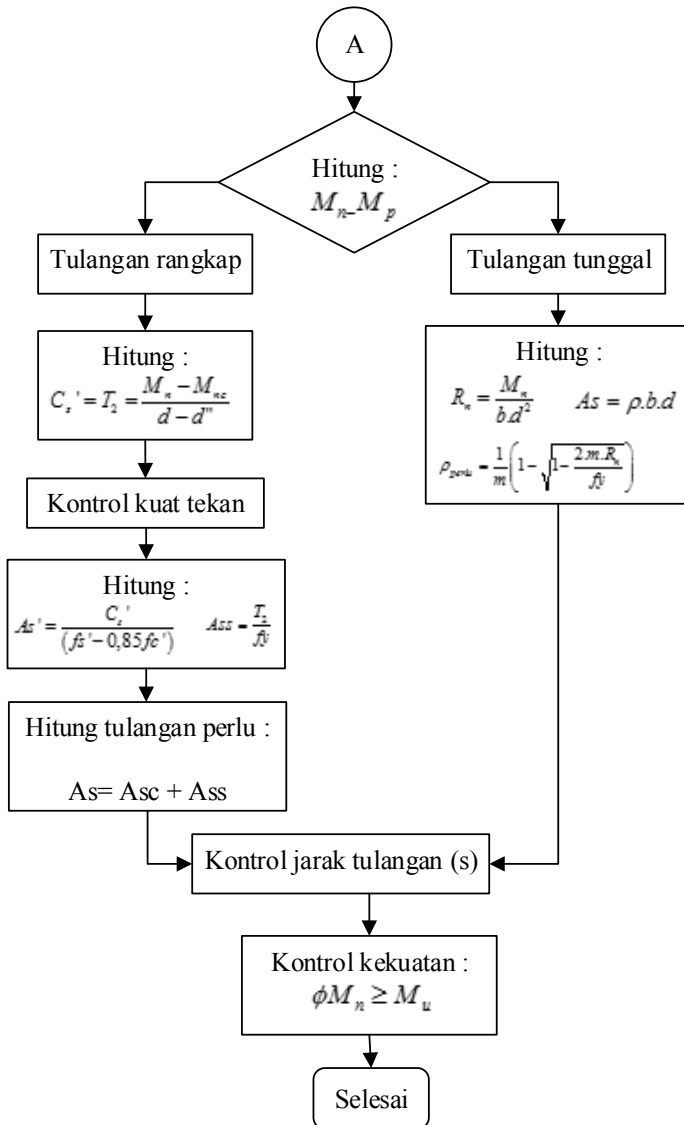
$$A_{1\text{pakai}} = 1127,37\text{mm}^2 - 157,14\text{mm}^2 = 970,22 \text{ mm}^2$$

Sehingga $A_{1\text{pakai}} = 970,22 \text{ mm}^2$ didistribusikan di sekeliling perimeter sengkang tertutup.

12.1.5 Perhitungan tulangan balok untuk menahan lentur dan geser

Skema perencanaan tulangan lentur dan geser pada balok SRPMM :



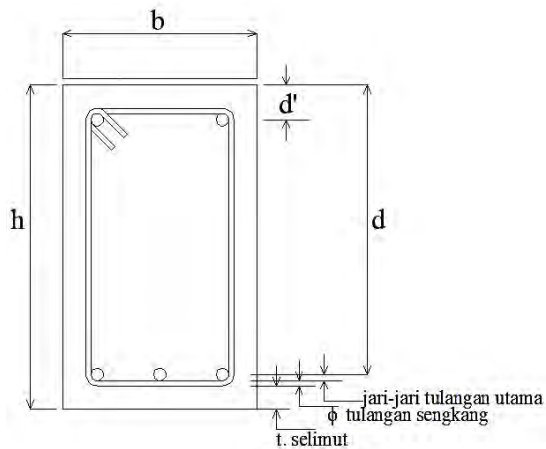


Daerah tumpuan kiri (Momen negatif)

Mu tumpuan : 262,56 kN.m

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{262,56 \text{ kN.m}}{0,8} = 328,2 \text{ kN.m}$$

Tinggi efektif balok :

**Gambar 12.10 Tinggi efektif balok**

$$d_{rencana} = h - t_{decking} - \phi_{sengkang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \phi_{tul.utama} \right)$$

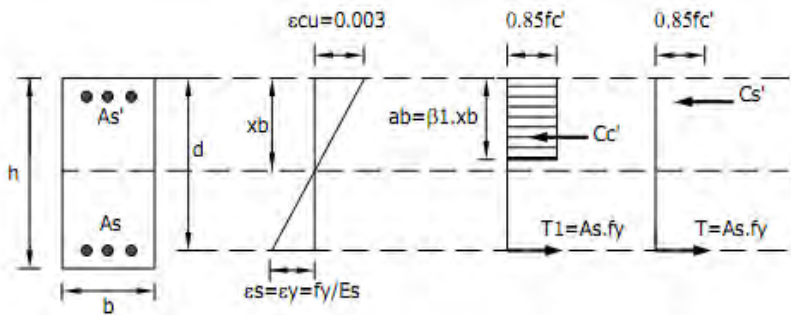
$$d_{rencana} = 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right)$$

$$d_{rencana} = 389 \text{ mm}$$

$$d' = t_{decking} + \varnothing_{senggang} + \left(\frac{1}{2} \cdot \varnothing_{tul.utama} \right)$$

$$d' = 40mm + 10mm + \left(\frac{1}{2} \cdot 22mm \right)$$

$$d' = 61 \text{ mm}$$



Gambar 12.11 Diagram tegangan regangan lentur tulangan rangkap

Didalam perencanaan tulangan rangkap ini pada prinsipnya penampang beton yang tertekan dibuat sekecil mungkin dengan cara membuat posisi garis netral yang letaknya lebih mendekati pada tulangan tekan atau As' dengan tetap memperhatikan komposisi tulangan tarik (As) dan tulangan tekan (As')

Seperti terlihat pada gambar 12.11 sebenarnya merupakan komponen tegangan tulangan tunggal dengan komponen beton tertekan Cc' dan komponen tulangan tarik T_1 dengan tetap memperhatikan prinsip keseimbangan bahwa Cc' sama dengan T_1 atau dalam arti lain dapat dituliskan persamaan sebagai berikut :

$$Cc' = T_1 \quad (12.1)$$

$$0,85 \cdot fc' \cdot a \cdot b = Asc \cdot fy \quad (12.2)$$

Adapun kemampuan penampang untuk memikul momen tulangan tunggal yaitu :

$$Mn_1 = Cc' \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (12.3)$$

Apabila ternyata kemampuan penampang tulangan tunggal seperti tertera pada persamaan 12.3 tidak mampu memikul momen yang terjadi akibat beban luar dan beban sendiri, maka diperlukan tulangan tekan seperti terlihat pada gambar 12.11. dalam hal ini juga berlaku prinsip keseimbangan yang mana Cs' sama dengan T_2 atau dapat dituliskan :

$$Cs' = T_2 \quad (12.4)$$

Apabila tulangan tekan leleh maka,

$$As' \cdot fy = Ass \cdot fy \quad (12.5)$$

Kemampuan pikul momen bila tulangan tekan leleh,

$$Mn_2 = Ass \cdot fy (d-d'') \quad (12.6)$$

Apabila tulangan tekan tidak leleh maka,

$$As' \cdot fs' = Ass \cdot fy \quad (12.7)$$

Kemampuan pikul momen bila tulangan tekan leleh,

$$Mn_2 = Ass \cdot fs' (d-d'') \quad (12.8)$$

Kemampuan total penampang yang direncanakan tulangan rangkap untuk memikul momen merupakan penjumlahan kemampuan momen akibat penampang beton tertekan Cc' dengan akibat tulangan tekan Cs' sehingga,

$$Mn = Mn_1 + Mn_2 \quad (12.9)$$

Adapun tinggi balok beton tertekan dapat diperoleh dengan,

$$C = T \quad (12.10)$$

$$C = Cc' + Cs' \quad (12.11)$$

$$T = T_1 + T_2 \quad (12.12)$$

Dengan menyelesaikan persamaan 12.10 diperoleh,

$$a = \frac{(As - As') \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} \quad (12.13)$$

Berikut ini langkah perencanaan penulangan rangkap :

- Jarak garis netral ke serat tekan atas beton (lihat gambar 12.11)

$$x_b = \frac{600}{600 + fy} \cdot d_{rencana} = \frac{600}{600 + 320} \cdot (389) = 253,7 \text{ mm}$$

- $x_{maks} = 0,75 \cdot x_b = 0,75 \cdot (253,7 \text{ mm}) = 190,27 \text{ mm}$

- $x_{min} = d' = 61 \text{ mm}$

- $x_{rencana} = 150 \text{ mm}$

- $A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot fc' \cdot b \cdot x_{renc}}{fy}$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot (0,85) \cdot 25 \cdot (350) \cdot 150}{320} = 2963,38 \text{ mm}^2$$

- $Mnc = A_{sc} \cdot fy \cdot \left(d_{rencana} - \frac{\beta_1 \cdot x_{rencana}}{2} \right)$

$$Mnc = 2963,38 \cdot (320) \cdot \left(389 - \frac{0,85 \cdot (150)}{2} \right)$$

$$Mnc = 308,43 \text{ kN.m}$$

- Cek perlu tulangan tekan atau tidak

$$M_n - M_{nc} > 0 \text{ (perlu tulangan tekan)}$$

$$(328,2 - 308,43) \text{ kN.m} = 19,77 \text{ kN.m} > 0$$

(perlu tulangan tekan)

$$C_s' = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{(d - d')} = \frac{(328200 - 308430) \text{ kN.mm}}{(389 - 61) \text{ mm}}$$

$$C_s' = 60,28 \text{ kN}$$

- Kontrol tulangan tekan leleh

$$f_s' = \left(1 - \frac{d'}{x_{rencana}} \right) \cdot 600 \geq f_y \rightarrow \text{leleh, dengan } f_s' \text{ pakai} = f_y$$

$$f_s' = \left(1 - \frac{61 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} \right) \cdot 600 = 356 \text{ N/mm}^2 > 320 \text{ N/mm}^2 \text{ (OK)}$$

- Tulangan tekan perlu dan tulangan tarik tambahan

$$A_s' = \frac{C_s'}{(f_s' - 0,85 f_c')}$$

$$A_s' = \frac{60280 \text{ N}}{320 \text{ N/mm}^2 - (0,85 \cdot (25 \text{ N/mm}^2))} = 201,77 \text{ mm}^2$$

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y} = \frac{60820 \text{ N}}{320 \text{ N/mm}^2} = 188,37 \text{ mm}^2$$

- Tulangan perlu

$$\text{Tarik } (A_s) = A_{sc} + A_{ss} = (2963,39 + 188,37) \text{ mm}^2 = 3151,75 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tekan } (A_s') = 201,77 \text{ mm}^2$$

- Jumlah tulangan pasang

$$n \text{ (tarik)} = \frac{As_{\text{perlu}}}{Asd_{22}} = \frac{3151,75\text{mm}^2}{0,25 \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \cdot (22\text{mm})^2} = 8,3 \approx 9 \text{ batang}$$

$$n \text{ (tekan)} = \frac{As'_{\text{perlu}}}{Asd_{22}} = \frac{201,77\text{mm}^2}{0,25 \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \cdot (22\text{mm})^2}$$

$$n \text{ (tekan)} = 0,53 \approx 2 \text{ batang}$$

Jadi digunakan :

tulangan tarik 9D22 = 3422,57 mm² > 3151,75 mm² (OK)

tulangan tekan 2D22 = 760,57 mm² > 201,77 mm² (OK)

Cek kontrol :

Kontrol spasi antar tulangan :

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \emptyset_{\text{geser}}) - (n \cdot \emptyset_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{350\text{mm} - (2 \cdot 40\text{mm}) - (2 \cdot 10\text{mm}) - (9 \cdot 22)}{9 - 1} = 6,5\text{mm}$$

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.1 jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari db ataupun 25 mm.

$$S_{\text{maks}} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow 6,5 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad (\text{tidak OK})$$

Maka dipasang 2 lapis, dengan lapis bagian atas berjumlah 5 batang

$$S_{\text{maks}} = \frac{350\text{mm} - (2 \cdot 40\text{mm}) - (2 \cdot 10\text{mm}) - (5 \cdot 22)}{5 - 1} = 35\text{mm}$$

$$S_{\text{maks}} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow 35 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$A_{s_{pasang}} = 3422,57 \text{ mm}^2 \quad ; \quad A_{s'_{pasang}} = 760,57 \text{ mm}^2$$

Tinggi efektif penampang pasang :

$$d_{pasang} = h - t_{decking} - \emptyset_{senggang} - \left(\frac{1}{2} \emptyset_{tul.utama} \right) - \left(\frac{n_{atas}}{n_{bawah}} \cdot S_{lapis} \right)$$

$$d_{pasang} = 450\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - 11\text{mm} - \left(\frac{9}{2} \cdot 25\text{mm} \right) = 276,5\text{mm}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$a = \frac{(A_{s_{pasang}} \cdot f_y) - (A_{s'_{pasang}} \cdot f_s')}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$a = \frac{((3422,57) \cdot 320) - ((760,57) \cdot 320)}{0,85 \cdot (25) \cdot 350} = 114,53 \text{ mm}$$

Gaya tekan beton :

$$C_c' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a$$

$$C_c' = 0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 350\text{mm} \cdot (114,53\text{mm}) = 851,84\text{kN}$$

Cek momen nominal pasang :

$$M_n = C_c' \cdot \left(d_{pasang} - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 851,84\text{kN} \left(276,5\text{mm} - \frac{114,53\text{mm}}{2} \right) = 186,75\text{kN.m}$$

Syarat :

$$\phi M_n \geq M_n - M_{nc}$$

$$0,8(186,75\text{kN.m}) \geq 19,77\text{kN.m}$$

$$149,4\text{kN.m} > 19,77\text{kN.m} \quad (\text{memenuhi syarat})$$

Daerah tumpuan kanan (Momen negatif)

Mu tumpuan : 61,11 kN.m

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{61,11 \text{ kN.m}}{0,8} = 76,39 \text{ kN}$$

$$d_{rencana} = h - t_{decking} - \emptyset_{sengkang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right)$$

$$d_{rencana} = 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right)$$

$$d_{rencana} = 389 \text{ mm}$$

$$d' = t_{decking} + \emptyset_{sengkang} + \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right)$$

$$d' = 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right)$$

$$d' = 61 \text{ mm}$$

Jarak garis netral ke serat tekan atas beton kondisi balance

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

$$x_b = \frac{600}{600 + 320 \text{ N/mm}^2} \cdot 389 \text{ mm}$$

$$x_b = 253,696 \text{ mm}$$

$$x_{maks} = 0,75 \cdot x_b$$

$$x_{maks} = 0,75 \cdot (253,696 \text{ mm})$$

$$x_{maks} = 190,272 \text{ mm}$$

$$x_{\min} = d'$$

$$x_{\min} = 61\text{mm}$$

$$x_{\text{renc}} = 150\text{mm}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_{\text{renc}}}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25\text{N/mm}^2 \cdot 350\text{mm} \cdot 150\text{mm}}{320\text{N/mm}^2} = 2963,38\text{mm}^2$$

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d_{\text{rencana}} - \frac{\beta_1 \cdot x_{\text{rencana}}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 2963,38\text{mm}^2 \cdot 320\text{N/mm}^2 \cdot \left(389\text{mm} - \frac{0,85 \cdot (150\text{mm})}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 308,43\text{kN.m}$$

$$M_n - M_{nc} = 76,39\text{kN.m} - 308,43\text{kN.m} = -232,04\text{kN.m}$$

$$M_n - M_{nc} < 0 \text{ (cukup tulangan tunggal)}$$

Untuk analisis selanjutnya menggunakan analisis tulangan tunggal.

Sesuai dengan SNI 03-2847-2002 ps. 12.2 faktor β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk beton dengan nilai kuat tekan f_c' lebih kecil daripada atau sama dengan 30 MPa.

- ρ dalam keadaan seimbang ($\rho_{balance}$)
(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_i \cdot f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot (0,85) \cdot 25}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0,037$$

- ρ maksimum (ρ_{maks})
(SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3)

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot (0,037) = 0,028$$

- ρ minimum (ρ_{min})
(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1)

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{320} = 0,0044$$

- $m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{320}{0,85 \cdot 25} = 15,06$

Menghitung koefisien perlawananan,

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{76387500 N \cdot mm}{350 mm \cdot (389 mm)^2} = 1,44 N / mm^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15,06} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (15,06) \cdot (1,44 N / mm^2)}{320 N / mm^2}} \right) = 0,0047$$

Syarat :

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0044 < 0,0047 < 0,028 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Luas tulangan perlu :

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

$$A_s = 0,0047 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 389 \text{ mm} = 636,02 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan longitudinal untuk torsi didistribusikan perimeter sengkang tertutup :

$$A_{s_{\text{pasang tump. kiri}}} = 3422,57 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = A_s + \frac{A_{s_{\text{pasang tump. kiri}}}}{2}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 636,02 \text{ mm}^2 + \frac{3422,57 \text{ mm}^2}{2}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 2347,31 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan atas (tarik) perlu :

$$n = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{d22}}} = \frac{2347,31 \text{ mm}^2}{380,29 \text{ mm}^2} = 6,17 \approx 7 \text{ batang}$$

$$\text{Digunakan } 7D22 = 2662,03 \text{ mm}^2 > 2347,31 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan bawah perlu

$$As'_{perlu} = 0mm^2 + \frac{As_{perlu}}{2}$$

$$As'_{perlu} = 0mm^2 + \frac{2347,31mm^2}{2}$$

$$As'_{perlu} = 1173,66mm^2$$

Digunakan 4D22 = 1521,16 mm² > 1173,66 mm²

Cek kontrol :

1. Kontrol spasi antar tulangan, pakai 2 lapis

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{decking}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot \emptyset_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{350mm - (2 \cdot 40mm) - (2 \cdot 10mm) - (3 \cdot 22)}{3 - 1} = 92mm$$

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.1 jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari db ataupun 25 mm.

$$S_{maks} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow 92 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

2. Kontrol kekuatan

$$d_{pasang} = h - t_{decking} - \emptyset_{sengkang} - \left(\frac{\emptyset_{tul.utama}}{2} \right)$$

$$d_{pasang} = 450mm - 40mm - 10mm - \left(\frac{22mm}{2} \right)$$

$$d_{pasang} = 389mm$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$a = \frac{(A_s_{pasang} \cdot f_y)}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$a = \frac{(1140,86 \text{ mm}^2) \cdot 320 \text{ N / mm}^2}{0,85 \cdot 25 \text{ N / mm}^2 \cdot 350 \text{ mm}} = 49,09 \text{ mm}$$

Cek momen nominal pasang :

$$Mn = A_s_{pasang} \cdot f_y \cdot \left(d_{pasang} - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn = 1140,86 \text{ mm}^2 \cdot 320 \text{ N / mm}^2 \left(389 \text{ mm} - \frac{49,09 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn = 133,05 \text{ kN.m}$$

Syarat :

$$\phi Mn \geq Mu$$

$$0,8(133,05 \text{ KN.m}) \geq 61,11 \text{ KN.m}$$

$$106,44 \text{ kN.m} > 61,11 \text{ kN.m} \quad (\text{memenuhi syarat})$$

Daerah lapangan (Momen positif)

Mu lapangan : 83,25 kN.m

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{83,25 \text{ kN.m}}{0,8} = 104,06 \text{ kN.m}$$

$$d_{rencana} = h - t_{decking} - \phi_{sengkang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \phi_{tul.utama} \right)$$

$$d_{rencana} = 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right) = 389 \text{ mm}$$

$$d' = t_{decking} + \phi_{sengkang} + \left(\frac{1}{2} \cdot \phi_{tul.utama} \right)$$

$$d' = 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right)$$

$$d' = 61 \text{ mm}$$

Jarak garis netral ke serat tekan atas beton kondisi balance.

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

$$x_b = \frac{600}{600 + 320 \text{ N/mm}^2} \cdot 389 \text{ mm}$$

$$x_b = 253,696 \text{ mm}$$

$$x_{maks} = 0,75 \cdot x_b$$

$$x_{maks} = 0,75 \cdot (253,696 \text{ mm})$$

$$x_{maks} = 190,27 \text{ mm}$$

$$x_{\min} = d'$$

$$x_{\min} = 61\text{mm}$$

$$x_{renc} = 150\text{mm}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_{renc}}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25\text{N/mm}^2 \cdot 350\text{mm} \cdot 150\text{mm}}{320\text{N/mm}^2}$$

$$A_{sc} = 2963,38\text{mm}^2$$

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d_{rencana} - \frac{\beta_1 \cdot x_{rencana}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 2963,38\text{mm}^2 \cdot 320\text{N/mm}^2 \cdot \left(389\text{mm} - \frac{0,85 \cdot 150\text{mm}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 308,43\text{kN.m}$$

$$M_n - M_{nc} = 104,06\text{kN.m} - 308,43\text{kN.m} = -204,37\text{kN.m}$$

$$M_n - M_{nc} < 0 \text{ (cukup tulangan tunggal)}$$

Untuk analisis selanjutnya menggunakan analisis tulangan tunggal.

Sesuai dengan SNI 03-2847-2002 psl. 12.2 faktor β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk beton dengan nilai kuat tekan f_c' lebih kecil daripada atau sama dengan 30 MPa.

- ρ dalam keadaan seimbang ($\rho_{balance}$)
(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot (0,85) \cdot 25}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0,037$$

- ρ maksimum (ρ_{maks})
(SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3)

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot (0,037) = 0,028$$

- ρ minimum (ρ_{min})
(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1)

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{320} = 0,0044$$

- $m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{320}{0,85 \cdot 25} = 15,06$

Menghitung koefisien perlawananan,

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{104062500 N \cdot mm}{350 mm \cdot (389 mm)^2} = 1,96 N / mm^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15,06} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (15,06) \cdot (1,96 N / mm^2)}{320 N / mm^2}} \right) = 0,065$$

Syarat :

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max}$$

$$0,0044 < 0,0065 < 0,028 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Luas tulangan perlu :

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

$$A_s = 0,0065 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 389 \text{ mm}$$

$$A_s = 878,67 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan longitudinal untuk torsi didistribusikan perimeter sengkang tertutup :

$$A_{1\text{pakai}} = 970,22 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{perlu}} = A_s + \frac{A_{1\text{pakai}}}{2}$$

$$A_{s\text{perlu}} = 878,67 \text{ mm}^2 + \frac{970,22 \text{ mm}^2}{2} = 1363,79 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan bawah (tarik) perlu :

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s_{d22}}} = \frac{1363,79 \text{ mm}^2}{380,29 \text{ mm}^2} = 3,6 \approx 4 \text{ batang}$$

$$\text{Digunakan } 4D22 = 1521,14 \text{ mm}^2 > 1363,79 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan atas (tekan) perlu

$$A_s'_{perlu} = 0\text{mm}^2 + \frac{A_s_{perlu}}{2}$$

$$A_s'_{perlu} = 0\text{mm}^2 + \frac{1363,79\text{mm}^2}{2} = 681,895\text{mm}^2$$

Digunakan 2D22 = 760,57 mm² > 681,895 mm²

Cek kontrol :

1. Kontrol spasi antar tulangan

$$S_{maks} = \frac{b - (2.t_{decking}) - (2.\varnothing_{geser}) - (n.\varnothing_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{350\text{mm} - (2.40\text{mm}) - (2.10\text{mm}) - (4.22)}{4 - 1} = 54\text{mm}$$

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.1 jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari db ataupun 25 mm.

$$S_{maks} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow 54 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

2. Kontrol kekuatan

$$d_{pasang} = h - t_{decking} - \varnothing_{senggang} - \left(\frac{\varnothing_{tul.utama}}{2} \right)$$

$$d_{pasang} = 450\text{mm} - 40\text{mm} - 10\text{mm} - \left(\frac{22\text{mm}}{2} \right)$$

$$d_{pasang} = 389\text{mm}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$a = \frac{(A_s_{pasang} \cdot f_y)}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$a = \frac{(1521,14 \text{ mm}^2) \cdot 320 \text{ N / mm}^2}{0,85 \cdot 25 \text{ N / mm}^2 \cdot 350 \text{ mm}} = 65,45 \text{ mm}$$

Cek momen nominal pasang :

$$Mn = A_s_{pasang} \cdot f_y \cdot \left(d_{pasang} - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn = 1521,14 \text{ mm}^2 \cdot 320 \text{ N / mm}^2 \left(389 \text{ mm} - \frac{65,45 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn = 173,42 \text{ kN.m}$$

Syarat :

$$\phi Mn \geq Mu$$

$$0,8(173,42 \text{ kN.m}) \geq 83,25 \text{ kN.m}$$

$$138,74 \text{ kN.m} > 83,25 \text{ kN.m} \quad (\text{memenuhi syarat})$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl. 23.10.4.1 baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen struktur tersebut.

$$\phi Mn \geq \frac{1}{5} \cdot \phi Mn$$

$$0,8(173,42kN.m) \geq \frac{1}{5} \cdot 0,8(270,75kN.m)$$

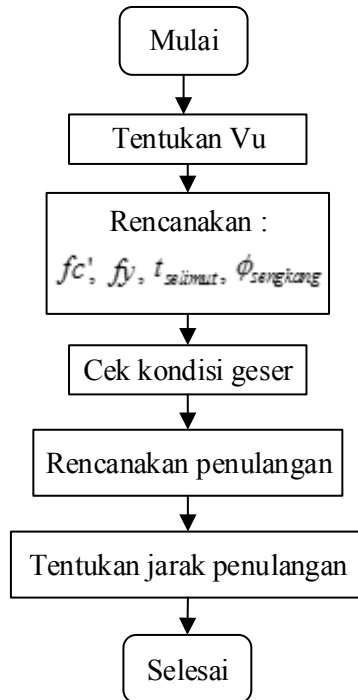
$138,74kN.m > 43,32kN.m$ (Memenuhi syarat)

Tipe Balok Lantai	B1 35/45		
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
SRPMM Lantai 2 AS 3-4 frame 264			
Ukuran	350 x 450		
Tulangan atas	9D22	2D22	7D22
Tulangan tengah	2D10	2D10	2D10
Tulangan bawah	2D22	4D22	4D22

Gambar 12.12 Sketsa hasil perhitungan penulangan lentur balok

Perhitungan tulangan geser pada balok SRPMM

Skema perhitungan penulangan geser



Berdasarkan SNI 03-2847-2002 kuat geser rencana balok, gempa tidak boleh kurang daripada jumlah gaya lintang yang timbul akibat termobilisasinya kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang bersihnya dan gaya lintang akibat beban gravitasi terfaktor, atau momen nominal penampang. Berdasarkan perhitungan kontrol kekuatan pada penampang balok daerah tumpuan didapatkan momen nominal penampang kiri $M_{n\text{tump-kiri}} = 270,75 \text{ kN.m}$ dengan menggunakan rumus kontrol kekuatan untuk tulangan tunggal maka didapatkan

momen nominal penampang kanan dengan catatan tulangan tarik berada dibawah,

sebesar $4D22 = 1363,79 \text{ mm}^2$ dengan $Mn_r = 173,42 \text{ kN.m}$

Analisis geser berdasarkan momen nominal daerah tumpuan

Gaya geser akibat kombinasi $1,2 \text{ DL} + \text{LL}$ $\left(\frac{Wu \cdot ln}{2} \right)$ diperoleh

dari pemodelan sebesar $81,98 \text{ kN}$

Reaksi diujung kiri balok :

$$Vu = \left(\frac{Mn_l + Mn_r}{l_n} \right) + \frac{Wu \cdot ln}{2}$$

$$Vu = \left(\frac{270,75 \text{ kN.m} + 173,42 \text{ kN.m}}{5,3 \text{ m}} \right) + 81,98 \text{ kN}$$

$$Vu = 165,79 \text{ kN}$$

Syarat kuat tekan beton (SNI 03-2847-2002 psl.13.1.2.1) :

$$\sqrt{fc'} \leq \frac{25}{3} \rightarrow \sqrt{25} \leq 8,33 \rightarrow 5 < 8,33$$

(memenuhi syarat)

Kuat geser beton (SNI 03-2847-2002 psl.13.3.1.1) :

$$Vc = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{fc'} \cdot b \cdot d_{pasang}$$

$$Vc = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 350 \text{ mm} \cdot (389 \text{ mm})$$

$$Vc = 113,46 \text{ kN}$$

Adapun luas tulangan geser minimum yang harus terpasang menurut SNI 03-2847-2002 psl. 13.5.5 adalah :

$$V_{S_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d_{\text{pasang}}$$

$$V_{S_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot 350\text{mm} \cdot (389\text{mm}) = 45,38\text{kN}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_{\text{pasang}}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25\text{N} / \text{mm}^2} \cdot 350\text{mm} \cdot (389\text{mm}) = 226,9\text{kN}$$

$$V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_{\text{pasang}}$$

$$V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25\text{N} / \text{mm}^2} \cdot 350\text{mm} \cdot (389\text{mm}) = 453,8\text{kN}$$

Chu Kia Wang dalam bukunya “Desain Beton Bertulang”, pada dasarnya perencanaan untuk geser dapat dibagi atas kategori sebagai berikut :

1. $V_u \leq 0,5 \cdot \phi V_c$

$$165,79\text{kN} \leq 0,5 \cdot (0,75) \cdot (113,46\text{kN})$$

$$165,79\text{kN} > 42,55\text{kN} \quad (\text{tidak memenuhi syarat})$$

2. $0,5 \cdot \phi V_c < V_u < \phi V_c$

$$0,5 \cdot (0,75) \cdot (11,463\text{kN}) < 165,79\text{kN} < (0,75) \cdot (113,46\text{kN})$$

$$42,55\text{kN} < 165,79\text{kN} > 85,095\text{kN} \quad (\text{tidak memenuhi})$$

3. $\phi V_c < V_u \leq \phi(V_c + V_{S_{\min}})$
 $85,095kN < 165,79kN < (0,75).(113,46kN + 45,38kN)$
 $85,095kN < 165,79kN > 119,13kN$ (tidak memenuhi)
4. $\phi(V_c + V_{S_{\min}}) < V_u \leq \phi\left(V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d_{pasang}\right)$
 $119,13kN < 165,79kN \leq (0,75)(113,46kN + 226,9kN)$
 $119,13kN < 165,79kN < 255,27kN$ (memenuhi syarat)

Direncanakan diameter tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2

kaki :

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_{10})^2$$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{22}{7} \cdot (10mm)^2$$

$$A_v = 157,14mm^2$$

Luasan tulangan perlu geser ditambah luasan tambahan puntir transversal untuk geser :

$$A_{v_{perlu}} = A_v + \left(2 \cdot \frac{A_t}{s}\right) = 157,14 \text{ mm}^2 + (2 \cdot 1,21 \text{ mm}^2) = 159,58 \text{ mm}^2$$

$$V_{S_{perlu}} = \left(\frac{V_u}{\phi}\right) - V_c = \left(\frac{165,79kN}{0,75}\right) - 109,41kN = 111,64 \text{ kN}$$

Sehingga jarak antar sengkang,

$$S = \frac{A_{v_{perlu}} \cdot f_y \cdot d}{V_{S_{perlu}}} = \frac{(159,58) \cdot 320 \cdot (389)}{111640} = 177,93mm$$

Sesuai SNI 03-2847-2002 ps1 23.10.4.2 pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

1. $S = d/4 = 375,11 \text{ mm} / 4 = 93,78 \text{ mm}$
2. $S = 8 \cdot \varnothing_{tul.utama} = 8 \cdot 22 \text{ mm} = 176 \text{ mm}$
3. $S = 24 \cdot \varnothing_{sengkang} = 24 \cdot 10 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$
4. 300 mm

Jadi dipasang tulangan geser daerah tumpuan $\varnothing 10-90$

Dengan demikian, tulangan geser diatas (sengkang D10) dipasang dengan spasi 90 mm di daerah sepanjang $2 \cdot h$ ($2 \cdot 450 \text{ mm} = 900 \text{ mm}$) dari muka kolom. Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi $d/4$.

Analisis geser berdasarkan momen nominal daerah lapangan

Gaya geser akibat kombinasi $1,2 \text{ DL} + \text{LL}$ $\left(\frac{Wu \cdot ln}{2} \right)$ diperoleh dari pemodelan sebesar 50,72 kN

Reaksi diujung kiri balok :

$$Vu = \left(\frac{Mn_l + Mn_r}{ln} \right) + \frac{Wu \cdot ln}{2}$$

$$Vu = \left(\frac{270,75 \text{ kN} \cdot \text{m} + 173,42 \text{ kN} \cdot \text{m}}{5,3 \text{ m}} \right) + 50,72 \text{ kN} = 134,53 \text{ kN}$$

Syarat kuat tekan beton (SNI 03-2847-2002 psl.13.1.2.1) :

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3}$$

$$\sqrt{25} \leq 8,33 = 5 < 8,33 \quad (\text{memenuhi syarat})$$

Kuat geser beton (SNI 03-2847-2002 psl.13.3.1.1) :

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_{pasang}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25 \text{ N / mm}^2} \cdot 350 \text{ mm} \cdot (389 \text{ mm}) = 113,46 \text{ kN}$$

Adapun luas tulangan geser minimum yang harus terpasang menurut SNI 03-2847-2002 psl. 13.5.5 adalah :

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d_{pasang}$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot 350 \text{ mm} \cdot (389 \text{ mm}) = 45,38 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_{pasang}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N / mm}^2} \cdot 350 \text{ mm} \cdot (389 \text{ mm}) = 226,92 \text{ kN}$$

$$2 \cdot V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_{pasang}$$

$$2 \cdot V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N / mm}^2} \cdot 350 \text{ mm} \cdot (389 \text{ mm}) = 453,83 \text{ kN}$$

Chu Kia Wang dalam bukunya “Desain Beton Bertulang”, pada dasarnya perencanaan untuk geser dapat dibagi atas kategori sebagai berikut :

1. $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$
 $134,53kN \leq 0,5 \cdot (0,75) \cdot (113,46kN)$
 $134,53kN > 42,55kN$ (tidak memenuhi syarat)
2. $0,5 \cdot \phi V_c < V_u < \phi V_c$
 $0,5 \cdot (0,75) \cdot (113,46kN) < 134,53kN < 0,75 \cdot (113,46kN)$
 $42,55kN < 134,53kN > 85,09kN$ (tidak memenuhi)
3. $\phi V_c < V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\min}})$
 $85,09kN < 134,53kN < (0,75) \cdot (113,46kN + 45,38kN)$
 $85,09kN < 134,53kN > 119,13kN$ (tidak memenuhi)
4. $\phi (V_c + V_{s_{\min}}) < V_u \leq \phi \left(V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d_{pasang} \right)$
 $119,13kN < 134,53kN \leq \phi (113,46kN + 226,92kN)$
 $119,13kN < 134,53kN < 255,28kN$ (memenuhi syarat)

Direncanakan diameter tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2

kaki : $A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_{10})^2$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{22}{7} \cdot (10mm)^2 = 157,14mm^2$$

Luasan tulangan perlu geser ditambah luasan tambahan puntir transversal untuk geser :

$$A_{v_{perlu}} = Av + \left(2 \cdot \frac{At}{s} \right) = 157,14 \text{ mm}^2 + (2 \cdot 1,21 \text{ mm}^2) = 159,58 \text{ mm}^2$$

$$V_{S_{perlu}} = \frac{Vu}{\phi} - Vc = \frac{134,53 \text{ kN}}{0,75} - 113,46 \text{ kN} = 65,91 \text{ kN}$$

Sehingga jarak antar sengkang,

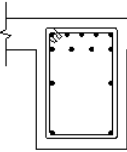
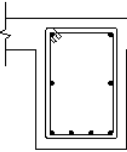
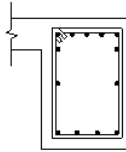
$$S = \frac{A_{v_{perlu}} \cdot f_y \cdot d}{V_{S_{perlu}}} = \frac{(159,58 \text{ mm}^2) \cdot 320 \text{ N/mm}^2 \cdot 389 \text{ mm}}{65910 \text{ N}} = 301,39 \text{ mm}$$

Sesuai SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4.3 pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

1. $S = d/2 = 389 \text{ mm} / 2 = 194,5 \text{ mm}$
2. $S = 8 \cdot \phi_{tul.utama} = 8 \cdot 22 \text{ mm} = 176 \text{ mm}$
3. $S = 24 \cdot \phi_{sengkang} = 24 \cdot 10 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$
4. 300 mm

Jadi dipasang tulangan geser daerah lapangan $\phi 10-170$

Dengan demikian, tulangan geser diatas (sengkang D10) dipasang dengan spasi 170 mm di daerah sepanjang $2.h$ ($2.450 \text{ mm} = 900 \text{ mm}$) dari muka kolom. Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi $d/4$.

Tipe Balok Lantai	B1 35/45		
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
SRPMM Lantai 2 AS 3-4 frame 264			
Ukuran	350 x 450		
Tulangan atas	9D22	2D22	7D22
Tulangan tengah	2D10	2D10	2D10
Tulangan bawah	2D22	4D22	4D22
Sengkang	Ø10-90	Ø10-170	Ø10-90

Gambar 12.13 Detail penulangan balok B1 35/45

12.1.6 Perhitungan Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tarik dan Tekan pada Balok SRPMM

Data yang dipergunakan dalam perhitungan :

Kuat tekan beton, f_c'	= 25	N/mm ²
Kuat leleh tulangan lentur, f_y	= 320	N/mm ²
Diameter tulangan lentur	= 22	mm

sPerhitungan panjang penyaluran tulangan pada balok

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl 14.2.2 untuk penyaluran batang ulir dan kawat ulir yang berada dalam kondisi tarik untuk batang dengan diameter 22 mm atau lebih besar dapat dipergunakan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{\lambda d}{db} = \frac{3.f_y.\gamma.\alpha.\beta.\lambda}{5.\sqrt{f_c'}} \quad (12.14)$$

Dengan berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl 14.2.4

α = faktor lokasi penulangan (1)

β = faktor pelapis (1)

γ = faktor ukuran batang tulangan (0,8)

λ = faktor beton agregat ringan (1)

db= diameter tulangan lentur

$$\frac{Ld}{db} = \frac{3.f_y.\gamma.\alpha.\beta.\lambda}{5.\sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$\frac{Ld}{22\text{mm}} = \frac{3.(320\text{N/mm}^2).(0,8).1.1.1}{5.\sqrt{25\text{N/mm}^2}}$$

$$Ld = 675,84 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.5 reduksi panjang penyaluran diperbolehkan apabila luasan tulangan terpasang pada komponen lentur melebihi luasan yang dibutuhkan dari analisis, kecuali apabila angkur atau penyaluran untuk f_y memang secara khusus dibutuhkan atau tulangan direncanakan berdasarkan aturan sebagai berikut :

$$Ld_{reduksi} = Ld \cdot \frac{As_{perlu}}{As_{pakai}} = 675,85mm \frac{3151,75mm^2}{3422,57mm^2}$$

$$Ld_{reduksi} = 622,36 \text{ mm} \approx 650 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran untuk batang tarik digunakan sebesar 650 mm. Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik sesuai SNI 03-2847-2002 psl. 14.5:

Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 150 mm

Panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau yang berakhir dengan kaitan adalah :

$$Lhb = \frac{100.db}{\sqrt{fc'}} \geq 8.db$$

$$Lhb = \frac{100.22mm}{\sqrt{25N/mm^2}} \geq 8.22mm$$

$$Lhb = 440 \text{ mm} > 176 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$Lhb_{reduksi} = \text{F modifikasi} \cdot Lhb \geq 150 \text{ mm}$$

$$Lhb_{reduksi} = \frac{3151,75mm^2}{3422,57mm^2} \cdot 440mm \geq 150mm$$

$$Lhb_{reduksi} = 410 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik adalah 410 mm

Penyaluran dalam kondisi tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 ps1 14.3 sebagai berikut :

1. Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm
2. Sesuai SNI 03-2847-2002 ps1 14.3.2 panjang penyaluran dasar λ_{hb} harus diambil sebesar :

$$Lhb = \frac{db \cdot f_y}{4\sqrt{f_c'}} = \frac{22mm \cdot 320N/mm^2}{4\sqrt{25N/mm^2}} = 352 \text{ mm tetapi}$$

tidak boleh kurang dari

$$0,04 \cdot db \cdot f_y = 0,04 \cdot 22mm \cdot 320N/mm^2 = 281,6 \text{ mm (OK)}$$

$$Lhb_{reduksi} = F \text{ modifikasi} \cdot Lhb \geq 200 \text{ mm}$$

$$Lhb_{reduksi} = \frac{As'_{perlu}}{As'_{pasang}} \cdot Lhb \geq 200mm$$

$$Lhb_{reduksi} = \frac{201,77mm^2}{760,57mm^2} \cdot 352mm \geq 200mm$$

$$Lhb_{reduksi} = 93,38 \text{ mm} < 200 \text{ mm} \rightarrow \text{pakai } 200 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan adalah 200 mm.

Kontrol retak

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 ps1 12.6

$$z = fs \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A} < 30 \text{ N/m (untuk penampang dalam ruangan)}$$

dimana, $d_c = d' = 61 \text{ mm}$

$$A = \frac{2d_c \cdot b}{n} = \frac{2 \cdot (61 \text{ mm}) \cdot (350 \text{ mm})}{9} = 4744,44 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} Z &= 0,6 \cdot fy \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A} = 0,6 \cdot (320 \text{ N/mm}^2) \sqrt[3]{61 \cdot (4744,44)} \\ &= 12,7 \text{ kN/mm} < 30 \text{ kN/mm (OK)} \end{aligned}$$

Sebagai alternatif terhadap perhitungan nilai Z, dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\omega = 11 \cdot 10^{-6} \cdot \beta \cdot Z$$

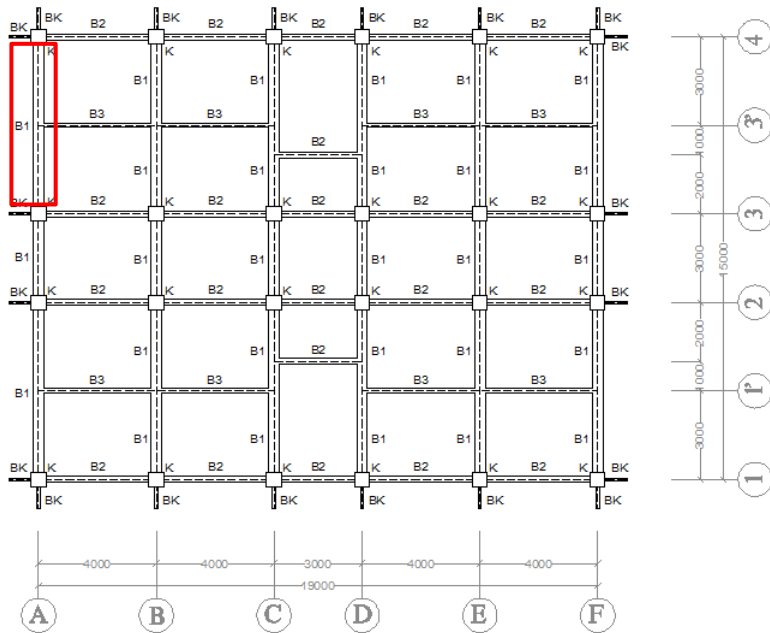
$$\omega = 11 \cdot 10^{-6} \cdot 0,85 \cdot 12,7 = 0,00012 \text{ mm}$$

Nilai lebar retak yang diperoleh, tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang didalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar, dimana $\beta = 0,85$ untuk $fc' \leq 30 \text{ MPa}$

$$\omega = 0,00012 \text{ mm} < 0,4 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$\omega = 0,00012 \text{ mm} < 0,3 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

12.2 Perhitungan Penulangan Balok Metode SRPMK



Gambar 12.14 Lokasi balok yang ditinjau

12.2.1 Data-data penulangan balok :

- ❖ Tipe balok : B1 35/45
- ❖ Bentang balok L_{balok} : 6000 mm
- ❖ Dimensi balok b_{balok} : 350 mm
- ❖ Dimensi balok h_{balok} : 450 mm
- ❖ Bentang kolom L_{kolom} : 4000 mm
- ❖ Dimensi kolom b_{kolom} : 500 mm
- ❖ Dimensi kolom h_{kolom} : 500 mm
- ❖ Kuat tekan beton fc' : 25 N/mm²
- ❖ Kuat leleh tulangan lentur fy : 320 N/mm²

❖	Kuat leleh tulangan geser	f_{yv}	: 240	N/mm ²
❖	Kuat leleh tulangan puntir	f_{yt}	: 240	N/mm ²
❖	Diameter tulangan lentur	\emptyset_{lentur}	: 22	mm
❖	Diameter tulangan geser	\emptyset_{geser}	: 10	mm
❖	Tebal selimut beton (SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1)	$t_{decking}$: 40	mm
❖	Faktor β_1 (SNI 03-2847-2002 psl. 12.2.7.(3))	β_1	: 0,85	
❖	Faktor reduksi kekuatan lentur (SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2.(1))	ϕ	: 0,8	
❖	Faktor reduksi kekuatan geser (SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2.(3))	ϕ	: 0,75	
❖	Faktor reduksi kekuatan puntir (SNI 03-2847-2002 psl. 11.3.2.(3))	ϕ	: 0,75	

12.2.2 Hasil *output* dan diagram gaya dalam analisis SAP2000 :

Perhitungan penulangan balok ini menggunakan analisis program SAP2000 versi 14.2.2. Adapun dalam pengambilan hasil *output* dan diagram gaya dari analisis SAP2000 pada balok as A 3-4 lantai 2 (frame 264) adalah gaya yang paling maksimum akibat beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa.

Kombinasi pembebanan non gempa :

- U = 1,4 DL
- U = 1,2 DL + 1,6 LL
- U = 1,2 DL + LL

Kombinasi pembebanan gempa :
 Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa

$$U = 1,2 DL + LL \pm E$$

$$U = 0,9 DL \pm E$$

Berikut diperoleh hasil momen dari analisis program SAP2000 :



Gambar 12.15 Diagram momen (-) muka tumpuan kiri akibat gravitasi & gempa



Gambar 12.16 Diagram Momen (+) muka tumpuan kanan akibat gravitasi & gempa



Gambar 12.17 Diagram momen sejarak 2h akibat gravitasi dan gempa



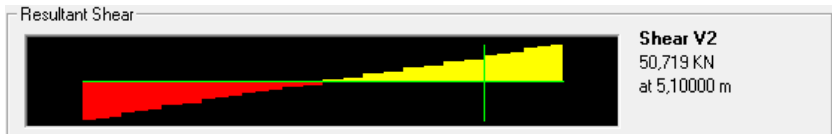
Gambar 12.18 Diagram geser tumpuan pada balok akibat 1,2DL + LL



Gambar 12.19 Diagram momen torsi akibat gravitasi dan gempa



Gambar 12.20 Diagram aksial pada balok akibat gravitasi dan gempa



Gambar 13.21 Diagram geser sejarak 2h akibat 1,2DL+LL

Untuk perhitungan penulangan lentur balok maka diambil momen yang terbesar dari delapan kombinasi pembebanan di atas :

Tumpuan Kiri :

Akibat kombinasi : 1,2 DL + LL-0,3EX+EY

$Mu_{tumpuan} = 200,1 \text{ kN.m}$

Lapangan :

Akibat kombinasi : 1,2 DL + LL-0,3EX+EY

$Mu_{lapangan} = 50,72 \text{ kN.m}$

12.2.3 Syarat Gaya Aksial pada Balok SRPMK

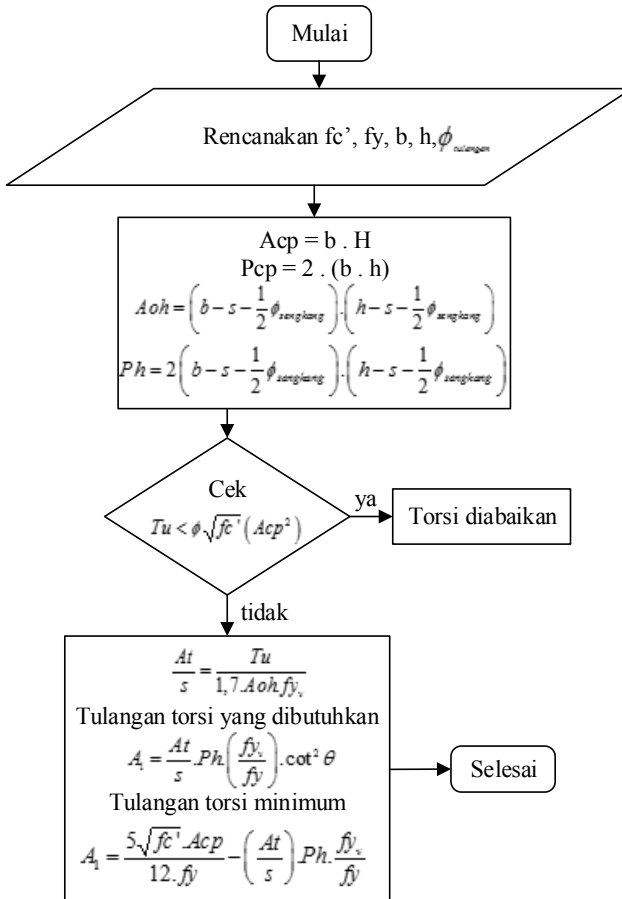
Balok harus memenuhi definisi komponen struktur lentur. Detail penulangan komponen SRPMK harus memenuhi ketentuan-ketentuan SNI 03-2847-2002 psl. 23.3.1.1, bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi persamaan :

$$0,1 \cdot A_g \cdot f_c' = 0,1 \cdot 350\text{mm} \cdot 450\text{mm} \cdot 25\text{N/mm}^2 = 393,75 \text{ kN}$$

Berdasarkan analisis struktur SAP2000, gaya aksial tekan akibat kombinasi gaya gempa dan gravitasi pada komponen struktur sebesar $3,13 \text{ kN} < 393,75 \text{ kN}$

12.2.4 Perhitungan Tulangan Torsi pada Balok SRPMK

Skema penulangan torsi :



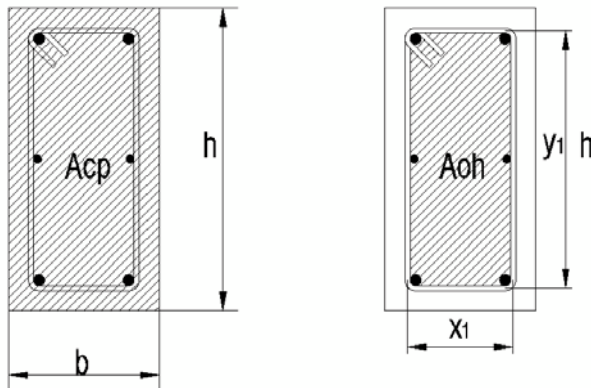
$$T_u = 26,99 \text{ kN.m}$$

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{26,99 \text{ kN.m}}{0,75} = 35,99 \text{ kN.m}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3.(5))

➤ **Cek apakah perlu tulangan torsi**

Momen puntir ultimate :



Gambar 12.22 Luas Acp dan Aoh

Luas penampang dibatasi sisi luar :

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \cdot h \\ &= 350 \cdot 450 \\ &= 157.500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi sisi luar :

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \cdot (b + h) \\ &= 2 \cdot (350 + 450) \\ &= 1.600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek Pengaruh Tulangan Torsi :

$$T_{u_{\min}} = \frac{\phi \sqrt{f_c'}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \text{ (SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.1.(a))}$$

$$Tu_{\min} = \frac{0,75\sqrt{25}}{12} \left(\frac{157500^2}{1600} \right)$$

$$Tu_{\min} = 4,84 \text{ kN.m}$$

Syarat : $Tu_{\min} \geq Tu$ → tulangan torsi diabaikan

$Tu_{\min} < Tu$ → tulangan torsi diperlukan

4,84 kN.m < 26,99 kN.m → tulangan torsi diperlukan

➤ **Menghitung properti penampang**

$$x_1 = b - 2 \left(t_{\text{decking}} + \frac{1}{2} \phi_{\text{senggang}} \right)$$

$$x_1 = 350 - 2 \left(40 + \frac{1}{2} \cdot 10 \right)$$

$$x_1 = 260 \text{ mm}$$

$$y_1 = h - 2 \left(t_{\text{decking}} + \frac{1}{2} \phi_{\text{senggang}} \right)$$

$$y_1 = 450 - 2 \left(40 + \frac{1}{2} \cdot 10 \right)$$

$$y_1 = 360 \text{ mm}$$

Luas yang dicakup oleh garis tengah sengkang, lihat gambar 12.20:

$$A_{oh} = x_1 \cdot y_1 = 260 \text{ mm} \cdot 360 \text{ mm} = 93.600 \text{ mm}^2$$

Luas bruto yang dicakup oleh aliran geser sesuai SNI 03-2847-2002 psl 13.6.3.6,

$$A_o = 0,85 \cdot A_{oh} = 0,85 \cdot (93.600 \text{ mm}^2) = 79.560 \text{ mm}^2$$

Tinggi efektif balok

$$d_{pasang} = h - t_{decking} - \phi_{sejajar} - \left(\frac{1}{2} \phi_{tul.utama} \right)$$

$$d_{pasang} = 450 - 40 - 10 - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \right)$$

$$d_{pasang} = 389 \text{ mm}$$

Keliling dari garis tengah tulangan torsi tertutup bagian luar :

$$Ph = 2.(x_1 + y_1)$$

$$Ph = 2.(260\text{mm} + 360\text{mm})$$

$$Ph = 1240 \text{ mm}$$

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton untuk komponen struktur non-prategang berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl. 13.3.1 adalah:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} . b . d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} . 350\text{mm} . 389\text{mm} = 109,81 \text{ kN}$$

Sesuai SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3.1 (a) dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b.d} \right)^2 + \left(\frac{Tu.Ph}{1,7.Aoh^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{b.d} + \frac{2.\sqrt{f_c'}}{3} \right)$$

$$\sqrt{\left(\frac{81980}{350.389} \right)^2 + \left(\frac{26990000.1240}{1,7.(93600)^2} \right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{109810}{350.389} + \frac{2.\sqrt{25}}{3} \right)$$

2,5 < 3,105 (Penampang cukup besar)

➤ **Menentukan tulangan torsi transversal yang diperlukan**

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{26,99 \text{ kN.m}}{0,75} = 35,99 \text{ kN.m}$$

(SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3.(5))

Untuk beton non prategang :

$$\theta = 45^\circ \text{ (SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3.6)}$$

$$\frac{At}{s} = \frac{T_n}{2.A_o.f_{yv}.\cot \theta}$$

$$\frac{At}{s} = \frac{35990000 \text{ Nmm}}{2.(79560 \text{ mm}^2).240 \text{ N/mm}^2.\cot 45^\circ}$$

$$\frac{At}{s} = 0,94 \text{ mm}^2$$

➤ **Menentukan tulangan torsi longitudinal yang diperlukan**

Sesuai SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.3.7 tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir tidak boleh kurang daripada :

$$A_l = \frac{At}{s} . Ph . \left(\frac{f_{yv}}{f_y} \right) . \cot^2 \theta$$

$$A_l = 0,94 . (1240) . \left(\frac{240}{320} \right) . \cot^2 45^\circ$$

$$A_l = 876,37 \text{ mm}^2$$

Sesuai SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan :

$$A_{l\min} = \frac{5\sqrt{f_c'} . A_{cp}}{12 . f_y} - \left(\frac{At}{s} \right) . Ph . \frac{f_{yv}}{f_y}$$

$$A_{l\min} = \frac{5\sqrt{25} . 157500 \text{ mm}^2}{12 . 320 \text{ N/mm}^2} - 876,37 \text{ mm}^2 = 149,02 \text{ mm}^2$$

Sesuai SNI 03-2847-2002 psl. 13.6.5.3 tulangan longitudinal yang dibutuhkan untuk menahan puntir harus didistribusikan di sekeliling perimeter sengkang tertutup dengan spasi tidak melebihi 300mm. Batang atau tendon longitudinal tersebut harus berada didalam sengkang. Pada setiap sudut sengkang tertutup harus ditempatkan minimal satu batang tulangan atau tendon longitudinal. Diameter batang tulangan longitudinal haruslah minimal sama dengan 1/24 spasi sengkang, tetapi tidak kurang daripada 10mm.

Luas tulangan sebesar $\frac{1}{2} A_1$ akan didistribusikan secara sama pada muka vertikal irisan penampang.

$$\frac{A_{1\min}}{2} = \frac{149,02\text{mm}^2}{2} = 74,51 \text{ mm}^2$$

Luasan tambahan puntir transversal untuk tulangan geser :

$$\frac{At}{s} = 0,94 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir pakai :

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_{10})^2$$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{22}{7} \cdot (10\text{mm})^2 = 157,14 \text{ mm}^2$$

Jadi digunakan tulangan tengah 2Ø10

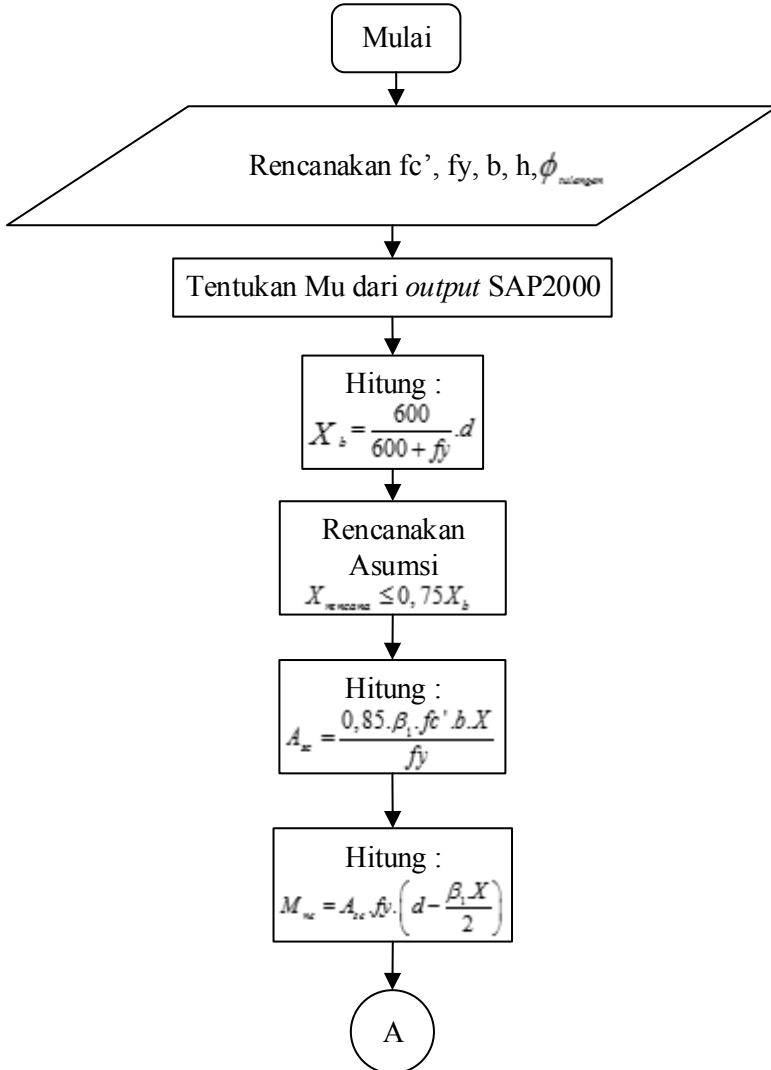
$$A_{1\text{pakai}} = A_1 - A_v$$

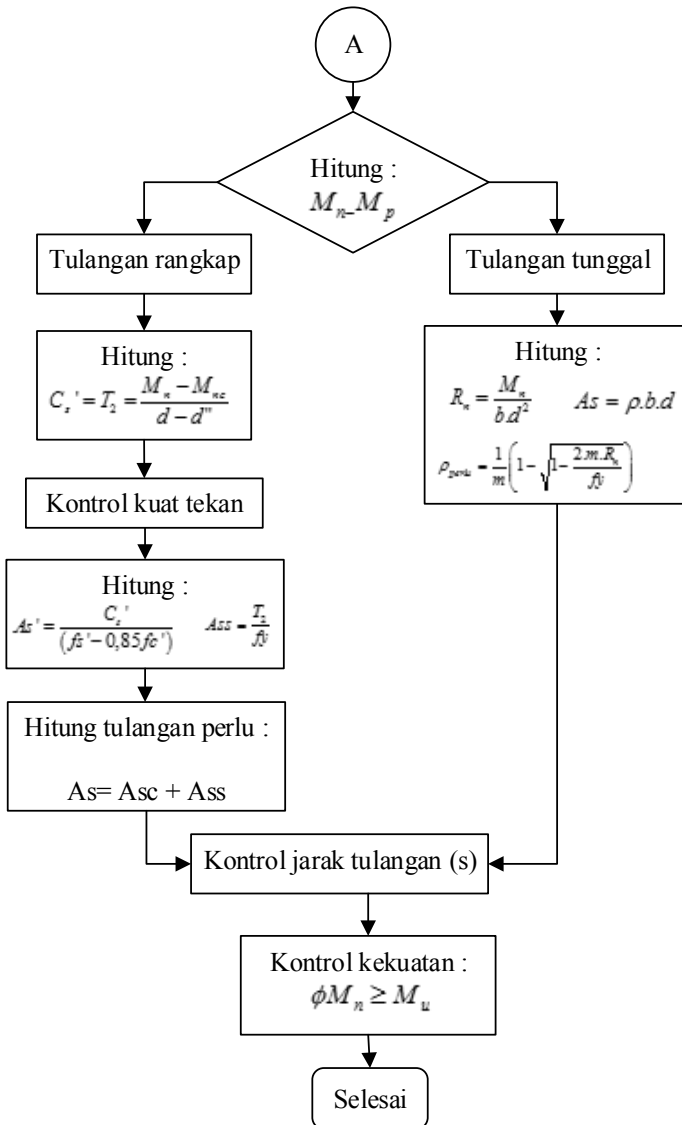
$$A_{1\text{pakai}} = 876,37\text{mm}^2 - 157,14\text{mm}^2 = 719,23 \text{ mm}^2$$

Sehingga $A_{1\text{pakai}} = 719,23 \text{ mm}^2$ didistribusikan di sekeliling perimeter sengkang tertutup.

12.2.5 Perhitungan tulangan balok untuk menahan lentur dan geser

Skema perencanaan tulangan lentur dan geser pada balok SRPMK :



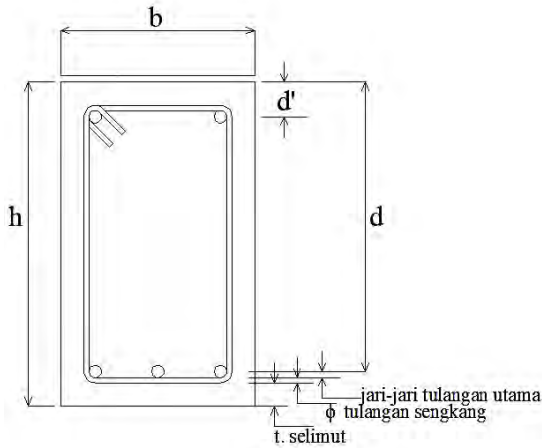


Daerah tumpuan kiri (Momen negatif)

Mu tumpuan : 262,56 kN.m

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{262,56 \text{ kN.m}}{0,8} = 328,2 \text{ kN.m}$$

Tinggi efektif balok :



Gambar 12.23 Tinggi efektif balok

$$d_{rencana} = h - t_{decking} - \phi_{sengkang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \phi_{tul.utama} \right)$$

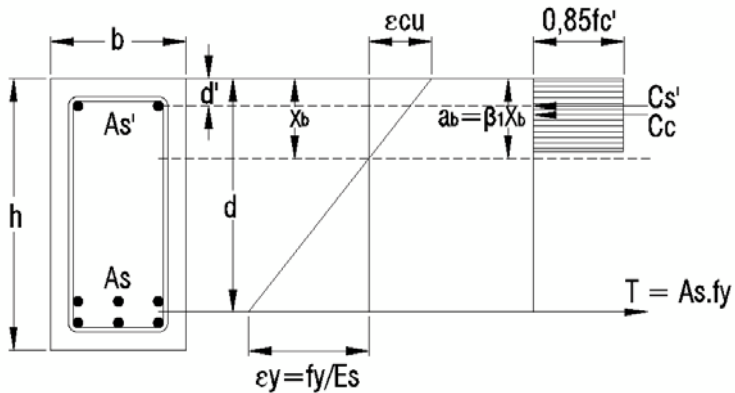
$$d_{rencana} = 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right)$$

$$d_{rencana} = 389 \text{ mm}$$

$$d' = t_{decking} + \varnothing_{senggang} + \left(\frac{1}{2} \cdot \varnothing_{tul.utama} \right)$$

$$d' = 40mm + 10mm + \left(\frac{1}{2} \cdot 22mm \right)$$

$$d' = 61 \text{ mm}$$



Gambar 12.24 Diagram tegangan regangan lentur tulangan rangkap kondisi balanced

Jarak garis netral ke serat tekan atas beton kondisi balance

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

$$x_b = \frac{600}{600 + 320 \text{ N/mm}^2} \cdot 389 \text{ mm}$$

$$x_b = 253,696 \text{ mm}$$

$$x_{maks} = 0,75 \cdot x_b$$

$$x_{maks} = 0,75 \cdot (253,696 \text{ mm})$$

$$x_{maks} = 190,272 \text{ mm}$$

$$x_{\min} = d'$$

$$x_{\min} = 61 \text{ mm}$$

$$x_{renc} = 150 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_{renc}}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm}}{320 \text{ N/mm}^2} = 2963,38 \text{ mm}^2$$

$$M_{nc} = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d_{rencana} - \frac{\beta_1 \cdot x_{rencana}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 2963,38 \text{ mm}^2 \cdot 320 \text{ N/mm}^2 \cdot \left(389 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 150 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 308,43 \text{ kN.m}$$

$$M_n - M_{nc} = 250,125 \text{ kN.m} - 308,43 \text{ kN.m} = -58,305 \text{ kN.m}$$

$$M_n - M_{nc} < 0 \text{ (cukup tulangan tunggal)}$$

Untuk analisis selanjutnya menggunakan analisis tulangan tunggal.

Sesuai dengan SNI 03-2847-2002 ps. 12.2 faktor β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk beton dengan nilai kuat tekan f_c' lebih kecil daripada atau sama dengan 30 MPa.

- ρ dalam keadaan seimbang ($\rho_{balance}$)
(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot (0,85) \cdot 25}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0,037$$

- ρ maksimum (ρ_{maks})
(SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3)

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot (0,037) = 0,028$$

- ρ minimum (ρ_{min})
(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1)

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{320} = 0,0044$$

- $m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{320}{0,85 \cdot 25} = 15,06$

Menghitung koefisien perlawananan,

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{250125000 N \cdot mm}{350 mm \cdot (389 mm)^2} = 4,72 N / mm^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15,06} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (15,06) \cdot (4,72 N / mm^2)}{320 N / mm^2}} \right) = 0,017$$

Syarat :

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0044 < 0,017 < 0,028 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Luas tulangan perlu :

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d$$

$$A_s = 0,017 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 389 \text{ mm} = 2302,56 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan longitudinal untuk torsi didistribusikan perimeter sengkang tertutup :

$$A_{1\text{pakai}} = 719,23 \text{ mm}^2 \quad ; \quad A_{s\text{perlu}} = A_s + \frac{A_{1\text{pakai}}}{2}$$

$$A_{s\text{perlu}} = 2302,56 \text{ mm}^2 + \frac{719,23 \text{ mm}^2}{2} = 2662,17 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan atas (tarik) perlu :

$$n = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s_{d22}}} = \frac{2662,17 \text{ mm}^2}{380,29 \text{ mm}^2} = 7,04 \approx 8 \text{ batang}$$

$$\text{Digunakan } 8D22 = 3042,29 \text{ mm}^2 > 2662,17 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan bawah (tekan) perlu

$$A_{s'\text{perlu}} = 0 \text{ mm}^2 + \frac{A_{s\text{perlu}}}{2}$$

$$A_{s'\text{perlu}} = 0 \text{ mm}^2 + \frac{2662,17 \text{ mm}^2}{2} = 1151,28 \text{ mm}^2$$

$$\text{Digunakan } 4D22 = 1521,14 \text{ mm}^2 > 1151,28 \text{ mm}^2$$

Cek kontrol :

Kontrol spasi antar tulangan :

$$S_{maks} = \frac{b - (2.t_{decking}) - (2.\phi_{geser}) - (n.\phi_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{350mm - (2.40mm) - (2.10mm) - (8.22)}{8 - 1} = 10,57mm$$

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.1 jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari db ataupun 25 mm.

$$S_{maks} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow 10,57 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \quad (\text{tidak OK})$$

Maka dipasang 2 lapis, dengan lapis bagian atas berjumlah 5 batang

$$S_{maks} = \frac{350mm - (2.40mm) - (2.10mm) - (5.22)}{5 - 1} = 35mm$$

$$S_{maks} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow 35 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Kontrol kemampuan penampang :

$$As_{pasang} = 3042,29 \text{ mm}^2 \quad ; \quad As'_{pasang} = 1521,14 \text{ mm}^2$$

Tinggi efektif penampang pasang :

$$d_{pasang} = h - t_{decking} - \phi_{senggang} - \left(\frac{1}{2} \phi_{tul.utama} \right) - \left(\frac{n_{atas}}{n_{bawah}} . S_{lapis} \right)$$

$$d_{pasang} = 450mm - 40mm - 10mm - 11mm - \left(\frac{8}{4} . 25mm \right) = 339mm$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$a = \frac{(A_s_{pasang} \cdot f_y)}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$a = \frac{(3042,29 \text{ mm}^2) \cdot 320 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 350 \text{ mm}} = 130,89 \text{ mm}$$

Cek momen nominal pasang :

$$Mn = A_s_{pasang} \cdot f_y \cdot \left(d_{pasang} - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn = 3042,29 \text{ mm}^2 \cdot 320 \text{ N/mm}^2 \left(339 \text{ mm} - \frac{130,89 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn = 266,31 \text{ kN.m}$$

Syarat :

$$\phi Mn \geq Mu$$

$$0,8(366,31 \text{ kN.m}) \geq 262,56 \text{ kN.m}$$

$$293,05 \text{ kN.m} > 262,56 \text{ kN.m} \quad (\text{memenuhi syarat})$$

Daerah tumpuan kanan (Momen negatif)

Mu tumpuan : 9,06 kN.m

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{9,06 \text{ kN.m}}{0,8} = 11,33 \text{ kN}$$

$$d_{rencana} = h - t_{decking} - \emptyset_{senggang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right)$$

$$d_{rencana} = 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right) = 389 \text{ mm}$$

$$d' = t_{\text{decking}} + \emptyset_{\text{sengkang}} + \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{\text{tul.utama}} \right)$$

$$d' = 40\text{mm} + 10\text{mm} + \left(\frac{1}{2} \cdot 22\text{mm} \right)$$

$$d' = 61 \text{ mm}$$

Jarak garis netral ke serat tekan atas beton kondisi balance

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

$$x_b = \frac{600}{600 + 320 \text{ N / mm}^2} \cdot 389\text{mm}$$

$$x_b = 253,696\text{mm}$$

$$x_{\text{maks}} = 0,75 \cdot x_b$$

$$x_{\text{maks}} = 0,75 \cdot (253,696\text{mm})$$

$$x_{\text{maks}} = 190,272\text{mm}$$

$$x_{\text{min}} = d'$$

$$x_{\text{min}} = 61\text{mm}$$

$$x_{\text{renc}} = 150\text{mm}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_{\text{renc}}}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25 \text{ N / mm}^2 \cdot 350\text{mm} \cdot 150\text{mm}}{320 \text{ N / mm}^2} = 2963,38\text{mm}^2$$

$$Mnc = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d_{rencana} - \frac{\beta_1 \cdot x_{rencana}}{2} \right)$$

$$Mnc = 2963,38 \text{ mm}^2 \cdot 320 \text{ N/mm}^2 \cdot \left(389 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 150 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mnc = 308,43 \text{ kN.m}$$

$$Mn - Mnc = 11,33 \text{ kN.m} - 308,43 \text{ kN.m} = -297,1 \text{ kN.m}$$

$$Mn - Mnc < 0 \text{ (cukup tulangan tunggal)}$$

Untuk analisis selanjutnya menggunakan analisis tulangan tunggal.

Sesuai dengan SNI 03-2847-2002 psl. 12.2 faktor β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk beton dengan nilai kuat tekan f_c' lebih kecil daripada atau sama dengan 30 MPa.

- ρ dalam keadaan seimbang ($\rho_{balance}$)
(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot (0,85) \cdot 25}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0,037$$

- ρ maksimum (ρ_{maks})
(SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3)

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot (0,037) = 0,028$$

- ρ minimum (ρ_{min})
(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1)

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{320} = 0,0044$$

$$- m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{320}{0,85 \cdot 25} = 15,06$$

Menghitung koefisien perlawananan,

$$- R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{11330000 N \cdot mm}{350 mm \cdot (389 mm)^2} = 0,21 N / mm^2$$

$$- \rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,06} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (15,06) \cdot (0,21 N / mm^2)}{320 N / mm^2}} \right) = 0,00067$$

Syarat :

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{maks}}$$

$$0,0044 > 0,00067 < 0,028 \text{ (tidak memenuhi syarat)}$$

Luas tulangan perlu :

$$A_s = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$$

$$A_s = 0,0044 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 389 \text{ mm}$$

$$A_s = 91,44 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan longitudinal untuk torsi didistribusikan perimeter sengkang tertutup :

$$A_{s_{\text{perlu tump.kiri}}} = 2662,17 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{perlu}} = A_s + \frac{A_{s_{perlu \text{ tump.kiri}}}}{2}$$

$$A_{s_{perlu}} = 91,44 \text{ mm}^2 + \frac{2662,17 \text{ mm}^2}{2}$$

$$A_{s_{perlu}} = 1422,51 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan atas (tarik) perlu :

$$n = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s_{d22}}} = \frac{1422,51 \text{ mm}^2}{380,29 \text{ mm}^2} = 3,74 \approx 4 \text{ batang}$$

Digunakan 4D22 = 1521,16 mm² > 1422,51 mm²

Jumlah tulangan bawah perlu

$$A_{s'_{perlu}} = 0 \text{ mm}^2 + \frac{A_{s_{perlu}}}{2}$$

$$A_{s'_{perlu}} = 0 \text{ mm}^2 + \frac{1422,51 \text{ mm}^2}{2}$$

$$A_{s'_{perlu}} = 711,255 \text{ mm}^2$$

Digunakan 2D22 = 760,57 mm² > 711,255 mm²

Cek kontrol :

1. Kontrol spasi antar tulangan

$$S_{maks} = \frac{b - (2.t_{decking}) - (2.\emptyset_{geser}) - (n.\emptyset_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{350mm - (2.40mm) - (2.10mm) - (2.22)}{2-1} = 206mm$$

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.1 jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari db ataupun 25 mm.

$$S_{maks} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow 206 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

2. Kontrol kekuatan

$$d_{pasang} = h - t_{decking} - \emptyset_{sengkan} - \left(\frac{\emptyset_{tul.utama}}{2} \right)$$

$$d_{pasang} = 450mm - 40mm - 10mm - \left(\frac{22mm}{2} \right)$$

$$d_{pasang} = 389mm$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$a = \frac{(A_s_{pasang} \cdot f_y)}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$a = \frac{(760,57mm^2) \cdot 320N / mm^2}{0,85 \cdot 25N / mm^2 \cdot 350mm} = 32,72 \text{ mm}$$

Cek momen nominal pasang :

$$Mn = A_s_{pasang} \cdot f_y \cdot \left(d_{pasang} - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn = 760,57 \text{ mm}^2 \cdot 320 \text{ N / mm}^2 \left(389 \text{ mm} - \frac{32,72 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn = 90,69 \text{ kN.m}$$

Syarat :

$$\phi Mn \geq Mu$$

$$0,8(90,69 \text{ kN.m}) \geq 9,06 \text{ kN.m}$$

$$72,55 \text{ kN.m} > 9,06 \text{ kN.m} \quad (\text{memenuhi syarat})$$

Daerah lapangan (Momen positif)

Mu lapangan : 50,72 kN.m

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{50,72 \text{ kN.m}}{0,8} = 63,4 \text{ kN.m}$$

$$d_{rencana} = h - t_{decking} - \phi_{sengkang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \phi_{tul.utama} \right)$$

$$d_{rencana} = 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right) = 389 \text{ mm}$$

$$d' = t_{decking} + \phi_{sengkang} + \left(\frac{1}{2} \cdot \phi_{tul.utama} \right)$$

$$d' = 40 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right)$$

$$d' = 61 \text{ mm}$$

Jarak garis netral ke serat tekan atas beton kondisi balance.

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

$$x_b = \frac{600}{600 + 320 \text{ N / mm}^2} \cdot 389 \text{ mm}$$

$$x_b = 253,696 \text{ mm}$$

$$x_{maks} = 0,75 \cdot x_b$$

$$x_{maks} = 0,75 \cdot (253,696 \text{ mm})$$

$$x_{maks} = 190,27 \text{ mm}$$

$$x_{min} = d'$$

$$x_{min} = 61 \text{ mm}$$

$$x_{renc} = 150 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' \cdot b \cdot x_{renc}}{f_y}$$

$$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25 \text{ N / mm}^2 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm}}{320 \text{ N / mm}^2}$$

$$A_{sc} = 2963,38 \text{ mm}^2$$

$$Mnc = A_{sc} \cdot f_y \cdot \left(d_{rencana} - \frac{\beta_1 \cdot x_{rencana}}{2} \right)$$

$$Mnc = 2963,38 \text{ mm}^2 \cdot 320 \text{ N/mm}^2 \cdot \left(389 \text{ mm} - \frac{0,85 \cdot 150 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mnc = 308,43 \text{ kN.m}$$

$$Mn - Mnc = 63,4 \text{ kN.m} - 308,43 \text{ kN.m} = -245,03 \text{ kN.m}$$

$$Mn - Mnc < 0 \text{ (cukup tulangan tunggal)}$$

Untuk analisis selanjutnya menggunakan analisis tulangan tunggal.

Sesuai dengan SNI 03-2847-2002 psl. 12.2 faktor β_1 harus diambil sebesar 0,85 untuk beton dengan nilai kuat tekan f_c' lebih kecil daripada atau sama dengan 30 MPa.

- ρ dalam keadaan seimbang ($\rho_{balance}$)
(SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3)

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot (0,85) \cdot 25}{320} \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0,037$$

- ρ maksimum (ρ_{maks})
(SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3)

$$\rho_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot (0,037) = 0,028$$

- ρ minimum (ρ_{min})
(SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.1)

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{320} = 0,0044$$

- $m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{320}{0,85 \cdot 25} = 15,06$

Menghitung koefisien perlawananan,

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{63400000 N \cdot mm}{350 mm \cdot (389 mm)^2} = 1,197 N / mm^2$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{15,06} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (15,06) \cdot (1,197 N / mm^2)}{320 N / mm^2}} \right)$$

$$\rho_{perlu} = 0,0039$$

Syarat :

$$\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{maks}$$

$0,0044 > 0,0039 < 0,028$ (tidak memenuhi syarat)

Luas tulangan perlu :

$$A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d$$

$$A_s = 0,0044 \cdot 350 \text{ mm} \cdot 389 \text{ mm}$$

$$A_s = 524,53 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan longitudinal untuk torsi didistribusikan perimeter sengkang tertutup :

$$A_{1pakai} = 719,23 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{perlu}} = A_s + \frac{A_{1pakai}}{2}$$

$$A_{s_{perlu}} = 524,53 \text{ mm}^2 + \frac{719,23 \text{ mm}^2}{2} = 884,15 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan bawah (tarik) perlu :

$$n = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s_{d22}}} = \frac{884,15 \text{ mm}^2}{380,29 \text{ mm}^2} = 2,32 \approx 3 \text{ batang}$$

Digunakan 3D22 = 1521,14 mm² > 884,15 mm²

Jumlah tulangan atas (tekan) perlu

$$A_{s'_{perlu}} = 0 \text{ mm}^2 + \frac{A_{s_{perlu}}}{2}$$

$$A_{s'_{perlu}} = 0 \text{ mm}^2 + \frac{884,15 \text{ mm}^2}{2} = 442,07 \text{ mm}^2$$

Digunakan 2D22 = 760,57 mm² > 442,07 mm²

Cek kontrol :

1. Kontrol spasi antar tulangan

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{decking}) - (2 \cdot \emptyset_{geser}) - (n \cdot \emptyset_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{350 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 10 \text{ mm}) - (3 \cdot 22)}{3 - 1} = 92 \text{ mm}$$

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 9.6.1 jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari db ataupun 25 mm.

$$S_{maks} \geq 25 \text{ mm} \rightarrow 92 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

2. Kontrol kekuatan

$$d_{pasang} = h - t_{decking} - \emptyset_{senggang} - \left(\frac{\emptyset_{tul.utama}}{2} \right)$$

$$d_{pasang} = 450 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{22 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$d_{pasang} = 389 \text{ mm}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$a = \frac{(A_s_{pasang} \cdot f_y)}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$a = \frac{(1140,86 \text{ mm}^2) \cdot 320 \text{ N/mm}^2}{0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 350 \text{ mm}} = 49,09 \text{ mm}$$

Cek momen nominal pasang :

$$Mn = A_s_{pasang} \cdot f_y \cdot \left(d_{pasang} - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn = 1521,14 \text{ mm}^2 \cdot 320 \text{ N/mm}^2 \left(389 \text{ mm} - \frac{65,45 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mn = 126,97 \text{ kN.m}$$

Syarat :

$$\phi Mn \geq Mu$$

$$0,8(126,97 \text{ KN.m}) \geq 50,72 \text{ KN.m}$$

$$101,58 \text{ kN.m} > 50,72 \text{ kN.m} \quad (\text{memenuhi syarat})$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl. 23.3.2.2 baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap irisan penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperlima kuat lentur yang terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom di ujung komponen struktur tersebut.

$$\phi Mn \geq \frac{1}{4} \cdot \phi Mn$$

$$0,8(126,97 \text{ kN.m}) \geq \frac{1}{4} \cdot 0,8(299,78 \text{ kN.m})$$

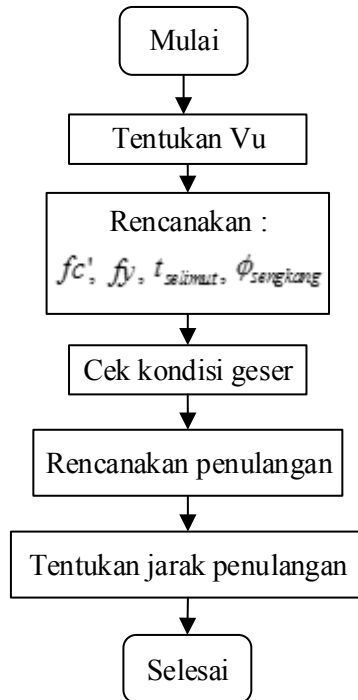
$$101,576 \text{ kN.m} > 59,96 \text{ kN.m} \quad (\text{Memenuhi syarat})$$

Tipe Balok Lantai	B1 35/45		
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
SRPMK Lantai 2 AS 3-4 frame 264			
Ukuran	350 x 450		
Tulangan atas	8D22	2D22	4D22
Tulangan tengah	2D10	2D10	2D10
Tulangan bawah	4D22	3D22	2D22

Gambar 12.25 Sketsa hasil perhitungan penulangan lentur balok

Perhitungan tulangan geser pada balok SRPMK

Skema perhitungan penulangan geser



Berdasarkan SNI 03-2847-2002 kuat geser rencana balok, gempa tidak boleh kurang daripada jumlah gaya lintang yang timbul akibat termobilisasinya kuat lentur nominal komponen struktur pada setiap ujung bentang bersihnya dan gaya lintang akibat beban gravitasi terfaktor, atau momen nominal penampang. Berdasarkan perhitungan kontrol kekuatan pada penampang balok daerah tumpuan didapatkan momen nominal penampang kiri $M_{n_{\text{tump-kiri}}} = 250,125 \text{ kN.m}$ dengan menggunakan rumus kontrol kekuatan untuk tulangan tunggal maka didapatkan momen nominal penampang kanan dengan catatan tulangan tarik

berada dibawah, sebesar $3D22 = 1140,86 \text{ mm}^2$ dengan $Mn_r = 63,4 \text{ kN.m}$

Analisis geser berdasarkan momen nominal daerah tumpuan

Gaya geser akibat kombinasi $1,2 \text{ DL} + \text{LL}$ $\left(\frac{Wu \cdot ln}{2} \right)$ diperoleh dari pemodelan sebesar $81,98 \text{ kN}$

Reaksi diujung kiri balok :

$$Vu = \left(\frac{Mn_l + Mn_r}{l_n} \right) + \frac{Wu \cdot l_n}{2}$$

$$Vu = \left(\frac{250,125 \text{ kN.m} + 63,4 \text{ kN.m}}{5,3 \text{ m}} \right) + 81,98 \text{ kN}$$

$$Vu = 173,65 \text{ kN}$$

Cek SRPMK (SNI 03-2847-2002 psl. 23.3.3.1)

$$\begin{array}{ll} \frac{1}{2} \cdot Vu & > & V \text{ pada SAP2000} \\ 86,825 \text{ kN} & > & 81,98 \text{ kN} \quad (\text{memenuhi}) \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} Pu & < & (Ag \cdot fc')/20 \\ 3,133 \text{ kN} & < & (350 \cdot 450 \cdot 0,25)/20 \\ 3,133 \text{ kN} & < & 1968,75 \text{ kN} \quad (\text{memenuhi}) \end{array}$$

Maka, $Vc = 0$

Adapun luas tulangan geser minimum yang harus terpasang menurut SNI 03-2847-2002 psl. 13.5.5 adalah :

$$V_{S_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d_{\text{pasang}}$$

$$V_{S_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot 350\text{mm} \cdot (389\text{mm}) = 45,38\text{kN}$$

$$V_S = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_{\text{pasang}}$$

$$V_S = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25\text{N/mm}^2} \cdot 350\text{mm} \cdot (389\text{mm}) = 226,92\text{kN}$$

$$2 \cdot V_S = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_{\text{pasang}}$$

$$2 \cdot V_S = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25\text{N/mm}^2} \cdot 350\text{mm} \cdot (389\text{mm}) = 453,83\text{kN}$$

Chu Kia Wang dalam bukunya “Desain Beton Bertulang”, pada dasarnya perencanaan untuk geser dapat dibagi atas kategori sebagai berikut :

$$1. \quad Vu \leq 0,5 \cdot \phi V_c$$

$$163,65\text{kN} \leq 0,5 \cdot (0,75) \cdot (0\text{kN})$$

$$163,65\text{kN} > 0\text{kN} \quad (\text{tidak memenuhi syarat})$$

$$2. \quad 0,5 \cdot \phi V_c < Vu < \phi V_c$$

$$0,5 \cdot (0,75) \cdot (0\text{kN}) < 163,65\text{kN} < (0,75) \cdot (0\text{kN})$$

$$0\text{kN} < 163,65\text{kN} > 0\text{kN} \quad (\text{tidak memenuhi})$$

$$3. \phi V_c < V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\min}})$$

$$0kN < 163,65kN < (0,75) \cdot (0kN + 45,38kN)$$

$$85,09kN < 163,65kN > 34,035kN \text{ (tidak memenuhi)}$$

$$4. \phi (V_c + V_{s_{\min}}) < V_u \leq \phi \left(V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d_{pasang} \right)$$

$$34,035kN < 163,65kN \leq (0,75) \cdot (0kN + 226,92kN)$$

$$34,035kN < 163,65kN < 170,19kN$$

(memenuhi syarat)

Direncanakan diameter tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2

$$\text{kaki : } A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_{10})^2$$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{22}{7} \cdot (10mm)^2 = 157,14mm^2$$

Luasan tulangan perlu geser ditambah luasan tambahan puntir transversal untuk geser :

$$A_{v_{perlu}} = A_v + \left(2 \cdot \frac{A_t}{s} \right)$$

$$A_{v_{perlu}} = 157,14 \text{ mm}^2 + (2 \cdot 0,94 \text{ mm}^2) = 159,03 \text{ mm}^2$$

$$V_{s_{perlu}} = \left(\frac{V_u}{\phi} \right) - V_c = \left(\frac{163,65kN}{0,75} \right) - 0kN = 218,2 \text{ kN}$$

Sehingga jarak antar sengkang,

$$S = \frac{A_{v_{perlu}} \cdot f_y \cdot d}{V_{s_{perlu}}} = \frac{(159,03mm^2) \cdot 320N/mm^2 \cdot (389mm)}{218200N} = 90,7 \text{ mm}$$

Sesuai SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4.2 pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

1. $S = d/4 = 373,375 \text{ mm} / 4 = 93,34 \text{ mm}$
2. $S = 8 \cdot \phi_{tul.utama} = 8 \cdot 22 \text{ mm} = 176 \text{ mm}$
3. $S = 24 \cdot \phi_{sengkang} = 24 \cdot 10 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$
4. 300 mm

Jadi dipasang tulangan geser daerah tumpuan Ø10-90

Dengan demikian, tulangan geser diatas (sengkang D10) dipasang dengan spasi 90 mm di daerah sepanjang $2 \cdot h$ ($2 \cdot 450 \text{ mm} = 900 \text{ mm}$) dari muka kolom. Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi $d/4$.

Analisis geser berdasarkan momen nominal daerah lapangan

Gaya geser akibat kombinasi 1,2 DL + LL $\left(\frac{Wu \cdot l_n}{2} \right)$ diperoleh dari pemodelan sebesar 50,72 kN

Reaksi diujung kiri balok :

$$Vu = \left(\frac{Mn_l + Mn_r}{l_n} \right) + \frac{Wu \cdot l_n}{2}$$

$$V_u = \left(\frac{250,125 \text{ kN.m} + 63,4 \text{ kN.m}}{5,3 \text{ m}} \right) + 50,72 \text{ kN} = 132,39 \text{ kN}$$

Cek SRPMK (SNI 03-2847-2002 psl. 23.3.3.1)

$$\begin{array}{lcl} \frac{1}{2} \cdot V_u & > & V \text{ pada SAP2000} \\ 66,195 \text{ kN} & > & 50,72 \text{ kN} \quad (\text{memenuhi}) \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} P_u & < & (A_g \cdot f_c')/20 \\ 3,133 \text{ kN} & < & (350 \cdot 450 \cdot 0,25)/20 \\ 3,133 \text{ kN} & < & 1968,75 \text{ kN} \quad (\text{memenuhi}) \end{array}$$

Maka, $V_c = 0$

Adapun luas tulangan geser minimum yang harus terpasang menurut SNI 03-2847-2002 psl. 13.5.5 adalah :

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d_{\text{pasang}}$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot 350 \text{ mm} \cdot (389 \text{ mm}) = 45,38 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_{\text{pasang}}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 350 \text{ mm} \cdot (389 \text{ mm}) = 226,91 \text{ kN}$$

$$2 \cdot V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_{\text{pasang}}$$

$$2 \cdot V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 350 \text{ mm} \cdot (389 \text{ mm}) = 453,83 \text{ kN}$$

Chu Kia Wang dalam bukunya “Desain Beton Bertulang”, pada dasarnya perencanaan untuk geser dapat dibagi atas kategori sebagai berikut :

1. $V_u \leq 0,5 \cdot \phi V_c$
 $132,39kN \leq 0,5 \cdot (0,75) \cdot (0kN)$
 $132,39kN > 0kN$ (tidak memenuhi syarat)
2. $0,5 \cdot \phi V_c < V_u < \phi V_c$
 $0,5 \cdot (0,75) \cdot (0kN) < 132,39kN < 0,75 \cdot (0kN)$
 $0kN < 132,39kN > 0kN$ (tidak memenuhi)
3. $\phi V_c < V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\min}})$
 $0kN < 132,39kN < (0,75) \cdot (0kN + 45,38kN)$
 $0kN < 132,39kN > 34,04kN$ (tidak memenuhi)
4. $\phi (V_c + V_{s_{\min}}) < V_u \leq \phi \left(V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d_{pasang} \right)$
 $34,04kN < 132,39kN \leq (0,75) \cdot (0kN + 226,92kN)$
 $119,13kN < 132,39kN < 170,19kN$ (memenuhi syarat)

Direncanakan diameter tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2

kaki : $A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_{10})^2$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{22}{7} \cdot (10mm)^2 = 157,14mm^2$$

Luasan tulangan perlu geser ditambah luasan tambahan puntir transversal untuk geser :

$$A_{v_{perlu}} = A_v + \left(2 \cdot \frac{A_t}{s} \right)$$

$$A_{v_{perlu}} = 157,14 \text{ mm}^2 + (2 \cdot 0,94 \text{ mm}^2) = 159,03 \text{ mm}^2$$

$$V_{S_{perlu}} = \left(\frac{V_u}{\phi} \right) - V_c = \left(\frac{132,39 \text{ kN}}{0,75} \right) - 0 \text{ kN} = 176,52 \text{ kN}$$

Sehingga jarak antar sengkang,

$$S = \frac{A_{v_{perlu}} \cdot f_y \cdot d}{V_{S_{perlu}}} = \frac{(159,03 \text{ mm}^2) \cdot 320 \text{ N/mm}^2 \cdot 389 \text{ mm}}{176520 \text{ N}}$$

$$S = 112 \text{ mm}$$

Sesuai SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4.3 pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

1. $S = d/2 = 389 \text{ mm} / 2 = 194,5 \text{ mm}$
2. $S = 8 \cdot \phi_{tul.utama} = 8 \cdot 22 \text{ mm} = 176 \text{ mm}$
3. $S = 24 \cdot \phi_{sengkang} = 24 \cdot 10 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$
4. 300 mm

Jadi dipasang tulangan geser daerah lapangan Ø10-110

Dengan demikian, tulangan geser diatas (sengkang D10) dipasang dengan spasi 170 mm di daerah sepanjang $2.h$ ($2.450 \text{ mm} = 900 \text{ mm}$) dari muka kolom. Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi $d/4$.

Tipe Balok Lantai	B1 35/45		
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
SRPMK Lantai 2 AS 3-4 frame 264			
Ukuran	350 x 450		
Tulangan atas	8D22	2D22	4D22
Tulangan tengah	2D10	2D10	2D10
Tulangan bawah	4D22	3D22	2D22
Sengkang	Ø10-90	Ø10-110	Ø10-90

Gambar 12.26 Detail penulangan balok B1 35/45

12.2.6 Perhitungan Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tarik dan Tekan pada Balok SRPMK

Data yang dipergunakan dalam perhitungan :

Kuat tekan beton, f_c'	= 25	N/mm ²
Kuat leleh tulangan lentur, f_y	= 320	N/mm ²
Diameter tulangan lentur	= 22	mm

Perhitungan panjang penyaluran tulangan pada balok

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 ps1 14.2.2 untuk penyaluran batang ulir dan kawat ulir yang berada dalam kondisi tarik untuk batang dengan diameter 22 mm atau lebih besar dapat dipergunakan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{\lambda d}{db} = \frac{3.f_y.\gamma.\alpha.\beta.\lambda}{5.\sqrt{f_c'}} \quad (12.15)$$

Dengan berdasarkan SNI 03-2847-2002 ps1 14.2.4

α = faktor lokasi penulangan (1)

β = faktor pelapis (1)

γ = faktor ukuran batang tulangan (0,8)

λ = faktor beton agregat ringan (1)

db= diameter tulangan lentur

$$\frac{Ld}{db} = \frac{3.f_y.\gamma.\alpha.\beta.\lambda}{5.\sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$\frac{Ld}{22\text{mm}} = \frac{3.(320\text{N/mm}^2).(0,8).1.1.1}{5.\sqrt{25\text{N/mm}^2}}$$

$$Ld = 675,84 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.5 reduksi panjang penyaluran diperbolehkan apabila luasan tulangan terpasang pada komponen lentur melebihi luasan yang dibutuhkan dari analisis, kecuali apabila angkur atau penyaluran untuk f_y memang secara khusus dibutuhkan atau tulangan direncanakan berdasarkan aturan sebagai berikut :

$$Ld_{reduksi} = Ld \cdot \frac{As_{perlu}}{As_{pakai}} = 675,85mm \frac{2662,17mm^2}{3042,29mm^2}$$

$$Ld_{reduksi} = 591,399 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran untuk batang tarik digunakan sebesar 600 mm. Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik sesuai SNI 03-2847-2002 psl. 14.5:

Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 150 mm

Panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau yang berakhir dengan kaitan adalah :

$$Lhb = \frac{100.db}{\sqrt{fc'}} \geq 8.db$$

$$Lhb = \frac{100.22mm}{\sqrt{25N/mm^2}} \geq 8.22mm$$

$$Lhb = 440 \text{ mm} > 176 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$Lhb_{reduksi} = F \text{ modifikasi} \cdot Lhb \geq 150 \text{ mm}$$

$$Lhb_{reduksi} = \frac{2662,17mm^2}{3042,29mm^2} \cdot 440mm \geq 150mm$$

$$Lhb_{reduksi} = 400 \text{ mm} > 150 \text{ mm} (\text{OK})$$

Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik adalah 400 mm

Penyaluran dalam kondisi tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 ps1 14.3 sebagai berikut :

1. Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm
2. Sesuai SNI 03-2847-2002 ps1 14.3.2 panjang penyaluran dasar λ_{hb} harus diambil sebesar :

$$L_{hb} = \frac{db \cdot f_y}{4 \sqrt{f_c'}} = \frac{22 \text{ mm} \cdot 320 \text{ N/mm}^2}{4 \sqrt{25 \text{ N/mm}^2}} = 352 \text{ mm tetapi}$$

tidak boleh kurang dari

$$0,04 \cdot db \cdot f_y = 0,04 \cdot 22 \text{ mm} \cdot 320 \text{ N/mm}^2 = 281,6 \text{ mm (OK)}$$

$$L_{hb_{reduksi}} = F \text{ modifikasi} \cdot L_{hb} \geq 200 \text{ mm}$$

$$L_{hb_{reduksi}} = \frac{A_{s'}^{perlu}}{A_{s'}^{pasang}} \cdot L_{hb} \geq 200 \text{ mm}$$

$$L_{hb_{reduksi}} = \frac{1151,28 \text{ mm}^2}{1521,14 \text{ mm}^2} \cdot 352 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm}$$

$$L_{hb_{reduksi}} = 266,4 \text{ mm} \approx 270 > 200 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan adalah 270 mm.

Kontrol retak

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 ps1 12.6

$$z = fs \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A} < 30 \text{ N/m (untuk penampang dalam ruangan)}$$

dimana, $d_c = d' = 61 \text{ mm}$

$$A = \frac{2d_c \cdot b}{n} = \frac{2 \cdot (61 \text{ mm}) \cdot (350 \text{ mm})}{8} = 5337,5 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} Z &= 0,6 \cdot fy \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A} = 0,6 \cdot (320 \text{ N/mm}^2) \cdot \sqrt[3]{61 \cdot (5337,5)} \\ &= 13,21 \text{ kN/mm} < 30 \text{ kN/mm (OK)} \end{aligned}$$

Sebagai alternatif terhadap perhitungan nilai Z, dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

$$\omega = 11 \cdot 10^{-6} \cdot \beta \cdot Z$$

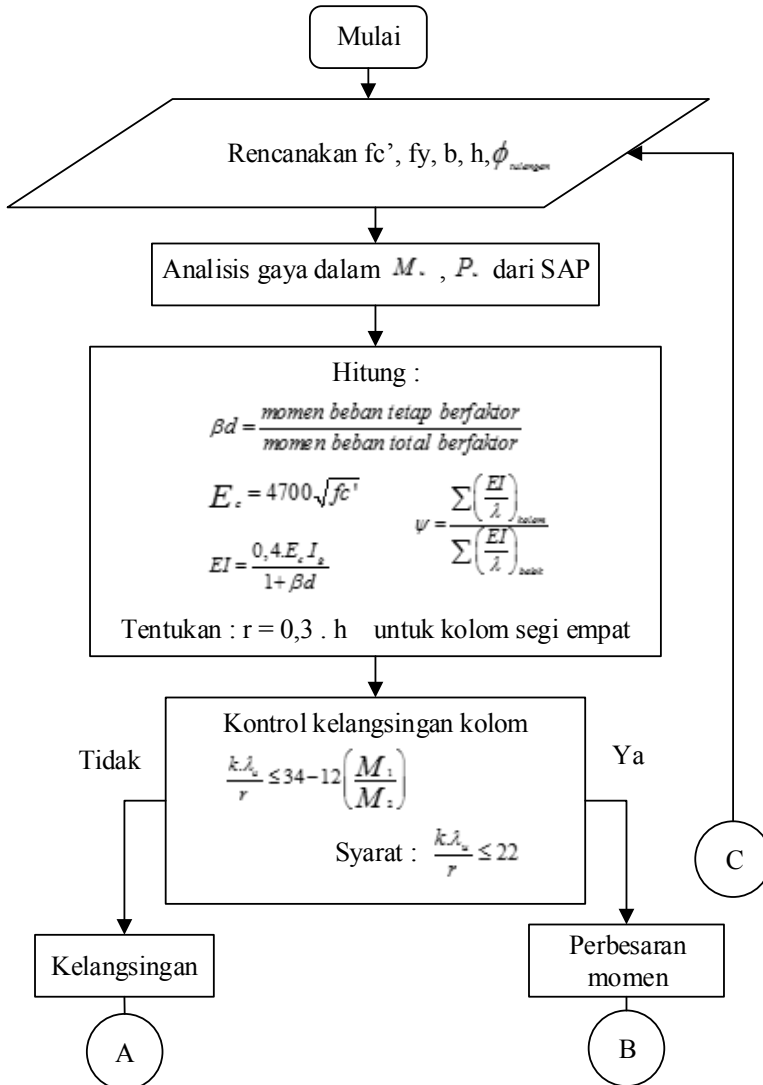
$$\omega = 11 \cdot 10^{-6} \cdot 0,85 \cdot 13,21 = 0,00012 \text{ mm}$$

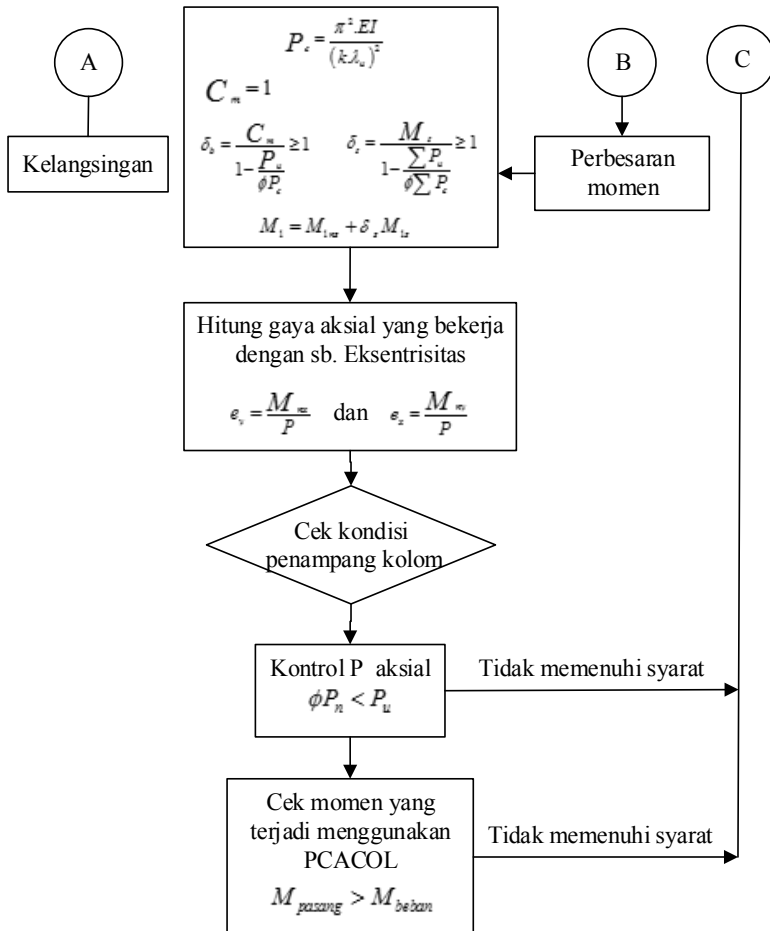
$$\omega = 0,00012 \text{ mm} < 0,4 \text{ mm penampang dalam ruangan (OK)}$$

$$\omega = 0,00012 \text{ mm} < 0,3 \text{ mm penampang luar ruangan (OK)}$$

12.3 Perhitungan Penulangan Kolom Metode SRPMM

Kolom merupakan anggota tekan vertikal dari suatu rangka struktural yang ditujukan untuk mendukung balok penahan beban. Kolom menyalurkan beban dari atas ke bawah yang selanjutnya disalurkan menuju tanah melalui pondasi.

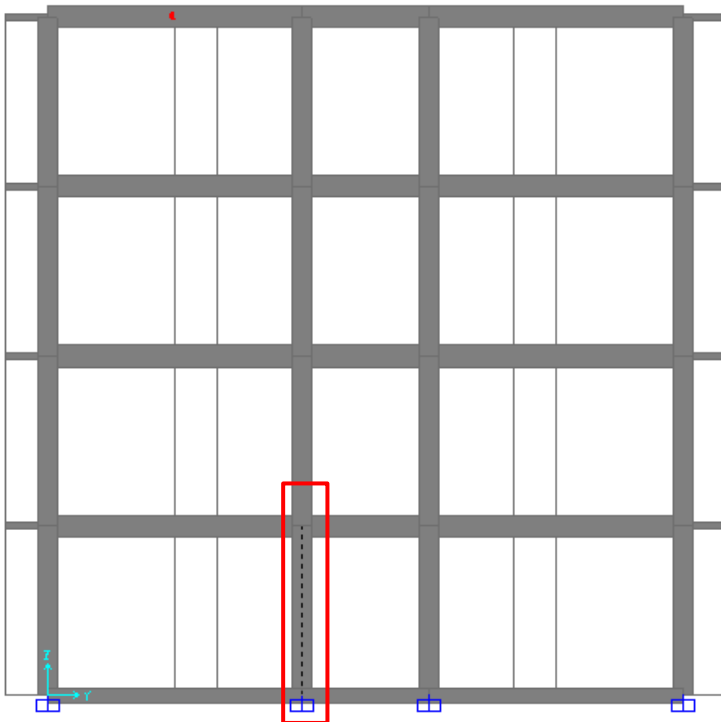




12.3.1 Data-data penulangan balok :

- ❖ Tipe kolom : K1 50/50
- ❖ Bentang kolom L_{kolom} : 4000 mm
- ❖ Dimensi kolom b_{kolom} : 500 mm
- ❖ Dimensi kolom h_{kolom} : 500 mm
- ❖ Kuat tekan beton f_c' : 25 N/mm²
- ❖ Kuat leleh tulangan lentur f_y : 320 N/mm²

❖	Kuat leleh tulangan geser	f_{yv}	: 240	N/mm^2
❖	Kuat leleh tulangan puntir	f_{yt}	: 240	N/mm^2
❖	Diameter tulangan lentur	\varnothing_{lentur}	: 22	mm
❖	Diameter tulangan sengkang	$\varnothing_{sengkang}$: 12	mm
❖	Decking		: 40	mm
❖	ϕ		: 0,65	
❖	β		: 0,85	
❖	E_s		: $2 \cdot 10^5$	N.mm



Gambar 12.27 Kolom yang ditinjau as C-2 frame 500 lantai 1

12.3.2 Hasil *output* dan diagram gaya dalam analisis SAP2000 :

Perhitungan penulangan kolom ini menggunakan analisis program SAP2000 versi 14.2.2. Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dari analisis SAP2000 pada balok as C-2 lantai 1 frame 500 adalah gaya yang paling maksimum akibat beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa.

Kombinasi pembebanan non gempa :

- $U = 1,4 DL$
- $U = 1,2 DL + 1,6 LL$
- $U = 1,2 DL + LL$

Kombinasi pembebanan gempa :

Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa

- $U = 1,2 DL + LL \pm E$
- $U = 0,9 DL \pm E$



Gambar 12.28 gaya aksial kombinasi 1,2DL



Gambar 12.29 gaya aksial kombinasi 1,2DL + 1,6LL

12.3.3 Penulangan Lentur Uniaksial X

Momen akibat pengaruh gempa :

M_{1s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam satuan kN.m

M_{2s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam satuan kN.m



Gambar 12.30 Momen sway 1 akibat kombinasi EX+0,3EY

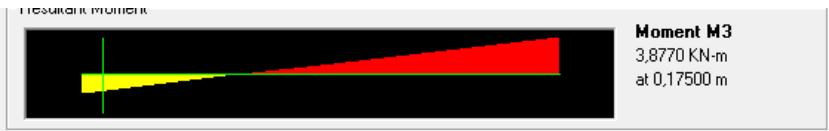


Gambar 12.31 Momen sway 2 akibat kombinasi EX+0,3EY

Momen akibat pengaruh gempa :

M_{1ns} = momen akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam satuan kN.m

M_{2ns} = momen akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam satuan kN.m



Gambar 12.32 Momen non-sway 1 akibat kombinasi DL+LL



Gambar 12.33 Momen non-sway 2 akibat kombinasi DL+LL

Berikut diperoleh hasil aksial dari analisis program SAP2000 :

$$P_u (1,2D) = 741,389 \text{ kN}$$

$$P_u (1,2DL + 1,6LL) = 925,827 \text{ kN}$$

➤ Kontrol kelangsingan kolom

β_d = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial total terfaktor maksimum.

$$\beta_d = \frac{1,2.P_{DL}}{(1,2.P_{DL}) + (1,6.P_{LL})}$$

$$\beta_d = \frac{741,389 \text{ kN}}{925,827 \text{ kN}} = 0,8$$

➤ Panjang tekuk kolom

$$\psi = \frac{\Sigma(EI / \lambda)_{kolom}}{\Sigma(EI / \lambda)_{balok}} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.11.6})$$

- Untuk kolom K1 (50/50)

$$EI_k = \frac{0,4.Ec.Ig}{1 + \beta_d} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.12.3})$$

$$I_g = 0,7 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3)$$

$$I_g = 0,7 \cdot (1/12 \cdot 500\text{mm}) \cdot (500\text{mm})^3$$

$$I_g = 3645833333 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f_c'}$$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} = 23500 \text{ N.mm}$$

$$EI_k = \frac{0,4.Ec.Ig}{1 + \beta_d}$$

$$EI_k = \frac{0,4.(23500).(3645833333)}{1 + (0,8)} = 1,90 \cdot 10^{13} \text{ N.mm}^2$$

- Untuk balok B1 (35/45)

$$EIb = \frac{0,4.Ec.Ig}{1 + \beta d} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.12.3})$$

$$Ig = 0,35 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3)$$

$$Ig = 0,35 \cdot (1/12 \cdot 350\text{m}) \cdot (450\text{m})^3$$

$$Ig = 930234375 \text{ mm}^4$$

$$Ec = 4700\sqrt{f'c'}$$

$$Ec = 4700\sqrt{25\text{N/mm}^2} = 23.500 \text{ Nmm}$$

$$EIb = \frac{0,4.Ec.Ig}{1 + \beta d}$$

$$EIb = \frac{0,4 \cdot (23500) \cdot (930234375)}{1 + (0,8)} = 4,86 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

- Untuk sloof B1 (20/35)

$$EIb = \frac{0,4.Ec.Ig}{1 + \beta d} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.12.3})$$

$$Ig = 0,35 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3)$$

$$Ig = 0,7 \cdot (1/12 \cdot 200\text{m}) \cdot (350\text{m})^3$$

$$Ig = 250104166,7 \text{ mm}^4$$

$$Ec = 4700\sqrt{f'c'}$$

$$Ec = 4700\sqrt{25\text{N/mm}^2} = 23.500 \text{ Nmm}$$

$$EIs = \frac{0,4.Ec.Ig}{1 + \beta d}$$

$$EIs = \frac{0,4 \cdot (23500) \cdot (250104166,7)}{1 + (0,8)} = 1,31 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

Untuk menentukan panjang tekuk kolom, akan diterapkan dengan menggunakan grafik alligment.

Kolom atas

$$\psi = \frac{\Sigma(EI / \lambda)_{kolom}}{\Sigma(EI / \lambda)_{balok}}$$

$$\psi_A = \frac{\left(\frac{1,903 \cdot 10^{13}}{4000}\right) + \left(\frac{1,903 \cdot 10^{13}}{4000}\right)}{\left(\frac{4,86 \cdot 10^{12}}{6000}\right) + \left(\frac{4,86 \cdot 10^{12}}{3000}\right)}$$

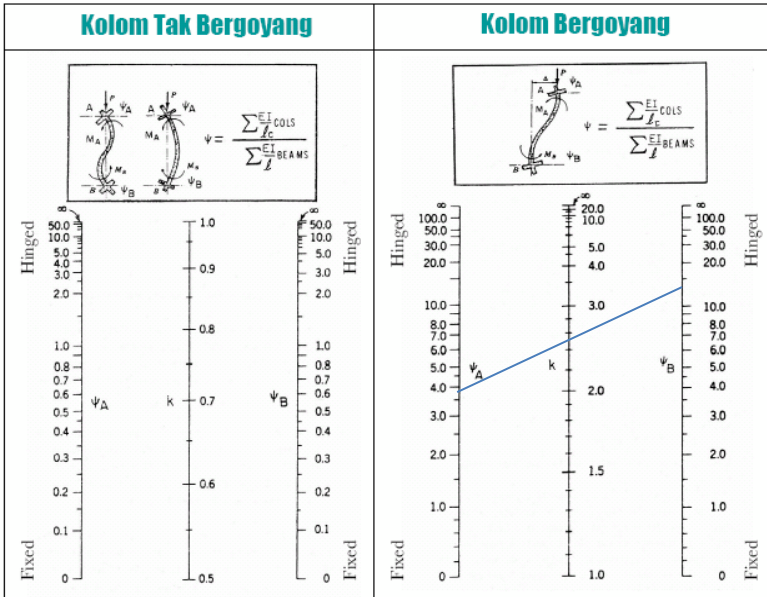
$$\psi_A = 3,92$$

Kolom bawah

$$\psi = \frac{\Sigma(EI / \lambda)_{kolom}}{\Sigma(EI / \lambda)_{stloof}}$$

$$\psi_B = \frac{\left(\frac{1,93 \cdot 10^{13}}{4000}\right) + \left(\frac{1,93 \cdot 10^{13}}{4000}\right)}{\left(\frac{1,31 \cdot 10^{12}}{6000}\right) + \left(\frac{1,31 \cdot 10^{12}}{3000}\right)}$$

$$\psi_B = 14,58$$



Gambar 12.34 Grafik alligment kolom

❖ Cek pengaruh kelangsingan pada kolom

$$\frac{k \cdot lu}{r} \leq 22 \quad (\text{SNI } 03-2847-2002 \text{ psl } 12.13.2)$$

Dari grafik alligment didapat $k = 2,45$

$$lu = 4000 \text{ mm}$$

$$r = \sqrt{\frac{I_{kolom}}{A_{kolom}}} = \sqrt{\frac{3645833333 \text{ mm}^4}{250000 \text{ mm}^2}} = 144,34 \text{ mm}$$

$$\text{Sehingga, } \frac{k \cdot lu}{r} \leq 22 \quad \rightarrow \quad \frac{(2,45) \cdot (4000) \text{ mm}}{144,34 \text{ mm}} \leq 22$$

$67,895 > 22 \rightarrow$ pengaruh kelangsingan diperhitungkan

❖ Faktor pembesaran momen

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI_k}{(k \cdot l_u)^2} = \frac{\left(\frac{22}{7}\right)^2 \cdot (1,903 \cdot 10^{13})}{((2,45) \cdot 4000 \text{ mm})^2} = 1957,31 \text{ kN}$$

Jumlah kolom tiap lantai = 24 buah

$$\Sigma P_c = 1957,31 \text{ kN} \times 24 \text{ buah} = 46975,46 \text{ kN}$$

$$\Sigma P_u = 925,83 \text{ kN} \times 24 \text{ buah} = 22219,85 \text{ kN}$$

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}} \geq 1 \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.13.6.c})$$

$$\delta_{ns} = \frac{1}{1 - \frac{925,83 \text{ kN}}{0,75 \cdot (1957,31 \text{ kN})}} \geq 1 \rightarrow 2,71 > 1 \text{ (OK)}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1 \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.13.6.c})$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{22219,85 \text{ kN}}{0,75 \cdot (46975,46 \text{ kN})}} \geq 1 \rightarrow 2,71 > 1 \text{ (OK)}$$

❖ Pembesaran momen

Dari SAP diperoleh :

$$M1_{ns(DL+LL)} = 3,877 \quad \text{kN.m}$$

$$M1_{s(gempa1)} = 42,5 \quad \text{kN.m}$$

$$M2_{ns(DL+LL)} = 8,6 \quad \text{kN.m}$$

$$M2_{s(gempa1)} = 397,29 \quad \text{kN.m}$$

$$M1_x = M1_{ns} + \delta_s \cdot M1_s$$

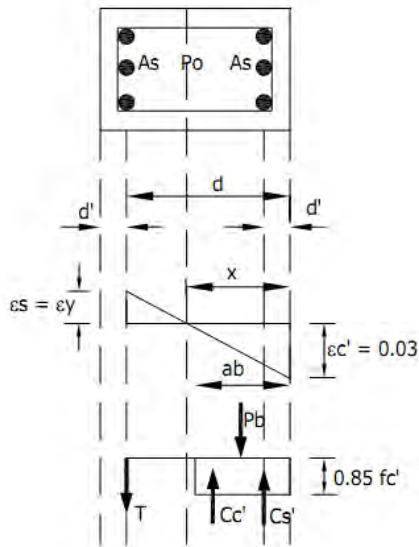
$$M1_x = 3,877 + (2,71 \cdot (42,5)) = 118,96 \text{ kN.m}$$

$$M2_x = M2_{ns} + \delta_s \cdot M2_s$$

$$M2_x = 8,6 + (2,71 \cdot (397,29)) = 1084,342 \text{ kN.m}$$

Jadi dipakai Momen yang terbesar = 1084,342 kN.m

- ❖ Kondisi perencanaan penampang kolom
 - Kondisi balanced



Gambar 12.35 Kondisi Balanced

$$e_{\min} = (15 + 0,03h)$$

$$e_{\min} = (15 + 0,03 \cdot 500 \text{ mm})$$

$$e_{\min} = 30 \text{ mm}$$

Direncanakan jumlah tulangan pada satu sisi kolom 6 diameter 22 mm dengan $A_s' = 2289,8 \text{ mm}^2$

$$C_s' = A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$C_s' = 2289,8 \text{ mm}^2 \cdot (320 \text{ N/mm}^2 - 0,85 \cdot (25 \text{ N/mm}^2))$$

$$C_s' = 681,66 \text{ kN}$$

$$d = b - t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{senggang}} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{\text{tul.utama}} \right)$$

$$d = 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right) = 437 \text{ mm}$$

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

$$x_b = \frac{600}{600 + 320 \text{ N/mm}^2} \cdot 437 \text{ mm} = 285 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta \cdot x_b$$

$$C_c' = 0,85 \cdot (25) \cdot (500) \cdot 0,85 \cdot (285) = 2573,91 \text{ kN}$$

$$T = A_s' \cdot f_y = 2289,8 \text{ mm}^2 \cdot (320 \text{ N/mm}^2) = 730,15 \text{ kN}$$

$$P_b = C_c' - C_s' + T$$

$$P_b = (2573,91 - 681,66 + 730,15) \text{ kN} = 2622,39 \text{ kN}$$

$$d' = t_{\text{decking}} + \emptyset_{\text{senggang}} + \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{\text{tul.utama}} \right)$$

$$d' = 40 \text{ mm} + 12 \text{ mm} + \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right) = 63 \text{ mm}$$

$$d'' = b - t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{senggang}} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{\text{tul.utama}} \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot b \right)$$

$$d'' = 500 - 40 - 12 - \left(\frac{1}{2} \cdot 22\right) - \left(\frac{1}{2} \cdot 500\right) = 187 \text{ mm}$$

$$ab = 0,85 \cdot (x_b) = 0,85 \cdot (285 \text{ mm}) = 242,25 \text{ mm}$$

$$M_b = P_b \cdot e_b = C_c' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + (T \cdot d'')$$

$$2573,91 \left(437 - 187 - \frac{242,25}{2} \right) + 681,66 (437 - 187 - 63) + (730,15 \cdot (187))$$

$$M_b = 595,721 \text{ kN.m}$$

$$e_b = \frac{M_b}{P_b} = \frac{595721 \text{ kN.mm}}{2622,39 \text{ kN}} = 227,17 \text{ mm}$$

$$e_{\text{perlu}} = \frac{M_{ux}}{P_u} = \frac{1084342 \text{ kNmm}}{925,83 \text{ kN}} = 1171,21 \text{ mm}$$

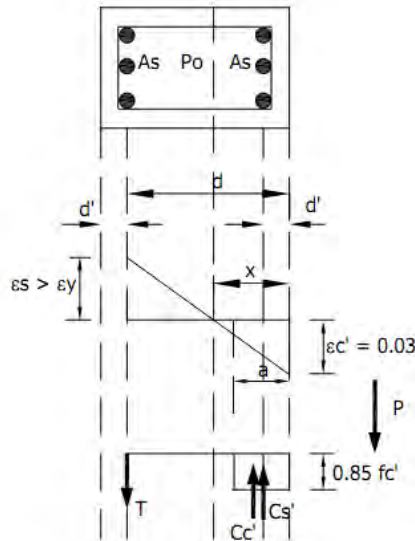
Cek persyaratan :

$e_{\text{min}} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balanced}}$

$30 \text{ mm} < 1171,21 \text{ mm} > 227,17 \text{ mm}$

(Kondisi tarik menentukan)

- Kondisi tarik menentukan



Gambar 12.36 Kondisi tarik menentukan

$$d = b - t_{decking} - \varnothing_{sejangang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \varnothing_{tul.utama} \right)$$

$$d = 500\text{mm} - 40\text{mm} - 12\text{mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22\text{mm} \right) = 437\text{ mm}$$

$$x_{pakai} = \frac{1}{2} \cdot b = \frac{1}{2} \cdot 500\text{mm} = 250\text{ mm}$$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{437}{250} - 1 \right) \cdot 0,003 = 0,0022$$

$$\varepsilon_y = \frac{fs}{Es} = \frac{320N/mm^2}{200000N/mm^2} = 0,0016$$

Cek persyaratan :

$$\varepsilon_s > \varepsilon_y \rightarrow 0,0022 > 0,0016 \quad (\text{OK}) \quad \text{maka } fs = fy = 320N/mm^2$$

$$Cs' = As' \cdot (fy - 0,85 \cdot fc')$$

$$Cs' = 2289,8 \text{ mm}^2 \cdot (320N/mm^2 - 0,85 \cdot (25N/mm^2))$$

$$Cs' = 681,66 \text{ kN}$$

$$Cc' = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot \beta \cdot x_{pakai}$$

$$Cc' = 0,85 \cdot (25N/mm^2) \cdot 500 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 250 \text{ mm}$$

$$Cc' = 2257,81 \text{ kN}$$

$$T = As' \cdot fs = 2289,8 \text{ mm}^2 \cdot (320N/mm^2) = 730,15 \text{ kN}$$

$$P = Cc' - Cs' + T$$

$$P = (2257,81 - 681,66 + 730,15) \text{ kN} = 2306,3 \text{ kN}$$

$$P < Pb \rightarrow 2306,3 \text{ kN} < 2622,39 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

$$d' = t_{decking} - \emptyset_{sengkang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right)$$

$$d' = 40mm - 12mm - \left(\frac{1}{2} \cdot 22mm \right) = 63 \text{ mm}$$

$$d'' = b - t_{decking} - \emptyset_{sengkang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot b \right)$$

$$d'' = 500 - 40 - 12 - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot 500 \right) = 187 \text{ mm}$$

$$ab = 0,85.(x_{pakai}) = 0,85 . (250 \text{ mm}) = 212,5 \text{ mm}$$

$$M_n = P . e = Cc' \left(d - d'' - \frac{a}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + (T.d'')$$

$$2257,81 \left(437 - 187 - \frac{212,5}{2} \right) + 681,66(437 - 187 - 63) + (730,15.(187))$$

$$M_n = 2588,57 \text{ kN.m}$$

$$\emptyset . M_n = 0,65 . 2588,57 \text{ kN.m} = 1682,57 \text{ kN.m}$$

$$\emptyset . M_n > M_u \rightarrow 1682,57 \text{ kN.m} > 1084,342 \text{ kN.m} \quad (\text{OK})$$

12.3.4 Penulangan Lentur Uniaksial Y

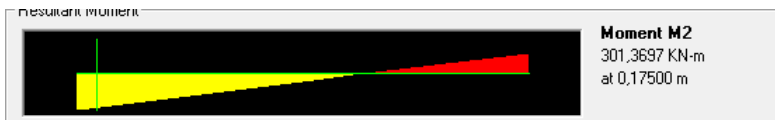
Momen akibat pengaruh gempa :

M_{1s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam satuan kN.m

M_{2s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam satuan kN.m



Gambar 12.37 Momen sway 1 akibat kombinasi 0,3EX+EY



Gambar 12.38 Momen sway 2 akibat kombinasi 0,3EX+EY

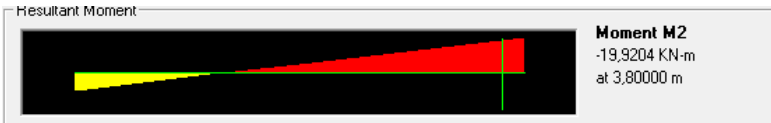
Momen akibat pengaruh gempa :

M_{1ns} = momen akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam satuan kN.m

M_{2ns} = momen akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam satuan kN.m



Gambar 12.39 Momen non-sway 1 akibat kombinasi DL+LL



Gambar 12.40 Momen non-sway 2 akibat kombinasi DL+LL

Berikut diperoleh hasil aksial dari analisis program SAP2000 :

$$P_u (1,2D) = 741,389 \text{ kN}$$

$$P_u (1,2DL + 1,6LL) = 925,827 \text{ kN}$$

➤ Kontrol kelangsingan kolom

β_d = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial total terfaktor maksimum.

$$\beta_d = \frac{1,2 \cdot P_{DL}}{(1,2 \cdot P_{DL}) + (1,6 \cdot P_{LL})}$$

$$\beta_d = \frac{741,389 \text{ kN}}{925,827 \text{ kN}} = 0,8$$

➤ Panjang tekuk kolom

$$\psi = \frac{\sum (EI / \lambda)_{kolom}}{\sum (EI / \lambda)_{balok}} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.11.6})$$

- Untuk kolom K1 (50/50)

$$EI_k = \frac{0,4 \cdot Ec \cdot Ig}{1 + \beta d} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.12.3})$$

$$Ig = 0,7 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3)$$

$$Ig = 0,7 \cdot (1/12 \cdot 500\text{mm}) \cdot (500\text{mm})^3$$

$$Ig = 3645833333 \text{ mm}^4$$

$$Ec = 4700 \sqrt{f'c'}$$

$$Ec = 4700 \sqrt{25\text{N/mm}^2} = 23500 \text{ N.mm}$$

$$EI_k = \frac{0,4 \cdot Ec \cdot Ig}{1 + \beta d}$$

$$EI_k = \frac{0,4 \cdot (23500) \cdot (3645833333)}{1 + (0,8)} = 1,90 \cdot 10^{13} \text{ N.mm}^2$$

- Untuk balok B1 (35/45)

$$EI_b = \frac{0,4 \cdot Ec \cdot Ig}{1 + \beta d} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.12.3})$$

$$Ig = 0,35 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3)$$

$$Ig = 0,35 \cdot (1/12 \cdot 350\text{m}) \cdot (450\text{m})^3$$

$$Ig = 930234375 \text{ mm}^4$$

$$Ec = 4700 \sqrt{f'c'}$$

$$Ec = 4700 \sqrt{25\text{N/mm}^2} = 23.500 \text{ Nmm}$$

$$EI_b = \frac{0,4 \cdot Ec \cdot Ig}{1 + \beta d}$$

$$EI_b = \frac{0,4 \cdot (23500) \cdot (930234375)}{1 + (0,8)} = 4,86 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

- Untuk sloof B1 (20/35)

$$EIb = \frac{0,4.Ec.Ig}{1 + \beta d} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.12.3})$$

$$Ig = 0,35 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3)$$

$$Ig = 0,7 \cdot (1/12 \cdot 200\text{m}) \cdot (350\text{m})^3$$

$$Ig = 250104166,7 \text{ mm}^4$$

$$Ec = 4700\sqrt{f'c}$$

$$Ec = 4700\sqrt{25\text{N/mm}^2} = 23.500 \text{ Nmm}$$

$$EIs = \frac{0,4.Ec.Ig}{1 + \beta d}$$

$$EIs = \frac{0,4.(23500).(250104166,7)}{1 + (0,8)} = 1,31 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

Untuk menentukan panjang tekuk kolom, akan diterapkan dengan menggunakan grafik alligment.

Kolom atas

$$\psi = \frac{\Sigma(EI / \lambda)_{kolom}}{\Sigma(EI / \lambda)_{balok}}$$

$$\psi_A = \frac{\left(\frac{1,903 \cdot 10^{13}}{4000}\right) + \left(\frac{1,903 \cdot 10^{13}}{4000}\right)}{\left(\frac{4,86 \cdot 10^{12}}{6000}\right) + \left(\frac{4,86 \cdot 10^{12}}{3000}\right)}$$

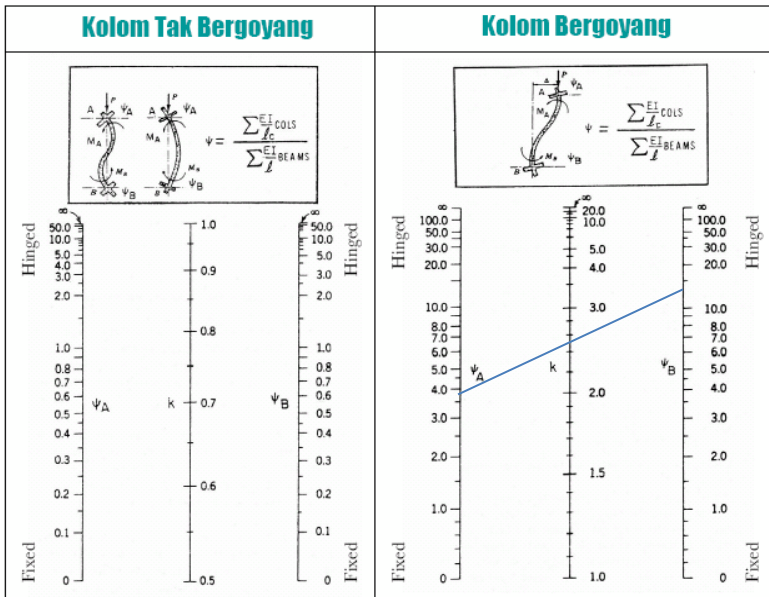
$$\psi_A = 3,92$$

Kolom bawah

$$\psi = \frac{\sum(EI / \lambda)_{kolom}}{\sum(EI / \lambda)_{sloof}}$$

$$\psi_B = \frac{\left(\frac{1,93 \cdot 10^{13}}{4000}\right) + \left(\frac{1,93 \cdot 10^{13}}{4000}\right)}{\left(\frac{1,31 \cdot 10^{12}}{6000}\right) + \left(\frac{1,31 \cdot 10^{12}}{3000}\right)}$$

$$\psi_B = 14,58$$



Gambar 12.41 Grafik alligment kolom

❖ Cek pengaruh kelangsingan pada kolom

$$\frac{k.lu}{r} \leq 22 \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.13.2})$$

Dari grafik alligment didapat $k = 2,45$

$$lu = 4000 \text{ mm}$$

$$r = \sqrt{\frac{I_{kolom}}{A_{kolom}}} = \sqrt{\frac{3645833333 \text{ mm}^4}{250000 \text{ mm}^2}} = 144,34 \text{ mm}$$

$$\text{Sehingga, } \frac{k.lu}{r} \leq 22 \quad \rightarrow \quad \frac{(2,45).(4000) \text{ mm}}{144,34 \text{ mm}} \leq 22$$

$67,895 > 22 \rightarrow$ pengaruh kelangsingan diperhitungkan

❖ Faktor pembesaran momen

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI k}{(k.lu)^2} = \frac{\left(\frac{22}{7}\right)^2 \cdot (1,903 \cdot 10^{13})}{((2,45) \cdot 4000 \text{ mm})^2} = 1957,31 \text{ kN}$$

Jumlah kolom tiap lantai = 24 buah

$$\Sigma P_c = 1957,31 \text{ kN} \times 24 \text{ buah} = 46975,46 \text{ kN}$$

$$\Sigma P_u = 925,83 \text{ kN} \times 24 \text{ buah} = 22219,85 \text{ kN}$$

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}} \geq 1 \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.13.6.c})$$

$$\delta_{ns} = \frac{1}{1 - \frac{925,83 \text{ kN}}{0,75 \cdot (1957,31 \text{ kN})}} \geq 1 \quad \rightarrow \quad 2,71 > 1 \text{ (OK)}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma Pu}{0,75 \Sigma Pc}} \geq 1 \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.13.6.c})$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{22219,85 \text{ kN}}{0,75 \cdot (46975,46 \text{ kN})}} \geq 1 \rightarrow 2,71 > 1 \quad (OK)$$

❖ **Pembesaran momen**
 Dari SAP diperoleh :

$$M1_{ns(DL+LL)} = 8,98 \quad \text{kN.m}$$

$$M1_{s(gempa1)} = 162,91 \quad \text{kN.m}$$

$$M2_{ns(DL+LL)} = 19,92 \quad \text{kN.m}$$

$$M2_{s(gempa1)} = 301,37 \quad \text{kN.m}$$

$$M1_y = M1_{ns} + \delta_s \cdot M1_s$$

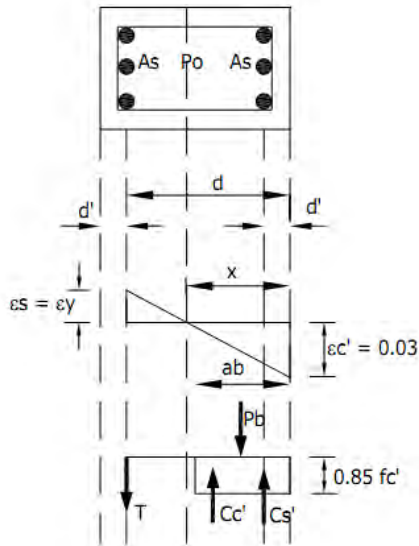
$$M1_y = 8,98 + (2,71 \cdot (162,91)) = 408,1 \text{ kN.m}$$

$$M2_y = M2_{ns} + \delta_s \cdot M2_s$$

$$M2_y = 19,92 + (2,71 \cdot (301,37)) = 835,93 \text{ kN.m}$$

Jadi dipakai Momen yang terbesar = 835,93 kN.m

- ❖ Kondisi perencanaan penampang kolom
 - Kondisi balanced



Gambar 12.42 Kondisi Balanced

$$e_{\min} = (15 + 0,03h)$$

$$e_{\min} = (15 + 0,03 \cdot 500 \text{ mm})$$

$$e_{\min} = 30 \text{ mm}$$

direncanakan jumlah tulangan pada satu sisi kolom 6 diameter 22 mm dengan $A_s' = 2289,8 \text{ mm}^2$

$$C_s' = A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$C_s' = 2289,8 \cdot (320 \text{ N/mm}^2 - 0,85 \cdot (25 \text{ N/mm}^2))$$

$$C_s' = 681,66 \text{ kN}$$

$$d = b - t_{decking} - \emptyset_{sengkang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right)$$

$$d = 500\text{mm} - 40\text{mm} - 12\text{mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22\text{mm} \right) = 437\text{ mm}$$

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

$$x_b = \frac{600}{600 + 320\text{N/mm}^2} \cdot 437\text{mm} = 285\text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta \cdot x_b$$

$$Cc' = 0,85 \cdot (25) \cdot (500) \cdot 0,85 \cdot (285) = 2573,91\text{ kN}$$

$$T = A_s' \cdot f_y = 2289,8\text{ mm}^2 \cdot (320\text{ N/mm}^2) = 730,15\text{ kN}$$

$$P_b = Cc' - C_s' + T$$

$$P_b = (2573,91 - 681,66 + 730,15)\text{ kN} = 2622,39\text{ kN}$$

$$d' = t_{decking} + \emptyset_{sengkang} + \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right)$$

$$d' = 40\text{mm} + 12\text{mm} + \left(\frac{1}{2} \cdot 22\text{mm} \right) = 63\text{ mm}$$

$$d'' = b - t_{decking} - \emptyset_{sengkang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot b \right)$$

$$d'' = 500 - 40 - 12 - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot 500 \right) = 187\text{ mm}$$

$$ab = 0,85 \cdot (x_b) = 0,85 \cdot (285\text{ mm}) = 242,25\text{ mm}$$

$$M_b = P_b \cdot e_b = C_c' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + (T \cdot d'')$$

$$2573,91 \left(437 - 187 - \frac{242,25}{2} \right) + 681,66 (437 - 187 - 63) + (730,15 \cdot (187))$$

$$M_b = 595,721 \text{ kN.m}$$

$$e_b = \frac{M_b}{P_b} = \frac{595721 \text{ kN.mm}}{2622,39 \text{ kN}} = 227,17 \text{ mm}$$

$$e_{\text{perlu}} = \frac{M_{ux}}{P_u} = \frac{835932 \text{ kNmm}}{925,83 \text{ kN}} = 902,9 \text{ mm}$$

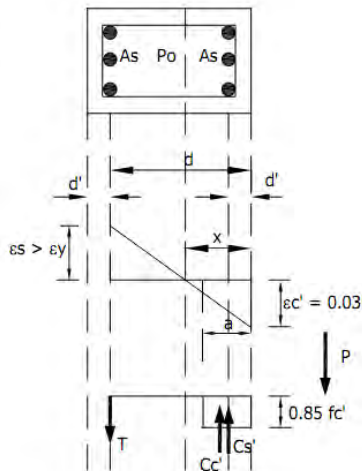
Cek persyaratan :

$e_{\text{min}} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balanced}}$

$30 \text{ mm} < 902,9 \text{ mm} > 227,17 \text{ mm}$

(Kondisi tarik menentukan)

- Kondisi tarik menentukan



Gambar 12.43 Kondisi tarik menentukan

$$d = b - t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{senggang}} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{\text{tul.utama}} \right)$$

$$d = 500\text{mm} - 40\text{mm} - 12\text{mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22\text{mm} \right) = 437\text{ mm}$$

$$x_{\text{pakai}} = \frac{1}{2} \cdot b = \frac{1}{2} \cdot 500\text{mm} = 250\text{ mm}$$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{437}{250} - 1 \right) \cdot 0,003 = 0,0022$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_s}{E_s} = \frac{320\text{N/mm}^2}{200000\text{N/mm}^2} = 0,0016$$

Cek persyaratan :

$$\varepsilon_s > \varepsilon_y \rightarrow 0,0022 > 0,0016 \text{ (OK)} \quad \text{maka } f_s = f_y = 320\text{N/mm}^2$$

$$C_s' = A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$C_s' = 2289,8\text{ mm}^2 \cdot (320\text{N/mm}^2 - 0,85 \cdot (25\text{N/mm}^2))$$

$$C_s' = 681,66\text{ kN}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta \cdot x_{\text{pakai}}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot (25\text{N/mm}^2) \cdot 500\text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 250\text{ mm}$$

$$C_c' = 2257,81\text{ kN}$$

$$T = A_s' \cdot f_s = 2289,8\text{ mm}^2 \cdot (320\text{N/mm}^2) = 730,15\text{ kN}$$

$$P = C_c' - C_s' + T$$

$$P = (2257,81 - 681,66 + 730,15)\text{ kN} = 2306,3\text{ kN}$$

$$P < P_b \rightarrow 2306,3\text{ kN} < 2622,39\text{ kN (OK)}$$

$$d' = t_{decking} - \emptyset_{sengkang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right)$$

$$d' = 40\text{mm} - 12\text{mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22\text{mm} \right) = 63 \text{ mm}$$

$$d'' = b - t_{decking} - \emptyset_{sengkang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot b \right)$$

$$d'' = 500 - 40 - 12 - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot 500 \right) = 187 \text{ mm}$$

$$ab = 0,85 \cdot (x_{pakai}) = 0,85 \cdot (250 \text{ mm}) = 212,5 \text{ mm}$$

$$M_n = P \cdot e = Cc' \left(d - d'' - \frac{a}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + (T \cdot d'')$$

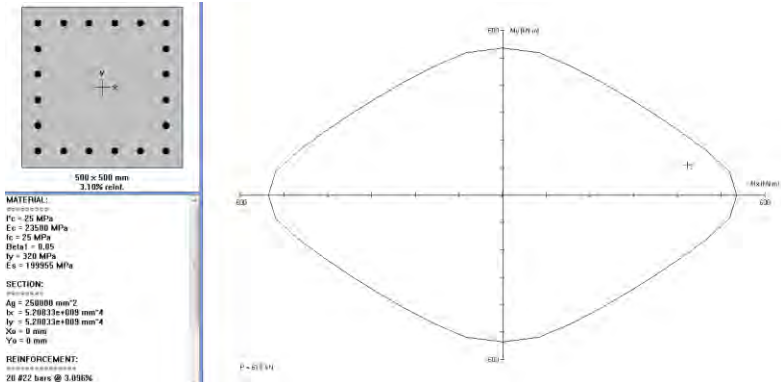
$$2257,81 \left(437 - 187 - \frac{212,5}{2} \right) + 681,66 (437 - 187 - 63) + (730,15 \cdot (187))$$

$$M_n = 2588,57 \text{ kN.m}$$

$$\emptyset \cdot M_n = 0,65 \cdot 2588,57 \text{ kN.m} = 1682,57 \text{ kN.m}$$

$$\emptyset \cdot M_n > M_u \rightarrow 1682,57 \text{ kN.m} > 1084,342 \text{ kN.m} \quad (\text{OK})$$

12.3.5 Cek Menggunakan Program PCACOL



Gambar 12.44 Kontrol diagram PCACOL SRPMM

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)

No.	P _u kN	M _{ux} kN-m	M _{uy} kN-m	T _{Mx} kN-m	T _{M_y} kN-m	T _M /M _u
1	1225.0	121.0	312.0	176.1	454.1	1.456
2	489.0	131.0	336.0	176.0	451.3	1.343
3	613.0	423.0	110.0	489.7	127.3	1.13

*** Program completed as requested! ***

Gambar 12.45 Kontrol diagram PCACOL SRPMM

Dipasang tulangan 6D22 ($A_s = 2281,71 \text{ mm}^2$) pada 1 sisi kolom
 Cek jarak antar tulangan untuk 1 sisi kolom

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{decking}) - (2 \cdot \phi_{geser}) - (n \cdot \phi_{lentur})}{n - 1}$$

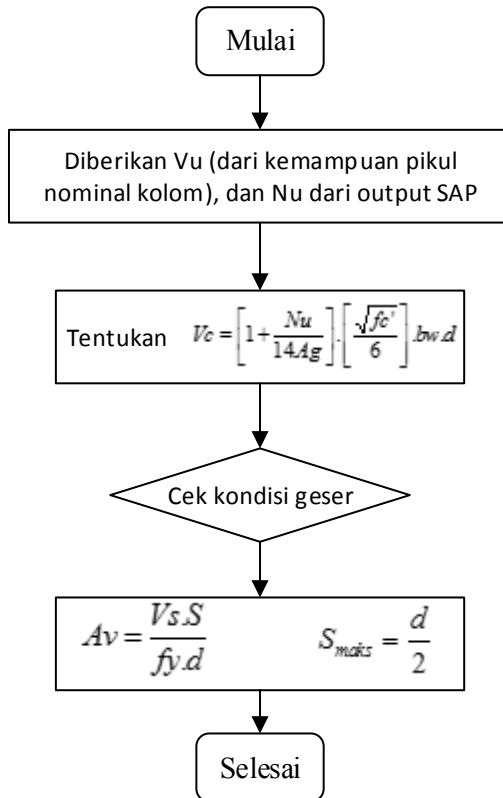
$$S_{maks} = \frac{500 \text{ mm} - (2 \cdot 40 \text{ mm}) - (2 \cdot 12 \text{ mm}) - (6 \cdot 22 \text{ mm})}{6 - 1} = 52,8 \text{ mm}$$

Cek persyaratan :

$$S_{maks} > 40 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad 52,8 \text{ mm} > 40 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

12.3.6 Pengekangan Kolom

Skema penulangan geser kolom adalah sebagai berikut :



Data perencanaan penulangan geser kolom :

$$\begin{aligned} f_c' &= 25 \text{ N/mm}^2 \\ f_y &= 320 \text{ N/mm}^2 \\ f_{yv} &= 240 \text{ N/mm}^2 \\ b &= 500 \text{ mm} \\ h &= 500 \text{ mm} \\ \text{\textcircled{O}} \text{ Tul. Utama} &= 22 \text{ mm} \\ \text{\textcircled{O}} \text{ Tul. geser} &= 12 \text{ mm} \\ \phi &= 0,75 \end{aligned}$$

Diperoleh output dari SAP :

Aksial

$$N_u = (1,2DL + 1,6LL)$$

$$N_u = 925,827 \text{ kN}$$

$$d = b - \text{\textcircled{O}}_{decking} - \text{\textcircled{O}}_{senggang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \text{\textcircled{O}}_{lentur} \right)$$

$$d = 500\text{mm} - 40\text{mm} - 12\text{mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22\text{mm} \right) = 437 \text{ mm}$$

Gaya lintang pada kolom untuk SRPMM :

$$V_u = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{hn} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 pasal 23.10.3})$$

Dimana :

$$M_n = 489,7 \text{ kN.m (dari PCACOL)}$$

M_{nt} = Momen nominal pasang *top* kolom

M_{nb} = Momeen nominal pasang *bottom* kolom

$$M_{nt} = \frac{M_n}{\phi} = \frac{489,7\text{kN.m}}{0,75} = 652,93\text{kN.m}$$

$$M_{nb} = \frac{M_n}{\phi} = \frac{489,7\text{kN.m}}{0,75} = 652,93\text{kN.m}$$

$$V_u = \frac{(652,93 + 652,93) \text{ kN.m}}{3,55 \text{ m}} = 367,85 \text{ kN}$$

Kekuatan geser :

$$V_c = \left[1 + \frac{Nu}{14Ag} \right] \cdot \left[\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right] \cdot bw \cdot d \quad (\text{SNI 03-2847-2002, psl 13.3.2})$$

$$V_c = \left[1 + \frac{925827 \text{ N}}{14(500 \times 500)} \right] \cdot \left[\frac{\sqrt{25}}{6} \right] \cdot 500 \cdot (437) = 48165,05 \text{ N}$$

Kuat geser beton (SNI 03-2847-2002 psl.13.3.1.1) :

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_{pasang}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 500 \text{ mm} \cdot (437 \text{ mm})$$

$$V_c = 182,08 \text{ kN}$$

Adapun luas tulangan geser minimum yang harus terpasang menurut SNI 03-2847-2002 psl. 13.5.5 adalah :

$$V_{S_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d_{pasang}$$

$$V_{S_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot 500 \text{ mm} \cdot (437 \text{ mm}) = 72,83 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_{pasang}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 500 \text{ mm} \cdot (437 \text{ mm}) = 364,17 \text{ kN}$$

$$2.V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_{pasang}$$

$$2.V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 500 \text{ mm} \cdot (437 \text{ mm}) = 728,33 \text{ kN}$$

Chu Kia Wang dalam bukunya “Desain Beton Bertulang”, pada dasarnya perencanaan untuk geser dapat dibagi atas kategori sebagai berikut :

$$1. Vu \leq 0,5 \cdot \phi V_c$$

$$367,85 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot (0,75) \cdot (182,08 \text{ kN})$$

$$367,85 \text{ kN} > 68,28 \text{ kN} \text{ (tidak memenuhi syarat)}$$

$$2. 0,5 \cdot \phi V_c < Vu < \phi V_c$$

$$68,28 \text{ kN} < 367,85 \text{ kN} < (0,75) \cdot (182,08 \text{ kN})$$

$$68,28 \text{ kN} < 367,85 \text{ kN} > 136,56 \text{ kN} \text{ (tidak memenuhi)}$$

$$3. \phi V_c < Vu \leq \phi (V_c + V_{s_{\min}})$$

$$136,56 \text{ kN} < 367,85 \text{ kN} < (0,75) \cdot (182,08 \text{ kN} + 72,83 \text{ kN})$$

$$136,56 \text{ kN} < 357,85 \text{ kN} > 191,18 \text{ kN} \text{ (tidak memenuhi)}$$

$$4. \phi (V_c + V_{s_{\min}}) < Vu \leq \phi \left(V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot w \cdot d_{pasang} \right)$$

$$191,18 \text{ kN} < 367,85 \text{ kN} \leq (0,75) \cdot (182,08 \text{ kN} + 364,17 \text{ kN})$$

$$191,18 \text{ kN} < 367,85 \text{ kN} < 409,69 \text{ kN}$$

(memenuhi syarat)

Direncanakan diameter tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2

$$\text{kaki : } Av = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_{10})^2$$

$$Av = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{22}{7} \cdot (10\text{mm})^2 = 157,14\text{mm}^2$$

Sehingga jarak antar sengkang,

$$S = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs_{\min}} = \frac{(157,14\text{mm}^2) \cdot 320\text{N/mm}^2 \cdot (437\text{mm})}{72830\text{N}} = 301,7\text{ mm}$$

Sesuai SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4.2 pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

1. $S = b/2 = 500\text{ mm} / 2 = 250\text{ mm}$
2. $S = 8 \cdot \varnothing_{tul.utama} = 8 \cdot 22\text{ mm} = 176\text{ mm}$
3. $S = 24 \cdot \varnothing_{sengkang} = 24 \cdot 10\text{ mm} = 240\text{ mm}$
4. 300 mm

Jadi dipasang tulangan geser daerah tumpuan Ø10-150

12.3.7 Panjang Sambungan Lewatan Tulangan Kolom

Sambungan tulangan kolom yang diletakkan ditengah tinggi kolom harus memenuhi ketentuan panjang lewatan yang ditentukan oleh SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.2 yang dihitung dengan rumus :

$$\frac{l_d}{db} = \frac{9 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \lambda}{10 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \frac{(c + K_{tr})}{db}} \quad (12.16)$$

dimana :

$$\alpha = 1 ; \beta = 1 ; \gamma = 1 ; \lambda = 1 ; K_{tr} = 0 ; db = 22 \text{ mm}$$

$$c = t_{decking} + \emptyset_{senggang} + \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right)$$

$$c = 40\text{mm} + 12\text{mm} + \left(\frac{1}{2} \cdot 22\text{mm} \right) = 63 \text{ mm}$$

$$c = \frac{h_{balok} - 2 \cdot (t_{decking} + \emptyset_{senggang}) - \emptyset_{tul.utama}}{2 \cdot (n+1)}$$

$$c = \frac{450 - 2 \cdot (40 + 12) - 22}{2 \cdot (6-1)} = 32,4 \text{ mm}$$

digunakan $c = 23,14 \text{ mm}$ (terkecil)

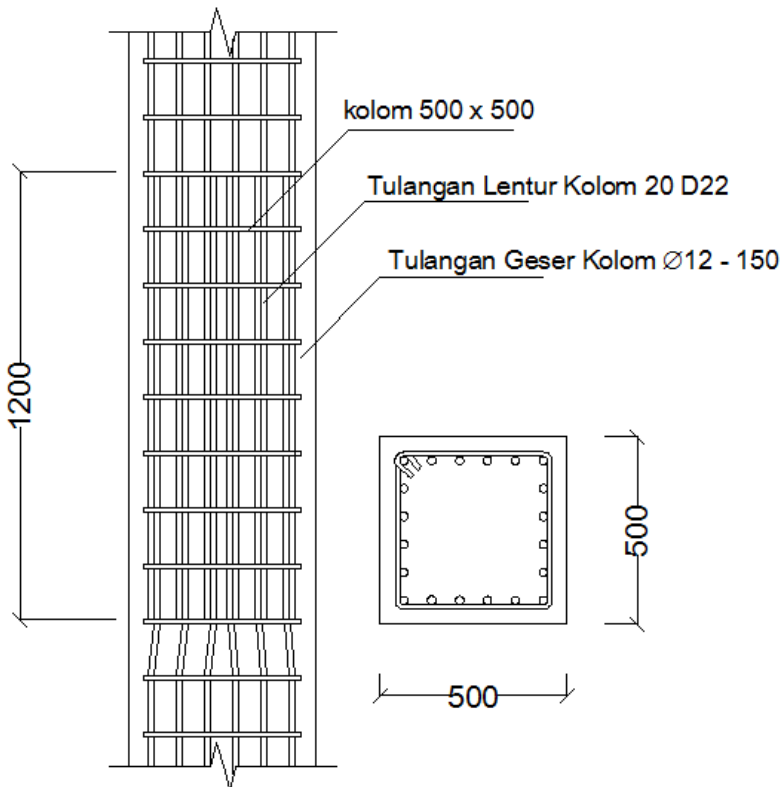
$$\frac{(c + K_{tr})}{db} = \frac{(32,4 + 0)}{22} = 1,47$$

maka,

$$\frac{l_d}{db} = \frac{9 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \lambda}{10 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \frac{(c + K_{tr})}{db}}$$

$$l_d = \frac{9.320.1.1.1.1}{10.\sqrt{25}.(1,47)}.22 = 862 \text{ mm}$$

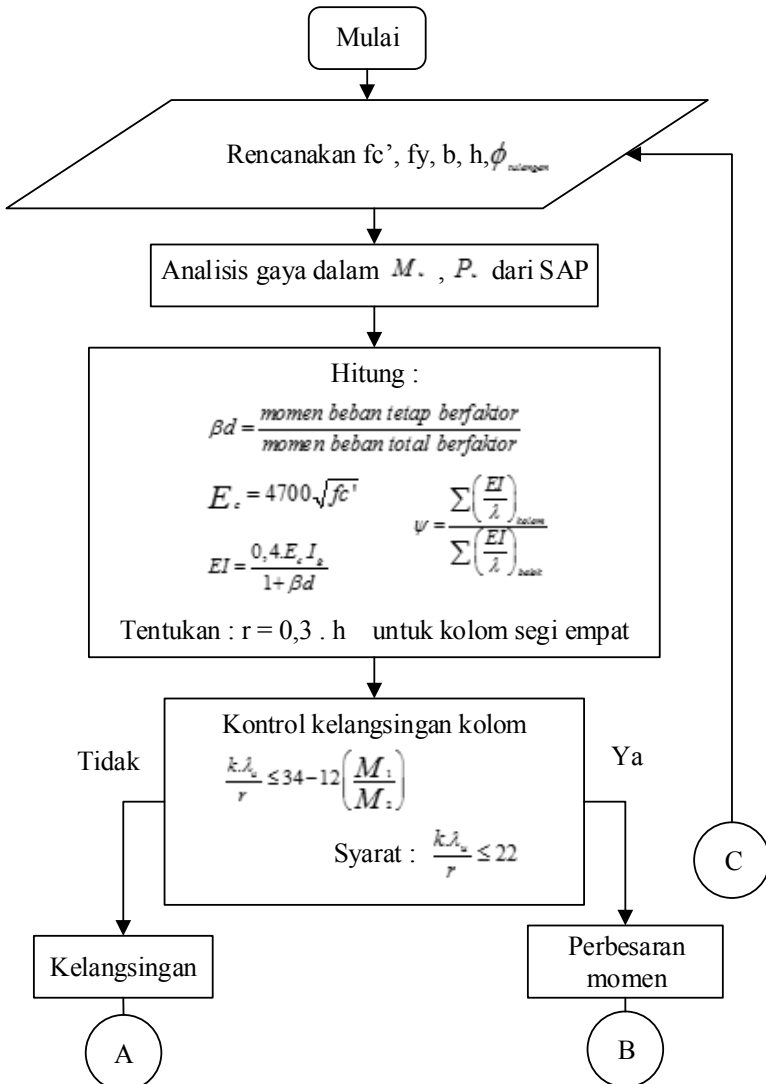
Karena seluruh tulangan pada panjang lewatan disambung, maka sambungan lewatan termasuk kelas B SNI 03-2847-2002 psl. 14.15.1-2, panjang lewatan = $1,3 \cdot l_d = 1,3 \cdot 862 \text{ mm} = 1120,65 \text{ mm} \approx 1200 \text{ mm}$

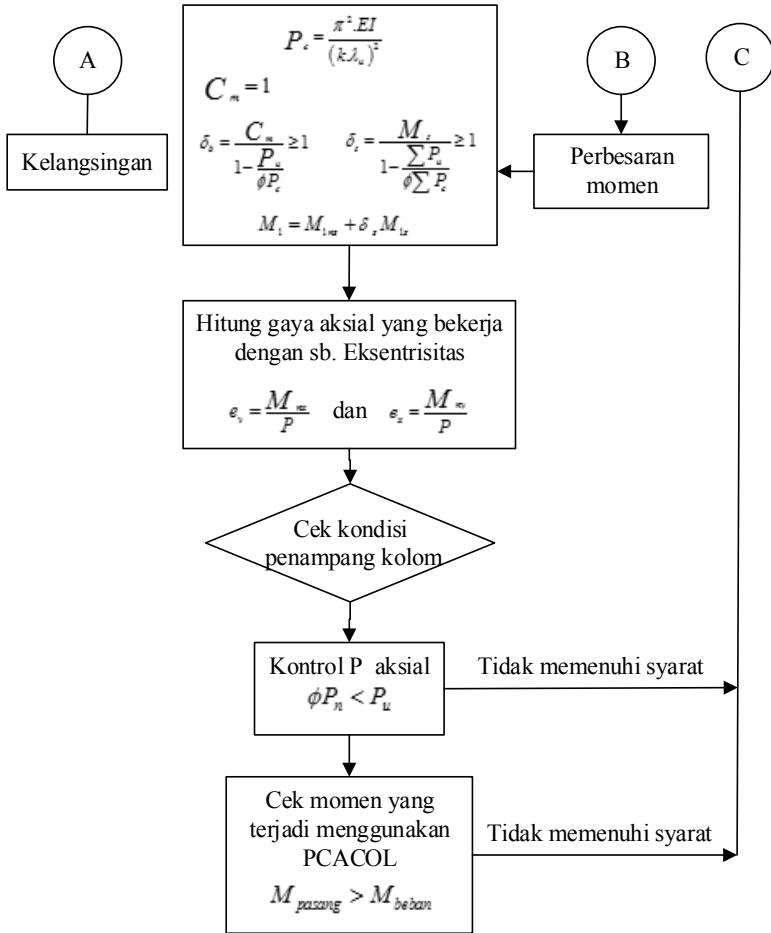


Gambar 12.46 Sambungan lewatan pada kolom SRPMM

12.4 Perhitungan Penulangan Kolom Metode SRPMK

Kolom merupakan anggota tekan vertikal dari suatu rangka struktural yang ditujukan untuk mendukung balok penahan beban. Kolom menyalurkan beban dari atas ke bawah yang selanjutnya disalurkan menuju tanah melalui pondasi.

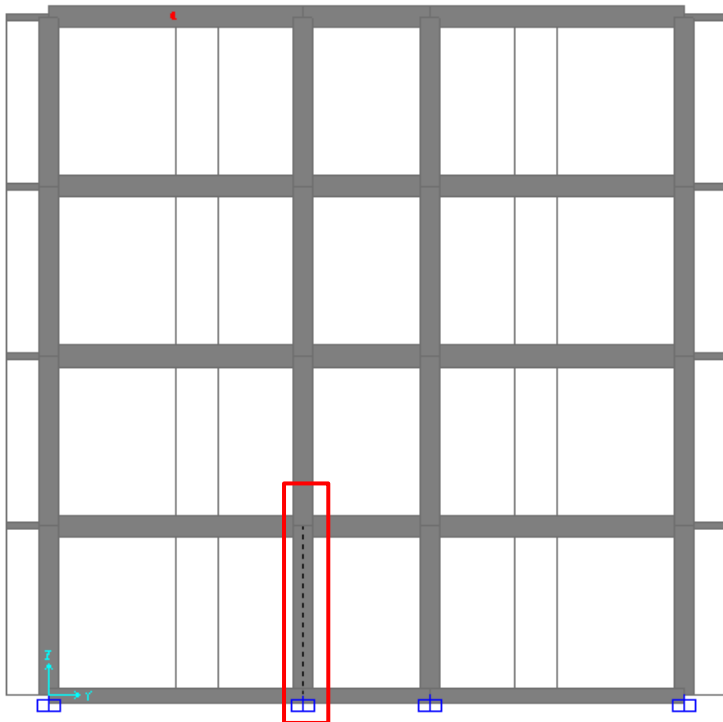




12.4.1 Data-data penulangan balok :

- ❖ Tipe kolom : K1 50/50
- ❖ Bentang kolom L_{kolom} : 4000 mm
- ❖ Dimensi kolom b_{kolom} : 500 mm
- ❖ Dimensi kolom h_{kolom} : 500 mm
- ❖ Kuat tekan beton f_c' : 25 N/mm²
- ❖ Kuat leleh tulangan lentur f_y : 320 N/mm²

❖ Kuat leleh tulangan geser	f_{yv}	: 240	N/mm ²
❖ Kuat leleh tulangan puntir	f_{yt}	: 240	N/mm ²
❖ Diameter tulangan lentur	\emptyset_{lentur}	: 22	mm
❖ Diameter tulangan sengkang	$\emptyset_{sengkang}$: 12	mm
❖ Decking		: 40	mm
❖ ϕ		: 0,65	
❖ β		: 0,85	
❖ E_s		: $2 \cdot 10^5$	N.mm



Gambar 12.47 Kolom yang ditinjau as C-2 frame 500 lantai 1

12.4.2 Hasil *output* dan diagram gaya dalam analisis SAP2000 :

Perhitungan penulangan kolom ini menggunakan analisis program SAP2000 versi 14.2.2. Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dari analisis SAP2000 pada balok as C-2 lantai 1 frame 500 adalah gaya yang paling maksimum akibat beberapa macam kombinasi pembebanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan terdiri dari kombinasi beban gravitasi dan kombinasi beban gempa.

Kombinasi pembebanan non gempa :

- $U = 1,4 \text{ DL}$
- $U = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$
- $U = 1,2 \text{ DL} + \text{LL}$

Kombinasi pembebanan gempa :

Pembebanan dari beban gravitasi dan beban gempa

- $U = 1,2 \text{ DL} + \text{LL} \pm E$
- $U = 0,9 \text{ DL} \pm E$



Gambar 12.48 gaya aksial kombinasi 1,2DL



Gambar 12.49 gaya aksial kombinasi 1,2DL + 1,6LL

12.4.3 Penulangan Lentur Uniaksial X

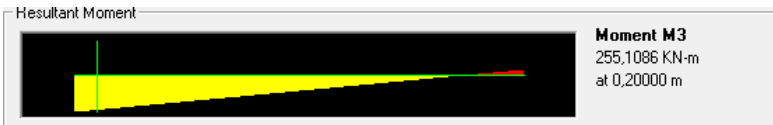
Momen akibat pengaruh gempa :

M_{1s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam satuan kN.m

M_{2s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam satuan kN.m



Gambar 12.50 Momen sway 1 akibat kombinasi EX+0,3EY

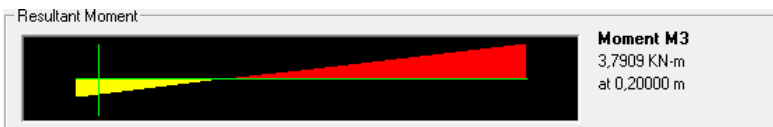


Gambar 12.51 Momen sway 2 akibat kombinasi EX+0,3EY

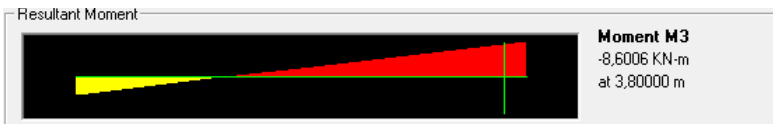
Momen akibat pengaruh gempa :

M_{1ns} = momen akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam satuan kN.m

M_{2ns} = momen akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam satuan kN.m



Gambar 12.52 Momen non-sway 1 akibat kombinasi DL+LL



Gambar 12.53 Momen non-sway 2 akibat kombinasi DL+LL

Berikut diperoleh hasil aksial dari analisis program SAP2000 :

$$P_u (1,2D) = 741,389 \text{ kN}$$

$$P_u (1,2DL + 1,6LL) = 925,827 \text{ kN}$$

➤ Kontrol kelangsingan kolom

β_d = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial total terfaktor maksimum.

$$\beta_d = \frac{1,2.P_{DL}}{(1,2.P_{DL}) + (1,6.P_{LL})}$$

$$\beta_d = \frac{741,389 \text{ kN}}{925,827 \text{ kN}} = 0,8$$

➤ Panjang tekuk kolom

$$\psi = \frac{\Sigma(EI / \lambda)_{kolom}}{\Sigma(EI / \lambda)_{balok}} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.11.6})$$

- Untuk kolom K1 (50/50)

$$EI_k = \frac{0,4.E_c.I_g}{1 + \beta_d} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.12.3})$$

$$I_g = 0,7 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3)$$

$$I_g = 0,7 \cdot (1/12 \cdot 500 \text{ mm}) \cdot (500 \text{ mm})^3$$

$$I_g = 3645833333 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} = 23500 \text{ N.mm}$$

$$EI_k = \frac{0,4.E_c.I_g}{1 + \beta_d}$$

$$EI_k = \frac{0,4.(23500).(3645833333)}{1 + (0,8)} = 1,90 \cdot 10^{13} \text{ N.mm}^2$$

- Untuk balok B1 (35/45)

$$EIb = \frac{0,4.Ec.Ig}{1 + \beta d} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.12.3})$$

$$Ig = 0,35 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3)$$

$$Ig = 0,35 \cdot (1/12 \cdot 350\text{m}) \cdot (450\text{m})^3$$

$$Ig = 930234375 \text{ mm}^4$$

$$Ec = 4700\sqrt{fc'}$$

$$Ec = 4700\sqrt{25\text{N/mm}^2} = 23.500 \text{ Nmm}$$

$$EIb = \frac{0,4.Ec.Ig}{1 + \beta d}$$

$$EIb = \frac{0,4.(23500).(930234375)}{1+(0,8)} = 4,86 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

- Untuk sloof B1 (20/35)

$$EIb = \frac{0,4.Ec.Ig}{1 + \beta d} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.12.3})$$

$$Ig = 0,35 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3)$$

$$Ig = 0,7 \cdot (1/12 \cdot 200\text{m}) \cdot (350\text{m})^3$$

$$Ig = 250104166,7 \text{ mm}^4$$

$$Ec = 4700\sqrt{fc'}$$

$$Ec = 4700\sqrt{25\text{N/mm}^2} = 23.500 \text{ Nmm}$$

$$EIs = \frac{0,4.Ec.Ig}{1 + \beta d}$$

$$EIs = \frac{0,4.(23500).(250104166,7)}{1+(0,8)} = 1,31 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

Untuk menentukan panjang tekuk kolom, akan diterapkan dengan menggunakan grafik alligment.

Kolom atas

$$\psi = \frac{\Sigma(EI / \lambda)_{kolom}}{\Sigma(EI / \lambda)_{balok}}$$

$$\psi_A = \frac{\left(\frac{1,903 \cdot 10^{13}}{4000}\right) + \left(\frac{1,903 \cdot 10^{13}}{4000}\right)}{\left(\frac{4,86 \cdot 10^{12}}{6000}\right) + \left(\frac{4,86 \cdot 10^{12}}{3000}\right)}$$

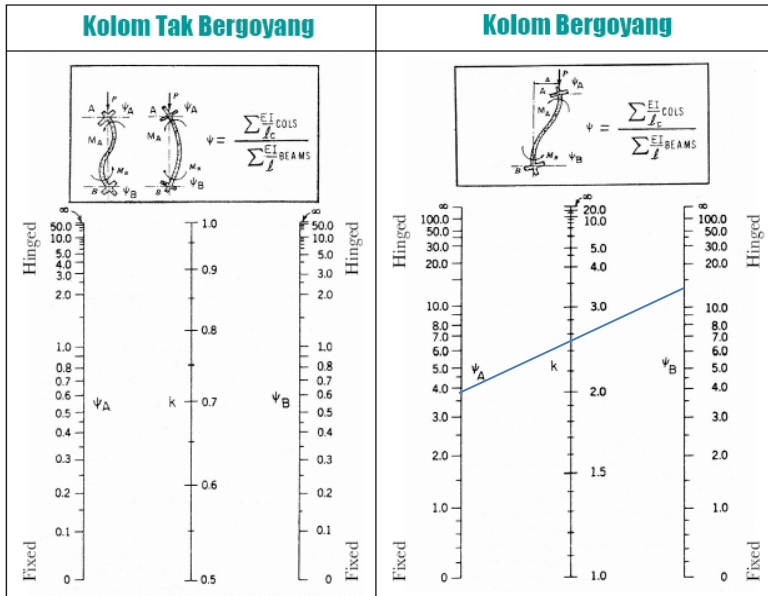
$$\psi_A = 3,92$$

Kolom bawah

$$\psi = \frac{\Sigma(EI / \lambda)_{kolom}}{\Sigma(EI / \lambda)_{sloof}}$$

$$\psi_B = \frac{\left(\frac{1,93 \cdot 10^{13}}{4000}\right) + \left(\frac{1,93 \cdot 10^{13}}{4000}\right)}{\left(\frac{1,31 \cdot 10^{12}}{6000}\right) + \left(\frac{1,31 \cdot 10^{12}}{3000}\right)}$$

$$\psi_B = 14,58$$



Gambar 12.54 Grafik alligment kolom

- ❖ Cek pengaruh kelangsingan pada kolom

$$\frac{k \cdot l_u}{r} \leq 22 \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.13.2})$$

Dari grafik alligment didapat $k = 2,45$

$$l_u = 4000 \text{ mm}$$

$$r = \sqrt{\frac{I_{kolom}}{A_{kolom}}} = \sqrt{\frac{3645833333 \text{ mm}^4}{250000 \text{ mm}^2}} = 144,34 \text{ mm}$$

$$\text{Sehingga, } \frac{k \cdot l_u}{r} \leq 22 \quad \rightarrow \quad \frac{(2,45) \cdot (4000) \text{ mm}}{144,34 \text{ mm}} \leq 22$$

$67,895 > 22 \rightarrow$ pengaruh kelangsingan diperhitungkan

❖ Faktor pembesaran momen

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI_k}{(k \cdot lu)^2} = \frac{\left(\frac{22}{7}\right)^2 \cdot (1,903 \cdot 10^{13})}{((2,45) \cdot 4000 \text{ mm})^2} = 1957,31 \text{ kN}$$

Jumlah kolom tiap lantai = 24 buah

$$\Sigma P_c = 1957,31 \text{ kN} \times 24 \text{ buah} = 46975,46 \text{ kN}$$

$$\Sigma P_u = 925,83 \text{ kN} \times 24 \text{ buah} = 22219,85 \text{ kN}$$

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}} \geq 1 \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.13.6.c})$$

$$\delta_{ns} = \frac{1}{1 - \frac{925,83 \text{ kN}}{0,75 \cdot (1957,31 \text{ kN})}} \geq 1 \rightarrow 2,71 > 1 \text{ (OK)}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1 \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.13.6.c})$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{22219,85 \text{ kN}}{0,75 \cdot (46975,46 \text{ kN})}} \geq 1 \rightarrow 2,71 > 1 \text{ (OK)}$$

❖ Pembesaran momen

Dari SAP diperoleh :

$$M1_{ns(DL+LL)} = 3,71 \quad \text{kN.m}$$

$$M1_{s(gempa1)} = 27,5 \quad \text{kN.m}$$

$$M2_{ns(DL+LL)} = 8,6 \quad \text{kN.m}$$

$$M2_{s(gempa1)} = 255,11 \quad \text{kN.m}$$

$$M1_x = M1_{ns} + \delta_s.M1_s$$

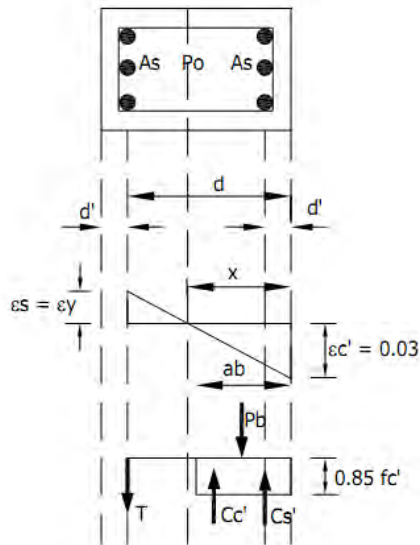
$$M1_x = 3,71 + (2,71.(27,5)) = 78,25 \text{ kN.m}$$

$$M2_x = M2_{ns} + \delta_s.M2_s$$

$$M2_x = 8,6 + (2,71.(255,11)) = 699,35 \text{ kN.m}$$

Jadi dipakai Momen yang terbesar = 699,35 kN.m

- ❖ Kondisi perencanaan penampang kolom
 - Kondisi balanced



Gambar 12.55 Kondisi Balanced

$$e_{\min} = (15 + 0,03h)$$

$$e_{\min} = (15 + 0,03 \cdot 500 \text{ mm})$$

$$e_{\min} = 30 \text{ mm}$$

Direncanakan jumlah tulangan pada satu sisi kolom 5 diameter 22 mm dengan $As' = 1901,43 \text{ mm}^2$

$$Cs' = As' \cdot (fy - 0,85 \cdot fc')$$

$$Cs' = 1901,43 \text{ mm}^2 \cdot (320 \text{ N/mm}^2 - 0,85 \cdot (25 \text{ N/mm}^2))$$

$$Cs' = 568,1 \text{ kN}$$

$$d = b - t_{decking} - \emptyset_{senggang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right)$$

$$d = 500 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right) = 437 \text{ mm}$$

$$x_b = \frac{600}{600 + fy} \cdot d$$

$$x_b = \frac{600}{600 + 320 \text{ N/mm}^2} \cdot 437 \text{ mm} = 285 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot \beta \cdot x_b$$

$$Cc' = 0,85 \cdot (25) \cdot (500) \cdot 0,85 \cdot (285) = 2573,91 \text{ kN}$$

$$T = As' \cdot fy = 1901,43 \text{ mm}^2 \cdot (320 \text{ N/mm}^2) = 608,46 \text{ kN}$$

$$Pb = Cc' - Cs' + T$$

$$Pb = (2573,91 - 568,1 + 608,46) \text{ kN} = 2614,31 \text{ kN}$$

$$d' = t_{decking} + \emptyset_{senggang} + \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right)$$

$$d' = 40 \text{ mm} + 12 \text{ mm} + \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right) = 63 \text{ mm}$$

$$d'' = b - t_{\text{decking}} - \varnothing_{\text{senggang}} - \left(\frac{1}{2} \cdot \varnothing_{\text{tul.utama}} \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot b \right)$$

$$d'' = 500 - 40 - 12 - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot 500 \right) = 187 \text{ mm}$$

$$ab = 0,85 \cdot (x_b) = 0,85 \cdot (285 \text{ mm}) = 242,25 \text{ mm}$$

$$M_b = P_b \cdot e_b = C_c' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + (T \cdot d'')$$

$$2573,91 \left(437 - 187 - \frac{242,25}{2} \right) + 568,1 (437 - 187 - 63) + (608,46 \cdot (187))$$

$$M_b = 551,72 \text{ kN.m}$$

$$e_b = \frac{M_b}{P_b} = \frac{551720 \text{ kN.mm}}{2614,31 \text{ kN}} = 211,04 \text{ mm}$$

$$e_{\text{perlu}} = \frac{M_{ux}}{P_u} = \frac{699,35 \text{ kNmm}}{925,83 \text{ kN}} = 755,381 \text{ mm}$$

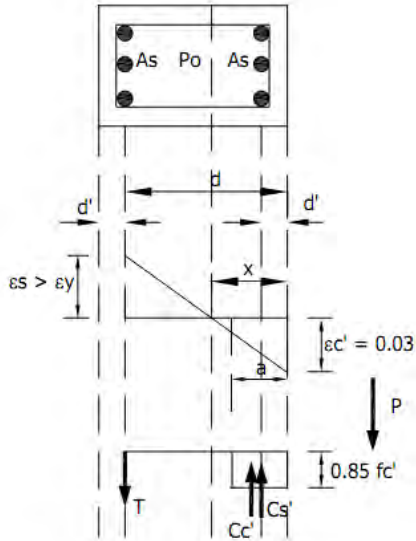
Cek persyaratan :

$e_{\text{min}} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balanced}}$

$30 \text{ mm} < 755,381 \text{ mm} > 211,04 \text{ mm}$

(Kondisi tarik menentukan)

- Kondisi tarik menentukan



Gambar 12.56 Kondisi tarik menentukan

$$d = b - t_{\text{decking}} - \varnothing_{\text{senggang}} - \left(\frac{1}{2} \cdot \varnothing_{\text{tul.utama}} \right)$$

$$d = 500\text{mm} - 40\text{mm} - 12\text{mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22\text{mm} \right) = 437\text{ mm}$$

$$x_{\text{pakai}} = \frac{1}{2} \cdot b = \frac{1}{2} \cdot 500\text{mm} = 250\text{ mm}$$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{437}{250} - 1 \right) \cdot 0,003 = 0,0022$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_s}{E_s} = \frac{320 \text{ N/mm}^2}{200000 \text{ N/mm}^2} = 0,0016$$

Cek persyaratan :

$$\varepsilon_s > \varepsilon_y \rightarrow 0,0022 > 0,0016 \quad (\text{OK}) \quad \text{maka } f_s = f_y = 320 \text{ N/mm}^2$$

$$C_s' = A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$C_s' = 1901,43 \text{ mm}^2 \cdot (320 \text{ N/mm}^2 - 0,85 \cdot (25 \text{ N/mm}^2))$$

$$C_s' = 568,05 \text{ kN}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta \cdot x_{pakai}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot (25 \text{ N/mm}^2) \cdot 500 \text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 250 \text{ mm}$$

$$C_c' = 2257,81 \text{ kN}$$

$$T = A_s' \cdot f_s = 1901,43 \text{ mm}^2 \cdot (320 \text{ N/mm}^2) = 608,46 \text{ kN}$$

$$P = C_c' - C_s' + T$$

$$P = (2257,81 - 568,05 + 608,46) \text{ kN} = 2298,22 \text{ kN}$$

$$P < P_b \rightarrow 2298,22 \text{ kN} < 2614,31 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

$$d' = t_{decking} - \varnothing_{sengkang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \varnothing_{tul.utama} \right)$$

$$d' = 40 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right) = 63 \text{ mm}$$

$$d'' = b - t_{decking} - \varnothing_{sengkang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \varnothing_{tul.utama} \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot b \right)$$

$$d'' = 500 - 40 - 12 - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot 500 \right) = 187 \text{ mm}$$

$$ab = 0,85 \cdot (x_{pakai}) = 0,85 \cdot (250 \text{ mm}) = 212,5 \text{ mm}$$

$$M_n = P \cdot e = Cc' \left(d - d'' - \frac{a}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + (T \cdot d'')$$

$$2257,81 \left(437 - 187 - \frac{212,5}{2} \right) + 568,05 (437 - 187 - 63) + (608,46 \cdot (187))$$

$$M_n = 1544,57 \text{ kN.m}$$

$$\emptyset \cdot M_n = 0,65 \cdot 1544,57 \text{ kN.m} = 1003,97 \text{ kN.m}$$

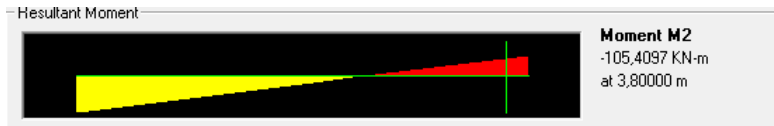
$$\emptyset \cdot M_n > M_u \rightarrow 1003,97 \text{ kN.m} > 699,35 \text{ kN.m} \quad (\text{OK})$$

12.4.4 Penulangan Lentur Uniaksial Y

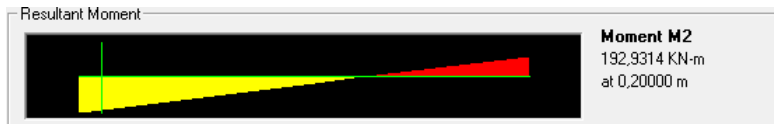
Momen akibat pengaruh gempa :

M_{1s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam satuan kN.m

M_{2s} = momen akibat beban yang menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam satuan kN.m



Gambar 12.57 Momen sway 1 akibat kombinasi 0,3EX+EY

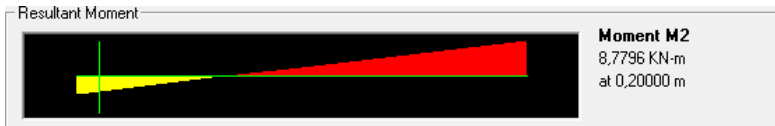


Gambar 12.58 Momen sway 2 akibat kombinasi 0,3EX+EY

Momen akibat pengaruh gempa :

M_{1ns} = momen akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang terkecil dalam satuan kN.m

M_{2ns} = momen akibat beban yang tidak menimbulkan goyangan ke samping yang terbesar dalam satuan kN.m



Gambar 12.59 Momen non-sway 1 akibat kombinasi DL+LL



Gambar 12.60 Momen non-sway 2 akibat kombinasi DL+LL

Berikut diperoleh hasil aksial dari analisis program SAP2000 :

$$P_u (1,2D) = 741,389 \text{ kN}$$

$$P_u (1,2DL + 1,6LL) = 925,827 \text{ kN}$$

- Kontrol kelangsingan kolom

β_d = rasio beban aksial tetap terfaktor maksimum terhadap beban aksial total terfaktor maksimum.

$$\beta_d = \frac{1,2 \cdot P_{DL}}{(1,2 \cdot P_{DL}) + (1,6 \cdot P_{LL})}$$

$$\beta_d = \frac{741,389 \text{ kN}}{925,827 \text{ kN}} = 0,8$$

- Panjang tekuk kolom

$$\psi = \frac{\sum (EI / \lambda)_{kolom}}{\sum (EI / \lambda)_{balok}} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.11.6})$$

- Untuk kolom K1 (50/50)

$$EI_k = \frac{0,4.E_c.I_g}{1 + \beta d} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.12.3})$$

$$I_g = 0,7 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3)$$

$$I_g = 0,7 \cdot (1/12 \cdot 500\text{mm}) \cdot (500\text{mm})^3$$

$$I_g = 3645833333 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700\sqrt{f'c}$$

$$E_c = 4700\sqrt{25\text{N/mm}^2} = 23500 \text{ N.mm}$$

$$EI_k = \frac{0,4.E_c.I_g}{1 + \beta d}$$

$$EI_k = \frac{0,4.(23500).(3645833333)}{1 + (0,8)} = 1,90 \cdot 10^{13} \text{ N.mm}^2$$

- Untuk balok B1 (35/45)

$$EI_b = \frac{0,4.E_c.I_g}{1 + \beta d} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.12.3})$$

$$I_g = 0,35 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3)$$

$$I_g = 0,35 \cdot (1/12 \cdot 350\text{m}) \cdot (450\text{m})^3$$

$$I_g = 930234375 \text{ mm}^4$$

$$E_c = 4700\sqrt{f'c}$$

$$E_c = 4700\sqrt{25\text{N/mm}^2} = 23.500 \text{ Nmm}$$

$$EI_b = \frac{0,4.E_c.I_g}{1 + \beta d}$$

$$EI_b = \frac{0,4.(23500).(930234375)}{1 + (0,8)} = 4,86 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

- Untuk sloof B1 (20/35)

$$EIb = \frac{0,4 \cdot Ec \cdot Ig}{1 + \beta d} \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.12.3})$$

$$Ig = 0,35 \cdot (1/12 \cdot b \cdot h^3)$$

$$Ig = 0,7 \cdot (1/12 \cdot 200\text{m}) \cdot (350\text{m})^3$$

$$Ig = 250104166,7 \text{ mm}^4$$

$$Ec = 4700 \cdot \sqrt{f'c'}$$

$$Ec = 4700 \cdot \sqrt{25\text{N/mm}^2} = 23.500 \text{ Nmm}$$

$$EIs = \frac{0,4 \cdot Ec \cdot Ig}{1 + \beta d}$$

$$EIs = \frac{0,4 \cdot (23500) \cdot (250104166,7)}{1 + (0,8)} = 1,31 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

Untuk menentukan panjang tekuk kolom, akan diterapkan dengan menggunakan grafik alligment.

Kolom atas

$$\psi = \frac{\Sigma(EI / \lambda)_{kolom}}{\Sigma(EI / \lambda)_{balok}}$$

$$\psi_A = \frac{\left(\frac{1,903 \cdot 10^{13}}{4000} \right) + \left(\frac{1,903 \cdot 10^{13}}{4000} \right)}{\left(\frac{4,86 \cdot 10^{12}}{6000} \right) + \left(\frac{4,86 \cdot 10^{12}}{3000} \right)}$$

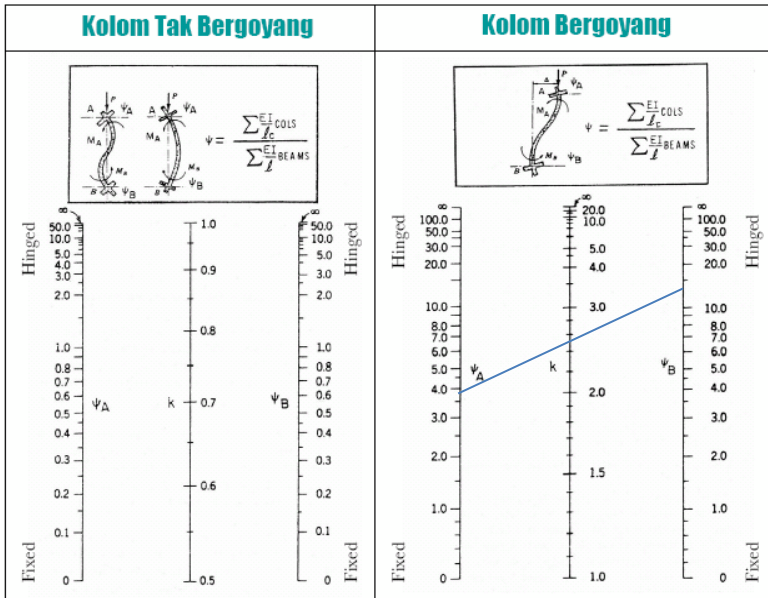
$$\psi_A = 3,92$$

Kolom bawah

$$\psi = \frac{\Sigma(EI / \lambda)_{kolom}}{\Sigma(EI / \lambda)_{sloof}}$$

$$\psi_B = \left(\frac{1,93 \cdot 10^{13}}{4000} \right) + \left(\frac{1,93 \cdot 10^{13}}{4000} \right) \left(\frac{1,31 \cdot 10^{12}}{6000} \right) + \left(\frac{1,31 \cdot 10^{12}}{3000} \right)$$

$$\psi_B = 14,58$$



Gambar 12.61 Grafik alligment kolom

- ❖ Cek pengaruh kelangsingan pada kolom

$$\frac{k.lu}{r} \leq 22 \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.13.2})$$

Dari grafik alligment didapat $k = 2,45$

$$lu = 4000 \text{ mm}$$

$$r = \sqrt{\frac{I_{kolom}}{A_{kolom}}} = \sqrt{\frac{36458333333\text{mm}^4}{250000\text{mm}^2}} = 144,34 \text{ mm}$$

$$\text{Sehingga, } \frac{k.lu}{r} \leq 22 \quad \rightarrow \quad \frac{(2,45).(4000)\text{mm}}{144,34\text{mm}} \leq 22$$

$$67,895 > 22 \quad \rightarrow \text{pengaruh kelangsingan diperhitungkan}$$

- ❖ Faktor pembesaran momen

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI k}{(k.lu)^2} = \frac{\left(\frac{22}{7}\right)^2 \cdot (1,903 \cdot 10^{13})}{((2,45) \cdot 4000\text{mm})^2} = 1957,31 \text{ kN}$$

Jumlah kolom tiap lantai = 24 buah

$$\Sigma P_c = 1957,31 \text{ kN} \times 24 \text{ buah} = 46975,46 \text{ kN}$$

$$\Sigma P_u = 925,83 \text{ kN} \times 24 \text{ buah} = 22219,85 \text{ kN}$$

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75P_c}} \geq 1 \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.13.6.c})$$

$$\delta_{ns} = \frac{1}{1 - \frac{925,83 \text{ kN}}{0,75 \cdot (1957,31 \text{ kN})}} \geq 1 \quad \rightarrow \quad 2,71 > 1 \quad (\text{OK})$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma Pu}{0,75 \Sigma Pc}} \geq 1 \quad (\text{SNI 03-2847-2002 psl 12.13.6.c})$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{22219,85 \text{ kN}}{0,75 \cdot (46975,46 \text{ kN})}} \geq 1 \rightarrow 2,71 > 1 \text{ (OK)}$$

❖ **Pembesaran momen**

Dari SAP diperoleh :

$$M1_{ns(DL+LL)} = 8,78 \quad \text{kN.m}$$

$$M1_{s(gempa1)} = 105,41 \quad \text{kN.m}$$

$$M2_{ns(DL+LL)} = 19,92 \quad \text{kN.m}$$

$$M2_{s(gempa1)} = 192,93 \quad \text{kN.m}$$

$$M1_y = M1_{ns} + \delta_s \cdot M1_s$$

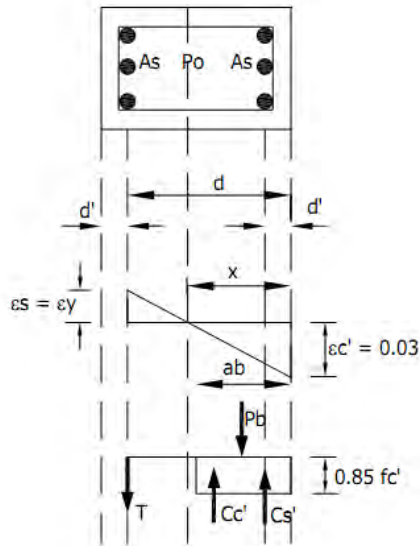
$$M1_y = 8,78 + (2,71 \cdot (105,41)) = 267,03 \text{ kN.m}$$

$$M2_y = M2_{ns} + \delta_s \cdot M2_s$$

$$M2_y = 19,92 + (2,71 \cdot (192,93)) = 542,32 \text{ kN.m}$$

Jadi dipakai Momen yang terbesar = 542,32 kN.m

- ❖ Kondisi perencanaan penampang kolom
 - Kondisi balanced



Gambar 12.62 Kondisi Balanced

$$e_{\min} = (15 + 0,03h)$$

$$e_{\min} = (15 + 0,03 \cdot 500 \text{ mm})$$

$$e_{\min} = 30 \text{ mm}$$

Direncanakan jumlah tulangan pada satu sisi kolom 5 diameter 22 mm dengan $A_s' = 1901,43 \text{ mm}^2$

$$C_s' = A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$C_s' = 1901,43 \text{ mm}^2 \cdot (320 \text{ N/mm}^2 - 0,85 \cdot (25 \text{ N/mm}^2))$$

$$C_s' = 568,05 \text{ kN}$$

$$d = b - t_{decking} - \emptyset_{sengkang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right)$$

$$d = 500\text{mm} - 40\text{mm} - 12\text{mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22\text{mm} \right) = 437\text{ mm}$$

$$x_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

$$x_b = \frac{600}{600 + 320\text{ N/mm}^2} \cdot 437\text{mm} = 285\text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta \cdot x_b$$

$$Cc' = 0,85 \cdot (25) \cdot (500) \cdot 0,85 \cdot (285) = 2573,91\text{ kN}$$

$$T = A_s' \cdot f_y = 1901,43\text{ mm}^2 \cdot (320\text{ N/mm}^2) = 608,46\text{ kN}$$

$$P_b = Cc' - C_s' + T$$

$$P_b = (2573,91 - 568,05 + 608,46)\text{ kN} = 2614,31\text{ kN}$$

$$d' = t_{decking} + \emptyset_{sengkang} + \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right)$$

$$d' = 40\text{mm} + 12\text{mm} + \left(\frac{1}{2} \cdot 22\text{mm} \right) = 63\text{ mm}$$

$$d'' = b - t_{decking} - \emptyset_{sengkang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot b \right)$$

$$d'' = 500 - 40 - 12 - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot 500 \right) = 187\text{ mm}$$

$$ab = 0,85 \cdot (x_b) = 0,85 \cdot (285\text{ mm}) = 242,25\text{ mm}$$

$$M_b = P_b \cdot e_b = C_c' \left(d - d'' - \frac{ab}{2} \right) + C_s' (d - d'' - d') + (T \cdot d'')$$

$$2573,91 \left(437 - 187 - \frac{242,25}{2} \right) + 568,05(437 - 187 - 63) + (608,46 \cdot (187))$$

$$M_b = 551,72 \text{ kN.m}$$

$$e_b = \frac{M_b}{P_b} = \frac{551720 \text{ kN.mm}}{2614,31 \text{ kN}} = 211,04 \text{ mm}$$

$$e_{\text{perlu}} = \frac{M_{ux}}{P_u} = \frac{542,32 \text{ kNmm}}{925,83 \text{ kN}} = 585,76 \text{ mm}$$

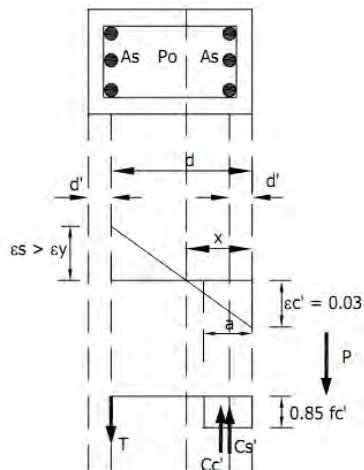
Cek persyaratan :

$e_{\text{min}} < e_{\text{perlu}} < e_{\text{balanced}}$

$30 \text{ mm} < 585,76 \text{ mm} > 211,04 \text{ mm}$

(Kondisi tarik menentukan)

- Kondisi tarik menentukan



Gambar 12.63 Kondisi tarik menentukan

$$d = b - t_{\text{decking}} - \emptyset_{\text{senggang}} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{\text{tul.utama}} \right)$$

$$d = 500\text{mm} - 40\text{mm} - 12\text{mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22\text{mm} \right) = 437\text{ mm}$$

$$x_{\text{pakai}} = \frac{1}{2} \cdot b = \frac{1}{2} \cdot 500\text{mm} = 250\text{ mm}$$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{d}{x} - 1 \right) \cdot 0,003$$

$$\varepsilon_s = \left(\frac{437}{250} - 1 \right) \cdot 0,003 = 0,0022$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_s}{E_s} = \frac{320\text{N/mm}^2}{200000\text{N/mm}^2} = 0,0016$$

Cek persyaratan :

$$\varepsilon_s > \varepsilon_y \quad \rightarrow \quad 0,0022 > 0,0016 \quad (\text{OK}) \quad \text{maka } f_s = f_y = 320\text{N/mm}^2$$

$$C_s' = A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$C_s' = 1901,43\text{ mm}^2 \cdot (320\text{N/mm}^2 - 0,85 \cdot (25\text{N/mm}^2))$$

$$C_s' = 568,05\text{ kN}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta \cdot x_{\text{pakai}}$$

$$C_c' = 0,85 \cdot (25\text{N/mm}^2) \cdot 500\text{ mm} \cdot 0,85 \cdot 250\text{ mm}$$

$$C_c' = 2257,81\text{ kN}$$

$$T = A_s' \cdot f_s = 1901,43\text{ mm}^2 \cdot (320\text{N/mm}^2) = 608,46\text{ kN}$$

$$P = C_c' - C_s' + T$$

$$P = (2257,81 - 568,05 + 608,46)\text{ kN} = 2298,22\text{ kN}$$

$$P < P_b \quad \rightarrow \quad 2298,22\text{ kN} < 2614,31\text{ kN} (\text{OK})$$

$$d' = t_{decking} - \emptyset_{sengkang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right)$$

$$d' = 40\text{mm} - 12\text{mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22\text{mm} \right) = 63 \text{ mm}$$

$$d'' = b - t_{decking} - \emptyset_{sengkang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot b \right)$$

$$d'' = 500 - 40 - 12 - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \right) - \left(\frac{1}{2} \cdot 500 \right) = 187 \text{ mm}$$

$$ab = 0,85 \cdot (x_{pakai}) = 0,85 \cdot (250 \text{ mm}) = 212,5 \text{ mm}$$

$$Mn = P \cdot e = Cc' \left(d - d'' - \frac{a}{2} \right) + Cs' (d - d'' - d') + (T \cdot d'')$$

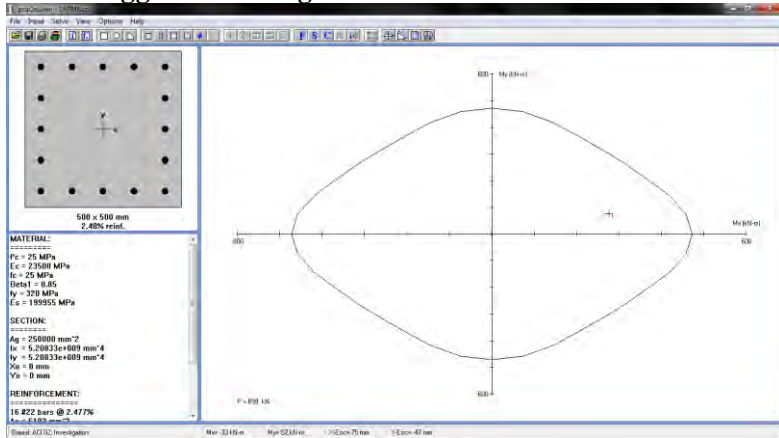
$$2257,81 \left(437 - 187 - \frac{212,5}{2} \right) + 568,05 (437 - 187 - 63) + (608,46 \cdot (187))$$

$$Mn = 1544,57 \text{ kN.m}$$

$$\emptyset \cdot Mn = 0,65 \cdot 1544,57 \text{ kN.m} = 1003,97 \text{ kN.m}$$

$$\emptyset \cdot Mn > Mu \rightarrow 1003,97 \text{ kN.m} > 542,32 \text{ kN.m} \quad (\text{OK})$$

12.4.5 Cek Menggunakan Program PCACOL



Gambar 12.64 Kontrol diagram PCACOL SRPMK

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see User's manual for notation)

No.	Pu kN	Mux kN-m	Muy kN-m	fMnx kN-m	fMny kN-m	fMn/Mu
1	699.0	276.0	76.0	405.0	159.9	1.569
2	619.0	222.0	97.0	405.0	158.7	1.824
3	1095.0	198.0	77.0	411.2	159.9	2.077

*** Program completed as requested! ***

Gambar 12.65 Kontrol diagram PCACOL SRPMK

Dipasang tulangan 5D22 ($A_s = 1901,43 \text{ mm}^2$) pada 1 sisi kolom

Cek jarak antar tulangan untuk 1 sisi kolom

$$S_{maks} = \frac{b - (2.t_{decking}) - (2.\phi_{geser}) - (n.\phi_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{500mm - (2.40mm) - (2.12mm) - (5.22mm)}{5 - 1} = 71,5mm$$

Cek persyaratan :

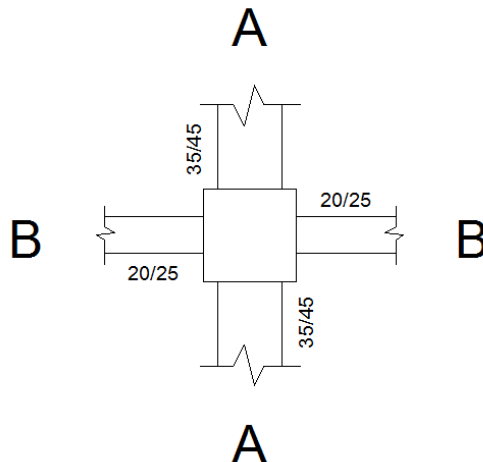
$$S_{maks} > 40 \text{ mm} \quad \rightarrow \quad 71,5 \text{ mm} > 40 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

12.4.6 Persyaratan “Kolom Kuat, Balok Lemah”

Persyaratan “kolom kuat, balok lemah” dipenuhi dengan persamaan 121 SNI 03-2847-2002 psl. 23.4.2.2 yaitu :

$$\Sigma Mc \geq \frac{6}{5} \cdot \Sigma Mg$$

dengan nilai ΣMg adalah jumlah Mg^+ dan Mg^- balok yang menyatu dengan kolom :



Gambar 12.66 Hubungan balok kolom

- Potongan A-A

Kapasitas momen pada balok di potongan A-A (35 /45) tulangan yang dipakai (tarik) 7 Diameter 22 ; $A_s = 2662 \text{ mm}^2$

$$d_{balok} = h - t_{decking} - \varnothing_{senggang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \varnothing_{tul.utama} \right)$$

$$d_{balok} = 450\text{mm} - 40\text{mm} - 12\text{mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22\text{mm}\right) = 387\text{ mm}$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} \rightarrow = \frac{2662(320)}{0,85 \cdot (25) \cdot (350)} = 114,53\text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot a$$

$$Cc' = 0,85 \cdot (25\text{ N/mm}^2) \cdot (350\text{mm}) \cdot 114,53\text{mm} = 851,84\text{ kN}$$

$$Mg = Cc' \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mg = 851,84 \cdot \left(387 - \frac{114,53}{2}\right) = 280,88\text{ kN.m}$$

Tulangan yang dipakai (tekan) 4D22 = 1521,14 mm²

$$d_{balok} = h - t_{decking} - \emptyset_{senggang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama}\right)$$

$$d_{balok} = 450\text{mm} - 40\text{mm} - 12\text{mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22\text{mm}\right) = 387\text{ mm}$$

$$a = \frac{As' \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} \rightarrow = \frac{1521,14(320)}{0,85 \cdot (25) \cdot (350)} = 65,45\text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot a$$

$$Cc' = 0,85 \cdot (25\text{ N/mm}^2) \cdot (350\text{mm}) \cdot 65,45\text{mm} = 486,77\text{ kN}$$

$$Mg = Cc' \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mg = 486,77 \cdot \left(387 - \frac{65,45}{2}\right) = 172,45\text{ kN.m}$$

$$\Sigma Mg = Mg_{tarik} + Mg_{tekan}$$

$$\Sigma Mg = 280,88 \text{ kN.m} + 172,45 \text{ kN.m} = 453,33 \text{ kN.m}$$

- Potongan B-B

Kapasitas momen pada balok di potongan B-B (20/25) tulangan yang dipakai (tarik) 5D22 = 1901,43 mm²

$$d_{balok} = h - t_{decking} - \emptyset_{senggang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right)$$

$$d_{balok} = 250 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right) = 187 \text{ mm}$$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} \rightarrow = \frac{1901,43(320)}{0,85 \cdot (25) \cdot (250)} = 143,17 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot a$$

$$Cc' = 0,85 \cdot (25 \text{ N/mm}^2) \cdot (200 \text{ mm}) \cdot 143,17 \text{ mm} = 608,46 \text{ kN}$$

$$Mg = Cc' \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mg = 608,46 \cdot \left(187 - \frac{143,17}{2} \right) = 70,23 \text{ kN.m}$$

- Tulangan yang dipakai (tekan) 2D22 = 760,557 mm²

$$d_{balok} = h - t_{decking} - \emptyset_{senggang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right)$$

$$d_{balok} = 250 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right) = 187 \text{ mm}$$

$$a = \frac{As' \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} \rightarrow = \frac{760,557(320)}{0,85 \cdot (25) \cdot (250)} = 57,27 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot a$$

$$Cc' = 0,85 \cdot (25 \text{ N/mm}^2) \cdot (200 \text{ mm}) \cdot 57,27 \text{ mm} = 243,38 \text{ kN}$$

$$Mg = Cc' \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mg = 243,38 \cdot \left(187 - \frac{57,27}{2} \right) = 38,54 \text{ kN.m}$$

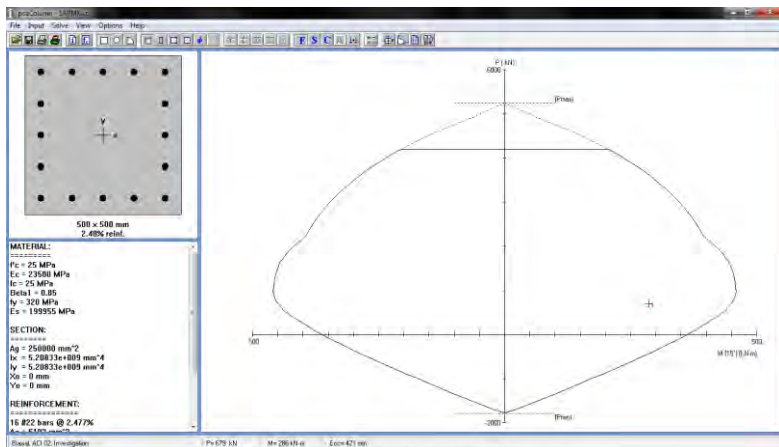
$$- \Sigma Mg = Mg_{tarik} + Mg_{tekan}$$

$$\Sigma Mg = 70,23 \text{ kN.m} + 38,54 \text{ kN.m} = 108,77 \text{ kN.m}$$

Dari analisis diatas akan diambil nilai ΣMg yang terbesar yaitu pada potongan A-A = 453,33 kN.m

Nilai ΣMc diperoleh dengan mencari kuat lentur terendah yang dihitung dari gaya aksial terfaktor yang sesuai dengan arah gaya-gaya yang ditinjau. Untuk mencari nilai Mc pada kolom, akan digunakan program bantu PCACOL dengan data sebagai berikut :

$$\left. \begin{array}{l} M_x = 276 \text{ kN.m} \\ M_y = 76 \text{ kN.m} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Dari kombinasi momen paling} \\ \text{ekstrim pada SAP200} \end{array}$$



Gambar 12.67 Diagram PCACOL pada kolom SRPMK

Gambar bantuan program PCACOL didapat nilai M_c :

$$M_c \text{ atas} = 119,3 \text{ kN.m}$$

$$M_c \text{ bawah} = 433,1 \text{ kN.m}$$

$$\Sigma M_c = M_c \text{ atas} + M_c \text{ bawah}$$

$$\Sigma M_c = 119,3 \text{ kN.m} + 433,1 \text{ kN.m} = 552,4 \text{ kN.m}$$

$$\Sigma M_c \geq \frac{6}{5} \cdot \Sigma M_g$$

$$552,4 \text{ kN.m} \geq \frac{6}{5} \cdot (453,33) \text{ kN.m}$$

$$552,4 \text{ kN.m} > 543,996 \text{ kN.m} \quad (\text{OK})$$

12.4.7 Pengekangan kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl. 23.4.4.4, menyatakan panjang l_0 tidak kurang dari :

- $h_{kolom} = 500 \text{ mm}$
- $\frac{1}{6} \cdot l_n = \frac{1}{6} \cdot (4000 - h_{balok}) = \frac{1}{6} \cdot (4000 - 450)$
- $\frac{1}{6} \cdot l_n = 591,67 \text{ mm}$
- 500 mm

Digunakan l_0 sepanjang 600 mm

Jarak sengkang diatur dalam SNI 03-2847-2002 psl. 23.3.4.2 yang menyatakan, spasi maksimum tulangan transversal :

- $\frac{1}{4} \cdot b_{terkecil} = \frac{1}{4} \cdot (500) = 125 \text{ mm}$
- $6 \cdot db = 6 \cdot 22 \text{ mm} = 132 \text{ mm}$
- s_x menurut persamaan :

$$s_x \leq 100 + \frac{350 - h_x}{3}$$

$$sx \leq 100 + \frac{350 - \frac{2}{3} \cdot \left(h_{kolom} - 2 \cdot \left(t_{decking} + \frac{\emptyset_{sengkang}}{2} \right) \right)}{3}$$

$$sx \leq 100 + \frac{350 - \frac{2}{3} \cdot \left(500 - 2 \cdot \left(40 + \frac{12}{2} \right) \right)}{3} = 126 \text{ mm}$$

Nilai sx tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

Maka digunakan jarak sengkang begel (s) = 100 mm (minimum)

Kebutuhan pengekangan ditentukan dari SNI 03-2847-2002 ps. 23.4.4.1.b, yang menyatakan luas sengkang tidak boleh kurang dari rumus dalam persamaan berikut :

$$Ash = 0,3 \cdot \left(\frac{s \cdot hc \cdot fc'}{fyv} \right) \cdot \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right) \quad (12.16)$$

$$Ash = 0,09 \cdot \left(s \cdot hc \cdot \frac{fc'}{fyv} \right) \quad (12.17)$$

dimana :

s = spasi tulangan transversal pada arah longitudinal (mm)

hc = dimensi penampang inti kolom dihitung dari sumbu-sumbu tulangan pengekang (mm)

Ag = Luas bruto penampang (mm^2)

Ach = Luas penampang komponen struktur dari sisi luar ke sisi luar tulangan transversal luas bruto penampang (mm^2)

Dengan jarak sengkang, $s = 100$ mm, diperoleh

$$Ash = 0,3 \cdot \left(\frac{s \cdot hc \cdot fc'}{fyv} \right) \cdot \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right)$$

$$Ash = 0,3 \cdot \left(\frac{100 \cdot (500 - (2.40) - (10/2)) \cdot 25}{240} \right) \cdot \left(\frac{500 \cdot 500}{(500 - (2.40)) \cdot (500 - (2.40))} - 1 \right)$$

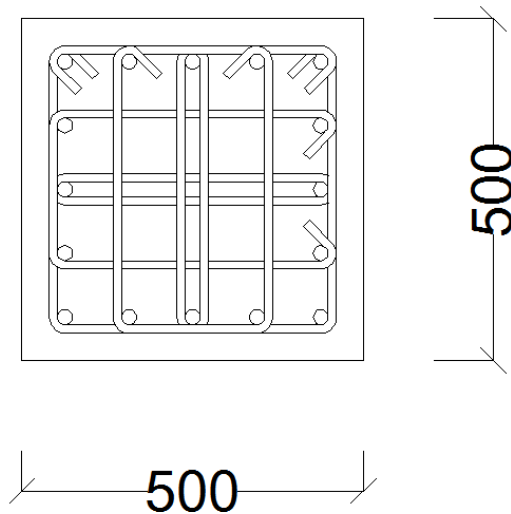
$$Ash = 651,93 \text{ mm}^2$$

atau

$$Ash = 0,09 \cdot \left(s \cdot hc \cdot \frac{fc'}{fyv} \right)$$

$$Ash = 0,09 \cdot \left(100 \cdot \left(500 - (2.40) - \left(\frac{12}{2} \right) \right) \cdot \frac{25}{240} \right) = 388,13 \text{ mm}^2$$

Pakai sengkang kaki 6D12 ($A_s = 678,86 \text{ mm}^2$) > $651,93 \text{ mm}^2$



Gambar 12.68 Sketsa penulangan kolom SRPMK

12.4.8 Panjangan Sambungan Lewatan Tulangan Kolom

Sambungan tulangan kolom yang diletakkan ditengah tinggi kolom harus memenuhi ketentuan panjang lewatan yang ditentukan oleh SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.2 yang dihitung dengan rumus :

$$\frac{l_d}{db} = \frac{9 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \lambda}{10 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot (c + K_{tr})} \quad (12.18)$$

dimana :

$$\alpha = 1 ; \beta = 1 ; \gamma = 1 ; \lambda = 1 ; K_{tr} = 0 ; db = 22 \text{ mm}$$

$$c = t_{decking} + \emptyset_{senggang} + \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right)$$

$$c = 40\text{mm} + 12\text{mm} + \left(\frac{1}{2} \cdot 22\text{mm} \right) = 63 \text{ mm}$$

$$c = \frac{h_{balok} - 2 \cdot (t_{decking} + \emptyset_{senggang}) - \emptyset_{tul.utama}}{2 \cdot (n+1)}$$

$$c = \frac{450 - 2 \cdot (40 + 12) - 22}{2 \cdot (6-1)} = 32,4 \text{ mm}$$

digunakan $c = 23,14 \text{ mm}$ (terkecil)

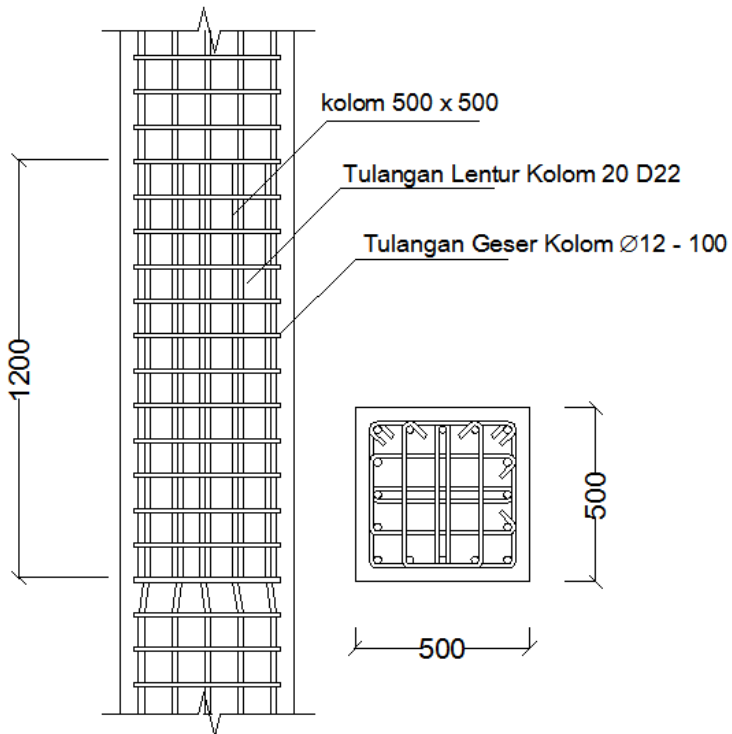
$$\frac{(c + K_{tr})}{db} = \frac{(32,4 + 0)}{22} = 1,47$$

maka,

$$\frac{l_d}{db} = \frac{9 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \lambda}{10 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot (c + K_{tr})}$$

$$l_d = \frac{9.320.1.1.1.1}{10.\sqrt{25}.(1,47)}.22 = 862 \text{ mm}$$

Karena seluruh tulangan pada panjang lewatan disambung, maka sambungan lewatan termasuk kelas B SNI 03-2847-2002 psl. 14.15.1-2, panjang lewatan = $1,3 \cdot l_d = 1,3 \cdot 862 \text{ mm} = 1120,65 \text{ mm} \approx 1200 \text{ mm}$



Gambar 12.69 Sambungan lewatan pada kolom SRPMK

12.4.9 Desain Hubungan Balok Kolom

Perhitungan joint balok kolom tengah

Pada SNI 03-2847-2002 psl 23.5 menentukan tulangan transversal berbentuk hoop seperti diatur pada psl. 23.4.4 harus dipasang hubungan balok kolom, kecuali bila hubungan balok kolom tersebut dikekang oleh komponen struktur sesuai psl. 23.5.2.2.

Pada hubungan balok kolom yang keempat mukanya terdapat balok-balok dengan lebar setidak-tidaknya selebar $\frac{3}{4}$ lebar kolom, harus dipasang tulangan transversal sedikitnya separuh yang disyaratkan oleh psl. 23.4.1 dan $s \leq 0,25h$ mm atau 150 mm. Dalam contoh desain hubungan balok kolom ini memiliki lebar balok = 35 cm $< \frac{3}{4}$ tinggi kolom = 300 cm. Maka sesuai psl. 23.5.2.11 untuk penyederhanaan pendetailing, dipakai Ash ujung kolom untuk tulangan transversal hubungan balok kolom ini.

Gaya geser yang terjadi pada potongan x-x adalah $T_1 + T_2 - V_h$.

T_1 dan T_2 diperoleh dari tulangan tarik balok-balok yang menyatu pada hubumham balok dan kolom.

$$T_1 (5D22) = A_s \cdot 1,25 f_y$$

$$T_1 (5D22) = 1901,43 \text{ mm}^2 \cdot 1,25 (320 \text{ N/mm}^2) = 760,57 \text{ k.N}$$

$$T_2 (2D22) = A_s' \cdot 1,25 f_y$$

$$T_2 (2D22) = 760,57 \text{ mm}^2 \cdot 1,25 (320 \text{ N/mm}^2) = 304,23 \text{ k.N}$$

$$\text{dengan } A_s = n \cdot \pi \cdot 0,25 (d_{22})^2$$

$$A_s' = n \cdot \pi \cdot 0,25 (d_{22})^2$$

V_h gaya geser pada kolom dihitung dari M_{pr} kedua ujung balok yang menyatu dengan hubungan balok kolom, dalam hal ini karena panjang kolom atas dan bawah sama, maka masing-masing ujung kolom memikul jumlah M_{pr} balok yang sama besarnya.

M_{pr} akibat tulangan terpasang balok yang berada pada hubungan balok kolom bisa dilihat :

$$M_{pr}^+ = 280,88 \text{ kN.m}$$

$$M_{pr}^- = 172,45 \text{ kN.m}$$

$$Mu = \frac{M_{pr}^{(+)} + M_{pr}^{(-)}}{2}$$

$$Mu = \frac{280,88 \text{ kN.m} + 172,45 \text{ kN.m}}{2} = 226,66 \text{ kN.m}$$

$$Vh = \frac{Mu}{h_m} = \frac{226,66 \text{ kN.m}}{4 - 0,5 \text{ m}} = 64,76 \text{ kN}$$

Gaya geser bersih pada joint :

$$V_{x-x} = T_1 + T_2 - Vh$$

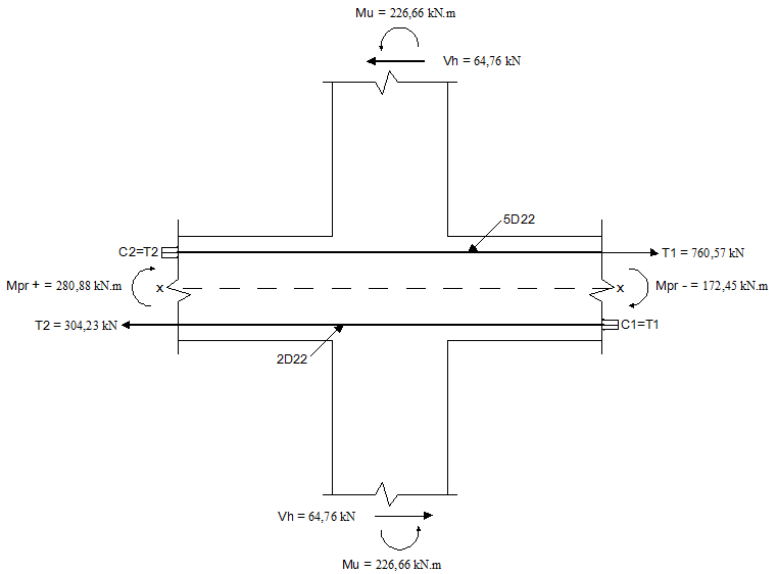
$$V_{x-x} = 760,57 \text{ kN} + 304,23 \text{ kN} - 64,76 \text{ kN} = 1000,04 \text{ kN}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl. 23.5.3.1 kuat geser nominal untuk hubungan balok dan kolom tidak boleh diambil lebih besar daripada :

$$\phi V_c = \phi \cdot 1,7 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot A_j$$

$$\phi V_c = (0,8) \cdot 1,7 \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 450 \text{ mm} \cdot 500 \text{ mm}$$

$$\phi V_c = 1530 \text{ kN} > V_{x-x} \rightarrow 1530 \text{ kN} > 1000,04 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$



Gambar 12.70 Analisis geser pada HBK SRPMK tengah lantai 1

Untuk pertemuan balok dan kolom digunakan luasan A_{cv} :

$$d_{kolom} = h - t_{decking} - \varnothing_{senggang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \varnothing_{tul.utama} \right)$$

$$d_{kolom} = 500\text{mm} - 40\text{mm} - 12\text{mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22\text{mm} \right) = 437\text{ mm}$$

$$A_{cv} = b \cdot d = 500\text{ mm} \cdot 437\text{ mm} = 218500\text{ mm}^2$$

$$V_n = \frac{V_{x-x}}{A_{cv} \cdot \phi} = \frac{1000,04\text{kN}}{218500\text{mm}^2 \cdot 0,75} = 6,1\text{ N/mm}^2$$

$$V_c = \frac{\frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \left(1 + \frac{P_u}{14 \cdot A_g} \right) \cdot b \cdot d}{A_{cv}}$$

$$V_c = \frac{\frac{1}{6} \cdot \sqrt{25} \cdot \left(1 + \frac{925827}{14 \cdot (500)^2}\right) \cdot 500 \cdot 437}{267850} = 1,05 \text{ N/mm}^2$$

karena $V_n = 6,1 \text{ N/mm}^2 > V_c = 1,05 \text{ N/mm}^2$, maka dibutuhkan tulangan geser

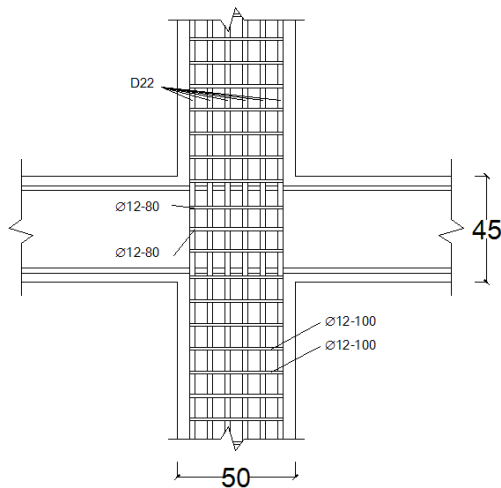
$$A_v = \frac{V_s \cdot s}{f_y \cdot d} \rightarrow A_v = \frac{(V_n - V_c) \cdot b \cdot s}{f_y}$$

$$\frac{A_v}{s} = \frac{(6,1 \text{ N/mm}^2 - 1,05 \text{ N/mm}^2) \cdot 500 \text{ mm}}{320 \text{ N/mm}^2} = 10,52 \text{ mm}$$

A_v pakai 6 kaki D12 As pakai = $678,86 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{A_{v \text{ pakai}}}{\frac{A_v}{s}} = \frac{678,86 \text{ mm}^2}{2,47 \text{ mm}} = 6,55 \text{ mm}$$

Karena penampang kolom simetris, maka S arah X dan arah Y sama, yaitu $S = 80 \text{ mm}$

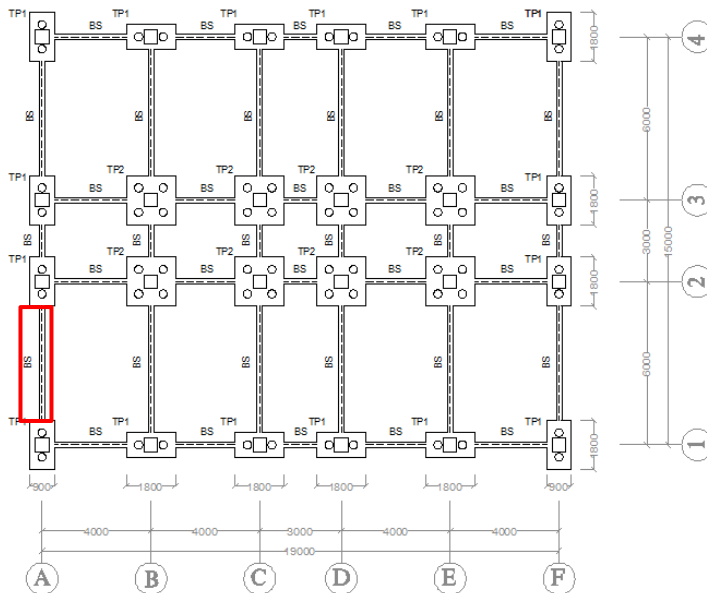


Gambar 12.71 Potongan HBK dengan tulangan geser

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB XIII PERHITUNGAN STRUKTUR BAWAH

13.1 Perhitungan Penulangan Sloof Metode SRPMM



Gambar 13.1 Posisi sloof yang ditinjau

Data perencanaan pada perhitungan sloof berdasarkan beban yang bekerja pada pondasi. Dimana fungsi sloof pada bangunan ini adalah untuk menghubungkan pondasi-pondasi yang ada agar tetap pada kondisi stabil. Untuk pembebanan sloof ini didapat dari analisa struktur SAP2000 dengan daerah tinjauan as A joint 1-2 (frame 49), karena pada bentang tersebut adalah bentang terpanjang juga memiliki nilai momen yang besar.

13.1.1 Data-data penulangan sloof SRPMM:

❖ Dimensi sloof	: 20/35
❖ Bentang sloof	: 6000 mm
❖ Mutu beton, f_c'	: 25 N/mm ²
❖ Mutu baja, f_y	: 320 N/mm ²
❖ Mutu baja geser, f_{yv}	: 240 N/mm ²
❖ Diameter tulangan utama	: 22 mm
❖ Tulangan geser	: 10 mm
❖ Selimut beton	: 50 mm

SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1

- Momen yang terjadi pada sloof = M_u
Hasil momen yang didapat bersasal dari analisis struktur SAP2000, dan diambil nilai kombinasi terbesar dari kombinasi sebagai berikut :

Kombinasi 1	= 1,4DL
	= 6,92 kN.m
Kombinasi 2	= 1,2DL + 1,6LL
	= 5,93 kN.m
Kombinasi gempa1	= 1,2DL + LL + EX + 0,3EY
	= 5,93 kN.m
Kombinasi gempa1	= 1,2DL + LL + 0,3EX + EY
	= 5,93 kN.m

- Gaya aksial kolom
Posisi balok sloof diapit oleh 2 kolom, maka perlu ditinjau nilai P dari keduanya yang paling maksimum.
Didapat dari analisis struktur SAP2000 :
Kolom kiri frame 468 :

$$P_{\text{comb1}} = 1,4DL$$

$$= 599,32 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{comb2}} &= 1,2DL+1,6LL \\
 &= 622,77 \text{ kN} \\
 P_{\text{comb3}} &= 1,2DL+LL+EX+0,3EY \\
 &= 296,07 \text{ kN} \\
 P_{\text{comb4}} &= 1,2DL+LL+EX-0,3EY \\
 &= 404,42 \text{ kN} \\
 P_{\text{comb5}} &= 1,2DL+0,3EX+EY \\
 &= 331,795 \text{ kN} \\
 P_{\text{comb6}} &= 1,2DL-0,3EX+EY \\
 &= 470,77 \text{ kN} \\
 P_{\text{maks}} &= 622,77 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

-

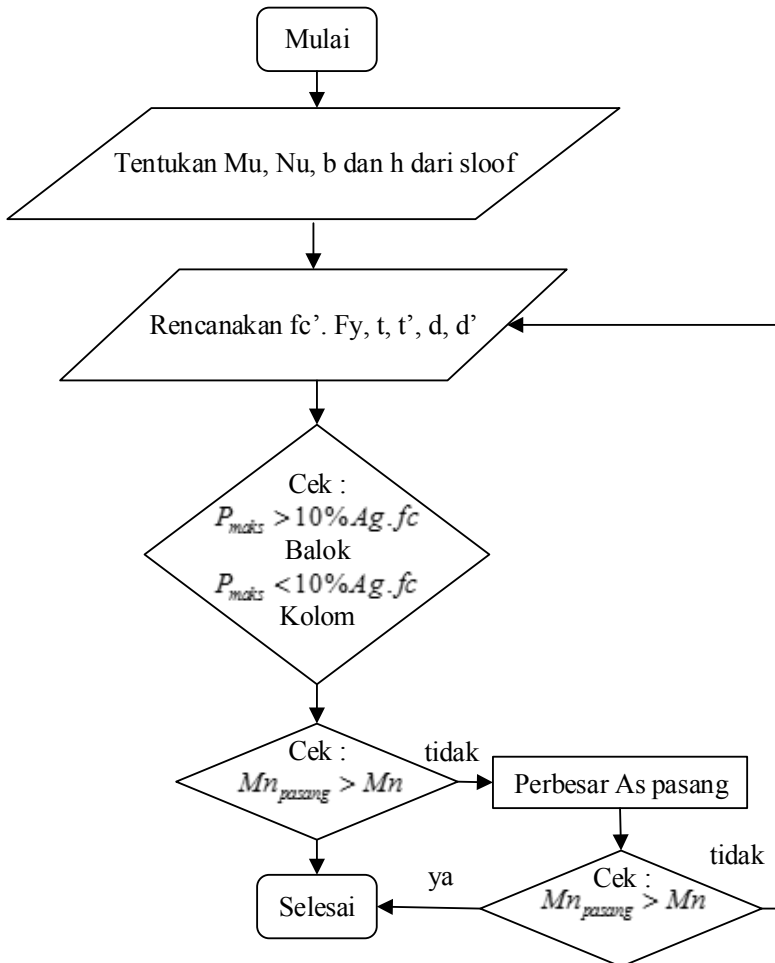
- Kolom kanan frame :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{comb1}} &= 1,4DL \\
 &= 745,86 \text{ kN} \\
 P_{\text{comb2}} &= 1,2DL+1,6LL \\
 &= 786,3 \text{ kN} \\
 P_{\text{comb3}} &= 1,2DL+LL+EX+0,3EY \\
 &= 359,6 \text{ kN} \\
 P_{\text{comb4}} &= 1,2DL+LL+EX-0,3EY \\
 &= 549,24 \text{ kN} \\
 P_{\text{comb5}} &= 1,2DL+0,3EX+EY \\
 &= 332,09 \text{ kN} \\
 P_{\text{comb6}} &= 1,2DL-0,3EX+EY \\
 &= 498,15 \text{ kN} \\
 P_{\text{maks}} &= 786,3 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan nilai P_{maks} antara kolom kiri dengan kolom kanan yaitu sebesar : $P_{\text{maks}} = 786,3 \text{ Kn}$

13.1.2 Penulangan lentur sloof SRPMM

Skema penulangan lentur sloof



Didapatkan :

Mu maks = 6,92 kN.m (akibat kombinasi 1,4DL)

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{6,92 \text{ kN.m}}{0,8} = 8,65 \text{ kN.m}$$

P maks = 786,3 kN

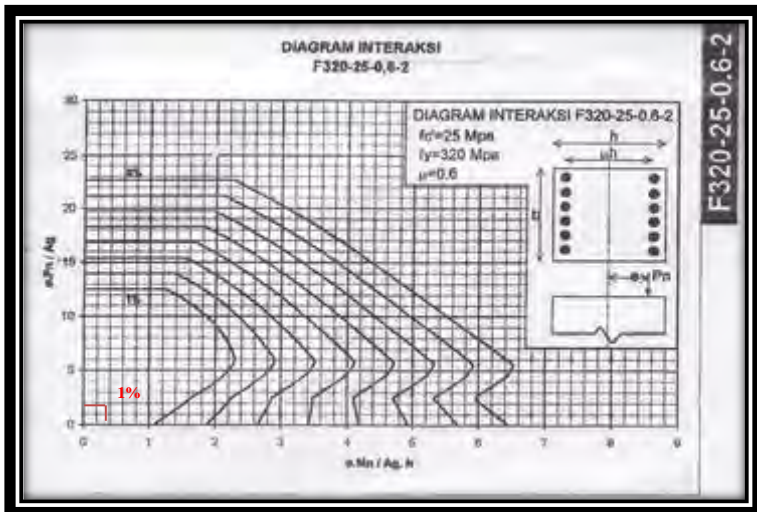
Sehingga, gaya normal (N) yang terjadi pada sloof adalah

10% . Pmaks = 10% . 786,3 kN = 78,63 kN

Nu = 78,63 kN

$$\frac{Mn}{b.h^2} = \frac{69200000 \text{ N.mm}}{200 \text{ mm} \cdot (350 \text{ mm})^2} = 0,28$$

$$\frac{Nu}{b.h} = \frac{78630}{200 \cdot 350} = 1,23$$



Gambar 13.2 Diagram interaksi aksial pada kolom

Dari diagram interaksi didapat $p_t = 0,01$

$$A_{S_{perlu}} = p_t \cdot b \cdot h = 0,01 \cdot 200 \text{ mm} \cdot 350 \text{ mm} = 700 \text{ mm}^2$$

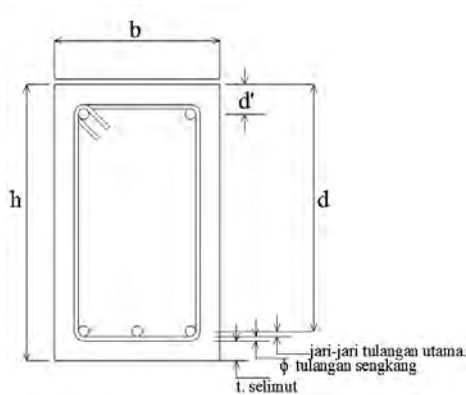
Jumlah tulangan pasang :

$$n_{\text{pasang}} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{(d22)}}} = \frac{700\text{mm}^2}{0,25 \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \cdot (22\text{mm}^2)} = 1,84 \approx 4 \text{ buah (4D22)}$$

Luasan tulangan pasang :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \cdot A_{s_{\text{pasang}}} \\ &= 4 \cdot (380,13\text{mm}^2) = 760,27 \text{ mm}^2 \geq A_{s_{\text{perlu}}} \\ 1521,14 \text{ mm}^2 &> 700 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Cek jarak spasi tulangan :



Gambar 13.3 Tinggi efektif balok

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \cdot t_{\text{decking}}) - (2 \cdot \phi_{\text{geser}}) - (n \cdot \phi_{\text{lentur}})}{n - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{200\text{mm} - (2 \cdot 50\text{mm}) - (2 \cdot 10\text{mm}) - (2 \cdot 22\text{mm})}{2 - 1}$$

$$S_{\text{maks}} = 36\text{mm}$$

Syarat : $S_{maks} \geq S_{sejajar maks}$ → Susun 1 lapis

$S_{maks} < S_{sejajar maks}$ → Susun 2 lapis

Kontrol : $36 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$ (memenuhi) sehingga dipasang 1 lapis

Tinggi efektif sloof :

$$d = h - t_{decking} - \varnothing_{senggang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \varnothing_{tul.utama} \right)$$

$$d = 350 \text{ mm} - 50 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right) = 279 \text{ mm}$$

$$d' = t_{decking} + \varnothing_{senggang} + \left(\frac{1}{2} \cdot \varnothing_{tul.utama} \right)$$

$$d' = 50 \text{ mm} + 10 \text{ mm} + \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm} \right) = 71 \text{ mm}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$a = \frac{A_s_{pasang} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{(1521,14 \text{ mm}^2)(320 \text{ N/mm}^2)}{0,85 \cdot (25 \text{ N/mm}^2) \cdot (200 \text{ mm})} = 114,53 \text{ mm}$$

Gaya tekan beton :

$$C_c' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a$$

$$C_c' = 0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 200 \text{ mm} \cdot 114,53 \text{ mm} = 486,77 \text{ kN}$$

Cek momen nominal pasang :

$$Mn_{pasang} = C_c' \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn_{pasang} = 486,77 \text{ kN} \cdot \left(0,289 \text{ m} - \frac{0,1145 \text{ m}}{2} \right) = 107,93 \text{ kN.m}$$

Syarat : $Mn_{pasang} \geq Mn$ → perencanaan OK
 $Mn_{pasang} < Mn$ → perencanaan tidak OK

Kontrol :

$$Mn_{pasang} = 107,93 \text{ kN.m} > Mn = 8,65 \text{ kN.m} \text{ (perencanaan OK)}$$

13.1.3 Penulangan geser sloof SRPMM

Dari penulangan lentur sloof, diperoleh :

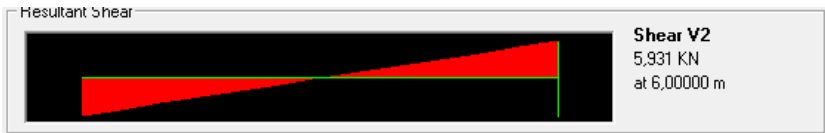
$$M_{pasang \text{ kanan}} = 107,93 \text{ kN.m}$$

$$M_{pasang \text{ kiri}} = 107,93 \text{ kN.m}$$

- Perhitungan penulangan geser tumpuan

Dari hasil *output* dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2DL+LL analisis SAP2000 didapatkan :

Gaya geser terfaktor daerah tumpuan $V2 = 5,931 \text{ kN}$



Gambar 13.4 gaya geser V2 pada daerah tumpuan

Gaya geser pada ujung perletakan (tumpuan) diperoleh dari :

$$Vu = \left(\frac{M_{pasang \text{ kanan}} + M_{pasang \text{ kiri}}}{ln} \right) + \frac{(Wu) \cdot ln}{2}$$

$$Vu_{tump} = \left(\frac{M_{pasang \text{ kanan}} + M_{pasang \text{ kiri}}}{ln} \right) + V2_{1,2DL+LL}$$

$$Vu_{tump} = \left(\frac{107,93 \text{ kN.m} + 107,93 \text{ kN.m}}{5,5m} \right) + 5,93 \text{ kN} = 45,18 \text{ kN}$$

Syarat kuat tekan beton (SNI 03-2847-2002 psl.13.1.2.1) :

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3}$$

$$\sqrt{25} \leq 8,33 \quad \rightarrow 5 < 8,33 \quad (\text{memenuhi syarat})$$

Kuat geser beton (SNI 03-2847-2002 psl.13.3.1.1) :

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25 \text{ N / mm}^2} \cdot 200 \text{ mm} \cdot (279 \text{ mm}) = 46,5 \text{ kN}$$

Adapun luas tulangan geser minimum yang harus terpasang menurut SNI 03-2847-2002 psl. 13.5.5 adalah :

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot 200 \text{ mm} \cdot (279 \text{ mm}) = 18,6 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N / mm}^2} \cdot 200 \text{ mm} \cdot (279 \text{ mm}) = 93 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N / mm}^2} \cdot 200 \text{ mm} \cdot (279 \text{ mm}) = 186 \text{ kN}$$

Chu Kia Wang dalam bukunya “Desain Beton Bertulang”, pada dasarnya perencanaan untuk geser dapat dibagi atas kategori sebagai berikut :

1. $Vu \leq 0,5 \cdot \phi Vc$
 $45,18 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot (0,75) \cdot (46,5 \text{ kN})$
 $45,18 \text{ kN} > 17,44 \text{ kN}$ (tidak OK)
2. $0,5 \cdot \phi Vc < Vu < \phi Vc$
 $0,5 \cdot (0,75) \cdot (46,5 \text{ kN}) < 45,18 \text{ kN} < 0,75 \cdot (46,5 \text{ kN})$
 $17,44 \text{ kN} < 45,18 \text{ kN} > 34,92 \text{ kN}$ (tidak OK)
3. $\phi Vc < Vu \leq \phi(Vc + Vs_{\min})$
 $34,92 \text{ kN} < 45,18 \text{ kN} \leq 0,75(46,5 + 18,6)$
 $34,92 \text{ kN} < 45,18 \text{ kN} < 48,83 \text{ kN}$ (OK)

Direncanakan diameter tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2 kaki :

$$Av = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_{10})^2 \quad ; \quad Av = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{22}{7} \cdot (10 \text{ mm})^2 = 157,14 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu geser minimum :

$$\frac{Av_{\min}}{S} = \frac{b}{3 \cdot fy} = \frac{200 \text{ mm}}{3 \cdot (320 \text{ N/mm}^2)} = 0,21 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Sehingga jarak antar sengkang,

$$S_{\text{perlu}} = \frac{Av}{\frac{Av_{\min}}{S}} = \frac{157,14 \text{ mm}^2}{0,21 \text{ mm}^2 / \text{mm}} = 754,29 \text{ mm}$$

Sesuai SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4.3 pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

1. $S = d/4 = 279 \text{ mm} / 4 = 69,8 \text{ mm}$
2. $S = 8 \cdot \phi_{tul.utama} = 8 \cdot 22 \text{ mm} = 176 \text{ mm}$
3. $S = 24 \cdot \phi_{sengkang} = 24 \cdot 10 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$
4. 300 mm

Jadi dipasang tulangan geser daerah tumpuan $\phi 10-60$

Dengan demikian, tulangan geser diatas (sengkang D10) dipasang dengan spasi 60 mm di daerah sepanjang 2.h (2.350 mm = 700 mm) dari muka kolom. Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi $d/4$.

- Perhitungan penulangan geser lapangan
 Dari hasil *output* dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2DL+LL analisis SAP2000 didapatkan :
 Gaya geser terfaktor daerah lapangan $V_2 = 3,95 \text{ kN}$



Gambar 13.5 gaya geser V2 pada daerah lapangan

Gaya geser pada ujung perletakan (tumpuan) diperoleh dari :

$$V_u = \left(\frac{M_{pasang \text{ kanan}} + M_{pasang \text{ kiri}}}{l_n} \right) + \frac{(W_u) \cdot l_n}{2}$$

$$Vu_{lap} = \left(\frac{M_{pasang\ kanan} + M_{pasang\ kiri}}{ln} \right) + V2_{1,2DL+LL}$$

$$Vu_{lap} = \left(\frac{107,9\ kN.m + 107,93\ kN.m}{5,5m} \right) + 3,95\ kN = 43,2\ kN$$

Syarat kuat tekan beton (SNI 03-2847-2002 psl.13.1.2.1) :

$$\sqrt{fc'} \leq \frac{25}{3}$$

$$\sqrt{25} \leq 8,33 = 5 < 8,33 \quad (\text{memenuhi syarat})$$

Kuat geser beton (SNI 03-2847-2002 psl.13.3.1.1) :

$$Vc = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{fc'} \cdot b \cdot d$$

$$Vc = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25\ N / mm^2} \cdot 200\ mm \cdot (279\ mm) = 46,5\ kN$$

Adapun luas tulangan geser minimum yang harus terpasang menurut SNI 03-2847-2002 psl. 13.5.5 adalah :

$$Vs_{\min} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d$$

$$Vs_{\min} = \frac{1}{3} \cdot 200\ mm \cdot (279\ mm) = 18,6\ kN$$

$$Vs = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{fc'} \cdot b \cdot d$$

$$Vs = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25\ N / mm^2} \cdot 200\ mm \cdot (279\ mm) = 93\ kN$$

$$V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 200 \text{ mm} \cdot (279 \text{ mm}) = 186 \text{ kN}$$

Chu Kia Wang dalam bukunya “Desain Beton Bertulang”, pada dasarnya perencanaan untuk geser dapat dibagi atas kategori sebagai berikut :

1. $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$
 $43,2 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot (0,75) \cdot (46,5 \text{ kN})$
 $43,2 \text{ kN} > 17,44 \text{ kN}$ (tidak OK)
2. $0,5 \cdot \phi V_c < V_u < \phi V_c$
 $0,5 \cdot (0,75) \cdot (46,5 \text{ kN}) < 43,2 \text{ kN} < 0,75 \cdot (46,5 \text{ kN})$
 $17,44 \text{ kN} < 43,2 \text{ kN} < 34,92 \text{ kN}$ (tidak OK)
3. $\phi V_c < V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\min}})$
 $34,92 \text{ kN} < 43,2 \text{ kN} \leq 0,75 (46,5 + 18,6)$
 $34,92 \text{ kN} < 43,2 \text{ kN} < 48,83 \text{ kN}$ (OK)

Direncanakan diameter tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2 kaki :

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_{10})^2 \quad A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{22}{7} \cdot (10 \text{ mm})^2 = 157,14 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu geser minimum :

$$\frac{A_{v_{\min}}}{S} = \frac{b}{3 \cdot f_y} = \frac{200 \text{ mm}}{3 \cdot (320 \text{ N/mm}^2)} = 0,21 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Sehingga jarak antar sengkang,

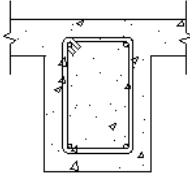
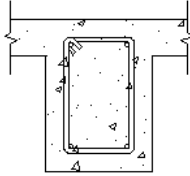
$$S_{perlu} = \frac{A_v}{\frac{A_{v_{min}}}{S}} = \frac{157,14 \text{ mm}^2}{0,21 \text{ mm}^2 / \text{mm}} = 754,29 \text{ mm}$$

Sesuai SNI 03-2847-2002 ps1 23.10.4.3 pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

1. $S = d/2 = 279 \text{ mm} / 2 = 139,5 \text{ mm}$
2. $S = 8 \cdot \phi_{tul.utama} = 8 \cdot 22 \text{ mm} = 176 \text{ mm}$
3. $S = 24 \cdot \phi_{sengkang} = 24 \cdot 10 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$
4. 300 mm

Jadi dipasang tulangan geser daerah lapangan $\phi 10$ -130

Dengan demikian, tulangan geser diatas (sengkang D10) dipasang dengan spasi 130 mm di daerah sepanjang $2 \cdot h$ ($2 \cdot 350 \text{ mm} = 700 \text{ mm}$) dari muka kolom. Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi $d/2$.

Tipe Sloof	B1 20/35	
	Tumpuan	Lapangan
SRPMM Lantai dasar		
Ukuran	200 x 350	
Tulangan atas	2D22	2D22
Tulangan bawah	2D22	2D22
Sengkang	Ø10-60	Ø10-130

Gambar 13.6 Sketsa hasil perhitungan penulangan sloof SRPMM

13.1.4 Perhitungan Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tarik dan Tekan pada Sloof SRPMM

Data yang dipergunakan dalam perhitungan :

$$\text{Kuat tekan beton, } f_c' = 25 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Kuat leleh tulangan lentur, } f_y = 320 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Diameter tulangan lentur} = 22 \text{ mm}$$

Perhitungan panjang penyaluran tulangan pada balok

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl 14.2.2 untuk penyaluran batang ulir dan kawat ulir yang berada dalam kondisi tarik untuk batang dengan diameter 22 mm atau lebih besar dapat dipergunakan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{\lambda d}{db} = \frac{3 f_y \cdot \gamma \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \cdot \sqrt{f_c'}} \quad (13.1)$$

Dengan berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl 14.2.4

α = faktor lokasi penulangan (1,3)

β = faktor pelapis (1)

γ = faktor ukuran batang tulangan (0,8)

λ = faktor beton agregat ringan (1)

db= diameter tulangan lentur (22 mm)

$$\frac{Ld}{db} = \frac{3 f_y \cdot \gamma \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \cdot \sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$\frac{Ld}{22\text{mm}} = \frac{3 \cdot (320\text{N} / \text{mm}^2) \cdot (0,8) \cdot (1,3) \cdot 1.1}{5 \cdot \sqrt{25\text{N} / \text{mm}^2}}$$

$$Ld = 878,6 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.5 reduksi panjang penyaluran diperbolehkan apabila luasan tulangan terpasang pada komponen lentur melebihi luasan yang dibutuhkan dari analisis, kecuali apabila angkur atau penyaluran untuk f_y memang secara khusus dibutuhkan atau tulangan direncanakan berdasarkan aturan sebagai berikut :

$$Ld_{\text{reduksi}} = Ld \cdot \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{\text{pakai}}}} = 878,6\text{mm} \frac{700\text{mm}^2}{760,57\text{mm}^2}$$

$$Ld_{\text{reduksi}} = 404,31 \text{ mm} \approx 450 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran untuk batang tarik digunakan sebesar 450 mm. Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik sesuai SNI 03-2847-2002 psl. 14.5:

Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 150 mm

Panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau yang berakhir dengan kaitan adalah :

$$L_{hb} = \frac{100 \cdot db}{\sqrt{f_c'}} \geq 8 \cdot db$$

$$L_{hb} = \frac{100 \cdot 22 \text{ mm}}{\sqrt{25 \text{ N/mm}^2}} \geq 8 \cdot 22 \text{ mm} \rightarrow 440 \text{ mm} > 176 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$L_{hb_{\text{reduksi}}} = F \text{ modifikasi} \cdot L_{hb} \geq 150 \text{ mm}$$

$$L_{hb_{\text{reduksi}}} = \frac{700 \text{ mm}^2}{760,57 \text{ mm}^2} \cdot 440 \text{ mm} \geq 150 \text{ mm}$$

$$L_{hb_{\text{reduksi}}} = 404,96 \text{ mm} > 150 \text{ mm} (\text{OK})$$

Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik adalah 450 mm

Penyaluran dalam kondisi tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl 14.3 sebagai berikut :

1. Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm
2. Sesuai SNI 03-2847-2002 psl 14.3.2 panjang penyaluran dasar λ_{hb} harus diambil sebesar :

$$L_{hb} = \frac{db \cdot f_y}{4 \sqrt{f_c'}} = \frac{22 \text{ mm} \cdot 320 \text{ N/mm}^2}{4 \sqrt{25 \text{ N/mm}^2}} = 352 \text{ mm} \text{ tetapi}$$

tidak boleh kurang dari

$$0,04 \cdot db \cdot fy = 0,04 \cdot 22 \text{ mm} \cdot 320 \text{ N/mm}^2 = 281,6 \text{ mm (OK)}$$

$$Lhb_{\text{reduksi}} = F \text{ modifikasi} \cdot Lhb \geq 200 \text{ mm}$$

$$Lhb_{\text{reduksi}} = \frac{As'_{\text{perlu}}}{As'_{\text{pasang}}} \cdot Lhb \geq 200 \text{ mm}$$

$$Lhb_{\text{reduksi}} = \frac{700 \text{ mm}^2}{760,57 \text{ mm}^2} \cdot 352 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm}$$

$$Lhb_{\text{reduksi}} = 323,97 \text{ mm} \approx 350 > 200 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan adalah 350 mm.

Kontrol retak

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl 12.6

$$z = fs \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A} < 30 \text{ N/m (untuk penampang dalam ruangan)}$$

dimana, $d_c = d' = 71 \text{ mm}$

$$A = \frac{2d_c \cdot b}{n} = \frac{2 \cdot (71 \text{ mm}) \cdot (200 \text{ mm})}{2} = 14200 \text{ mm}^2$$

$$Z = 0,6 \cdot fy \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A} = 0,6 \cdot (320 \text{ N/mm}^2) \cdot \sqrt[3]{71 \cdot (14200)}$$

$$Z = 19,25 \text{ kN/mm} < 30 \text{ kN/mm (OK)}$$

Sebagai alternatif terhadap perhitungan nilai Z, dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

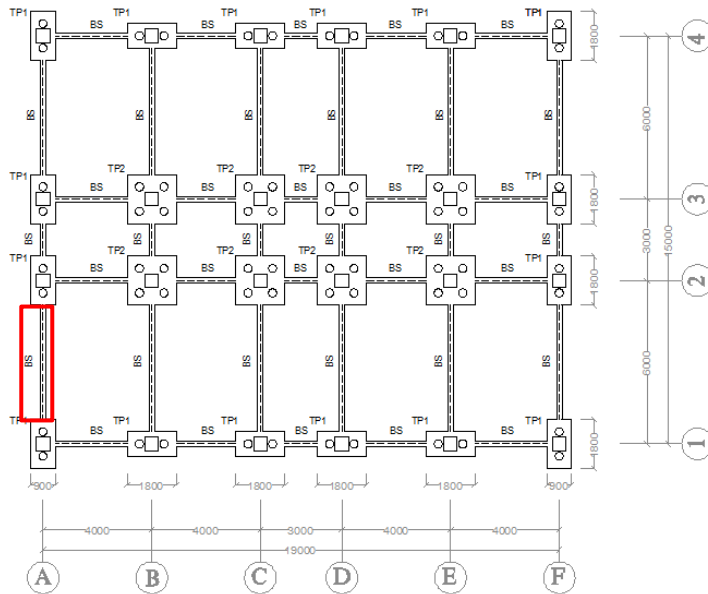
$$\omega = 11 \cdot 10^{-6} \cdot \beta \cdot Z$$

$$\omega = 11 \cdot 10^{-6} \cdot 0,85 \cdot 19,25 = 0,00018 \text{ mm}$$

$$\omega = 0,00018 \text{ mm} < 0,4 \text{ mm penampang dalam ruangan (OK)}$$

$$\omega = 0,00018 \text{ mm} < 0,3 \text{ mm penampang luar ruangan (OK)}$$

13.2 Perhitungan Penulangan Sloof Metode SRPMK



Gambar 13.7 Posisi sloof yang ditinjau

Data perencanaan pada perhitungan sloof berdasarkan beban yang bekerja pada pondasi. Dimana fungsi sloof pada bangunan ini adalah untuk menghubungkan pondasi-pondasi yang ada agar tetap pada kondisi stabil.

Untuk pembebanan sloof ini didapat dari analisa struktur SAP2000 dengan daerah tinjauan as A joint 1-2 (frame 49), karena pada bentang tersebut adalah bentang terpanjang juga memiliki nilai momen yang besar.

13.2.1 Data-data penulangan sloof SRPMK:

❖ Dimensi sloof	:	20/35
❖ Bentang sloof	:	6000 mm
❖ Mutu beton, f_c'	:	25 N/mm ²
❖ Mutu baja, f_y	:	320 N/mm ²
❖ Mutu baja geser, f_{yv}	:	240 N/mm ²
❖ Diameter tulangan utama	:	22 mm
❖ Tulangan geser	:	10 mm
❖ Selimut beton	:	50 mm

SNI 03-2847-2002 psl. 9.7.1

- Momen yang terjadi pada sloof = M_u

Hasil momen yang didapat bersasal dari analisis struktur SAP2000, dan diambil nilai kombinasi terbesar dari kombinasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Kombinasi 1} &= 1,4DL \\
 &= 6,92 \text{ kN.m} \\
 \text{Kombinasi 2} &= 1,2DL + 1,6LL \\
 &= 5,93 \text{ kN.m} \\
 \text{Kombinasi gempa1} &= 1,2DL + LL + EX + 0,3EY \\
 &= 5,93 \text{ kN.m} \\
 \text{Kombinasi gempa1} &= 1,2DL + LL + 0,3EX + EY \\
 &= 5,93 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

- Gaya aksial kolom

Posisi balok sloof diapit oleh 2 kolom, maka perlu ditinjau nilai P dari keduanya yang paling maksimum.

Didapat dari analisis struktur SAP2000 :

Kolom kiri frame 468 :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{comb1}} &= 1,4DL \\
 &= 599,32 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{comb2}} &= 1,2DL+1,6LL \\
 &= 622,77 \text{ kN} \\
 P_{\text{comb3}} &= 1,2DL+LL+EX+0,3EY \\
 &= 396,94 \text{ kN} \\
 P_{\text{comb4}} &= 1,2DL+LL+EX-0,3EY \\
 &= 467,05 \text{ kN} \\
 P_{\text{comb5}} &= 1,2DL+0,3EX+EY \\
 &= 420,06 \text{ kN} \\
 P_{\text{comb6}} &= 1,2DL-0,3EX+EY \\
 &= 509,98 \text{ kN} \\
 P_{\text{maks}} &= 622,77 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

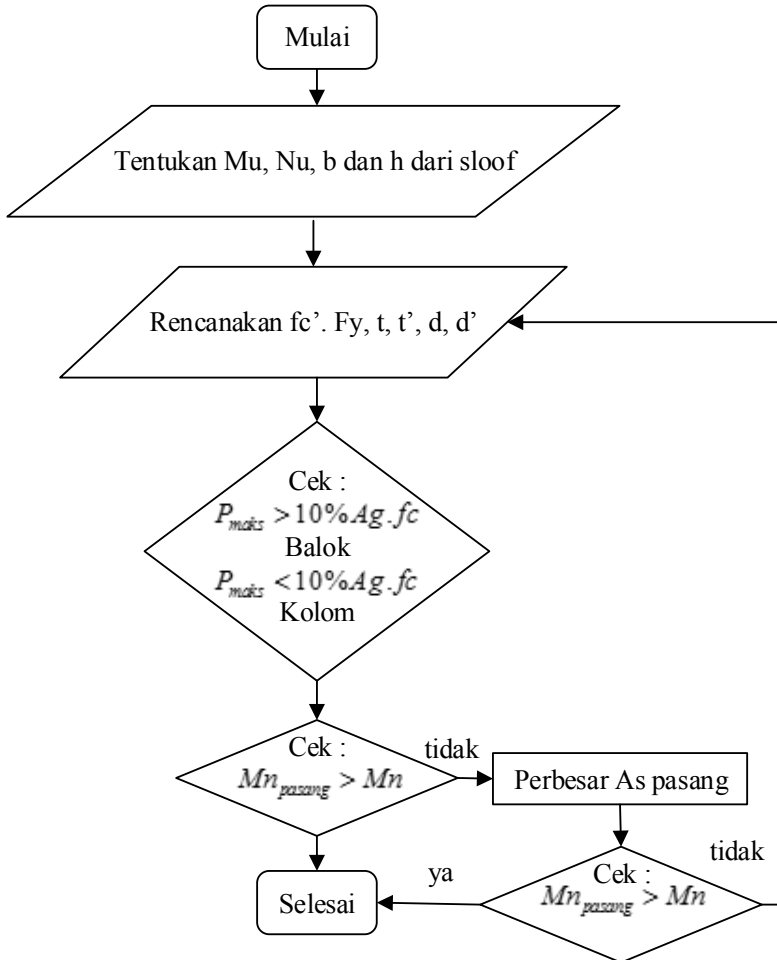
- Kolom kanan frame :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{comb1}} &= 1,4DL \\
 &= 745,86 \text{ kN} \\
 P_{\text{comb2}} &= 1,2DL+1,6LL \\
 &= 786,3 \text{ kN} \\
 P_{\text{comb3}} &= 1,2DL+LL+EX+0,3EY \\
 &= 359,6 \text{ kN} \\
 P_{\text{comb4}} &= 1,2DL+LL+EX-0,3EY \\
 &= 613,451 \text{ kN} \\
 P_{\text{comb5}} &= 1,2DL+0,3EX+EY \\
 &= 472,95 \text{ kN} \\
 P_{\text{comb6}} &= 1,2DL-0,3EX+EY \\
 &= 580,39 \text{ kN} \\
 P_{\text{maks}} &= 786,3 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan nilai P_{maks} antara kolom kiri dengan kolom kanan yaitu sebesar : $P_{\text{maks}} = 786,3 \text{ kN}$

13.2.2 Penulangan lentur sloof SRPMK

Skema penulangan lentur sloof



Didapatkan :

Mu maks = 6,92 kN.m (akibat kombinasi 1,4DL)

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{6,92 \text{ kN.m}}{0,8} = 8,65 \text{ kN.m}$$

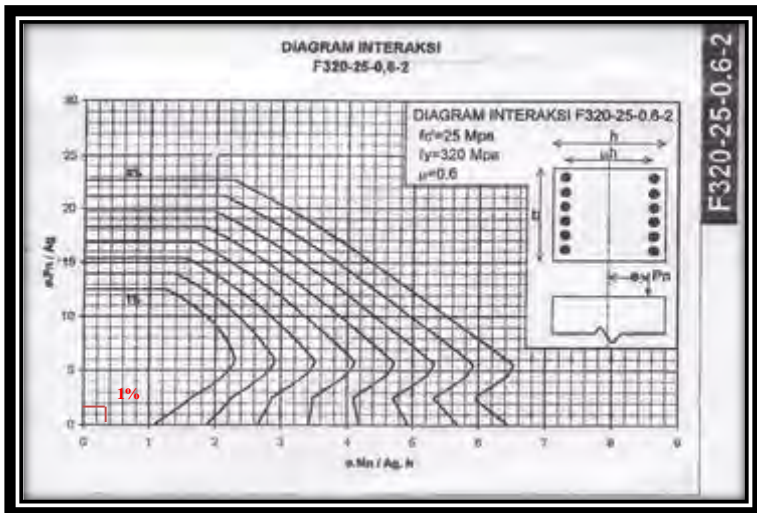
$$P \text{ maks} = 786,3 \text{ kN}$$

Sehingga, gaya normal (N) yang terjadi pada sloof adalah

$$10\% \cdot P_{\text{maks}} = 10\% \cdot 786,3 \text{ kN} = 78,63 \text{ kN}$$

$$N_u = 78,63 \text{ kN}$$

$$\frac{M_u}{b \cdot h^2} = \frac{69200000 \text{ N} \cdot \text{mm}}{200 \text{ mm} \cdot (350 \text{ mm})^2} = 0,28 \quad ; \quad \frac{N_u}{b \cdot h} = \frac{78630}{200 \cdot 350} = 1,23$$



Gambar 13.8 Diagram interaksi aksial pada kolom

Dari diagram interaksi didapat $p_t = 0,01$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = p_t \cdot b \cdot h = 0,01 \cdot 200 \text{ mm} \cdot 350 \text{ mm} = 700 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang :

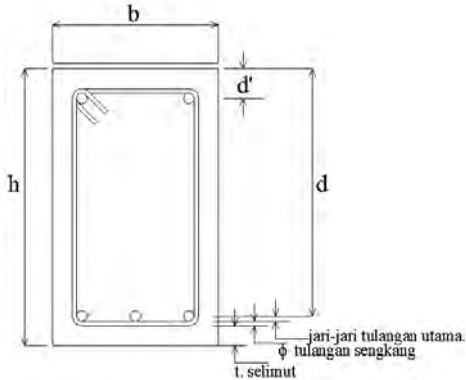
$$n_{\text{pasang}} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{(d22)}}} = \frac{700 \text{ mm}^2}{0,25 \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \cdot (22 \text{ mm}^2)} = 1,84 \approx 2 \text{ buah (2D22)}$$

Luasan tulangan pasang :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= n_{\text{pasang}} \cdot A_{s_{\text{pasang}}} \\ &= 2 \cdot (380,13 \text{ mm}^2) = 760,27 \text{ mm}^2 \geq A_{s_{\text{perlu}}} \end{aligned}$$

$$760,27 \text{ mm}^2 > 700 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Cek jarak spasi tulangan :



Gambar 13.9 Tinggi efektif balok

$$S_{maks} = \frac{b - (2 \cdot t_{decking}) - (2 \cdot \phi_{geser}) - (n \cdot \phi_{lentur})}{n - 1}$$

$$S_{maks} = \frac{200mm - (2 \cdot 50mm) - (2 \cdot 10mm) - (2 \cdot 22mm)}{2 - 1}$$

$$S_{maks} = 36mm$$

Syarat : $S_{maks} \geq S_{sejajar \ maks}$ → Susun 1 lapis

$S_{maks} < S_{sejajar \ maks}$ → Susun 2 lapis

Kontrol : $36 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$ (memenuhi) sehingga dipasang 1 lapis

Tinggi efektif sloof :

$$d = h - t_{decking} - \emptyset_{sengkang} - \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right)$$

$$d = 350\text{mm} - 50\text{mm} - 10\text{mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22\text{mm} \right) = 279 \text{ mm}$$

$$d' = t_{decking} + \emptyset_{sengkang} + \left(\frac{1}{2} \cdot \emptyset_{tul.utama} \right)$$

$$d' = 50\text{mm} + 10\text{mm} + \left(\frac{1}{2} \cdot 22\text{mm} \right) = 71 \text{ mm}$$

Tinggi blok gaya tekan beton :

$$a = \frac{A_{s_{pasang}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{(1521,14\text{mm}^2)(320\text{N/mm}^2)}{0,85 \cdot (25\text{N/mm}^2) \cdot (200\text{mm})} = 114,5 \text{ mm}$$

Gaya tekan beton :

$$C_c' = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a$$

$$C_c' = 0,85 \cdot 25 \text{ N/mm}^2 \cdot 200 \text{ mm} \cdot 114,5 \text{ mm} = 486,77 \text{ kN}$$

Cek momen nominal pasang :

$$Mn_{pasang} = C_c' \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn_{pasang} = 486,77\text{kN} \cdot \left(0,279\text{m} - \frac{0,1145\text{m}}{2} \right) = 107,93 \text{ kN.m}$$

$$\text{Syarat : } Mn_{pasang} \geq Mn \quad \rightarrow \text{perencanaan OK}$$

$$Mn_{pasang} < Mn \quad \rightarrow \text{perencanaan tidak OK}$$

Kontrol :

$$Mn_{pasang} = 107,93 \text{ kN.m} > Mn = 8,65 \text{ kN.m} \quad (\text{perencanaan OK})$$

13.2.3 Penulangan geser sloof SRPMK

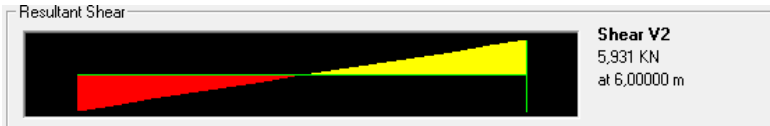
Dari penulangan lentur sloof, diperoleh :

$$M_{\text{pasang kanan}} = 107,93 \text{ kN.m}$$

$$M_{\text{pasang kiri}} = 107,93 \text{ kN.m}$$

- Perhitungan penulangan geser tumpuan
Dari hasil *output* dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2DL+LL analisis SAP2000 didapatkan :

Gaya geser terfaktor daerah tumpuan $V_2 = 5,931 \text{ kN}$



Gambar 13.10 gaya geser V_2 pada daerah tumpuan

Gaya geser pada ujung perletakan (tumpuan) diperoleh dari :

$$Vu = \left(\frac{M_{\text{pasang kanan}} + M_{\text{pasang kiri}}}{\ln} \right) + \frac{(Wu) \cdot \ln}{2}$$

$$Vu_{\text{tump}} = \left(\frac{M_{\text{pasang kanan}} + M_{\text{pasang kiri}}}{\ln} \right) + V_{2 \text{ 1,2DL+LL}}$$

$$Vu_{\text{tump}} = \left(\frac{107,93 \text{ kN.m} + 107,93 \text{ kN.m}}{5,5\text{m}} \right) + 5,931 \text{ kN} = 45,18 \text{ kN}$$

Syarat kuat tekan beton (SNI 03-2847-2002 psl.13.1.2.1) :

$$\sqrt{fc'} \leq \frac{25}{3} \text{ p}$$

$$\sqrt{25} \leq 8,33 \quad \rightarrow 5 < 8,33 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Kuat geser beton (SNI 03-2847-2002 psl.13.3.1.1) :

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25 \text{ N / mm}^2} \cdot 200 \text{ mm} \cdot (279 \text{ mm}) = 46,5 \text{ kN}$$

Adapun luas tulangan geser minimum yang harus terpasang menurut SNI 03-2847-2002 psl. 13.5.5 adalah :

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot 200 \text{ mm} \cdot (279 \text{ mm}) = 18,6 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N / mm}^2} \cdot 200 \text{ mm} \cdot (279 \text{ mm}) = 93 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N / mm}^2} \cdot 200 \text{ mm} \cdot (279 \text{ mm}) = 186 \text{ kN}$$

Chu Kia Wang dalam bukunya “Desain Beton Bertulang”, pada dasarnya perencanaan untuk geser dapat dibagi atas kategori sebagai berikut :

1. $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$

$$45,18 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot (0,75) \cdot (46,5 \text{ kN})$$

$$45,18 \text{ kN} > 17,44 \text{ kN} \quad (\text{tidak OK})$$

2. $0,5 \cdot \phi V_c < V_u < \phi V_c$
 $0,5 \cdot (0,75) \cdot (46,5 \text{ kN}) < 45,18 \text{ kN} < 0,75 \cdot (46,5 \text{ kN})$
 $17,44 \text{ kN} < 45,18 \text{ kN} > 34,92 \text{ kN}$ (tidak OK)
3. $\phi V_c < V_u \leq \phi (V_c + V_{S_{\min}})$
 $34,92 \text{ kN} < 45,18 \text{ kN} \leq 0,75 (46,5 + 18,6)$
 $34,92 \text{ kN} < 45,18 \text{ kN} < 48,83 \text{ kN}$ (OK)

Direncanakan diameter tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2

kaki :
$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_{10})^2$$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{22}{7} \cdot (10 \text{ mm})^2 = 157,14 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu geser minimum :

$$\frac{A_{v_{\min}}}{S} = \frac{b}{3 \cdot f_y} = \frac{200 \text{ mm}}{3 \cdot (320 \text{ N/mm}^2)} = 0,21 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Sehingga jarak antar sengkang,

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v}{\frac{A_{v_{\min}}}{S}} = \frac{157,14 \text{ mm}^2}{0,21 \text{ mm}^2 / \text{mm}} = 748,29 \text{ mm}$$

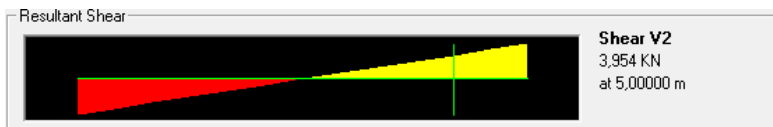
Sesuai SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4.3 pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

1. $S = d/4 = 279 \text{ mm} / 4 = 69,8 \text{ mm}$
2. $S = 8 \cdot \varnothing_{tul.utama} = 8 \cdot 22 \text{ mm} = 176 \text{ mm}$
3. $S = 24 \cdot \varnothing_{sengkang} = 24 \cdot 10 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$
4. 300 mm

Jadi dipasang tulangan geser daerah tumpuan $\varnothing 10-60$

Dengan demikian, tulangan geser diatas (sengkang D10) dipasang dengan spasi 90 mm di daerah sepanjang $2 \cdot h$ ($2 \cdot 350 \text{ mm} = 700 \text{ mm}$) dari muka kolom. Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi $d/4$.

- Perhitungan penulangan geser lapangan
 Dari hasil *output* dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1,2DL+LL analisis SAP2000 didapatkan :
 Gaya geser terfaktor daerah lapangan $V2 = 3,95 \text{ kN}$



Gambar 13.11 gaya geser V2 pada daerah lapangan

Gaya geser pada ujung perletakan (tumpuan) diperoleh dari :

$$Vu = \left(\frac{M_{pasang\ kanan} + M_{pasang\ kiri}}{ln} \right) + \frac{(Wu) \cdot ln}{2}$$

$$Vu_{lap} = \left(\frac{M_{pasang\ kanan} + M_{pasang\ kiri}}{ln} \right) + V2_{1,2DL+LL}$$

$$Vu_{lap} = \left(\frac{107,93 \text{ kN.m} + 107,93 \text{ kN.m}}{5,5m} \right) + 3,95 \text{ kN} = 43,2 \text{ kN}$$

Syarat kuat tekan beton (SNI 03-2847-2002 psl.13.1.2.1) :

$$\sqrt{f_c'} \leq \frac{25}{3}$$

$$\sqrt{25} \leq 8,33 = 5 < 8,33 \quad (\text{memenuhi syarat})$$

Kuat geser beton (SNI 03-2847-2002 psl.13.3.1.1) :

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{25 \text{ N / mm}^2} \cdot 200 \text{ mm} \cdot (279 \text{ mm}) = 46,5 \text{ kN}$$

Adapun luas tulangan geser minimum yang harus terpasang menurut SNI 03-2847-2002 psl. 13.5.5 adalah :

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot 200 \text{ mm} \cdot (279 \text{ mm}) = 18,6 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N / mm}^2} \cdot 200 \text{ mm} \cdot (279 \text{ mm}) = 93 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N / mm}^2} \cdot 200 \text{ mm} \cdot (279 \text{ mm}) = 186 \text{ kN}$$

Chu Kia Wang dalam bukunya “Desain Beton Bertulang”, pada dasarnya perencanaan untuk geser dapat dibagi atas kategori sebagai berikut :

1. $Vu \leq 0,5 \cdot \phi Vc$
 $45,18kN \leq 0,5 \cdot (0,75) \cdot (46,5kN)$
 $45,18kN > 17,44kN$ (tidak OK)
2. $0,5 \cdot \phi Vc < Vu < \phi Vc$
 $0,5 \cdot (0,75) \cdot (46,5kN) < 45,18kN < 0,75 \cdot (46,5kN)$
 $17,44kN < 45,18kN > 34,92kN$ (tidak OK)
3. $\phi Vc < Vu \leq \phi(Vc + Vs_{\min})$
 $34,92kN < 45,18kN \leq 0,75(46,5 + 18,6)$
 $34,92kN < 45,18kN < 48,83kN$ (OK)

Direncanakan diameter tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2 kaki :

$$Av = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_{10})^2 ; Av = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{22}{7} \cdot (10mm)^2 = 157,14mm^2$$

Luasan tulangan perlu geser minimum :

$$\frac{Av_{\min}}{S} = \frac{b}{3 \cdot fy} = \frac{200mm}{3 \cdot (320N/mm^2)} = 0,21 mm^2/mm$$

Sehingga jarak antar sengkang,

$$S_{\text{perlu}} = \frac{Av}{\frac{Av_{\min}}{S}} = \frac{157,14mm^2}{0,21mm^2/mm} = 754,29 mm$$

Sesuai SNI 03-2847-2002 ps1 23.10.4.3 pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari

muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

1. $S = d/2 = 279 \text{ mm} / 2 = 139,5 \text{ mm}$
2. $S = 8 \cdot \varnothing_{tul.utama} = 8 \cdot 22 \text{ mm} = 176 \text{ mm}$
3. $S = 24 \cdot \varnothing_{sengkang} = 24 \cdot 10 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$
4. 300 mm

Jadi dipasang tulangan geser daerah lapangan $\varnothing 10-130$

Dengan demikian, tulangan geser diatas (sengkang D10) dipasang dengan spasi 90 mm di daerah sepanjang $2 \cdot h$ ($2 \cdot 350 \text{ mm} = 700 \text{ mm}$) dari muka kolom. Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi $d/4$.

Tipe Sloof	B1 20/35	
	Tumpuan	Lapangan
SRPMK Lantai dasar		
Ukuran	200 x 350	
Tulangan atas	2D22	2D22
Tulangan bawah	2D22	2D22
Sengkang	Ø10-60	Ø10-130

Gambar 13.12 Sketsa hasil perhitungan penulangan sloof SRPMK

13.2.4 Perhitungan Panjang Penyaluran dalam Kondisi Tarik dan Tekan pada Sloof SRPMK

Data yang dipergunakan dalam perhitungan :

$$\text{Kuat tekan beton, } f_c' = 25 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Kuat leleh tulangan lentur, } f_y = 320 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Diameter tulangan lentur} = 22 \text{ mm}$$

Perhitungan panjang penyaluran tulangan pada balok

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.5 reduksi panjang penyaluran diperbolehkan apabila luasan tulangan terpasang pada komponen lentur melebihi luasan yang dibutuhkan dari analisis, kecuali apabila angkur atau penyaluran untuk f_y memang secara

khusus dibutuhkan atau tulangan direncanakan berdasarkan aturan sebagai berikut :

$$Ld_{reduksi} = Ld \cdot \frac{As_{perlu}}{As_{pakai}} = 878,6 \text{ mm} \cdot \frac{700 \text{ mm}^2}{760,57 \text{ mm}^2}$$

$$Ld_{reduksi} = 404,31 \text{ mm} \approx 450 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran untuk batang tarik digunakan sebesar 450 mm. Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik sesuai SNI 03-2847-2002 psl. 14.5:

Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 150 mm

Panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau yang berakhir dengan kaitan adalah :

$$Lhb = \frac{100 \cdot db}{\sqrt{fc'}} \geq 8 \cdot db$$

$$Lhb = \frac{100 \cdot 22 \text{ mm}}{\sqrt{25 \text{ N/mm}^2}} \geq 8 \cdot 22 \text{ mm} \rightarrow 440 \text{ mm} > 176 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$Lhb_{reduksi} = F \text{ modifikasi} \cdot Lhb \geq 150 \text{ mm}$$

$$Lhb_{reduksi} = \frac{700 \text{ mm}^2}{760,57 \text{ mm}^2} \cdot 440 \text{ mm} \geq 150 \text{ mm}$$

$$Lhb_{reduksi} = 404,96 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik adalah 450 mm

Penyaluran dalam kondisi tekan

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl 14.3 sebagai berikut :

1. Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm
2. Sesuai SNI 03-2847-2002 psl 14.3.2 panjang penyaluran dasar λ_{hb} harus diambil sebesar :

$$L_{hb} = \frac{db \cdot f_y}{4\sqrt{f_c'}} = \frac{22\text{mm} \cdot 320\text{N/mm}^2}{4\sqrt{25\text{N/mm}^2}} = 352 \text{ mm tetapi}$$

tidak boleh kurang dari

$$0,04 \cdot db \cdot f_y = 0,04 \cdot 22\text{mm} \cdot 320\text{N/mm}^2 = 281,6 \text{ mm (OK)}$$

$$L_{hb_{reduksi}} = F \text{ modifikasi} \cdot L_{hb} \geq 200 \text{ mm}$$

$$L_{hb_{reduksi}} = \frac{A_{s'_{perlu}}}{A_{s'_{pasang}}} \cdot L_{hb} \geq 200\text{mm}$$

$$L_{hb_{reduksi}} = \frac{700\text{mm}^2}{760,57\text{mm}^2} \cdot 352\text{mm} \geq 200\text{mm}$$

$$L_{hb_{reduksi}} = 323,97 \text{ mm} \approx 350 > 200 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan adalah 350 mm.

Kontrol retak

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl 12.6

$$z = f_s \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A} < 30 \text{ N/m (untuk penampang dalam ruangan)}$$

dimana, $d_c = d' = 71 \text{ mm}$

$$A = \frac{2d_c \cdot b}{n} = \frac{2 \cdot (71\text{mm}) \cdot (200\text{mm})}{2} = 14200 \text{ mm}^2$$

$$Z = 0,6 \cdot f_y \cdot \sqrt[3]{d_c \cdot A} = 0,6 \cdot (320 \text{ N/mm}^2) \cdot \sqrt[3]{71 \cdot (14200)}$$

$$Z = 19,25 \text{ kN/mm} < 30 \text{ kN/mm (OK)}$$

Sebagai alternatif terhadap perhitungan nilai Z , dapat dilakukan perhitungan lebar retak yang diberikan oleh :

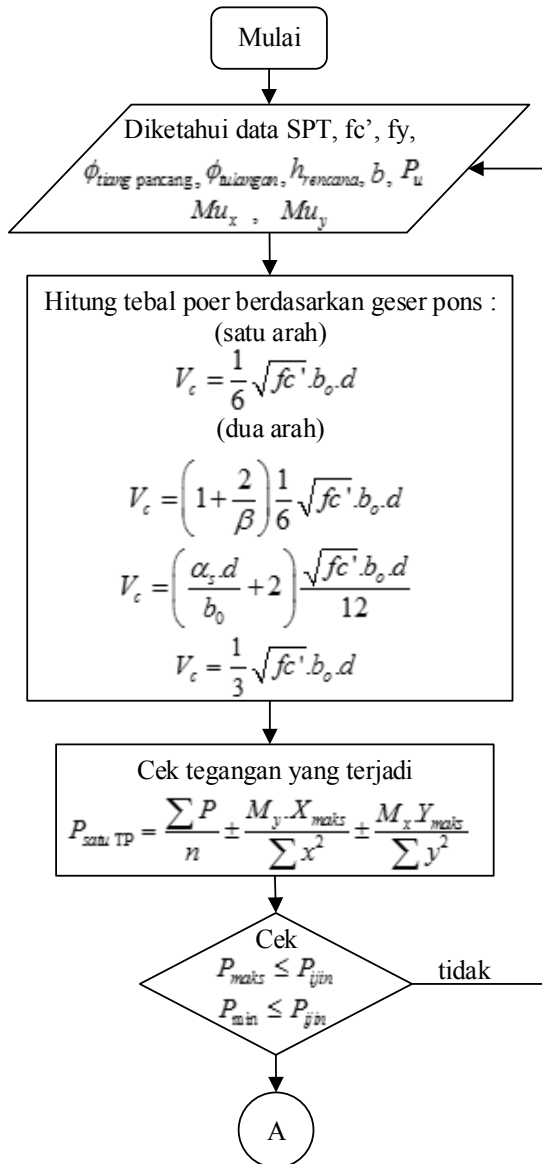
$$\omega = 11 \cdot 10^{-6} \cdot \beta \cdot Z$$

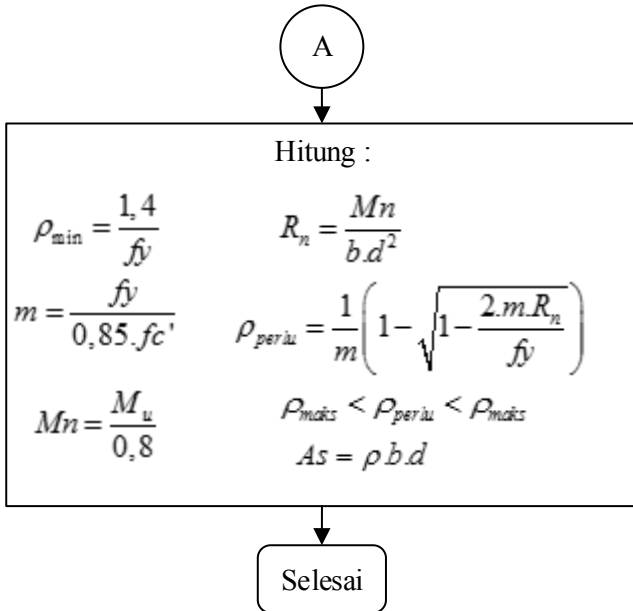
$$\omega = 11 \cdot 10^{-6} \cdot 0,85 \cdot 19,25 = 0,00018 \text{ mm}$$

$$\omega = 0,00018 \text{ mm} < 0,4 \text{ mm penampang dalam ruangan (OK)}$$

$$\omega = 0,00018 \text{ mm} < 0,3 \text{ mm penampang luar ruangan (OK)}$$

13.3 Perhitungan Penulangan Pondasi Metode SRPMM





Pondasi merupakan bangunan struktur bawah yang berfungsi sebagai perantara dalam meneruskan beban bagian atas dan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tersebut ke tanah pendukung di bawahnya.

Perencanaan bangunan bawah atau pondasi suatu struktur bangunan harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jenis, kondisi dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan atau daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. Perencanaan yang baik menghasilkan pondasi yang tidak hanya aman, namun juga efisien, ekonomis, dan memungkinkan pelaksanaannya.

13.3.1 Perencanaan lentur *pile cap* (poer)

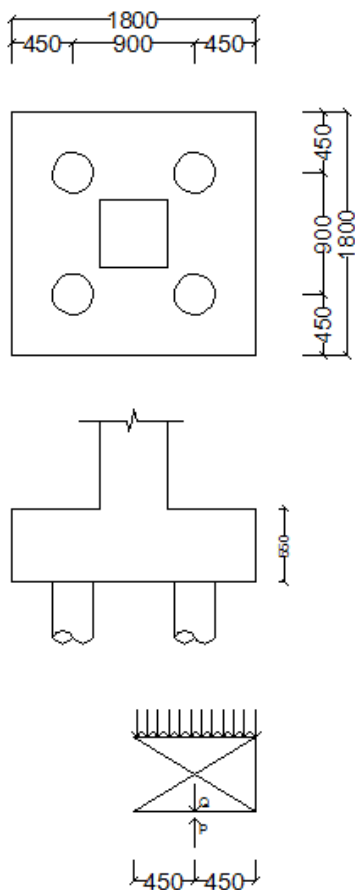
Pada perencanaan tulangan lentur, pile cap diasumsikan sebagai balok kantilever jepit dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap. Pada perencanaan penulangan ini digunakan pengaruh beban sementara, dikarenakan P beban sementara lebih besar daripada P beban tetap.

Data Perencanaan

Output SAP 2000 akibat beban sementara (1,2DL+1,0LL-0,3Ex-1,0Ey)

P	= 92625.17 kg
M_x	= -34544.5 kg.m
M_y	= 15949.64 kg.m
Dimensi Poer	= (1,8 x 1,8 x 0,55) m ³
Jumlah tiang pancang	= 4 buah
Dimensi kolom	= 50 cm x 50 cm
Mutu beton (f_c')	= 25 MPa
Mutu baja (f_y)	= 320 MPa
Diameter tulangan poer	= 25
Selimut beton (p)	= 75 mm
h	= 550 mm
d = 550-75-25-(1/2×25)	= 437,5 mm
dy = 550-75-(1/2×25)	= 462,5 mm
ϕ	= 0,8
β	= 0,85

13.3.2 Penulangan poer arah sumbu X



Gambar 13.13 Reaksi Pile pada arah X

$$\Sigma P = P_2 + P_4$$

$$\Sigma P = 19722,48 \text{ kg} + 15272,8 \text{ kg}$$

$$\Sigma P = 34885,28 \text{ kg}$$

Dengan rumus mekanika diperoleh beban sebagai berikut :

$$q_u = \text{Berat poer}$$

$$q_u = 1,8 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,55 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$q_u = 4276,8 \text{ kg/m}$$

$$Q = q_u \times l$$

$$Q = 4276,8 \text{ kg/m} \times 0,9 \text{ m}$$

$$Q = 3849,12 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$M_u = M_q - M_p$$

$$M_u = (Q \times l / 2) - (P \times j \text{ arak tiang ke tepi kolom})$$

$$M_u = (3849,12 \times 0,45) - (34885,28 \times 0,45)$$

$$M_u = -11543,23$$

$$M_u = 115432306 \text{ Nmm (diambil nilai mutlak)}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{115432306 \text{ Nmm}}{0,8}$$

$$M_n = 144290382 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$R_n = \frac{144290382 \text{ Nmm}}{1800 \times (437,5)^2}$$

$$R_n = 0,418802$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c}$$

$$m = \frac{320}{0,85 \times 25}$$

$$m = 15,058824$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,058824} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,058824 \cdot 0,418802}{320}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0131841$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{(600 + f_y)}$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{320} \times \frac{600}{(600 + 320)}$$

$$\rho_{\text{balance}} = 0,0368122$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{320}$$

$$\rho_{min} = 0,00438$$

$$\rho_{max} = 0,75\rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,0368122$$

$$\rho_{max} = 0,0276091$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,00438 < 0,0131841 < 0,0276091 \quad (\text{memenuhi})$$

$$s_{perlu} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$s_{perlu} = 0,0131841 \times 1800 \times 437,5$$

$$s_{perlu} = 10382,44 \text{ mm}^2$$

$$s_{pakai} = 1/4 \times \pi \times D^2$$

$$s_{pakai} = 1/4 \times \pi \times 25^2$$

$$s_{pakai} = 490,87385 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan pasang} = \frac{s_{perlu}}{s_{pakai}}$$

$$n \text{ tulangan pasang} = \frac{10382,44 \text{ mm}^2}{490,87385 \text{ mm}^2}$$

$$n \text{ tulangan pasang} = 21,1509 \approx 22 \text{ buah}$$

Jarak antar tulangan :

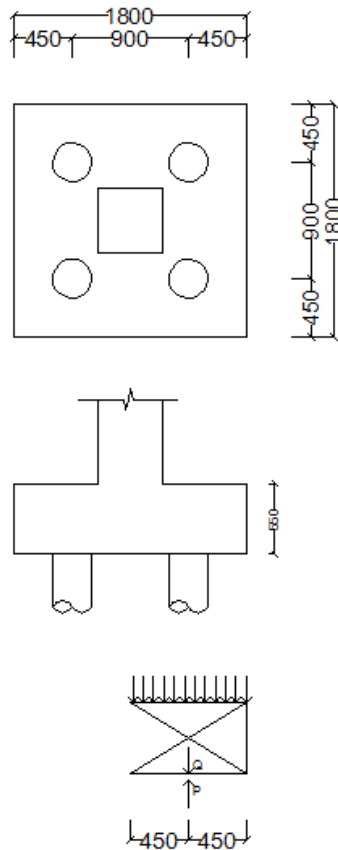
$$s = \frac{b - (2 \times t_{decking})}{n - 1}$$

$$s = \frac{1800 - (2 \times 75)}{22 - 1}$$

$$s = 78.57 \approx 75 \text{ mm}$$

Maka, dipasang 22D25-75 mm.

13.3.3 Penulangan poer arah sumbu Y



Gambar 13.14 Reaksi Pile pada arah Y

$$\Sigma P = P_2 + P_4$$

$$\Sigma P = 19722,48 \text{ kg} + 15272,8 \text{ kg}$$

$$\Sigma P = 34885,28 \text{ kg}$$

Dengan rumus mekanika diperoleh beban sebagai berikut :

$q_u = \text{Berat poer}$

$$q_u = 1,8 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,55 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$q_u = 4276,8 \text{ kg/m}$$

$$Q = q_u \times l$$

$$Q = 4276,8 \text{ kg/m} \times 0,9 \text{ m}$$

$$Q = 3849,12 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$M_u = M_q - M_p$$

$$M_u = (Q \times l / 2) - (P \times \text{jarak tiang ke tepi kolom})$$

$$M_u = (3849,12 \times 0,45) - (34885,28 \times 0,45)$$

$$M_u = -11543,23$$

$$M_u = 115432306 \text{ Nmm (diambil nilai mutlak)}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{115432306 \text{ Nmm}}{0,8}$$

$$M_n = 144290382 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$R_n = \frac{144290382 \text{ Nmm}}{1800 \times (437,5)^2}$$

$$R_n = 0,418802$$

$$m = \frac{fy}{0,85fc}$$

$$m = \frac{320}{0,85 \times 25}$$

$$m = 15,058824$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R n}{fy}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,058824} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,058824 \cdot 0,418802}{320}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0131841$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times fc' \times \beta_1}{fy} \times \frac{600}{(600 + fy)}$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{320} \times \frac{600}{(600 + 320)}$$

$$\rho_{\text{balance}} = 0,0368122$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{320}$$

$$\rho_{min} = 0,00438$$

$$\rho_{max} = 0,75\rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,0368122$$

$$\rho_{max} = 0,0276091$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,00438 < 0,0131841 < 0,0276091 \quad (\text{memenuhi})$$

$$s_{perlu} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$s_{perlu} = 0,0131841 \times 1800 \times 437,5$$

$$s_{perlu} = 10382,44 \text{ mm}^2$$

$$s_{pakai} = 1/4 \times \pi \times D^2$$

$$s_{pakai} = 1/4 \times \pi \times 25^2$$

$$s_{pakai} = 490,87385 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan pasang} = \frac{s_{perlu}}{s_{pakai}}$$

$$n \text{ tulangan pasang} = \frac{10382,44 \text{ mm}^2}{490,87385 \text{ mm}^2}$$

$$n \text{ tulangan pasang} = 21,1509 \approx 22 \text{ buah}$$

Jarak antar tulangan :

$$s = \frac{b - (2 \times t_{decking})}{n - 1}$$

$$s = \frac{1800 - (2 \times 75)}{22 - 1}$$

$$s = 78,57 \approx 75 \text{ mm}$$

Maka, dipasang 22D25-75 mm.

13.3.4 Penyaluran Tulangan Stek Kolom

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, panjang penyaluran tulangan berkait kolom ke pondasi akibat tarik adalah

SNI 03-2847-2002 Pasal 9.1.3

Pembengkokan tulangan untuk kait pengikat batang D22 bengkokan 90° ditambah perpanjangan $12d_b$ pada ujung bebas kait.

$$12d_b = 12 \times 22 = 264 \text{ mm} \approx 265 \text{ mm}$$

SNI 03-2847-2002 Pasal 9.2.3

Diameter bengkokan minimum untuk ukuran tulangan D22 adalah $6d_b$.

$$6d_b = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5.2

$$Lhb = \frac{100 \times d_b}{\sqrt{f'c}}$$

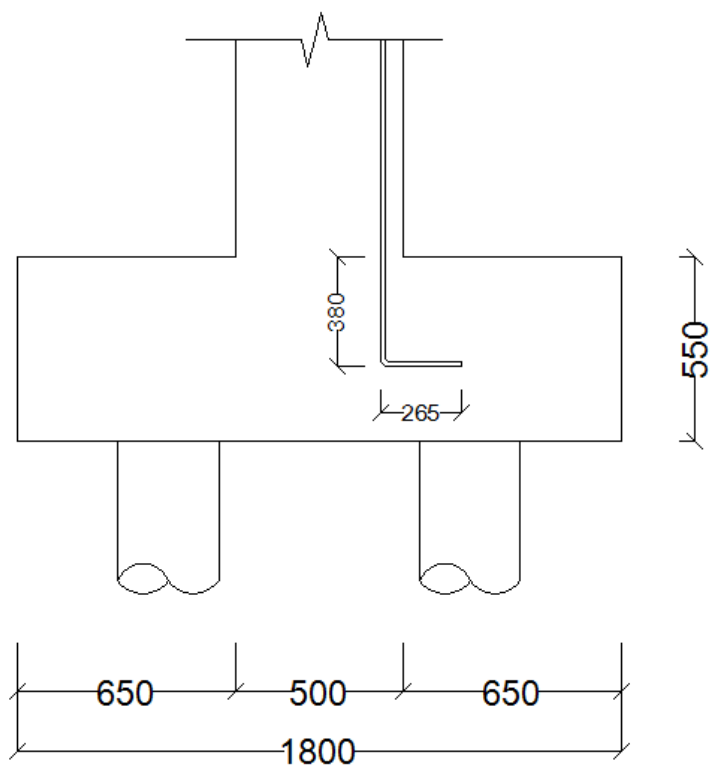
$$Lhb = \frac{100 \times 22}{\sqrt{25}}$$

$$Lhb = 440$$

$$Ldh = (Lhb \times 0,7 \times 0,8) + 6d_b$$

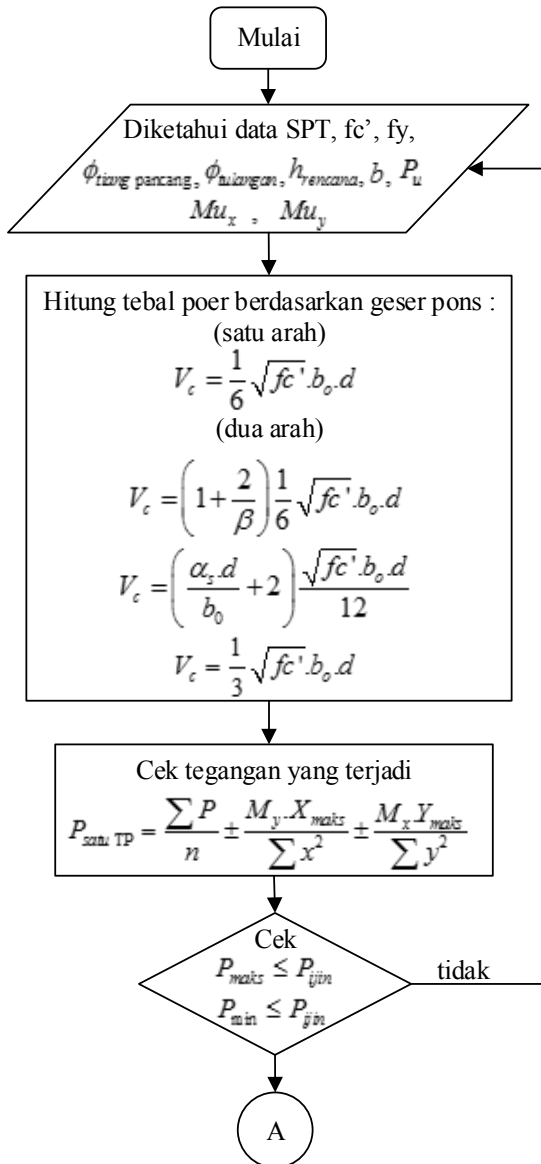
$$Ldh = (440 \times 0,7 \times 0,8) + 132$$

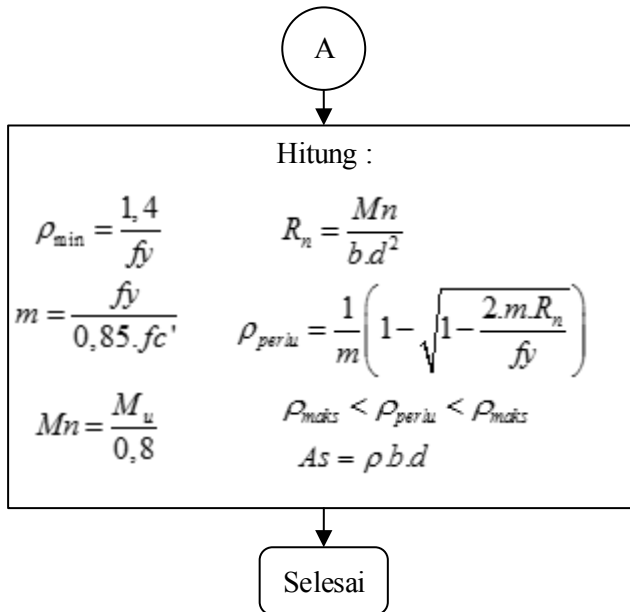
$$Ldh = 378,4 \text{ mm} \approx 380 \text{ mm}$$



Gambar 13.15 Stek kolom

13.4 Perhitungan Penulangan Pondasi Metode SRPMK





Pondasi merupakan bangunan struktur bawah yang berfungsi sebagai perantara dalam meneruskan beban bagian atas dan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tersebut ke tanah pendukung di bawahnya.

Perencanaan bangunan bawah atau pondasi suatu struktur bangunan harus mempertimbangkan beberapa hal diantaranya jenis, kondisi dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan atau daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. Perencanaan yang baik menghasilkan pondasi yang tidak hanya aman, namun juga efisien, ekonomis, dan memungkinkan pelaksanaannya.

13.4.1 Perencanaan lentur *pile cap* (poer)

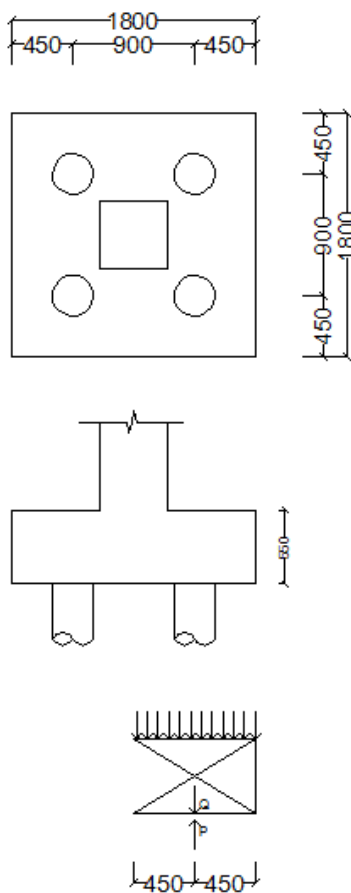
Pada perencanaan tulangan lentur, pile cap diasumsikan sebagai balok kantilever jepit dengan perletakan jepit pada kolom yang dibebani oleh reaksi tiang pancang dan berat sendiri pile cap. Pada perencanaan penulangan ini digunakan pengaruh beban sementara, dikarenakan P beban sementara lebih besar daripada P beban tetap.

Data Perencanaan

Output SAP 2000 akibat beban sementara (1,2DL+1,0LL-0,3Ex-1,0Ey)

P	= 92625.17 kg
M_x	= -33644.5 kg.m
M_y	= 13649.64 kg.m
Dimensi Poer	= (1,8 x 1,8 x 0,55) m ³
Jumlah tiang pancang	= 4 buah
Dimensi kolom	= 50 cm x 50 cm
Mutu beton (f_c')	= 25 MPa
Mutu baja (f_y)	= 320 MPa
Diameter tulangan poer	= 25
Selimut beton (p)	= 75 mm
h	= 550 mm
$d = 550-75-25-(1/2 \times 25)$	= 437,5 mm
$d_y = 550-75-(1/2 \times 25)$	= 462,5 mm
ϕ	= 0,8
β	= 0,85

13.4.2 Penulangan poer arah sumbu X



Gambar 13.16 Reaksi Pile pada arah X

$$\Sigma P = P_2 + P_4$$

$$\Sigma P = 19722,48 \text{ kg} + 15272,8 \text{ kg}$$

$$\Sigma P = 34885,28 \text{ kg}$$

Dengan rumus mekanika diperoleh beban sebagai berikut :

$q_u = \text{Berat poer}$

$$q_u = 1,8 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,55 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$q_u = 4276,8 \text{ kg/m}$$

$$Q = q_u \times l$$

$$Q = 4276,8 \text{ kg/m} \times 0,9 \text{ m}$$

$$Q = 3849,12 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$M_u = M_q - M_p$$

$$M_u = (Q \times l / 2) - (P \times \text{jarak tiang ke tepi kolom})$$

$$M_u = (3849,12 \times 0,45) - (34885,28 \times 0,45)$$

$$M_u = -11543,23$$

$$M_u = 115432306 \text{ Nmm (diambil nilai mutlak)}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{115432306 \text{ Nmm}}{0,8}$$

$$M_n = 144290382 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$R_n = \frac{144290382 \text{ Nmm}}{1800 \times (437,5)^2}$$

$$R_n = 0,418802$$

$$m = \frac{fy}{0,85fc}$$

$$m = \frac{320}{0,85 \times 25}$$

$$m = 15,058824$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R n}{fy}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,058824} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,058824 \cdot 0,418802}{320}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0131841$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times fc' \times \beta_1}{fy} \times \frac{600}{(600 + fy)}$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{320} \times \frac{600}{(600 + 320)}$$

$$\rho_{\text{balance}} = 0,0368122$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{320}$$

$$\rho_{min} = 0,00438$$

$$\rho_{max} = 0,75\rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,0368122$$

$$\rho_{max} = 0,0276091$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,00438 < 0,0131841 < 0,0276091 \quad (\text{memenuhi})$$

$$s_{perlu} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$s_{perlu} = 0,0131841 \times 1800 \times 437,5$$

$$s_{perlu} = 10382,44 \text{ mm}^2$$

$$s_{pakai} = 1/4 \times \pi \times D^2$$

$$s_{pakai} = 1/4 \times \pi \times 25^2$$

$$s_{pakai} = 490,87385 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan pasang} = \frac{s_{perlu}}{s_{pakai}}$$

$$n \text{ tulangan pasang} = \frac{10382,44 \text{ mm}^2}{490,87385 \text{ mm}^2}$$

$$n \text{ tulangan pasang} = 21,1509 \approx 22 \text{ buah}$$

Jarak antar tulangan :

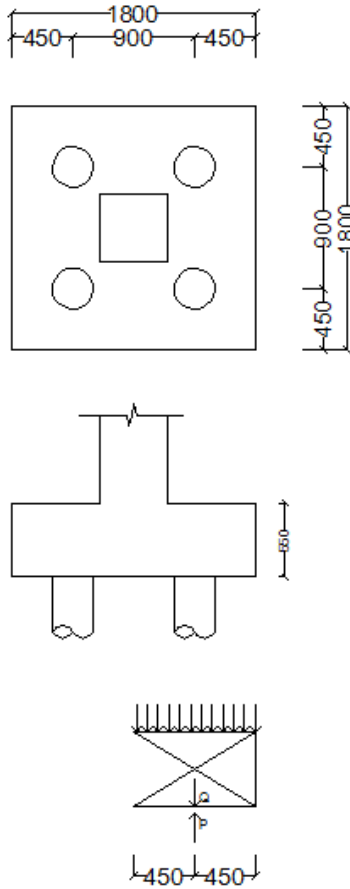
$$s = \frac{b - (2 \times t_{decking})}{n - 1}$$

$$s = \frac{1800 - (2 \times 75)}{22 - 1}$$

$$s = 78.57 \approx 75 \text{ mm}$$

Maka, dipasang 22D25-75 mm.

13.4.3 Penulangan poer arah sumbu Y



Gambar 13.17 Reaksi Pile pada arah Y

$$\Sigma P = P_2 + P_4$$

$$\Sigma P = 19722,48 \text{ kg} + 15272,8 \text{ kg}$$

$$\Sigma P = 34885,28 \text{ kg}$$

Dengan rumus mekanika diperoleh beban sebagai berikut :

$$q_u = \text{Berat poer}$$

$$q_u = 1,8 \text{ m} \cdot 1,8 \text{ m} \cdot 0,55 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$q_u = 4276,8 \text{ kg/m}$$

$$Q = q_u \times l$$

$$Q = 4276,8 \text{ kg/m} \times 0,9 \text{ m}$$

$$Q = 3849,12 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi pada poer adalah :

$$M_u = M_q - M_p$$

$$M_u = (Q \cdot l / 2) - (P \cdot j \text{ arak tiang ke tepi kolom})$$

$$M_u = (3849,12 \cdot 0,45) - (3885,28 \cdot 0,45)$$

$$M_u = -11543,23$$

$$M_u = 115432306 \text{ Nmm (diambil nilai mutlak)}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$M_n = \frac{115432306 \text{ Nmm}}{0,8}$$

$$M_n = 144290382 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$R_n = \frac{144290382 \text{ Nmm}}{1800 \times (437,5)^2}$$

$$R_n = 0,418802$$

$$m = \frac{fy}{0,85fc}$$

$$m = \frac{320}{0,85 \times 25}$$

$$m = 15,058824$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R n}{fy}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,058824} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,058824 \cdot 0,418802}{320}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0131841$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times fc' \times \beta_1}{fy} \times \frac{600}{(600 + fy)}$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times 25 \times 0,85}{320} \times \frac{600}{(600 + 320)}$$

$$\rho_{\text{balance}} = 0,0368122$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{320}$$

$$\rho_{min} = 0,00438$$

$$\rho_{max} = 0,75\rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0,0368122$$

$$\rho_{max} = 0,0276091$$

ρ_{min} , ρ_{perlu} , dan ρ_{max} harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

$$\rho_{min} < \rho_{perlu} < \rho_{max}$$

$$0,00438 < 0,0131841 < 0,0276091 \quad (\text{memenuhi})$$

$$s_{perlu} = \rho_{perlu} \times b \times d$$

$$s_{perlu} = 0,0131841 \times 1800 \times 437,5$$

$$s_{perlu} = 10382,44 \text{ mm}^2$$

$$s_{pakai} = 1/4 \times \pi \times D^2$$

$$s_{pakai} = 1/4 \times \pi \times 25^2$$

$$s_{pakai} = 490,87385 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan pasang} = \frac{s_{perlu}}{s_{pakai}}$$

$$n \text{ tulangan pasang} = \frac{10382,44 \text{ mm}^2}{490,87385 \text{ mm}^2}$$

$$n \text{ tulangan pasang} = 21,1509 \approx 22 \text{ buah}$$

Jarak antar tulangan :

$$s = \frac{b - (2 \times t_{decking})}{n - 1}$$

$$s = \frac{1800 - (2 \times 75)}{22 - 1}$$

$$s = 78.57 \approx 75 \text{ mm}$$

Maka, dipasang 22D25-75 mm.

13.4.4 Penyaluran Tulangan Stek Kolom

Berdasarkan *SNI 03-2847-2002*, panjang penyaluran tulangan berkait kolom ke pondasi akibat tarik adalah

SNI 03-2847-2002 Pasal 9.1.3

Pembengkokan tulangan untuk kait pengikat batang D22 bengkokan 90° ditambah perpanjangan $12d_b$ pada ujung bebas kait.

$$12d_b = 12 \times 22 = 264 \text{ mm}$$

SNI 03-2847-2002 Pasal 9.2.3

Diameter bengkokan minimum untuk ukuran tulangan D22 adalah $6d_b$.

$$6d_b = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

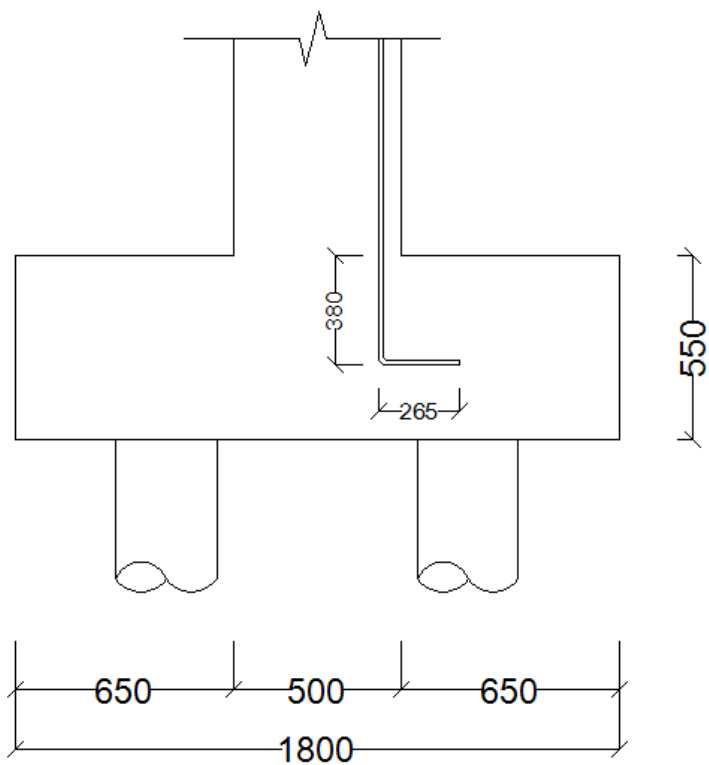
SNI 03-2847-2002 Pasal 14.5.2

$$\begin{aligned} Lhb &= \frac{100 \times d_b}{\sqrt{f_c'}} \\ &= \frac{100 \times 22}{\sqrt{25}} \\ &= 440 \end{aligned}$$

$$Ldh = (Lhb \times 0,7 \times 0,8) + 6d_b$$

$$Ldh = (440 \times 0,7 \times 0,8) + 132$$

$$Ldh = 378,4 \text{ mm}$$



Gambar 13.18 Stek kolom

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

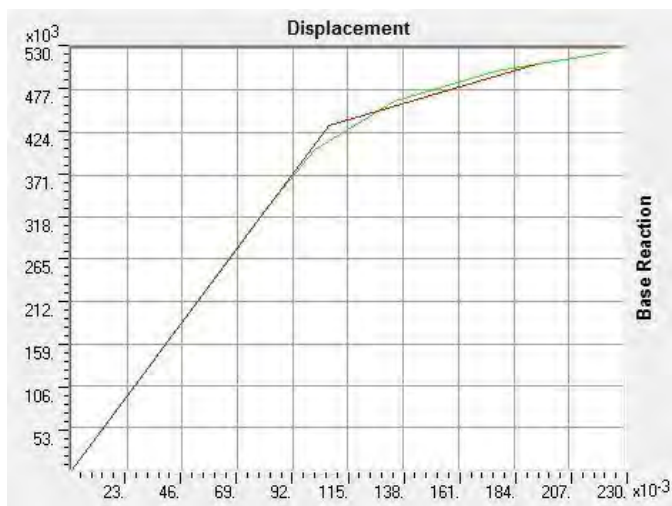
BAB XIV

ANALISIS *PUSHOVER*

14.1 Kurva Kapasitas

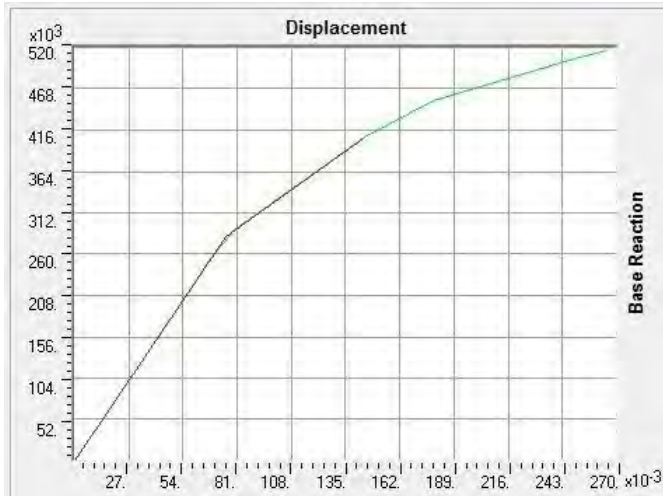
SRPMM

Hasil analisis beban dorong pada SAP 2000 berupa kurva kapasitas (*capacity curve*) ditampilkan dalam gambar sebagai berikut :



Gambar 14. 1 Kurva Kapasitas *Pushover* SRPMM Statik Ekuivalen

SRPMK



Gambar 14.2 Kurva Kapasitas *Pushover* SRPMK Statik Ekuivalen

14.2 Distribusi Sendi Platis

Sendi plastis akibat momen lentur terjadi pada struktur jika beban yang bekerja melebihi kapasitas momen lentur yang ditinjau. Sesuai dengan metode perencanaan kolom kuat balok lemah, untuk desain pada struktur berdaktilitas parsial dan penuh mekanisme tingkat tidak diperkenankan terjadi.

Hasil analisis beban dorong berupa distribusi jumlah sendi plastis yang terjadi selengkapnya ditampilkan dalam tabel sebagai berikut :

SRPMM

Step	Displacement	BaseForce	AttoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	m	Kgf									
0	6.323E-06	0.00	812	0	0	0	0	0	0	0	812
1	0.011761	47689.01	810	2	0	0	0	0	0	0	812
2	0.079564	322654.51	807	5	0	0	0	0	0	0	812
3	0.100800	403292.73	752	60	0	0	0	0	0	0	812
4	0.134603	464035.51	530	282	0	0	0	0	0	0	812
5	0.176753	501340.94	404	373	35	0	0	0	0	0	812
6	0.223036	525035.51	337	400	75	0	0	0	0	0	812

Gambar 14.3 Distribusi sendi plastis *pushover* SRPMM Statik Ekuivalen

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pada step ke-1 dengan peralihan 0,011761 m distribusi sendi plastis mulai muncul pada kategori B-IO sesuai dengan peralihan yang tercapai. Sedangkan diperalihan 0,176753 m pada step 5 awal sendi plastis terjadi pada kategori *Life Safety*.

SRPMK

Step	Displacement	BaseForce	AttoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
	m	Kgf									
0	6.564E-06	0.00	812	0	0	0	0	0	0	0	812
1	0.064007	239866.91	812	0	0	0	0	0	0	0	812
2	0.065163	244201.38	810	2	0	0	0	0	0	0	812
3	0.079231	290061.74	718	94	0	0	0	0	0	0	812
4	0.144381	407988.34	480	308	24	0	0	0	0	0	812
5	0.178599	453739.98	434	354	24	0	0	0	0	0	812
6	0.248757	506332.41	384	354	50	24	0	0	0	0	812
7	0.265950	517310.38	380	346	62	22	0	2	0	0	812

Gambar 14.4 Distribusi sendi plastis *pushover* SRPMK Statik Ekuivalen

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pada step ke-1 dengan peralihan 0,064007 m distribusi sendi plastis mulai muncul pada kategori B-IO sesuai dengan peralihan yang tercapai. Sedangkan diperalihan 0,248757

m pada step 6 awal sendi plastis terjadi pada kategori *collapse prevention*.

14.3 Evaluasi Perilaku Seismik

Selanjutnya dilakukan evaluasi perilaku seismik struktur terhadap beban gempa rencana untuk memperoleh nilai $\mu\Delta$ dan R actual dari struktur bangunan gedung. Perhitungan menggunakan persamaan sesuai SNI 03-1726-2002 adalah sebagai berikut :

$$\frac{u}{\Delta} \text{ dan } R$$

Dimana :

- $\mu\Delta$: daktilitas struktur
- : peralihan atap pada saat leleh pertama
- u : peralihan atap pada kondisi ultimit

Dengan asumsi nilai peralihan atap pada saat leleh pertama dapat dilihat dari hasil analisis dengan program SAP 2000, dan nilai peralihan saat terjadi *life safety* adalah pada saat tercapai nilai peralihan ultimit sesuai target *displacement* yang telah ditetapkan.

SRPMM

$$\frac{u}{\Delta} = \frac{0,223036}{0,011761} = 18,96$$

$$R = 1,6 \times 18,96 = 30,34$$

Hasil diatas menunjukkan bahwa actual pada SRPMM masih jauh lebih besar daripada desain maksimum yang disyaratkan ($\mu = 3,3$ untuk SRPMM) dan R actual juga jauh lebih besar daripada R desain

($R = 5,5$ untuk SRPMM). Hasil ini menunjukkan bahwa ketika struktur digunakan untuk SRPMM telah memenuhi syarat.

SRPMK

$$\frac{u}{\sigma} = \frac{0,26595}{0,064007} = 4,155$$

$$R = 1,6 \times 4,155 = 6,65$$

Hasil diatas menunjukkan bahwa u/σ aktual pada SRPMK masih lebih kecil daripada u/σ desain maksimum yang disyaratkan ($u/\sigma = 5,2$ untuk SRPMK) dan R aktual juga jauh lebih kecil daripada R desain ($R = 8,5$ untuk SRPMK). Hasil ini menunjukkan bahwa ketika struktur digunakan untuk SRPMK tidak memenuhi syarat.

14.4 Evaluasi *Performance Point*

SRPMM

Metode FEMA 356

Units	
Kgf, m, C	
Item	Value
C0	1.4923
C1	1.
C2	1.
C3	1.
Sa	0.7793
Te	0.8212
Ti	0.8212
Ki	4054684.
Ke	4054684.
Alpha	0.2178
R	1.4444
Vy	433453.8
Weight	803376.
Cm	1.

Gambar 14.5 Hasil *calculate pushover curve* FEMA 356

$$K_i = 4054684 \text{ kg/m}$$

$$K_e = 4054684 \text{ kg/m}$$

$T_s = 0,9$ detik adalah waktu getar karakteristik dari kurva respons spektrum wilayah 5 dengan tanah lunak dimana terdapat transisi akselerasi konstan ke bagian kecepatan konstan.

$$T_i = 0,8212 \text{ detik}$$

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} = 0,8212 \sqrt{\frac{4054684}{4054684}} = 0,8212$$

$$C_0 = 1,3 \text{ (Tabel 3.2 FEMA 356)}$$

$$C_1 = 1,0 \text{ (calculate pushover curve FEMA 356)}$$

$$C_2 = 1,0 \text{ (Tabel 3.3 FEMA 356)}$$

$$C_3 = 1,0 \text{ (Perilaku pasca leleh adalah positif)}$$

$$S_a = 0,42 / T_e = 0,511 \text{ (wilayah 5, tanah lunak)}$$

Maka target perpindahan diperoleh :

$$a \left(\frac{e}{c} \right) g$$

$$0,1113 \text{ m}$$

Kinerja Batas Ultimit *SNI 1726-2002*

Berdasarkan hasil analisa modal pada BAB X didapatkan peralihan atap maksimum arah X = 0,072

Simpangan ultimit yang terjadi pada atap :

Arah X $\zeta \cdot X$

$$\zeta = 7R = 7 \cdot (5,5) = 3,95$$

Jadi, simpangan ultimit arah X = 3,95 \cdot (0,072) = 0,2844 m

SRPMK

Metode FEMA 356

Units	
Kgf, m, C	
Item	Value
C0	1.2149
C1	1.
C2	1.
C3	1.
Sa	1.0007
Te	0.6395
Ti	0.6395
Ki	4663299.
Ke	4663299.
Alpha	0.1303
R	3.2291
Vy	247538.22
Weight	798720.
Cm	1.

Gambar 14.6 Hasil *calculate pushover curve* FEMA 356

$$K_i = 4663299 \text{ kg/m}$$

$$K_e = 4663299 \text{ kg/m}$$

$T_s = 0,9$ detik adalah waktu getar karakteristik dari kurva respons spektrum wilayah 5 dengan tanah lunak dimana terdapat transisi akselerasi konstan ke bagian kecepatan konstan.

$$T_i = 0,6395 \text{ detik}$$

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} = 0,6395 \sqrt{\frac{4663299}{4663299}} = 0,6395$$

$$C_0 = 1,3 \text{ (Tabel 3.2 FEMA 356)}$$

$$C_1 = 1,0 \text{ (calculate pushover curve FEMA 356)}$$

$$C_2 = 1,0 \text{ (Tabel 3.3 FEMA 356)}$$

$$C_3 = 1,0 \text{ (Perilaku pasca leleh adalah positif)}$$

$$S_a = 0,42 / T_e = 0,6567 \text{ (wilayah 5, tanah lunak)}$$

Maka target perpindahan diperoleh :

$$a \left(\frac{e}{g} \right)$$

$$0,0868 \text{ m}$$

Kinerja Batas Ultimit *SNI 1726-2002*

Berdasarkan hasil analisa modal pada BAB X didapatkan peralihan atap maksimum arah X = 0,05

Simpangan ultimit yang terjadi pada atap :

$$\text{Arah X } \zeta_X$$

$$\zeta \quad 7R \quad 7.5 \quad 5 \quad 95$$

Jadi, simpangan ultimit arah X = $3,95 \cdot (0,05) = 0,01975 \text{ m}$

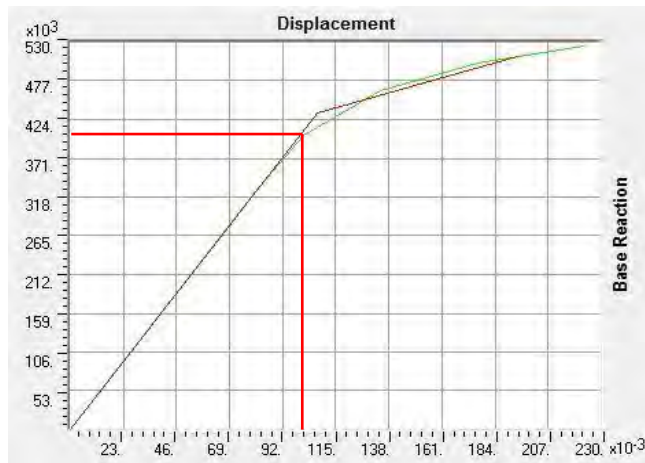
14.5 Evaluasi Kinerja

Rangkuman target perpindahan (*performance point*) disajikan dalam tabel berikut :

Tabel 14.1 Rangkuman target perpindahan SRPMM

Kriteria	Target Perpindahan
	Arah X (m)
Koefisien perpindahan FEMA 356	0,1113
Kinerja Batas Ultimit SNI 1726-2002	0,2844

Tabel 14.1 menunjukkan dari kedua kriteria diatas diperoleh target perpindahan maksimum untuk arah X adalah 0,1113 m [FEMA 356]. Dapat disimpulkan bahwa pada saat terjadi target perpindahan maksimum arah X, struktur masih berkinerja *Intermediate Occupancy*. Hal ini menunjukkan bahwa gedung yang direncanakan sudah memenuhi kinerja yang diharapkan karena gedung berfungsi sebagai rumah tinggal sederhana sewa.

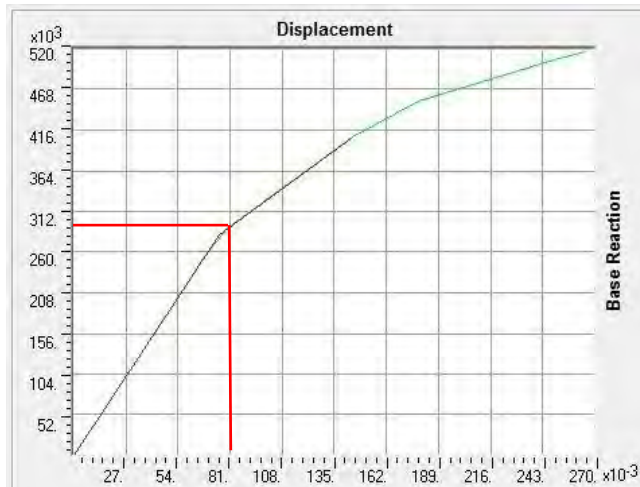


Gambar 14.7 Kurva Kapasitas Pushover SRPMM Statik Ekuivalen

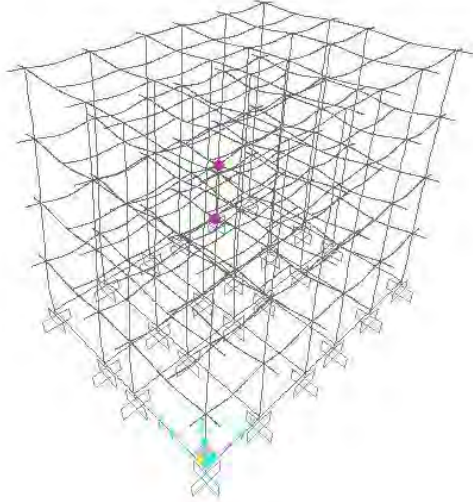
Tabel 14.2 Rangkuman target perpindahan SRPMK

Kriteria	Target Perpindahan
	Arah X (m)
Koefisien perpindahan FEMA 356	0,0868
Kinerja Batas Ultimit SNI 1726-2002	0,01975

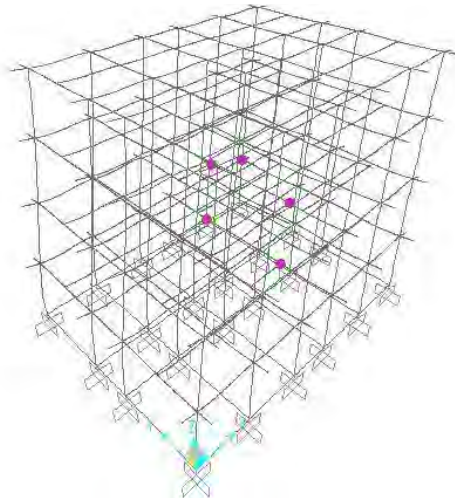
Tabel 14.2 menunjukkan dari kedua kriteria diatas diperoleh target perpindahan maksimum untuk arah X adalah 0,0868 m [FEMA 356]. Dapat disimpulkan bahwa pada saat terjadi target perpindahan maksimum arah X, struktur masih berkinerja *Immediate Occupancy*. Hal ini menunjukkan bahwa gedung yang direncanakan sudah memenuhi kinerja yang diharapkan karena gedung berfungsi sebagai rumah tinggal sederhana sewa.

Gambar 14.8 Kurva Kapasitas *Pushover* SRPMK Statik Ekuivalen

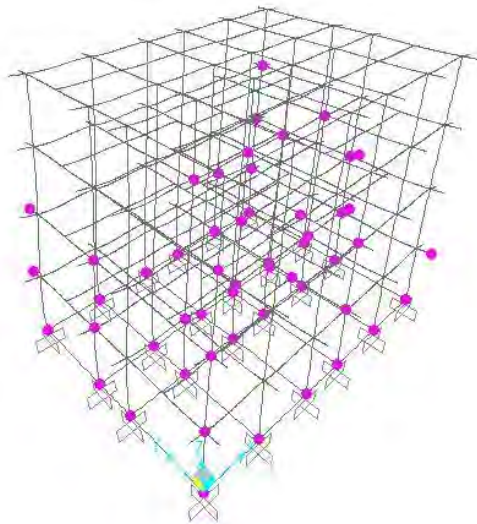
Gambar-gambar berikut ini menyajikan contoh mekanisme terjadinya sendi plastis untuk *pushover* metode SRPMM



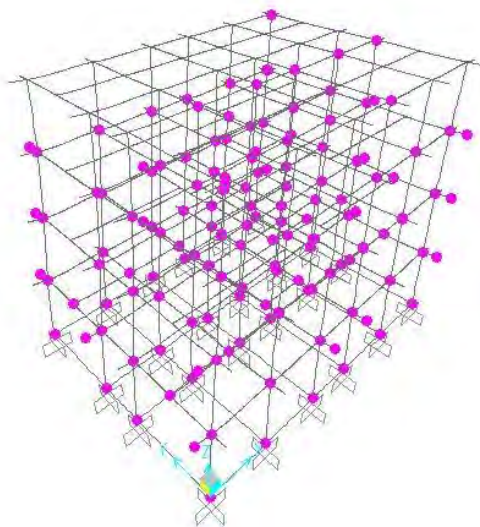
Gambar 14.9 *Pushover step 1* ; $\Sigma SP = 2$



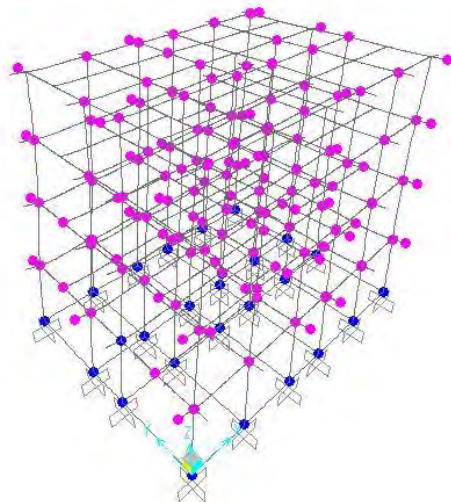
Gambar 14.10 *Pushover step 2* ; $\Sigma SP = 5$



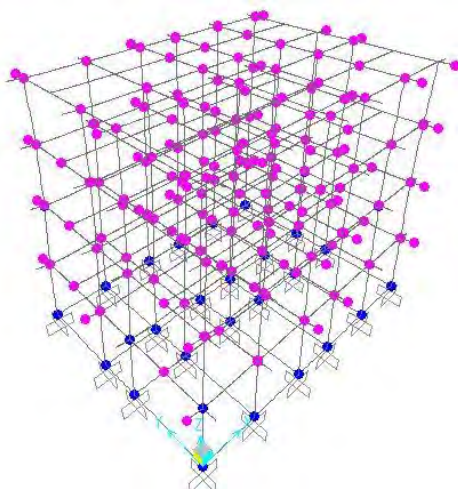
Gambar 14.11 Pushover step 3 ; $\Sigma SP = 60$



Gambar 14.12 Pushover step 4 ; $\Sigma SP = 282$

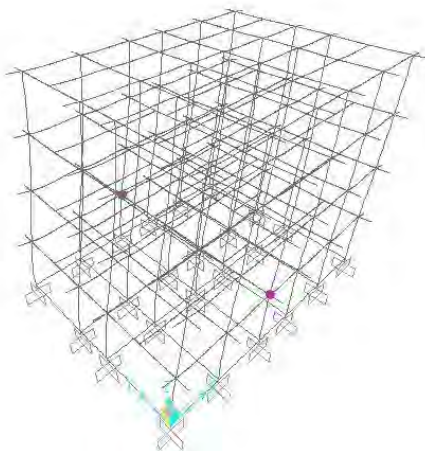


Gambar 14.13 *Pushover step 5* ; $\Sigma SP = 408$

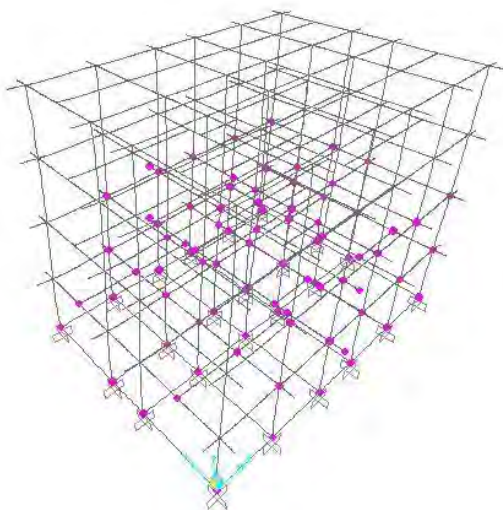


Gambar 14.14 *Pushover step 6* ; $\Sigma SP = 475$

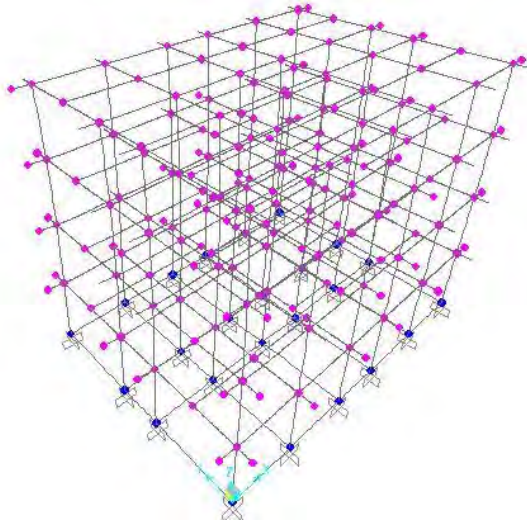
Gambar-gambar berikut ini menyajikan contoh mekanisme terjadinya sendi plastis untuk *pushover* SRPMK



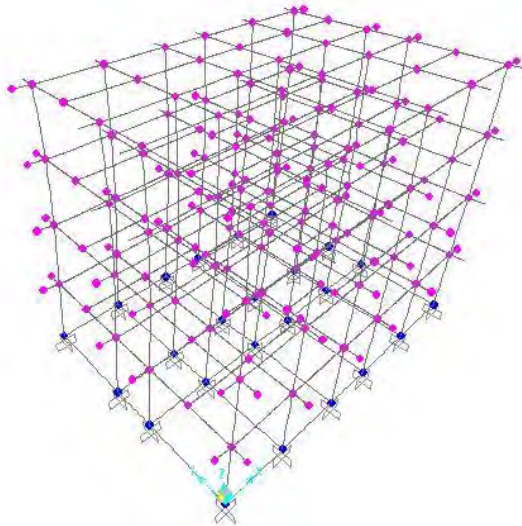
Gambar 14.16 *Pushover step 2* ; $\Sigma SP = 2$



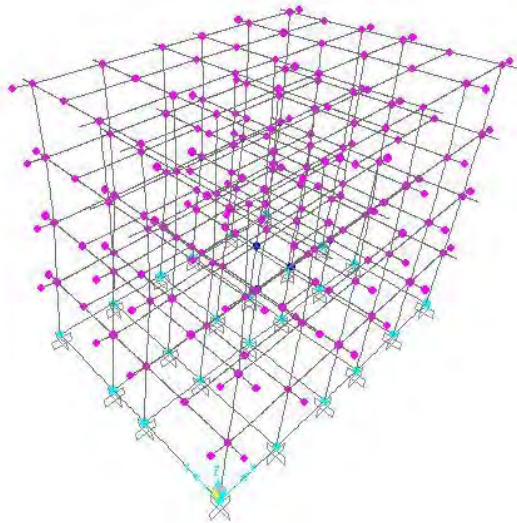
Gambar 14.17 *Pushover step 3* ; $\Sigma SP = 94$



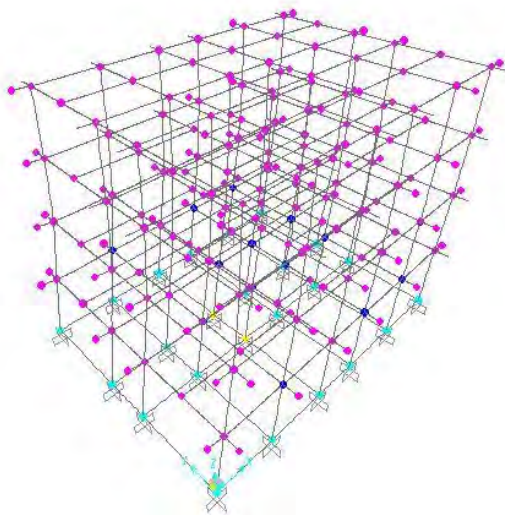
Gambar 14.18 Pushover step 4 ; $\Sigma SP = 332$



Gambar 14.19 Pushover step 5 ; $\Sigma SP = 378$



Gambar 14.20 Pushover step 6 ; Σ SP = 428

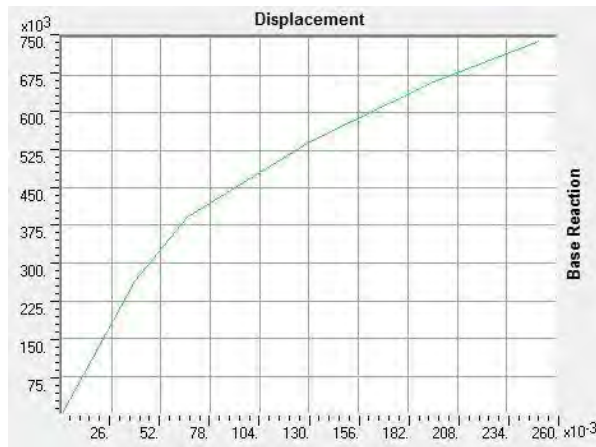


Gambar 14.21 Pushover step 7 ; Σ SP = 432

14.6 Perhitungan dimensi struktur langsing metode SRPMK

Kurva kapasitas

Hasil analisis beban dorong pada SAP 2000 metode SRPMK berupa kurva kapasitas (*capacity curve*) ditampilkan dalam gambar sebagai berikut :



Gambar 14.22 Kurva Kapasitas *Pushover* SRPMK Statik Ekuivalen

Distribusi sendi plastis

Pushover Curve - PUSH												
Step	Displacement	BaseForce	AtcB	BtclD	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total	
	m	Kgf										
0	6.975E-06	0.00	812	0	0	0	0	0	0	0	812	
1	0.0398908	263137.13	810	2	0	0	0	0	0	0	812	
2	0.065631	391310.58	524	288	0	0	0	0	0	0	812	
3	0.130625	540459.28	436	352	24	0	0	0	0	0	812	
4	0.195737	662060.13	386	382	44	0	0	0	0	0	812	
5	0.251085	742851.07	344	394	50	20	0	4	0	0	812	

Gambar 14.23 Distribusi sendi plastis *pushover* SRPMK Statik Ekuivalen

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pada step ke-1 dengan peralihan 0,0385 m distribusi sendi plastis mulai muncul pada kategori B-IO sesuai dengan peralihan yang tercapai. Sedangkan diperalihan 0,2511 m pada step 5 awal sendi plastis terjadi pada kategori *collapse prevention*.

Evaluasi perilaku seismik

$$\mu\Delta = \frac{\delta u}{\delta y} = \frac{0,2511}{0,0385} = 6,522$$

$$R = 1,6 \mu\Delta = 1,6 \times 6,522 = 10,435$$

Hasil diatas menunjukkan bahwa $\mu\Delta$ aktual pada SRPMK masih lebih besar daripada $\mu\Delta$ desain maksimum yang disyaratkan ($\mu\Delta = 5,2$ untuk SRPMK) dan R aktual juga lebih besar daripada R desain ($R = 8,5$ untuk SRPMK). Hasil ini menunjukkan bahwa ketika struktur digunakan untuk SRPMK memenuhi syarat.

Units	
Kgf. m. C	
Item	Value
C0	1.309
C1	1.062
C2	1.
C3	1.
Sa	1.1
Te	0.5221
Ti	0.5221
Ki	6833282.
Ke	6833282.
Alpha	0.3817
R	2.6258
Vy	337228.2
Weight	805008.
Cm	1.

Gambar 14.24 Hasil calculate pushover curve FEMA 356

$$K_i = 6833282 \text{ kg/m}$$

$$K_e = 6833282 \text{ kg/m}$$

$T_s = 0,9$ detik adalah waktu getar karakteristik dari kurva respons spektrum wilayah 5 dengan tanah lunak dimana terdapat transisi akselerasi konstan ke bagian kecepatan konstan.

$$T_i = 0,5221 \text{ detik}$$

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}} = 0,5221 \sqrt{\frac{6833282}{6833282}} = 0,5221$$

$$C_0 = 1,3 \text{ (Tabel 3-2 FEMA 356)}$$

$$C_1 = 1,0 \text{ (calculate pushover curve FEMA 356)}$$

$$C_2 = 1,0 \text{ (Tabel 3-3 FEMA 356)}$$

$$C_3 = 1,0 \text{ (Perilaku pasca leleh adalah positif)}$$

$$S_a = 0,42 / T_e = 0,804 \text{ (wilayah 5, tanah lunak)}$$

$$g = 9,81 \text{ kg.m/s}^2$$

Maka target perpindahan diperoleh :

$$\delta_T = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \left(\frac{T_e}{2\pi} \right)^2 g$$

$$\delta_T = 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,804 \cdot \left(\frac{0,5221}{2 \cdot 3,14} \right)^2 \cdot 9,81 = 0,0709 \text{ m}$$

Kinerja Batas Ultimit SNI 1726-2002

Berdasarkan hasil analisa modal pada BAB X didapatkan peralihan atap maksimum arah X = 0,05

Simpangan ultimit yang terjadi pada atap :

$$\text{Arah X} \quad \zeta \cdot X$$

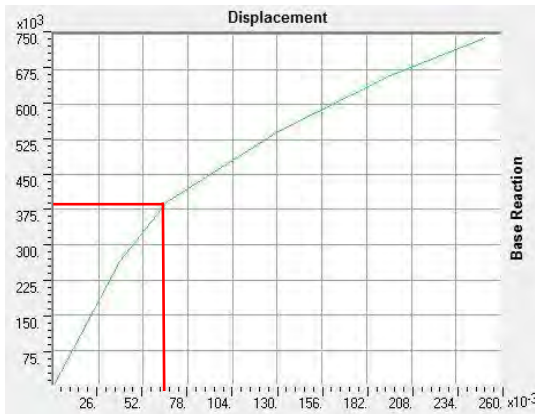
$$\zeta \quad 7R \quad 7.5 \quad 5 \quad 95$$

$$\text{Jadi, simpangan ultimit arah X} = 3,95 \cdot (0,05) = 0,01975 \text{ m}$$

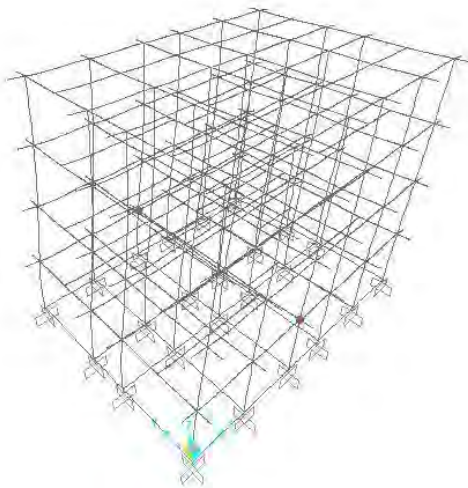
Tabel 14.3 Rangkuman target perpindahan SRPMK

Kriteria	Target Perpindahan
	Arah X (m)
Koefisien perpindahan FEMA 356	0,0709
Kinerja Batas Ultimit SNI 1726-2002	0,01975

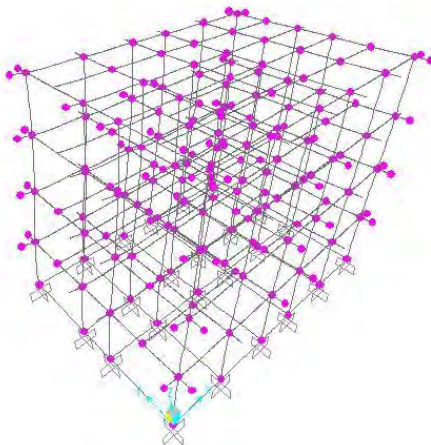
Tabel 14.3 menunjukkan dari kedua kriteria diatas diperoleh target perpindahan maksimum untuk arah X adalah 0,0868 m [FEMA 356]. Dapat disimpulkan bahwa pada saat terjadi target perpindahan maksimum arah X, struktur masih berkinerja *Immediate Occupancy*. Hal ini menunjukkan bahwa gedung yang direncanakan sudah memenuhi kinerja yang diharapkan karena gedung berfungsi sebagai rumah tinggal sederhana sewa.

Gambar 14.25 Kurva Kapasitas *Pushover* SRPMK Statik Ekuivalen

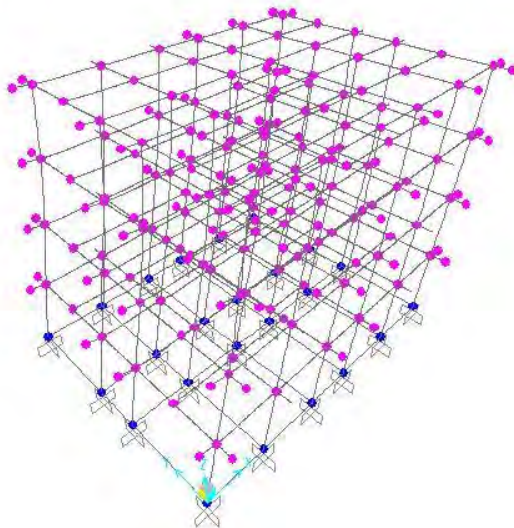
Gambar-gambar berikut ini menyajikan contoh mekanisme terjadinya sendi plastis untuk pushover SRPMK



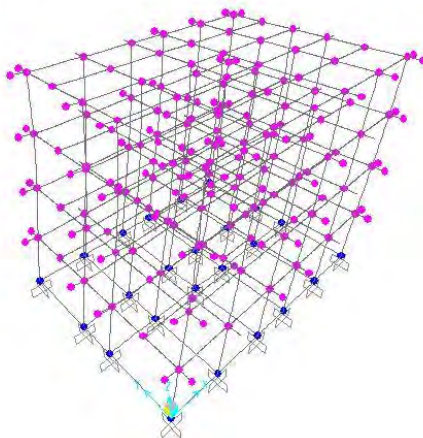
Gambar 14.26 Pushover step 1 ; Σ SP = 2



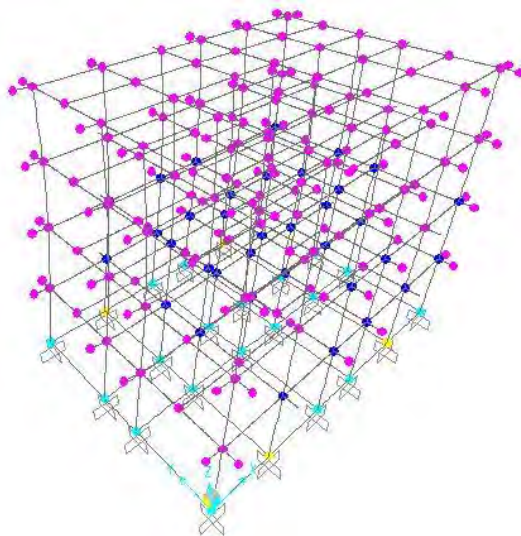
Gambar 14.27 Pushover step 2 ; Σ SP = 288



Gambar 14.28 *Pushover step 3* ; $\Sigma SP = 376$



Gambar 14.29 *Pushover step 4* ; $\Sigma SP = 426$



Gambar 14.30 *Pushover step 5* ; $\Sigma SP = 468$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB XV PENUTUP

15.1 Kesimpulan

Dari perhitungan dan evaluasi kinerja struktur gedung rusunawa 4 lantai ini yang menggunakan metode sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) dan khusus (SRPMK) didapat hasil sebagai berikut :

1. Hasil perbandingan SRPMM dan SRPMK
Analisis sesuai SNI 1726-2002 dan FEMA 356
Adapun perpindahan pada metode SRPMK berdasarkan kriteria FEMA 356 dan SNI 1726-2002 berturut-turut adalah sebesar 0,01975 m, dan 0,0868 m. Sedangkan perpindahan pada metode SRPMM berdasarkan kriteria FEMA 356 dan SNI 1726-2002 berturut-turut adalah 0,0592 m, dan 0,1113 m. Dari hasil target perpindahan tersebut dapat disimpulkan bahwa perpindahan evaluasi kinerja SRPMM lebih besar dibandingkan SRPMK. Hal ini disebabkan gaya gempa pada SRPMM lebih besar daripada SRPMK.

2. Analisis *pushover*
Kinerja struktur pada SRPMM berdasarkan hasil *pushover* menunjukkan bahwa step ke-1 hingga step ke-4 terjadi peralihan pada kategori *Immediate Occupancy* (IO) yang berturut-turut sebesar 0,012m ; 0,0796m ; 0,101m ; 0,135m, hal ini berarti, ada sedikit kerusakan struktural pada bangunan dan masih dapat difungsikan kembali. Hingga pada step

ke-5 terjadi peralihan pada kategori *Life Safety* yakni telah terjadi kerusakan komponen struktur, kekakuan berkurang, tetapi masih mempunyai ambang yang cukup terhadap keruntuhan. Komponen non-struktural masih ada tetapi tetapi tidak berfungsi. Bangunan dapat dipakai lagi jika sudah dilakukan perbaikan. Jumlah sendi plastis berturut-turut pada step 1 hingga 5 yaitu : 2, 5, 60, 282, 408. Dan nilai daktilitas sesuai SNI 1726-2002 psl. 4.3.1 memenuhi persyaratan yakni $\mu\Delta = 18,96 > \mu\Delta = 3,3$ dan $R = 30,34 > R = 5,5$.

Sedangkan pada metode SRPMK, menunjukkan bahwa step ke-2 hingga step ke-3 terjadi peralihan pada kategori *Immediate Occupancy*. Hingga pada step ke-7 terjadi peralihan pada kategori *Ultimate Point* (C) yakni bangunan tersebut sudah dalam kondisi tidak stabil, dengan kata lain hampir runtuh. Jumlah sendi plastis berturut-turut pada step 2 hingga 6 yaitu : 0, 2, 94, 332, 378, 428. Dan nilai daktilitas tidak memenuhi persyaratan SNI 1726-2002 psl. 4.3.1 yakni $\mu\Delta = 4,155 < \mu\Delta = 5,2$ dan $R = 6,65 < R = 8,5$). Hasil ini menunjukkan bahwa ketika struktur digunakan untuk SRPMK tidak memenuhi syarat.

Adapun pada metode SRPMK dimensi struktur langsing, menunjukkan bahwa step ke-1 hingga step ke-2 terjadi peralihan pada kategori *Immediate Occupancy*. Hingga pada step ke-5 terjadi peralihan pada kategori *Collapse* yakni bangunan tersebut sudah dalam kondisi tidak stabil, dengan kata lain hampir runtuh. Jumlah sendi plastis berturut-turut pada step 1 hingga 5 yaitu : 2, 288, 376, 426, 468.

Dan nilai daktilitas memenuhi persyaratan SNI 1726-2002 ps. 4.3.1 yakni $\mu\Delta = 6,522 > \mu\Delta = 5,2$ dan $R = 10,435 > R = 8,5$). Hasil ini menunjukkan bahwa ketika dimensi struktur langsung digunakan untuk SRPMK memenuhi syarat.

3. a. Rasio berat tulangan

Hasil perbandingan dari analisis struktur antara SRPMM dan SRPMK dengan menggunakan dimensi struktur yang sama adalah adanya perbedaan pada jumlah tulangan yang dibutuhkan. Berat total tulangan pada balok SRPMK adalah 20,36 ton, sedangkan untuk SRPMM sebesar 23,67 ton, sehingga rasio berat tulangan lentur pada balok antara SRPMK dan SRPMM adalah 1 : 1,16. Adapun berat total tulangan kolom SRPMM adalah 90,1 ton, sedangkan untuk SRPMK sebesar 115 ton, rasio berat tulangan pada kolom antara SRPMM dan SRPMK adalah 1 : 1,28.

b. Dimensi struktur rusunawa

Dari perhitungan dan evaluasi kinerja struktur gedung rusunawa 4 lantai ini yang menggunakan metode sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) dan khusus (SRPMK) didapat hasil sebagai berikut :

❖ Struktur Sekunder SRPMM dan SRPMK

➤ Pelat

Didapatkan tebal pelat lantai untuk lantai 1 hingga lantai 3 yaitu 12 cm, sedangkan untuk lantai 4 menggunakan ketebalan 10 cm.

❖ Dimensi Struktur Primer SRPMM dan SRPMK

➤ Balok

- Sloof : 20 cm x 35 cm
- Balok induk bentang panjang : 35 cm x 45 cm
- Balok induk bentang pendek : 20 cm x 25 cm
- Balok anak : 15 cm x 20 cm
- Balok kantilever : 10 cm x 12,5 cm

➤ Kolom

- Kolom : 50 cm x 50 cm

➤ Poer

- Poer : 1,8 m x 1,8 m x 0,35 m
- Tiang pancang : Ø30 cm kedalaman 7 m

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional (2002), “SNI 1726-2002”, Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, Jakarta: DPU.

Badan Standarisasi Nasional (2002), “SNI 03-2847-2002”, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, Jakarta: DPU.

Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. “Peraturan Pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG) 1983”, Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.

Rachmat Purwono, Prof. Ir, M.Sc., (2005), “Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Edisi ke-4”, Surabaya: ITS Press.

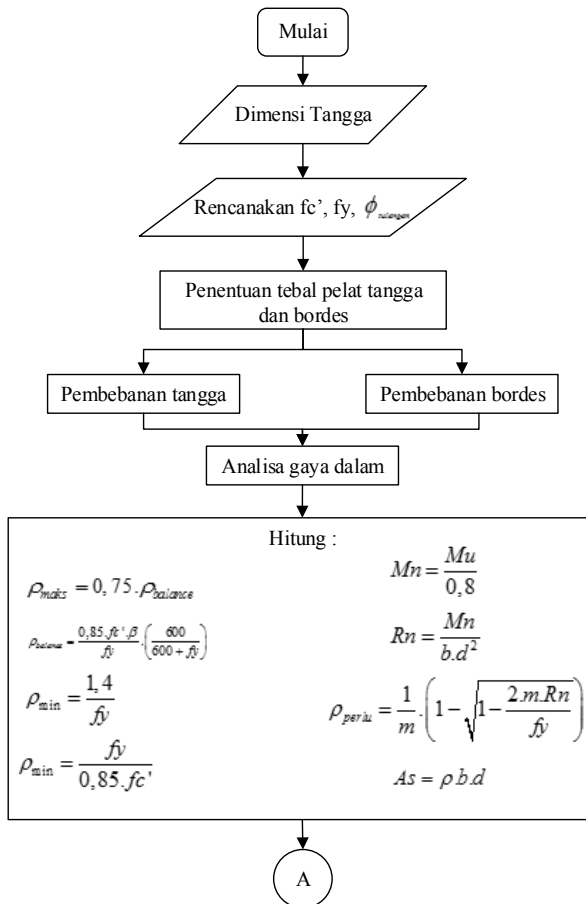
Wang., ChuKia., Salmon., Charles G., Hariandja., Binsar., (1992), “Desain Beton Bertulang Edisi ke-4 Jilid 2”. Jakarta: Penerbit Erlangga.

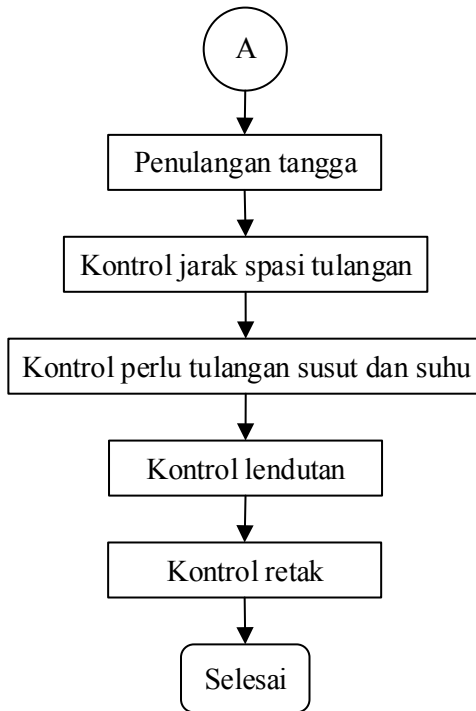
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

REVISI

16.1 Perhitungan Struktur Tangga

Skema penulangan tangga

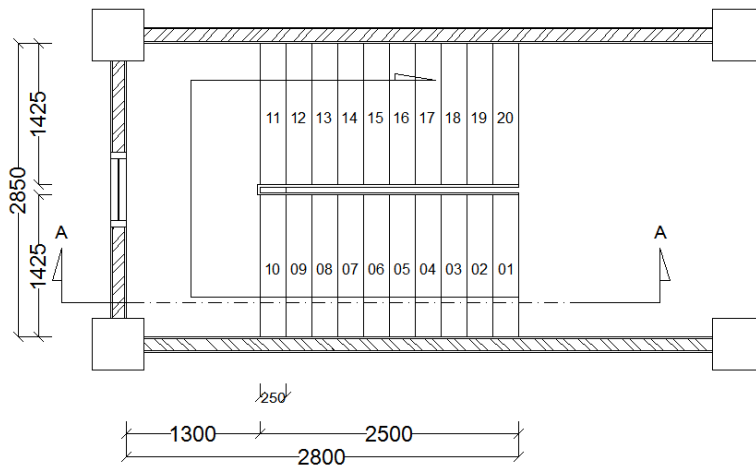




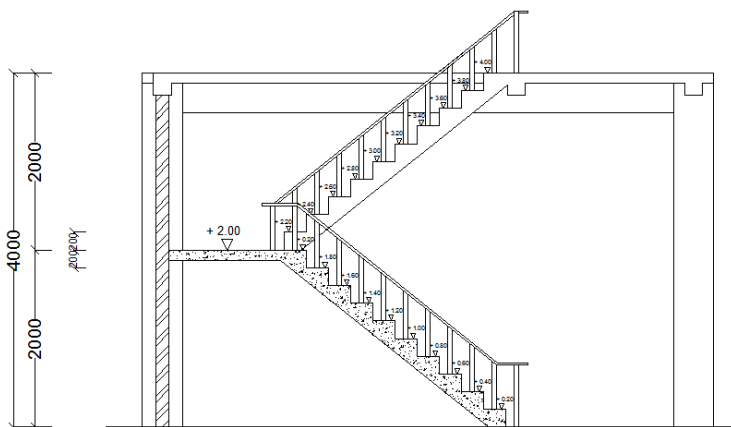
16.1.1 Data Perencanaan tangga

Data tangga :

- Elevasi bordes = +2 m
- Panjang bordes = 3 m
- Lebar bordes = 2,8 m
- Tinggi injakan (i) = 200 cm
- Lebar injakan (t) = 250 cm
- Tebal pelat tangga = 15 cm
- Tebal pelat bordes = 15 cm
- Sudut kemiringan = 39°



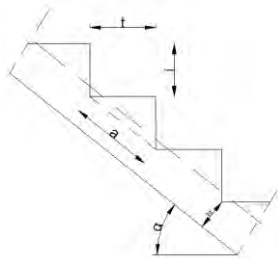
Gambar 16.1 Sketsa perencanaan tangga



Gambar 16.2 Sketsa potongan A-A

Pembebanan tangga : Analisa momen pada tangga dilakukan dengan bantuan SAP2000. Beban yang diperhitungkan yaitu beban mati akibat beban sendiri dan beban hidup untuk gedung rusunawa. Beban mati dihitung langsung oleh SAP2000 dengan memasukkan nolai 1 untuk *self weight multiplier* pada saat pembebanan (*load cases*). Kombinasi pembebanan yang diperhitungkan berdasarkan SNI 03-2847-2002 adalah 1,2 DL + 1,6 LL.

Pehitungan tebal efektif pelat berdasarkan persamaan segitiga dibawah ini :



Gambar 16.3 Tebal efektif pelat tangga

$$a = \sqrt{t^2 + i^2} = \sqrt{25^2 + 20^2} = 32 \text{ cm}$$

$$ht = \frac{t \cdot i}{a} = \frac{(25 \cdot 20) \text{ cm}^2}{32 \text{ cm}} = 16 \text{ cm}$$

Tebal efektif pelat :

$$t_{ef} = \frac{1}{3} \cdot ht = \frac{1}{3} \cdot 16 \text{ cm} = 53 \text{ mm}$$

Beban mati :

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Beban anak tangga} & = 0,053 \text{ m} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 & = 127,2 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Spesi (t = 1 cm)} & = 21 \text{ kg/m}^2 & = 21 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Keramik (t = 1 cm)} & = 24 \text{ kg/m}^2 & = 24 \text{ kg/m}^2 \\
 \hline
 \text{Total beban mati} & & = 172,2 \text{ kg/m}^2
 \end{array}$$

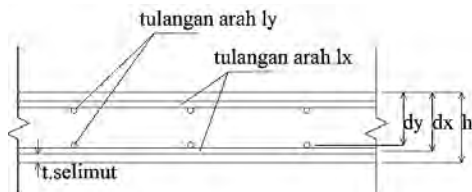
Beban hidup :

$$\text{Beban hidup tangga untuk rusunawa} = 300 \text{ kg/m}^2$$

Penulangan pelat tangga dan bordes

Diketahui data perencanaan penulangan tangga :

- Tebal pelat tangga = 150 mm
- Kuat tekan beton f_c' = 25 N/mm²
- Tegangan lentur baja f_y = 320 N/mm²
- Diameter tulangan utama = 13 mm



Gambar 16.4 Tinggi efektif pelat bordes dan pelat tangga

Tinggi efektif pelat bordes dan pelat tangga

$$\begin{aligned}
 dx &= h - t.\text{selimut} - \frac{1}{2} \cdot (\text{Ø.tul}) \\
 dx &= 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot (13 \text{ mm}) \\
 dx &= 123,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dy &= h - \text{Ø.tul} - \frac{1}{2} \cdot (\text{Ø.tul}) \\
 dy &= 150 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - 6,5 \text{ mm} \\
 dy &= 130,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tulangan minimum dan maksimum

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl. 12.5.1, tulangan minimum untuk struktur lentur yaitu :

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f_{c'}}}{4 \cdot f_y} = \frac{\sqrt{25}}{4 \cdot 320} = 0,004 \quad \text{dan tidak boleh lebih kecil dari}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{320} = 0,0044$$

SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.3 sebagai alternatif, untuk komponen struktur yang besar dan masif, luas tulangan yang diperlukan pada setiap penampang, positif atau negatif, paling sedikit harus sepertiga lebih besar dari yang diperlukan berdasarkan analisis.

Rasio tulangan untuk komponen lentur dalam kondisi *balanced* berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 10.4.3,

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_{c'}}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 25}{320} \cdot \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0,037$$

Dan tulangan maksimum untuk struktur lentur sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 12.3.3,

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,037 = 0,028$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} = \frac{320}{0,85 \cdot 25} = 15,06$$

Penulangan tangga

$$M_{11} = M_{ux} = 12,62 \text{ kN.m/m} = 12,62 \cdot 10^6 \text{ N.mm/m}$$

$$M_{nx} = \frac{M_{ux}}{\phi} = \frac{12,62 \cdot 10^6 \text{ N.mm/m}}{0,8} = 15,78 \cdot 10^6 \text{ N.mm/m}$$

$$R_n = \frac{M_{nx}}{b \cdot (d_x)^2} = \frac{15,78 \cdot 10^6 \text{ Nmm/m}}{1000 \text{ mm} \cdot (123,5 \text{ mm})^2} = 1,04 \text{ N/mm}^2/\text{m}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,06} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (15,06) \cdot (1,04)}{320}} \right) = 0,0033$$

Cek syarat

$$\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$$

$$0,0044 > 0,0033 < 0,028 \quad (\text{tidak memenuhi syarat})$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.3, digunakan :

$$1,3 \cdot \rho_{perlu} = 1,3 \cdot 0,0033 = 0,0043 < \rho_{max} = 0,028$$

Digunakan $\rho_{perlu} = 0,0043$

Luas yang diperlukan

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d_x = 0,0043 \cdot (1000\text{mm}) \cdot (123,5\text{mm}) = 531,05 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan yang diperlukan

$$S_{perlu} = \frac{0,25 \cdot \left(\frac{22}{7} \right) \cdot (13\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{531,05\text{mm}^2} = 249,94 \text{ mm}$$

Digunakan jarak antar tulangan, $S = 200 \text{ mm}$

Luas tulangan yang dipasang,

$$A_{s_{pasang}} = \frac{0,25 \cdot \left(\frac{22}{7} \right) \cdot (13\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{200\text{mm}} = 664 \text{ mm}^2$$

Persyaratan jarak antar tulangan sesuai SNI 03-2847-2002 psl.

15.3.2

$$S_{maks} \leq 2 \cdot h$$

$$200 \text{ mm} \leq 2 \cdot 150\text{mm}$$

$$200 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi syarat})$$

Jadi tulangan yang dipakai Ø13-200

Tulangan susut dan suhu

SNI 03-2847-2002 psl. 9.12.2.1 menyatakan bahwa tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebesar 0,002 untuk pelat yang menggunakan batang ulir.

Luas tulangan susut dan suhu yang diperlukan

$$A_s = 0,002 \cdot b \cdot h = 0,002 \cdot 1000\text{mm} \cdot 150\text{mm} = 300 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan yang diperlukan, S_{perlu}

$$S_{\text{perlu}} = \frac{0,25 \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \cdot (10\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{300\text{mm}^2} = 261,8 \text{ mm}$$

Digunakan jarak antar tulangan, $S = 250 \text{ mm}$

Luas tulangan yang dipasang,

$$A_{s_{\text{pasang}}} = \frac{0,25 \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \cdot (10\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{250\text{mm}^2} = 314,16 \text{ mm}^2$$

Persyaratan jarak antar tulangan sesuai SNI 03-2847-2002 psl. 15.3.2

$$S_{\text{maks}} \leq 2 \cdot h$$

$$250 \text{ mm} \leq 2 \cdot 150\text{mm}$$

$$250 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi syarat})$$

Jadi tulangan yang dipakai Ø10-250

Penulangan bordes arah bentang panjang

$$M_{11} = M_{ux} = 16,14 \text{ kN.m/m} = 16,14 \cdot 10^6 \text{ N.mm/m}$$

$$M_{nx} = \frac{M_{ux}}{\phi} = \frac{16,14 \cdot 10^6 \text{ N.mm/m}}{0,8} = 20,175 \cdot 10^6 \text{ N.mm/m}$$

$$R_n = \frac{M_{nx}}{b \cdot (dx)^2} = \frac{20,175 \cdot 10^6 \text{ Nmm/m}}{1000\text{mm} \cdot (123,5\text{mm})^2} = 1,32 \text{ N/mm}^2/\text{m}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{15,06} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (15,06) \cdot (1,32)}{320}} \right) = 0,0043$$

Cek syarat

$$\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$$

$$0,0044 > 0,0043 < 0,028 \quad (\text{tidak memenuhi syarat})$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 12.5.3, digunakan :

$$1,3 \cdot \rho_{perlu} = 1,3 \cdot 0,0043 = 0,0056 < \rho_{max} = 0,028$$

$$\text{Digunakan } \rho_{perlu} = 0,0056$$

Luas yang diperlukan

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot dx = 0,0056 \cdot (1000\text{mm}) \cdot (123,5\text{mm}) = 691,6 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan yang diperlukan

$$S_{perlu} = \frac{0,25 \cdot \left(\frac{22}{7} \right) \cdot (13\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{691,6\text{mm}^2} = 191,92 \text{ mm}$$

Digunakan jarak antar tulangan, S = 150 mm

Luas tulangan yang dipasang,

$$A_{s_{pasang}} = \frac{0,25 \cdot \left(\frac{22}{7} \right) \cdot (13\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{150\text{mm}^2} = 884,88 \text{ mm}^2$$

Persyaratan jarak antar tulangan sesuai SNI 03-2847-2002 psl.

15.3.2

$$S_{maks} \leq 2 \cdot h$$

$$150 \text{ mm} \leq 2 \cdot 150\text{mm}$$

$$150 \text{ mm} \leq 300 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi syarat})$$

Jadi tulangan yang dipakai Ø13-150

Penulangan bordes arah bentang pendek

$$M_{22} = M_{uy} = 31,47 \text{ kN.m/m} = 31,47 \cdot 10^6 \text{ N.mm/m}$$

$$M_{ny} = \frac{M_{uy}}{\phi} = \frac{31,47 \cdot 10^6 \text{ N.mm/m}}{0,8} = 41 \cdot 10^6 \text{ N.mm/m}$$

$$R_n = \frac{M_{ny}}{b \cdot (d_y)^2} = \frac{32,8 \cdot 10^6 \text{ Nmm/m}}{1000\text{mm} \cdot (130,5\text{mm})^2} = 1,93 \text{ N/mm}^2/\text{m}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,06} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot (15,06) \cdot (1,93)}{320}} \right) = 0,0063$$

Cek syarat

$$\rho_{min} \leq \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$$

$$0,0044 < 0,0063 < 0,028 \quad (\text{memenuhi syarat})$$

Luas yang diperlukan

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{perlu} \cdot b \cdot d_y = 0,0063 \cdot (1000\text{mm}) \cdot (130,5\text{mm}) = 822,15 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan yang diperlukan

$$S_{perlu} = \frac{0,25 \cdot \left(\frac{22}{7} \right) \cdot (13\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{822,12\text{mm}^2} = 161,45 \text{ mm}$$

Digunakan jarak antar tulangan, $S = 150 \text{ mm}$

Luas tulangan yang dipasang,

$$A_{s_{pasang}} = \frac{0,25 \cdot \left(\frac{22}{7} \right) \cdot (13\text{mm})^2 \cdot 1000\text{mm}}{150\text{mm}^2} = 884,88 \text{ mm}^2$$

Persyaratan jarak antar tulangan sesuai SNI 03-2847-2002 psl. 15.3.2

$$S_{maks} \leq 2 \cdot h$$

$$150 \text{ mm} \leq 2 \cdot 150\text{mm}$$

150 mm \leq 300 mm (memenuhi syarat)

Jadi tulangan yang dipakai Ø13-150

Dengan demikian dapat dirangkum

Tulangan tangga = Ø13-200

Tulangan bordes bentang panjang = Ø13-150

Tulangan bordes bentang pendek = Ø13-150

Tulangan susut dan suhu = Ø10-250

Perhitungan panjang penyaluran dalam kondisi tarik dan tekan

Data yang digunakan untuk perhitungan

Kuat tekan beton, f_c' = 25 N/mm²

Kuat leleh tulangan lentur = 320 N/mm²

Diameter tulangan lentur = 13 mm

Perhitungan panjang penyaluran tulangan pada balok

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl. 14.22 untuk penyaluran batang ulir dan kawat ulir yang berada dalam kondisi tarik untuk batang diameter 19 atau lebih kecil dapat digunakan persamaan berikut :

$$\frac{\lambda d}{db} = \frac{12 f_y \cdot \gamma \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{25 \cdot \sqrt{f_c'}}$$

Dengan berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl 14.2.4

α = faktor lokasi penulangan (1)

β = faktor pelapis (1)

γ = faktor ukuran batang tulangan (0,8)

λ = faktor beton agregat ringan (1)

db= diameter tulangan lentur

$$\frac{\lambda d}{db} = \frac{12.f_y.\gamma.\alpha.\beta.\lambda}{25.\sqrt{f_c'}} \geq 300 \text{ mm}$$

$$\frac{\lambda d}{13\text{mm}} = \frac{12.(320\text{N/mm}^2).(0,8).1.1.1}{25.\sqrt{25\text{N/mm}^2}}$$

$$\lambda d = 320 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl. 14.2.5 reduksi panjang penyaluran diperbolehkan apabila luasan tulangan terpasang pada komponen lentur melebihi luasan yang dibutuhkan dari analisis, kecuali apabila angkur atau penyaluran untuk f_y memang secara khusus dibutuhkan atau tulangan direncanakan berdasarkan aturan sebagai berikut :

$$\lambda d_{\text{reduksi}} = \lambda d \cdot \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{\text{pakai}}}} = 320\text{mm} \cdot \frac{531,05\text{mm}^2}{664\text{mm}^2}$$

$$\lambda d_{\text{reduksi}} = 256 \text{ mm} \approx 260 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran untuk batang tarik digunakan sebesar 260 mm. Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik sesuai SNI 03-2847-2002 psl. 14.5:

Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 150 mm

Panjang penyaluran dasar untuk suatu batang tulangan tarik pada penampang tepi atau yang berakhir dengan kaitan adalah :

$$\lambda hb = \frac{100.db}{\sqrt{fc'}} \geq 8.db$$

$$\lambda hb = \frac{100.(13mm)}{\sqrt{25N/mm^2}} \geq 8.(13mm)$$

$$\lambda hb = 260 \text{ mm} > 104 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

$$\lambda hb_{\text{reduksi}} = F \text{ modifikasi} . \lambda hb \geq 150 \text{ mm}$$

$$\lambda hb_{\text{reduksi}} = \frac{531,05mm^2}{664mm^2} . 260mm \geq 150mm$$

$$\lambda hb_{\text{reduksi}} = 210 \text{ mm} > 150 \text{ mm} (\text{OK})$$

Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik adalah 210 mm

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 psl 14.3 sebagai berikut :

1. Panjang penyaluran tidak boleh kurang dari 200 mm
2. Sesuai SNI 03-2847-2002 psl 14.3.2 panjang penyaluran dasar λhb harus diambil sebesar :

$$Lhb = \frac{db.fy}{4\sqrt{fc'}} = \frac{13mm.320N/mm^2}{4\sqrt{25N/mm^2}} = 208 \text{ mm tetapi}$$

tidak boleh kurang dari

$$0,04.db.fy = 0,04 . 13mm . 320N/mm^2 = 166,4 \text{ mm} (\text{OK})$$

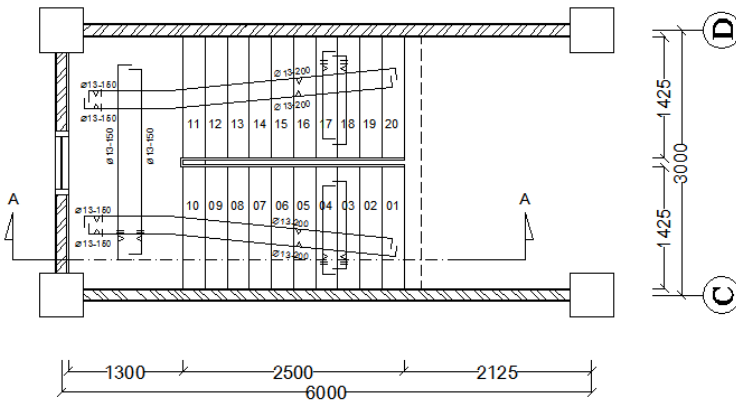
$$\lambda hb_{\text{reduksi}} = F \text{ modifikasi} . \lambda hb \geq 200 \text{ mm}$$

$$Lhb_{reduksi} = \frac{As'_{perlu}}{As'_{pasang}} \cdot \lambda hb \geq 200mm$$

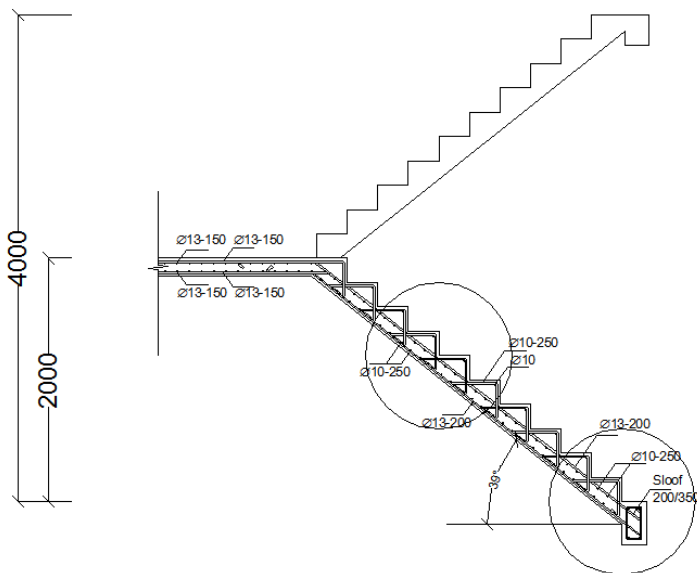
$$Lhb_{reduksi} = \frac{531,05mm^2}{664mm^2} \cdot 208mm \geq 200mm$$

$$Lhb_{reduksi} = 167 mm \approx 200 \geq 200 mm$$

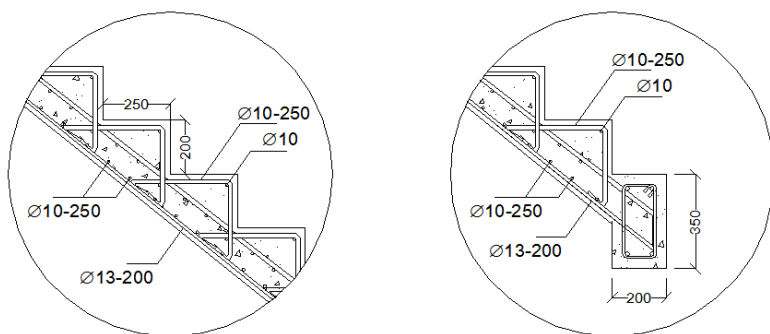
Maka panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan adalah 200 mm.



Gambar 16.5 Sketsa penulangan tangga



Gambar 16.6 Potongan A-A



Gambar 16.7 Detail penulangan tangga

16.2 Perhitungan Daya Dukung Ijin Tiang (P_{ijin})

Data SPT :

Panjang tiang pancang $(L_{TP}) = 7 \text{ m}$

Nilai SPT pada ujung tiang $(N) = (22+9+18)/3 = 16 \frac{\text{blow}}{\text{feet}}$

Rata-rata nilai SPT pada ujung tiang $(N_{av}) = 14 \frac{\text{blow}}{\text{feet}}$

Luas permukaan ujung tiang dalam m^2 $(A_p) = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_{(30)}^2$
 $(A_p) = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{22}{7}\right) \cdot (0,03\text{m})^2$
 $(A_p) = 0,071 \text{ m}^2$

Luas selimut tiang dalam m^2 $(A_s) = \pi \cdot d_{(30)} \cdot L$
 $(A_s) = \left(\frac{22}{7}\right) \cdot (0,03\text{m}) \cdot 7\text{m}$
 $(A_s) = 0,66 \text{ m}^2$

Daya dukung tiang pancang terhadap kekuatan tanah :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = (40 \cdot N \cdot A_p) + \left(\frac{N_{av} \times A_s}{5}\right)$$

$$Q_u = 40 \cdot (16) \cdot (0,071) + \left(\frac{14 \times 0,66}{5}\right)$$

$$Q_u = 47,29 \text{ ton} \quad ; \quad \text{dengan SF} = 3$$

$$Q_{u_{ijin \text{ tanah } 2}} = \frac{Q_u}{SF} = \frac{47,29}{3} = 15,76 \text{ ton}$$

Dari perhitungan pada bab VII didapatkan

$$Q_{u_{ijin \text{ tanah } 1}} = 22,28 \text{ ton} > Q_{u_{ijin \text{ tanah } 2}} = 15,76 \text{ ton}$$

Sehingga dapat diambil $Q_{u_{ijin \text{ tanah } 1}}$ sebagai nilai yang ter-ekstrim.

16.2.1 Perhitungan Tiang Pancang Kelompok

Efisiensi tiang pancang kelompok berdasarkan efisiensi metode AASHTO

$$(\eta) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 mn}$$

dengan,

(η) = efisiensi kelompok tiang

m = jumlah baris tiang

n = jumlah tiang dalam satu baris

θ = $\text{arc.tan}(d/s)$, dalam derajat = $\text{arc.tan}(30/90) = 18,43$

s = jarak pusat ke pusat tiang (m)

d = diameter tiang (m)

Tiang kelompok (2 buah)

$m = 2$

$n = 1$

$s = 3D$ (Syarat $2D \leq S \leq 6D$)

$\theta = 18,43^\circ$

$$(\eta_2) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 mn}$$

$$(\eta_2) = 1 - 18,43 \cdot \frac{(1-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 1}{90 \cdot (2) \cdot 1}$$

$$(\eta_2) = 0,898$$

$$Q_{\text{ijin tanah}} = (\eta_2) \cdot Q_{\text{ijin tanah}}$$

$$Q_{\text{ijin tanah}} = 0,898 \cdot 22,28 \text{ ton} \cdot 2$$

$$Q_{\text{ijin tanah}} = 40,01 \text{ ton} < Q_{\text{ijin bahan}}$$

$$40,01 \text{ ton} < 75 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

Tiang kelompok (4 buah)

$$m = 2$$

$$n = 2$$

$$s = 3D \text{ (Syarat } 2D \leq S \leq 6D)$$

$$\theta = 18,43^\circ$$

$$(\eta_2) = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 mn}$$

$$(\eta_2) = 1 - 18,43^\circ \frac{(2-1).2 + (2-1).2}{90.(2).2}$$

$$(\eta_2) = 0,795$$

$$Q_{\text{ijin tanah}} = (\eta_2) \cdot Q_{\text{ijin tanah}}$$

$$Q_{\text{ijin tanah}} = 0,795 \cdot 22,28 \text{ ton} \cdot 4$$

$$Q_{\text{ijin tanah}} = 70,85 \text{ ton} < Q_{\text{ijin bahan}}$$

$$70,85 \text{ ton} < 75 \text{ ton (OK)}$$

16.2.2 Daya Dukung Tiang dalam Kelompok

Dari output SAP 2000 diambil as 1-A joint 384 didapatkan gaya-gaya dalam sebagai berikut :

- Akibat beban tetap (1,0DL+1,0LL)

$$P = 34039,36 \text{ kg}$$

$$M_x = -1147,33 \text{ kg.m} \quad ; \quad M_y = 507,959 \text{ kg.m}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban tetap adalah sebagai berikut :

Berat sendiri poer

$$\left(1,8 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,55 \text{ m} \times \frac{2400 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right) = 4276,8 \text{ kg}$$

Beban aksial kolom

$$(\text{output SAP 2000}) = 34039,36 \text{ kg}$$

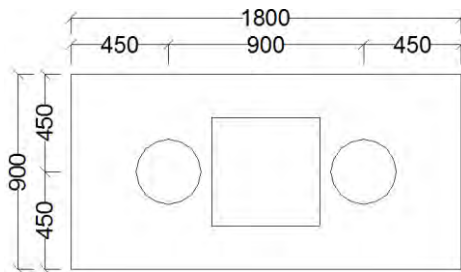
$$\Sigma P = 4276,8 \text{ kg} + 34039,36 \text{ kg} = 38316,16 \text{ kg}$$

Perkiraan jumlah tiang pancang

$$n = \frac{\Sigma P}{Q_{\text{ijin tanah}}} = \frac{38316,16 \text{ kg}}{23540 \text{ kg}} = 1,63 \approx 2 \text{ buah}$$

Direncanakan 2 buah

Maka, direncanakan pakai 2 buah tiang pancang.



Gambar 16.8 Sketsa pondasi 2 buah tiang pancang

Tabel 7.1 Perhitungan jarak X dan Y 2 buah tiang pancang

	X (m)	X ²		Y (m)	Y ²
X1	0,45	0,2025	Y1	0	0
X2	0,45	0,2025	Y2	0	0
ΣX^2		0,405	ΣY^2		0

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$P_i = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y X}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x Y}{\Sigma y^2}$$

$$P_1 = \frac{38316,16}{2} + \frac{507,96 \cdot (0,45)}{0,405} + \frac{-1147 \cdot (0)}{0}$$

$$P_1 = 19722,48 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{58316,16}{2} + \frac{507,96 \cdot (0,45)}{0,405} + \frac{-1147 \cdot (0)}{0}$$

$$P_2 = 19722,48 \text{ kg}$$

Beban maksimum yang diterima dua tiang pancang adalah

$$P_{total} < Q_{u_{ijin tanah}}$$

$$39444,96 \text{ kg} < 40010 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})$$

Dari output SAP 2000 diambil as 2-C joint 391 didapatkan gaya-gaya dalam sebagai berikut :

Akibat beban tetap (1,0DL+1,0LL)

$$P = 56099,17 \text{ kg}$$

$$M_x = 679,86 \text{ kg.m} \quad ; \quad M_y = -358 \text{ kg.m}$$

P akibat pengaruh beban tetap

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh beban tetap adalah sebagai berikut :

Berat sendiri poer

$$\left(1,8 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 0,55 \text{ m} \times \frac{2400 \text{ kg}}{\text{m}^3}\right) = 4276,8 \text{ kg}$$

Beban aksial kolom

(output SAP 2000) = 56099,17 kg

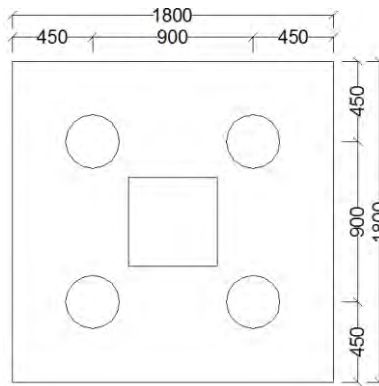
$\Sigma P = 4276,8 \text{ kg} + 56099,17 \text{ kg} = 60375,97 \text{ kg}$

Perkiraan jumlah tiang pancang

$$n = \frac{\Sigma P}{Q_{u_{ijin tanah}}} = \frac{60375,97 \text{ kg}}{23540 \text{ kg}} = 2,6 \approx 4 \text{ buah}$$

Direncanakan 4 buah

Maka, direncanakan pakai 4 buah tiang pancang.



Gambar 16.9 Sketsa pondasi 4 buah tiang pancang

Tabel 7.2 Perhitungan jarak X dan Y 4 buah tiang pancang

	X (m)	X ²
X1	0,45	0,2025
X2	0,45	0,2025
X3	0,45	0,2025
X4	0,45	0,2025
ΣX^2		0,81

	Y (m)	Y ²
Y1	0,45	0,2025
Y2	0,45	0,2025
Y3	0,45	0,2025
Y4	0,45	0,2025
ΣY^2		0,81

Gaya yang dipikul masing-masing tiang pancang :

$$P_i = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y X}{\sum x^2} \pm \frac{M_x Y}{\sum y^2}$$

$$P_1 = \frac{60375,97}{4} + \frac{-358 \cdot (0,45)}{0,81} + \frac{679,86 \cdot (0,45)}{0,81}$$

$$P_1 = 15272,8 \text{ kg}$$

$$P_2 = \frac{60375,97}{4} + \frac{-358 \cdot (0,45)}{0,81} + \frac{679,86 \cdot (0,45)}{0,81}$$

$$P_2 = 15272,8 \text{ kg}$$

$$P_3 = \frac{60375,97}{4} + \frac{-358 \cdot (0,45)}{0,81} + \frac{679,86 \cdot (0,45)}{0,81}$$

$$P_3 = 15272,8 \text{ kg}$$

$$P_4 = \frac{60375,97}{4} + \frac{-358 \cdot (0,45)}{0,81} + \frac{679,86 \cdot (0,45)}{0,81}$$

$$P_4 = 15272,8 \text{ kg}$$

Beban maksimum yang diterima empat tiang pancang adalah

$$P_{total} < Q_{ijin tanah}$$

$$61091,21 \text{ kg} < 70850 \text{ kg} \quad (\text{memenuhi})$$

16.3 Perhitungan Tulangan Geser Balok SRPMK As A-34 lantai 2

16.3.1 Analisis geser berdasarkan momen nominal daerah tumpuan SRPMK

Gaya geser akibat kombinasi 1,2 DL + LL $\left(\frac{Wu \cdot ln}{2} \right)$ diperoleh

dari pemodelan sebesar 81,98 kN

Reaksi diujung kiri balok :

$$Vu = \left(\frac{Mn_l + Mn_r}{ln} \right) + \frac{Wu \cdot ln}{2}$$

$$Vu = \left(\frac{250,125kN \cdot m + 63,4kN \cdot m}{5,3m} \right) + 81,98kN$$

$$Vu = 173,65kN$$

Cek SRPMK (SNI 03-2847-2002 psl. 23.3.3.1)

$$\begin{array}{lcl} \frac{1}{2} \cdot Vu & > & V \text{ pada SAP2000} \\ 86,825 \text{ kN} & > & 81,98 \text{ kN} \quad (\text{memenuhi}) \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} Pu & < & (Ag \cdot fc')/20 \\ 3,133 \text{ kN} & < & (350 \cdot 450 \cdot 0,25)/20 \\ 3,133 \text{ kN} & < & 1968,75 \text{ kN} \quad (\text{memenuhi}) \end{array}$$

Maka, $Vc = 0$

Adapun luas tulangan geser minimum yang harus terpasang menurut SNI 03-2847-2002 psl. 13.5.5 adalah :

$$Vs_{\min} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d_{\text{pasang}}$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot 350\text{mm} \cdot (389\text{mm}) = 45,38\text{kN}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_{\text{pasang}}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25\text{N/mm}^2} \cdot 350\text{mm} \cdot (389\text{mm}) = 226,92\text{kN}$$

$$2 \cdot V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_{\text{pasang}}$$

$$2 \cdot V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25\text{N/mm}^2} \cdot 350\text{mm} \cdot (389\text{mm}) = 453,83\text{kN}$$

Chu Kia Wang dalam bukunya “Desain Beton Bertulang”, pada dasarnya perencanaan untuk geser dapat dibagi atas kategori sebagai berikut :

1. $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$
 $163,65\text{kN} \leq 0,5 \cdot (0,75) \cdot (0\text{kN})$
 $163,65\text{kN} > 0\text{kN}$ (tidak memenuhi syarat)
2. $0,5 \cdot \phi \cdot V_c < V_u < \phi \cdot V_c$
 $0,5 \cdot (0,75) \cdot (0\text{kN}) < 163,65\text{kN} < (0,75) \cdot (0\text{kN})$
 $0\text{kN} < 163,65\text{kN} > 0\text{kN}$ (tidak memenuhi)
3. $\phi \cdot V_c < V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{s_{\min}})$
 $0\text{kN} < 163,65\text{kN} < (0,75) \cdot (0\text{kN} + 45,38\text{kN})$
 $85,09\text{kN} < 163,65\text{kN} > 34,035\text{kN}$ (tidak memenuhi)

$$4. \quad \phi(V_c + V_{s_{\min}}) < V_u \leq \phi \left(V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d_{\text{pasang}} \right)$$

$$34,035 \text{ kN} < 163,65 \text{ kN} \leq (0,75) \cdot (0 \text{ kN} + 226,92 \text{ kN})$$

$$34,035 \text{ kN} < 163,65 \text{ kN} < 170,19 \text{ kN} \text{ (memenuhi syarat)}$$

Direncanakan diameter tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2

kaki :

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_{10})^2$$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{22}{7} \cdot (10 \text{ mm})^2 = 157,14 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan perlu geser ditambah luasan tambahan puntir transversal untuk geser :

$$A_{v_{\text{perlu}}} = A_v + \left(2 \cdot \frac{A_t}{s} \right)$$

$$A_{v_{\text{perlu}}} = 157,14 \text{ mm}^2 + (2 \cdot 0,94 \text{ mm}^2) = 159,03 \text{ mm}^2$$

$$V_{s_{\text{perlu}}} = \left(\frac{V_u}{\phi} \right) - V_c = \left(\frac{163,65 \text{ kN}}{0,75} \right) - 0 \text{ kN} = 218,2 \text{ kN}$$

Sehingga jarak antar sengkang,

$$S = \frac{A_{v_{\text{perlu}}} \cdot f_y \cdot d}{V_{s_{\text{perlu}}}} = \frac{(159,03 \text{ mm}^2) \cdot 320 \text{ N/mm}^2 \cdot (389 \text{ mm})}{218200 \text{ N}} = 90,7 \text{ mm}$$

Sesuai SNI 03-2847-2002 psl 23.10.4.2 pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus

dipasang pada jarak tidak lebih daripada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

1. $S = d/4 = 373,375 \text{ mm} / 4 = 93,34 \text{ mm}$
2. $S = 8 \cdot \phi_{tul.utama} = 8 \cdot 22 \text{ mm} = 176 \text{ mm}$
3. $S = 24 \cdot \phi_{sengkang} = 24 \cdot 10 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$
4. 300 mm

Jadi dipasang tulangan geser daerah tumpuan $\phi 10-90$

Dengan demikian, tulangan geser diatas (sengkang D10) dipasang dengan spasi 90 mm di daerah sepanjang $2 \cdot h$ ($2 \cdot 450 \text{ mm} = 900 \text{ mm}$) dari muka kolom. Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi $d/4$.

16.3.1 Analisis geser berdasarkan momen nominal daerah lapangan SRPMK

Gaya geser akibat kombinasi 1,2 DL + LL $\left(\frac{Wu \cdot ln}{2} \right)$ diperoleh dari pemodelan sebesar 50,72 kN

Reaksi diujung kiri balok :

$$Vu = \left(\frac{Mn_l + Mn_r}{ln} \right) + \frac{Wu \cdot ln}{2}$$

$$Vu = \left(\frac{250,125 \text{ kN} \cdot \text{m} + 63,4 \text{ kN} \cdot \text{m}}{5,3 \text{ m}} \right) + 50,72 \text{ kN} = 132,39 \text{ kN}$$

Cek SRPMK (SNI 03-2847-2002 psl. 23.3.3.1)

$$\begin{array}{lcl} \frac{1}{2} \cdot Vu & > & V \text{ pada SAP2000} \\ 66,195 \text{ kN} & > & 50,72 \text{ kN} \quad (\text{memenuhi}) \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 P_u &< (A_g \cdot f_c')/20 \\
 3,133 \text{ kN} &< (350 \cdot 450 \cdot 0,25)/20 \\
 3,133 \text{ kN} &< 1968,75 \text{ kN} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Maka, $V_c = 0$

Adapun luas tulangan geser minimum yang harus terpasang menurut SNI 03-2847-2002 psl. 13.5.5 adalah :

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d_{\text{pasang}}$$

$$V_{s_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot 350 \text{ mm} \cdot (389 \text{ mm}) = 45,38 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_{\text{pasang}}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 350 \text{ mm} \cdot (389 \text{ mm}) = 226,91 \text{ kN}$$

$$2 \cdot V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d_{\text{pasang}}$$

$$2 \cdot V_s = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{25 \text{ N/mm}^2} \cdot 350 \text{ mm} \cdot (389 \text{ mm}) = 453,83 \text{ kN}$$

Chu Kia Wang dalam bukunya “Desain Beton Bertulang”, pada dasarnya perencanaan untuk geser dapat dibagi atas kategori sebagai berikut :

$$1. \quad V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$132,39 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot (0,75) \cdot (0 \text{ kN})$$

$$132,39 \text{ kN} > 0 \text{ kN} \quad (\text{tidak memenuhi syarat})$$

2. $0,5 \cdot \phi V_c < V_u < \phi V_c$
 $0,5 \cdot (0,75) \cdot (0kN) < 132,39kN < 0,75 \cdot (0kN)$
 $0kN < 132,39kN > 0kN$ (tidak memenuhi)
3. $\phi V_c < V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\min}})$
 $0kN < 132,39kN < (0,75) \cdot (0kN + 45,38kN)$
 $0kN < 132,39kN > 34,04kN$ (tidak memenuhi)
4. $\phi (V_c + V_{s_{\min}}) < V_u \leq \phi \left(V_c + \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d_{pasang} \right)$
 $34,04kN < 132,39kN \leq (0,75) \cdot (0kN + 226,92kN)$
 $119,13kN < 132,39kN < 170,19kN$ (memenuhi syarat)

Direncanakan diameter tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2

kaki :
$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d_{10})^2$$

$$A_v = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{22}{7} \cdot (10mm)^2 = 157,14mm^2$$

Luasan tulangan perlu geser ditambah luasan tambahan puntir transversal untuk geser :

$$A_{v_{perlu}} = A_v + \left(2 \cdot \frac{A_t}{s} \right)$$

$$A_{v_{perlu}} = 157,14 \text{ mm}^2 + (2 \cdot 0,94 \text{ mm}^2) = 159,03 \text{ mm}^2$$

$$V_{s_{perlu}} = \left(\frac{V_u}{\phi} \right) - V_c = \left(\frac{132,39kN}{0,75} \right) - 0kN = 176,52 \text{ kN}$$

Sehingga jarak antar sengkang,

$$S = \frac{A_{v_{perlu}} \cdot f_y \cdot d}{V_{s_{perlu}}} = \frac{(159,03 \text{ mm}^2) \cdot 320 \text{ N/mm}^2 \cdot 389 \text{ mm}}{176520 \text{ N}}$$

$$S = 112 \text{ mm}$$

Sesuai SNI 03-2847-2002 ps1 23.10.4.3 pada kedua ujung komponen struktur lentur tersebut harus dipasang sengkang sepanjang jarak dua kali tinggi komponen struktur diukur dari muka perletakan ke arah tengah bentang. Sengkang pertama harus dipasang pada jarak tidak lebih daripada 50 mm dari muka perletakan. Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi :

1. $S = d/2 = 389 \text{ mm} / 2 = 194,5 \text{ mm}$
2. $S = 8 \cdot \varnothing_{tul.utama} = 8 \cdot 22 \text{ mm} = 176 \text{ mm}$
1. $S = 24 \cdot \varnothing_{sengkang} = 24 \cdot 10 \text{ mm} = 240 \text{ mm}$
2. 300 mm

Jadi dipasang tulangan geser daerah lapangan $\varnothing 10-110$

Dengan demikian, tulangan geser diatas (sengkang D10) dipasang dengan spasi 170 mm di daerah sepanjang $2 \cdot h$ ($2 \cdot 450 \text{ mm} = 900 \text{ mm}$) dari muka kolom. Sengkang harus dipasang di sepanjang bentang balok dengan spasi tidak melebihi $d/4$.

Tipe Balok Lantai	B1 35/45		
	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan
SRPMK Lantai 2 AS 3-4 frame 264			
Ukuran	350 x 450		
Tulangan atas	8D22	2D22	4D22
Tulangan tengah	2D10	2D10	2D10
Tulangan bawah	4D22	3D22	2D22
Senggang	Ø10-90	Ø10-110	Ø10-90

Gambar 16.10 Detail penulangan balok B1 35/45

16.4 Evaluasi Beban Gempa

Kontrol besar gaya geser dasar (V) rencana pada SAP200, dimana $V_{rencana} \approx V_{terjadi}$.

16.4.1 Besar gaya geser dasar pada SRPMM

	OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX Kgf
▶	Gempa X	LinStatic	422417,1
	Gempa Y	LinStatic	-0,0000007255

Gambar 16.11 Gaya geser dasar pada SAP2000 SRPMM

Besar gaya geser rencana yang sudah dijelaskan pada Bab VIII sebesar $V = 422417,09$ kg, pada gambar 10.1 dapat dilihat besar gaya geser yang terjadi pada SAP2000 sebesar $V = 422417,1$ kg. Maka $V_{rencana} \approx V_{terjadi}$ memenuhi

16.4.2 Besar gaya geser dasar pada SRPMK

	OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX Kgf
▶	Gempa X	LinStatic	273328,8
	Gempa Y	LinStatic	-0,0000004694

Gambar 16.12 Gaya geser dasar pada SAP2000 SRPMK


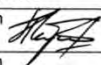
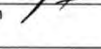







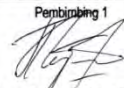
Besar gaya geser rencana yang sudah dijelaskan pada Bab VIII sebesar $V = 273328,7$ kg, pada gambar 10.1 dapat dilihat besar gaya geser yang terjadi pada SAP2000 sebesar $V = 273328,8$ kg. Maka $V_{rencana} \approx V_{terjadi}$ memenuhi

16.4.3 Besar gaya vertikal pada rusunawa

	GroupName Text	SelfMass Kgf-s2/m	SelfWeight Kgf
▶	ALL	81921.55	803376

Gambar 16.13 Gaya vertikal pada SAP2000

Besar gaya vertikal pada SAP2000 sebesar 803376 kg, sedangkan pada perhitungan manual sebesar 803773,4 kg. Dari perhitungan manual maupun perhitungan pada SAP2000 ini dapat disimpulkan bahwa beban tersebut dapat diterima kebenarannya dikarenakan selisih beban sekitar 397,4 kg.

	BERITA ACARA UJIAN PROYEK AKHIR PROGRAM DIPLOMA TEKNIK SIPIL FTSP - ITS			No. Agenda : 7
	PROGRAM DIPLOMA 3 BANGUNAN GEDUNG			Tanggal : 2 Juli 2014
Judul Proyek Akhir Studi Perbandingan Kinerja Struktur Bangunan Beton Bertulang Bertingkat 4 Tahap Gempa antara Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Khusus (SRPMK) dengan Pushover Analysis Built in SAP 2000				
Nama Mahasiswa 1	Dafid Purnama W.		NRP	3111030067
Nama Mahasiswa 2	Vicky Tri S.		NRP	3111030084
Dosen Pembimbing 1 Nip:	Yuyun Tajunnisa, ST., MT. 19780201 200604 2 002		Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2 Nip:			Tanda tangan	
URAIAN REVISI			Dosen Penguji	
<ul style="list-style-type: none"> • SENDI PLASTIS PADA MODEL → ? • PER. HIT. PONDASI PERLU DIPERJALAN ✓ • JUDUL DLM TERJEMAHAN BHS. INGGRIS ✓ 			 Ir. Agung BP, M.Eng., Ph.D NIP 19620328 198803 1 001	
Judul ; gambar 10 tangga ; gambar 16, 17, 18, 19 ; Gb 20, 21, 22, Gbr 24 ; perpindahan ; STR 27 ; STR 31, STR 08 ; STR 07, 05 ; Jumlah berat tul balok			 Nur A Husin, ST., MT NIP 19720115 199802 1 001	
1. Dimensi BF diramkan dg str → Gb 12/37 2. Level elevasi tangga 3. Pondasi gb 10/37 4. Dknl tangga 5. Abstrak → urutan membandingkan (rasio) SRPMM : MK. 6. Cek manual dg SAP $\Sigma V = \Sigma H$.			 Dr. Ridho Bayuaji, ST., MT NIP 19730710 199802 1 002	
			NIP	
PERSETUJUAN HASIL REVISI				
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4	Dosen Pembimbing
				
Ir. Agung BP, M.Eng., Ph.D	Nur A Husin, ST., MT	Dr. Ridho Bayuaji, ST., MT		Yuyun Tajunnisa, ST., MT
NIP 19620328 198803 1 001	NIP 19720115 199802 1 001	NIP 19730710 199802 1 002	NIP	NIP 19780201 200604 2 002
Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Proyek Akhir			Pembimbing 1	Pembimbing 2
				
			Yuyun Tajunnisa, ST., MT. Nip. 19780201 200604 2 002	Nip.

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 1-A

No.	Nama	Beban BJ Beton Kg/m ² Kg/m ³	Tebal m	Panjang m	Lebar m	Jumlah Kg	Total Kg
1	Berat Sendiri Plat						11424
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	3	2	1728	
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	3	2	1728	
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	3	2	1728	
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
d	Plat Atap	2400	0.1	3	2	1440	
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
2	Berat Sendir Balok dan Kolom						16319
			Dimensi (m)				
		jml	b	h	L		
a	Balok B1 35/45	4	2400	0.35	0.45	3	4391
b	Balok B2 20/25	4	2400	0.2	0.25	2	960
c	1/2 Balok B3 15/20	4	2400	0.075	0.2	2	288
d	Balok B4 10/12.5	8	2400	0.1	0.125	1	240
l	Stoof 20/35 (V)	1	2400	0.2	0.35	3	504
m	Stoof 20/35 (H)	1	2400	0.2	0.35	2	336
n	klm 50/50	4	2400	0.5	0.5	4	9600
	Total						27743

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 2-A

No.	Nama	Beban BJ Beton Kg/m ² Kg/m ³	Tebal m	Panjang m	Lebar m	Jumlah Kg	Total Kg
1	Berat Sendiri Plat						14256
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	4.5	2	2592	
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360	
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720	
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	4.5	2	2592	
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360	
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720	
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	4.5	2	2592	
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360	
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720	
d	Plat Atap	2400	0.1	4.5	2	2160	
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360	
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720	
2	Berat Sendir Balok dan Kolom						18646
			Dimensi (m)				
		jml	b	h	L		
a	Balok B1 35/45	4	2400	0.35	0.45	4.5	6586
b	Balok B2 20/25	4	2400	0.2	0.25	2	960
c	1/2 Balok B3 15/20	4	2400	0.075	0.2	2	288
d	Balok B4 10/12.5	4	2400	0.1	0.125	1	120
a	Stoof 20/35 (V)	1	2400	0.2	0.35	4.5	756
f	Stoof 20/35 (H)	1	2400	0.2	0.35	2	336
g	klm 50/50	4	2400	0.5	0.5	4	9600
	Total						32902

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 3-A

No.	Nama	Beban BJ Beton Kg/m ² Kg/m ³	Tebal m	Panjang m	Lebar m	Jumlah Kg	Total Kg
1	Berat Sendiri Plat						14256
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	4.5	2	2592	
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360	
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720	
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	4.5	2	2592	
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360	
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720	
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	4.5	2	2592	
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360	
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720	
d	Plat Atap	2400	0.1	4.5	2	2160	
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360	
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720	
2	Berat Sendir Balok dan Kolom						18646
			Dimensi (m)				
		jml	b	h	L		
a	Balok B1 35/45	4	2400	0.35	0.45	4.5	6586
b	Balok B2 20/25	4	2400	0.2	0.25	2	960
c	1/2 Balok B3 15/20	4	2400	0.075	0.2	2	288
d	Balok B4 10/12.5	4	2400	0.1	0.125	1	120
e	Stoof 20/35 (V)	1	2400	0.2	0.35	4.5	756
f	Stoof 20/35 (H)	1	2400	0.2	0.35	2	336
g	klm 50/50	4	2400	0.5	0.5	4	9600
	Total						32902

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 4-A

No.	Nama	Beban BJ Beton Kg/m ² Kg/m ³	Tebal m	Panjang m	Lebar m	Jumlah Kg	Total Kg
1	Berat Sendiri Plat						11424
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	3	2	1728	
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	3	2	1728	
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	3	2	1728	
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
d	Plat Atap	2400	0.1	3	2	1440	
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
2	Berat Sendir Balok dan Kolom						16319
			Dimensi (m)				
		jml	b	h	L		
a	Balok B1 35/50	4	2400	0.35	0.45	3	4391
b	Balok B2 20/25	4	2400	0.2	0.25	2	960
c	1/2 Balok B3 15/20	4	2400	0.075	0.2	2	288
d	Balok B4 10/12.5	8	2400	0.1	0.125	1	240
l	Stoof 20/35 (V)	1	2400	0.2	0.35	3	504
m	Stoof 20/35 (H)	1	2400	0.2	0.35	2	336
n	klm 45/45	4	2400	0.5	0.5	4	9600
	Total						27743

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 1-B

No.	Nama	Beban BJ Beton Kg/m ² Kg/m ³	Tebal m	Panjang m	Lebar m	Jumlah Kg	Total Kg
1	Berat Sendiri Plat						17088
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	4	3	3456	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	4	3	3456	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	4	3	3456	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
d	Plat Atap	2400	0.1	4	3	2880	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
2	Berat Sendir Balok dan Kolom						17783
			Dimensi (m)				
		jml	b	h	L		
a	Balok B1 35/45	4	2400	0.35	0.45	3	4391
b	Balok B2 20/25	4	2400	0.2	0.25	4	1920
c	1/2 Balok B3 15/20	4	2400	0.075	0.2	4	576
d	Balok B4 10/12.5	4	2400	0.1	0.125	1	120
l	Stoof 20/35 (V)	1	2400	0.2	0.35	3	504
m	Stoof 20/35 (H)	1	2400	0.2	0.35	4	672
n	klm 50/50	4	2400	0.5	0.5	4	9600
	Total						34871

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 4-B

No.	Nama	Beban BJ Beton Kg/m ² Kg/m ³	Tebal m	Panjang m	Lebar m	Jumlah Kg	Total Kg
1	Berat Sendiri Plat						17088
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	4	3	3456	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	4	3	3456	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	4	3	3456	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
d	Plat Atap	2400	0.1	4	3	2880	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480	
2	Berat Sendir Balok dan Kolom						17783
			Dimensi (m)				
		jml	b	h	L		
a	Balok B1 35/45	4	2400	0.35	0.45	3	4391
b	Balok B2 20/25	4	2400	0.2	0.25	4	1920
c	1/2 Balok B3 15/20	4	2400	0.075	0.2	4	576
d	Balok B4 10/12.5	4	2400	0.1	0.125	1	120
l	Stoof 20/35 (V)	1	2400	0.2	0.35	3	504
m	Stoof 20/35 (H)	1	2400	0.2	0.35	4	672
n	klm 50/50	4	2400	0.5	0.5	4	9600
	Total						34871

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 2-B

No.	Nama	Beban BJ Beton Kg/m ² Kg/m ³	Tebal m	Panjang m	Lebar m	Jumlah Kg	Total Kg
1	Berat Sendiri Plat						19872
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	4.5	4	5184	
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	4.5	4	5184	
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	4.5	4	5184	
d	Plat Atap	2400	0.1	4.5	4	4320	
2	Berat Sendir Balok dan Kolom						20110
			Dimensi (m)				
		jml	b	h	L		
a	Balok B1 35/45	4	2400	0.35	0.45	4.5	

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 1-C

No.	Nama	Beban BJ Beton		Tebal	Panjang	Lebar	Jumlah	Total
		Kg/m ²	Kg/m ³					
1	Berat Sendiri Plat							11064
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	3	2	1728		
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480		
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360		
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	3	2	1728		
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480		
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360		
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	3	2	1728		
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480		
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360		
d	Plat Atap	2400	0.1	3.5	3	2520		
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480		
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360		
2	Berat Sendir Balok dan Kolom							17225
		jml		b	h	L		
a	Balok B1 35/45	4	2400	0.35	0.45	3	4391	
b	Balok B2 20/25	4	2400	0.2	0.25	3.5	1680	
c	1/2 Balok B3 15/19	1	2400	0.075	0.2	1.5	54	
d	1/2 Balok B3 15/20	4	2400	0.075	0.2	2	288	
e	Balok B4 10/12.5	4	2400	0.1	0.125	1	120	
f	Sloof 20/35 (V)	1	2400	0.2	0.35	3	504	
g	Sloof 20/35 (H)	1	2400	0.2	0.35	3.5	588	
h	klm 50/50	4	2400	0.5	0.5	4	9600	
	Total							28289

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 2-C

No.	Nama	Beban BJ Beton		Tebal	Panjang	Lebar	Jumlah	Total
		Kg/m ²	Kg/m ³					
1	Berat Sendiri Plat							17604
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	4.5	2	2592		
		2400	0.12	3.5	2	2016		
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	4.5	2	2592		
		2400	0.12	3.5	2	2016		
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	4.5	2	2592		
		2400	0.12	3.5	2	2016		
d	Plat Atap	2400	0.1	4.5	3.5	3780		
2	Berat Sendir Balok dan Kolom							19552
		jml		b	h	L		
a	Balok B1 35/45	4	2400	0.35	0.45	4.5	6586	
b	Balok B2 20/25	4	2400	0.2	0.25	3.5	1680	
c	1/2 Balok B3 15/19	1	2400	0.075	0.2	1.5	54	
d	1/2 Balok B3 15/20	4	2400	0.075	0.2	2	288	
e	Sloof 20/35 (V)	1	2400	0.2	0.35	4.5	756	
f	Sloof 20/35 (H)	1	2400	0.2	0.35	3.5	588	
g	klm 50/50	4	2400	0.5	0.5	4	9600	
	Total							37156

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 1-D

No.	Nama	Beban BJ Beton		Tebal	Panjang	Lebar	Jumlah	Total
		Kg/m ²	Kg/m ³					
1	Berat Sendiri Plat							11064
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	3	2	1728		
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480		
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360		
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	3	2	1728		
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480		
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360		
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	3	2	1728		
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480		
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360		
d	Plat Atap	2400	0.1	3.5	3	2520		
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480		
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360		
2	Berat Sendir Balok dan Kolom							17225
		jml		b	h	L		
a	Balok B1 35/45	4	2400	0.35	0.45	3	4391	
b	Balok B2 20/25	4	2400	0.2	0.25	3.5	1680	
c	1/2 Balok B3 15/19	1	2400	0.075	0.2	1.5	54	
d	1/2 Balok B3 15/20	4	2400	0.075	0.2	2	288	
e	Balok B4 10/12.5	4	2400	0.1	0.125	1	120	
f	Sloof 20/35 (V)	1	2400	0.2	0.35	3	504	
g	Sloof 20/35 (H)	1	2400	0.2	0.35	3.5	588	
h	klm 50/50	4	2400	0.5	0.5	4	9600	
	Total							28289

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 2-D

No.	Nama	Beban BJ Beton		Tebal	Panjang	Lebar	Jumlah	Total
		Kg/m ²	Kg/m ³					
1	Berat Sendiri Plat							17604
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	4.5	2	2592		
		2400	0.12	3.5	2	2016		
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	4.5	2	2592		
		2400	0.12	3.5	2	2016		
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	4.5	2	2592		
		2400	0.12	3.5	2	2016		
d	Plat Atap	2400	0.1	4.5	3.5	3780		
2	Berat Sendir Balok dan Kolom							19552
		jml		b	h	L		
a	Balok B1 35/45	4	2400	0.35	0.45	4.5	6586	
b	Balok B2 20/25	4	2400	0.2	0.25	3.5	1680	
c	1/2 Balok B3 15/19	1	2400	0.075	0.2	1.5	54	
d	1/2 Balok B3 15/20	4	2400	0.075	0.2	2	288	
e	Sloof 20/35 (V)	1	2400	0.2	0.35	4.5	756	
f	Sloof 20/35 (H)	1	2400	0.2	0.35	3.5	588	
g	klm 50/50	4	2400	0.5	0.5	4	9600	
	Total							37156

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 4-C

No.	Nama	Beban BJ Beton		Tebal	Panjang	Lebar	Jumlah	Total
		Kg/m ²	Kg/m ³					
1	Berat Sendiri Plat							11064
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	3	2	1728		
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480		
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360		
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	3	2	1728		
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480		
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360		
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	3	2	1728		
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480		
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360		
d	Plat Atap	2400	0.1	3.5	3	2520		
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480		
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360		
2	Berat Sendir Balok dan Kolom							17225
		jml		b	h	L		
a	Balok B1 35/45	4	2400	0.35	0.45	3	4391	
b	Balok B2 20/25	4	2400	0.2	0.25	3.5	1680	
c	1/2 Balok B3 15/19	1	2400	0.075	0.2	1.5	54	
d	1/2 Balok B3 15/20	4	2400	0.075	0.2	2	288	
e	Balok B4 10/12.5	4	2400	0.1	0.125	1	120	
f	Sloof 20/35 (V)	1	2400	0.2	0.35	3	504	
g	Sloof 20/35 (H)	1	2400	0.2	0.35	3.5	588	
h	klm 50/50	4	2400	0.5	0.5	4	9600	
	Total							28289

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 3-C

No.	Nama	Beban BJ Beton		Tebal	Panjang	Lebar	Jumlah	Total
		Kg/m ²	Kg/m ³					
1	Berat Sendiri Plat							17604
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	4.5	2	2592		
		2400	0.12	3.5	2	2016		
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	4.5	2	2592		
		2400	0.12	3.5	2	2016		
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	4.5	2	2592		
		2400	0.12	3.5	2	2016		
d	Plat Atap	2400	0.1	4.5	3.5	3780		
2	Berat Sendir Balok dan Kolom							19552
		jml		b	h	L		
a	Balok B1 35/45	4	2400	0.35	0.45	4.5	6586	
b	Balok B2 20/25	4	2400	0.2	0.25	3.5	1680	
c	1/2 Balok B3 15/19	1	2400	0.075	0.2	1.5	54	
d	1/2 Balok B3 15/20	4	2400	0.075	0.2	2	288	
e	Sloof 20/35 (V)	1	2400	0.2	0.35	4.5	756	
f	Sloof 20/35 (H)	1	2400	0.2	0.35	3.5	588	
g	klm 50/50	4	2400	0.5	0.5	4	9600	
	Total							37156

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 4-D

No.	Nama	Beban BJ Beton		Tebal	Panjang	Lebar	Jumlah	Total
		Kg/m ²	Kg/m ³					
1	Berat Sendiri Plat							11064
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	3	2	1728		
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480		
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360		
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	3	2	1728		
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480		
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360		
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	3	2	1728		
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	4		

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 1-E

No.	Nama	Beban Kg/m ²	BJ Beton Kg/m ³	Tebal m	Panjang m	Lebar m	Jumlah Kg	Total Kg	
1 Berat Sendiri Plat									
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	4	3	3456			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	4	3	3456			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	4	3	3456			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
d	Plat Atap	2400	0.1	4	3	2880			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
2 Berat Sendir Balok dan Kolom									
		Dimensi (m)							17783
	jml	b	h	L					
a	Balok B1 35/45	4	2400	0.35	0.45	3	4391		
b	Balok B2 20/25	4	2400	0.2	0.25	4	1920		
c	1/2 Balok B3 15/20	4	2400	0.075	0.2	4	576		
d	Balok B4 10/12.5	4	2400	0.1	0.125	1	120		
l	Sloof 20/35 (V)	1	2400	0.2	0.35	3	504		
m	Sloof 20/35 (H)	1	2400	0.2	0.35	4	672		
n	klm 50/50	4	2400	0.5	0.5	4	9600		
Total							34871		

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 4-E

No.	Nama	Beban Kg/m ²	BJ Beton Kg/m ³	Tebal m	Panjang m	Lebar m	Jumlah Kg	Total Kg	
1 Berat Sendiri Plat									
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	4	3	3456			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	4	3	3456			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	4	3	3456			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
d	Plat Atap	2400	0.1	4	3	2880			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
2 Berat Sendir Balok dan Kolom									
		Dimensi (m)							17783
	jml	b	h	L					
a	Balok B1 35/45	4	2400	0.35	0.45	3	4391		
b	Balok B2 20/25	4	2400	0.2	0.25	4	1920		
c	1/2 Balok B3 15/20	4	2400	0.075	0.2	4	576		
d	Balok B4 10/12.5	4	2400	0.1	0.125	1	120		
l	Sloof 20/35 (V)	1	2400	0.2	0.35	3	504		
m	Sloof 20/35 (H)	1	2400	0.2	0.35	4	672		
n	klm 50/50	4	2400	0.5	0.5	4	9600		
Total							34871		

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 2-E

No.	Nama	Beban Kg/m ²	BJ Beton Kg/m ³	Tebal m	Panjang m	Lebar m	Jumlah Kg	Total Kg	
1 Berat Sendiri Plat									
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	4.5	4	5184			
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	4.5	4	5184			
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	4.5	4	5184			
d	Plat Atap	2400	0.1	4.5	4	4320			
2 Berat Sendir Balok dan Kolom									
		Dimensi (m)							20110
	jml	b	h	L					
a	Balok B1 35/45	4	2400	0.35	0.45	4.5	6586		
b	Balok B2 20/25	4	2400	0.2	0.25	4	1920		
c	1/2 Balok B3 15/20	4	2400	0.075	0.2	4	576		
e	Sloof 20/35 (V)	1	2400	0.2	0.35	4.5	756		
f	Sloof 20/35 (H)	1	2400	0.2	0.35	4	672		
g	klm 50/50	4	2400	0.5	0.5	4	9600		
Total							39982		

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 3-E

No.	Nama	Beban Kg/m ²	BJ Beton Kg/m ³	Tebal m	Panjang m	Lebar m	Jumlah Kg	Total Kg	
1 Berat Sendiri Plat									
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	4.5	4	5184			
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	4.5	4	5184			
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	4.5	4	5184			
d	Plat Atap	2400	0.1	4.5	4	4320			
2 Berat Sendir Balok dan Kolom									
		Dimensi (m)							20110
	jml	b	h	L					
a	Balok B1 35/45	4	2400	0.35	0.45	4.5	6586		
b	Balok B2 20/25	4	2400	0.2	0.25	4	1920		
c	1/2 Balok B3 15/20	4	2400	0.075	0.2	4	576		
e	Sloof 20/35 (V)	1	2400	0.2	0.35	4.5	756		
f	Sloof 20/35 (H)	1	2400	0.2	0.35	4	672		
g	klm 50/50	4	2400	0.5	0.5	4	9600		
Total							39982		

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 1-F

No.	Nama	Beban Kg/m ²	BJ Beton Kg/m ³	Tebal m	Panjang m	Lebar m	Jumlah Kg	Total Kg	
1 Berat Sendiri Plat									
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	3	2	1728			
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	3	2	1728			
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	3	2	1728			
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
d	Plat Atap	2400	0.1	3	2	1440			
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720			
	Plat kantilever	2400	0.1	2	1	480			
2 Berat Sendir Balok dan Kolom									
		Dimensi (m)							16319
	jml	b	h	L					
a	Balok B1 35/45	4	2400	0.35	0.45	3	4391		
b	Balok B2 20/25	4	2400	0.2	0.25	2	960		
c	1/2 Balok B3 15/20	4	2400	0.075	0.2	2	288		
d	Balok B4 10/12.5	8	2400	0.1	0.125	1	240		
e	Sloof 20/35 (V)	1	2400	0.2	0.35	3	504		
m	Sloof 20/35 (H)	1	2400	0.2	0.35	2	336		
n	klm 50/50	4	2400	0.5	0.5	4	9600		
Total							27743		

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 2-F

No.	Nama	Beban Kg/m ²	BJ Beton Kg/m ³	Tebal m	Panjang m	Lebar m	Jumlah Kg	Total Kg	
1 Berat Sendiri Plat									
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	4.5	2	2592			
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360			
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720			
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	4.5	2	2592			
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360			
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720			
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	4.5	2	2592			
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360			
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720			
d	Plat Atap	2400	0.1	4.5	2	2160			
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360			
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720			
2 Berat Sendir Balok dan Kolom									
		Dimensi (m)							18646
	jml	b	h	L					
a	Balok B1 35/45	4	2400	0.35	0.45	4.5	6586		
b	Balok B2 20/25	4	2400	0.2	0.25	2	960		
c	1/2 Balok B3 15/20	4	2400	0.075	0.2	2	288		
d	Balok B4 10/12.5	4	2400	0.1	0.125	1	120		
e	Sloof 20/35 (V)	1	2400	0.2	0.35	4.5	756		
f	Sloof 20/35 (H)	1	2400	0.2	0.35	2	336		
g	klm 50/50	4	2400	0.5	0.5	4	9600		
Total							32902		

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 3-F

No.	Nama	Beban Kg/m ²	BJ Beton Kg/m ³	Tebal m	Panjang m	Lebar m	Jumlah Kg	Total Kg	
1 Berat Sendiri Plat									
a	Plat Lantai 2	2400	0.12	4.5	2	2592			
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360			
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720			
b	Plat Lantai 3	2400	0.12	4.5	2	2592			
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360			
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720			
c	Plat Lantai 4	2400	0.12	4.5	2	2592			
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360			
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720			
d	Plat Atap	2400	0.1	4.5	2	2160			
	Plat kantilever	2400	0.1	1.5	1	360			
	Plat kantilever	2400	0.1	3	1	720			
2 Berat Sendir Balok dan Kolom									
		Dimensi (m)							18646
	jml	b	h	L					
a	Balok B1 35/45	4	2400	0.35	0.45	4.5	6586		
b	Balok B2 20/25	4	2400	0.2	0.25	2	960		
c	1/2 Balok B3 15/20	4	2400	0.075	0.2	2	288		
d	Balok B4 10/12.5	4	2400	0.1	0.125	1	120		
e	Sloof 20/35 (V)	1	2400	0.2	0.35	4.5	756		
f	Sloof 20/35 (H)	1	2400	0.2	0.35	2	336		
g	klm 50/50	4	2400	0.5	0.5	4	9600		
Total							32902		

Perhitungan Manual Beban Pada Titik 4-F

No.	Nama	Beban Kg/m ²	BJ Beton Kg/m<
-----	------	----------------------------	-------------------



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA - JURUSAN TEKNIK SIPIL
 Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI PROYEK AKHIR

Nama : Dafid Purnama Wigaya ; Vicky Tri Setya S.
NRP : 3111030067 ; 3111030084
Judul Tugas Akhir : Studi perbandingan kinerja Struktur Bangunan Beton Bertulang Bertingkat 9 Lahan gempas antara Metode SRPMM dan SRPMK dengan pushover Analysis built in SAP2000
Dosen Pembimbing : Bu Yuyun Tajunnisa, ST. MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	22-04-2014	Pembebanan SAP2000 struktur SRPMM Tugas: Selasa jam 10. - Buat Bab yg membandingkan → excell Tabel SRPMM & MK - Hit Balok & Kolong - Gambar struktur & Detail - SAP Pushover MM & MK? Tugas Kamis jam 9 - Ngecek lagi - Bndasi		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	29-04-2014	- Gbr turang dasar, potongan, tumpak dll - Gbr diperbaiki - Tabel SRPMM & MK excell ✓ (sementra ds) - Bab word belum ? - Pandan' excell ?		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	7-5-2014	- laporan		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA - JURUSAN TEKNIK SIPIL
 Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI PROYEK AKHIR

Nama : Dapid Aurnama Wigaya , Vicky Tri Setya S
NRP : 311030067 : 311030084
Judul Tugas Akhir : Studi Perbandingan Kinerja Struktur Bangunan Beton Bertulang Bertingkat 4 tahan gempa antara Metode SRPMM dan SRPMK dengan Pushover Analis built in SAP2000
Dosen Pembimbing : Bu Yuyun Tajunnisa, ST, MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
4	9/5/2014	- Brosur TP				
		- Data tanah di print				
		- Cek SAP dengan manual → dimasukkan laporan		B	C	K
		- perbandingan antar SRPMM dan SRPMK		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	14/5/2014	- Tul balok SRPMM & SRPMK		B	C	K
		- Tul kolom		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- cek SAP & perhitungan manual				
		- Berat tulangan balok kolom per lantai		B	C	K
6	20/5/2014	- panjang tulangan dihitung		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- pakai tulangan rangkap untuk semua balok, hitung beratnya sekalian		B	C	K
		- pushover		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	22-5-2014	- under reinforced, over reinforced				
		- penentuan A_y , A_v				
		- LS, CP, IO det ?		B	C	K
		- perbandingan cek		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Langkah 3 analisis pushover				

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



ASISTENSI PROYEK AKHIR

Nama
NRP
Judul Tugas Akhir

: DAVID PUENAMA W. Vicky TRI SETYA S.
 : 311030067 311030084
 : Studi Perbandingan Kinerja Struktur Bangunan Beton Bertulang Berting
 4 Tahap Gempa antara Metode SRPM dan SRPMK dengan Pushover
 Analysis built in SAP2000

Dosen Pembimbing

: BU YUYUN RAJUNISA ST.MT

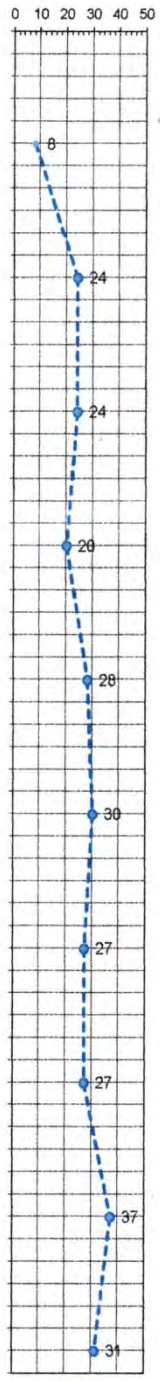
No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
8	3 JUN 2014	- berat ml oke				
		- Bab X" Primer				
		Tugas: - Berat lajeng =	L	B	C	K
		- laporan lengkap	-	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- str diprint, laporan lengkap ketemu Sabtu Jn 10				
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

DRILLING LOG

Project No.	Project Pembangunan Pelabuhan	Type of Drilling Rotary	Remarks
Bore Hole No. BM- I	Lokasi Timor Leste	Date 25-27 Desember 2010	UD = Undisturb Sample
Water Table M	Elevation : ± 0,0 (muka tanah setempat)	Driller Dasuki	SPT = SPT Test

Scale in m	Elevation	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / SPT TEST		Standard Penetration Test			N - Value	
									Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm			
												15 cm	15 cm		15 cm
0		0.00													
1															
2		-2.00	2.00		Lempung Berlanau Berpasir	Hitam Keabu-abuan	Dense								
3									25	SPT-1	8	2	3	5	8
4									30						
5															
6					Lanau Berpasir Berkerkil	Hitam Keabu-abuan	Dense		55						
7									60	SPT-2	24	5	10	14	24
8															
9					Pasir Berbatu	Hitam Keabu-abuan	Medium		85						
10									90	SPT-3	24	8	11	13	24
11															
12									115						
13									120	SPT-4	20	11	9	11	20
14															
15					Lanau Berpasir	Hitam Keabu-abuan	Dense		145						
16									150	SPT-5	28	12	13	15	28
17															
18									175						
19									180	SPT-6	30	15	14	16	30
20															
21									205						
22									210	SPT-7	27	10	13	14	27
23															
24									235						
25									240	SPT-8	27	11	12	15	27
26															
27									265						
28									270	SPT-9	37	9	18	19	37
29															
30		-30.00	5.00						295						
									300	SPT-10	31	11	14	17	31



- Legenda :**
- Lempung =
 - Pasir =
 - Batu =
 - Lanau =
 - Kerkil =
 - Muka air tanah =

DRILLING LOG

Project No.	Project Pembangunan Pelabuhan	Type of Drilling Rotary	Remarks
Bore Hole No. BM- II	Lokasi Timor Leste	Date 21 -24 Desember 2010	UD = Undisturb Sample
Water Table 0 M	Elevation : ± 0,0 (muka tanah setempat)	Driller Dasuki	SPT = SPT Test

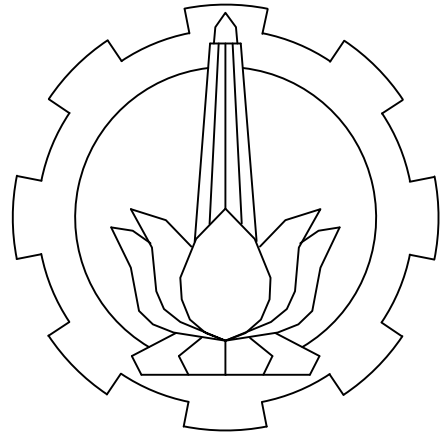
Scale in m	Elevation	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / SPT TEST		Standard Penetration Test			N - Value	
									Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm			
												15 cm	15 cm		15 cm
0		0.00													
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16					Lanau Berpasir	Hilam Keabu-abuan	Loose s.d Dense								
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30		-30.00	30.00												

Legende :

Lempung =	Pasir =	Batu =
Lanau =	Kerikil =	Muka Air Tanah =

TABLE OF STANDARD DIMENSIONS - PT. HUME SAKTI INDONESIA - PC PILES

OUTER DIAMETER	WALL THICKNESS (mm)	LENGTH (m)	CLASS	PC WIRE		CONCRETE AREA (cm ²)	CALCULATED BENDING MOMENT (T.M)		ALLOWABLE AXIAL LOAD (TON)	NOMINAL WEIGHT (kg/M)
				DIA (mm)	NOS		CRACK	ULT		
300	60	7-13	A	7	6	452	2.5	4.7	75	119
			B	7	12		3.5	7.0		
			C	7	16		4.0	9.0		
350	65	7-15	A	7	8	582	3.5	6.9	95	151
			B	7	14		5.0	9.6		
			C	7	20		6.0	13.5		
400	75	7-16	A	7	10	766	5.5	9.4	120	199
			B	7	18		7.5	14.2		
			C	9	16		9.0	18.9		
450	80	7-16	A	7	12	930	7.5	12.4	150	242
			B	7	24		11.0	21.3		
			C	9	20		12.5	26.0		
500	90	7-16	A	7	14	1159	10.5	15.7	185	301
			B	7	30		15.0	29.5		
			C	9	24		17.0	35.1		
600	100	7-16	A	7	18	1571	17.0	23.6	250	408
			B	9	26		25.0	46.2		
			C	9	34		29.0	60.2		

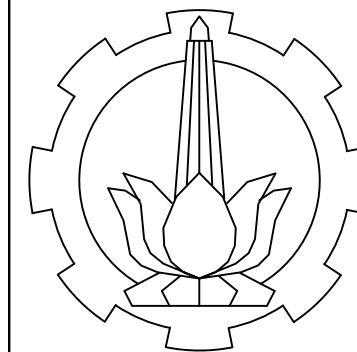


GAMBAR PERENCANAAN

**STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4
TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)
DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)**

DAFTAR ISI

No.	Nama Gambar	Skala	Kode	No.	Nama Gambar	Skala	Kode
1	Gambar Denah Lantai 1	1 : 100	ARS	20	Denah Penulangan Pelat Lt. 1	1 : 100	STR
2	Gambar Denah Lantai 2	1 : 100	ARS	21	Denah Penulangan Pelat Lt. 2	1 : 100	STR
3	Gambar Denah Lantai 3	1 : 100	ARS	22	Denah Penulangan Pelat Lt. 3	1 : 100	STR
4	Gambar Denah Lantai 4	1 : 100	ARS	23	Denah Penulangan Pelat Lt. 4	1 : 100	STR
5	Gambar Tampak Depan	1 : 100	ARS	24	Detail Penulangan Pelat Tipe A	1 : 40	STR
6	Gambar Tampak Belakang	1 : 100	ARS	25	Detail Penulangan Pelat Tipe B	1 : 40	STR
7	Gambar Tampak Samping	1 : 100	ARS	26	Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 1 SRPMM	1 : 25	STR
8	Gambar Potongan B-B	1 : 100	ARS	27	Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 2 SRPMM	1 : 25	STR
9	Gambar Potongan A-A	1 : 100	ARS	28	Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 1 SRPMK	1 : 25	STR
10	Gambar Denah Pondasi	1 : 100	STR	29	Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 2 SRPMK	1 : 25	STR
11	Gambar Denah Balok Lt. Dasar	1 : 100	STR	30	Gambar Portal As C SRPMM	1 : 100	STR
12	Gambar Denah Balok Lt. 1	1 : 100	STR	31	Gambar Portal As 2 SRPMM	1 : 100	STR
13	Gambar Denah Balok Lt. 2	1 : 100	STR	32	Gambar Portal As C SRPMK	1 : 100	STR
14	Gambar Denah Balok Lt. 3	1 : 100	STR	33	Gambar Portal As 2 SRPMK	1 : 100	STR
15	Gambar Denah Balok Lt. 4	1 : 100	STR	34	Detail Kait Standar & Sambungan Lewatan	1 : 100	STR
16	Gambar Denah Pelat Lt. 1	1 : 100	STR	35	Gambar Detail Portal	1 : 20	STR
17	Gambar Denah Pelat Lt. 2	1 : 100	STR	36	Gambar Detail Penulangan Balok SRPMM	1 : 50	STR
18	Gambar Denah Pelat Lt. 3	1 : 100	STR	37	Gambar Detail Penulangan Balok SRPMM	1 : 50	STR
19	Gambar Denah Pelat Lt. 4	1 : 100	STR	38, 39	Gambar Detail Penulangan Balok SRPMK	1 : 50	STR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Lantai 1

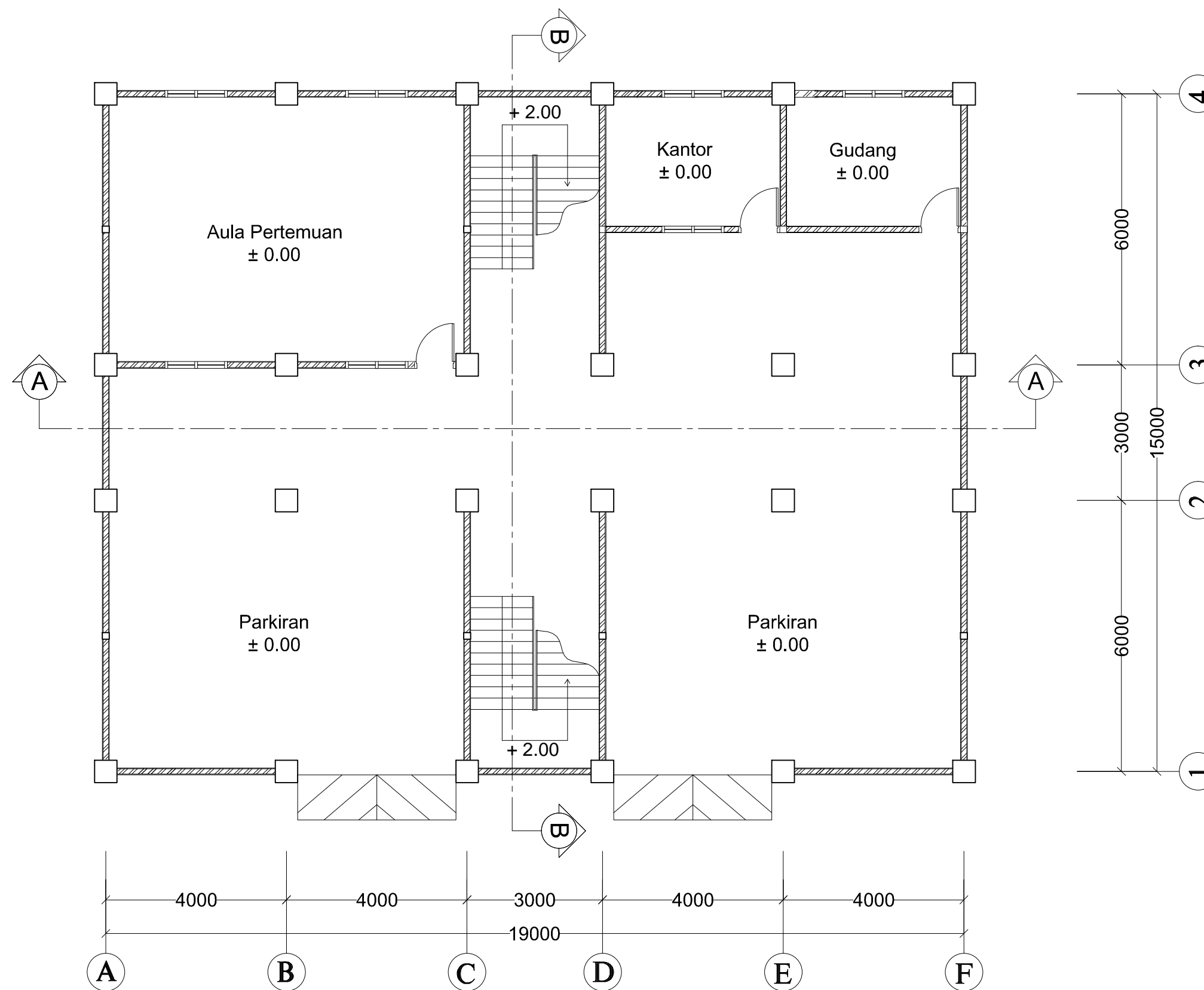
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	ARS
---------	-----

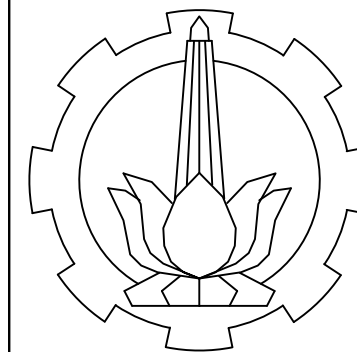
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

01	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Gambar Denah Lantai 1
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Lantai 4

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	ARS
---------	-----

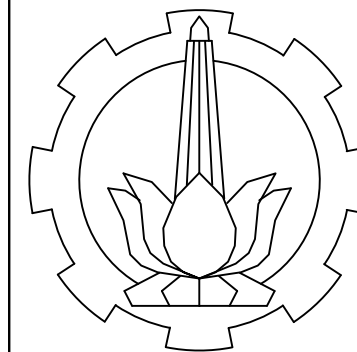
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

04	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Gambar Denah Lantai 4
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Lantai 2

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100

ARS

No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

02

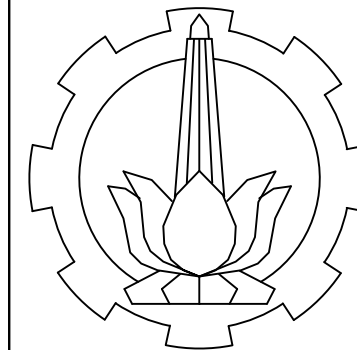
37

Approved

Mark



Gambar Denah Lantai 2
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Lantai 3

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	ARS
---------	-----

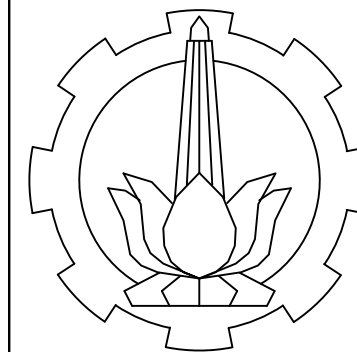
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

03	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Gambar Denah Lantai 3
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Tampak Depan

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100

ARS

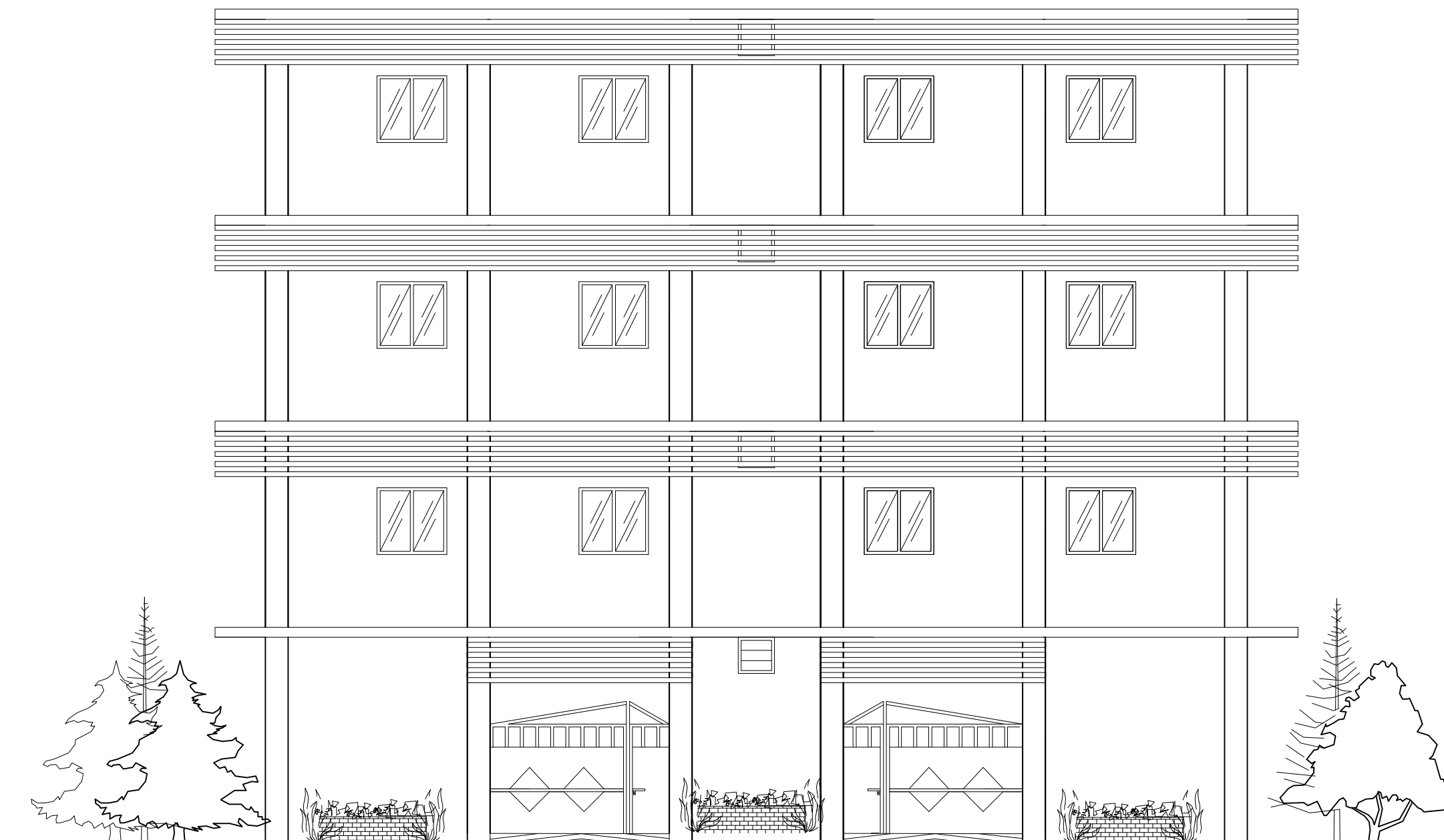
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

05

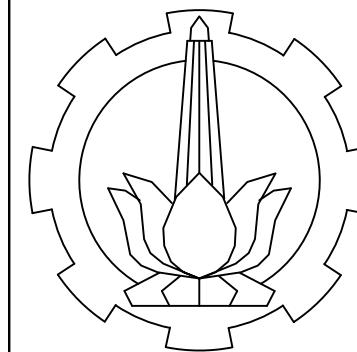
37

Approved

Mark



Gambar Tampak Depan
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
STRUKTUR BANGUNAN BETON
BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
GEMPA ANTARA METODE SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
(SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
3111030084

Judul Gambar

Gambar Tampak Belakang

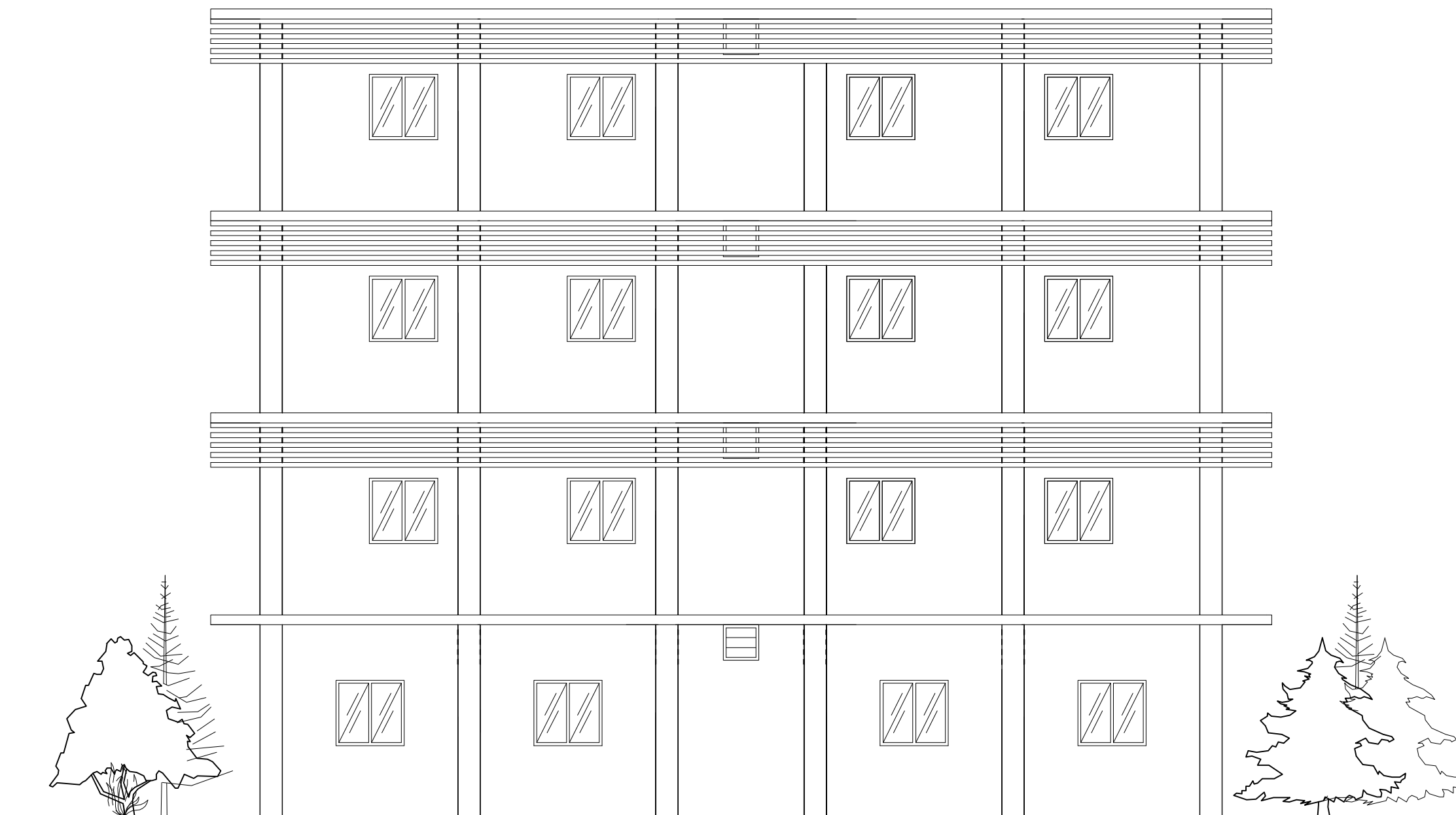
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

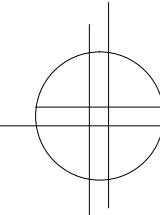
1 : 100	ARS
---------	-----

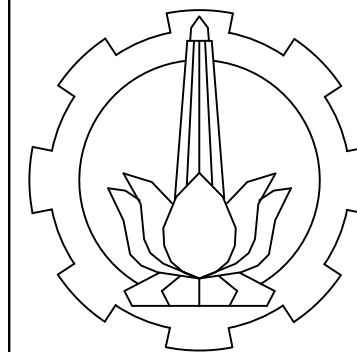
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

06	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



 Gambar Tampak Belakang
Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
STRUKTUR BANGUNAN BETON
BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
GEMPA ANTARA METODE SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
(SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
3111030084

Judul Gambar

Gambar Tampak Samping

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100

ARS

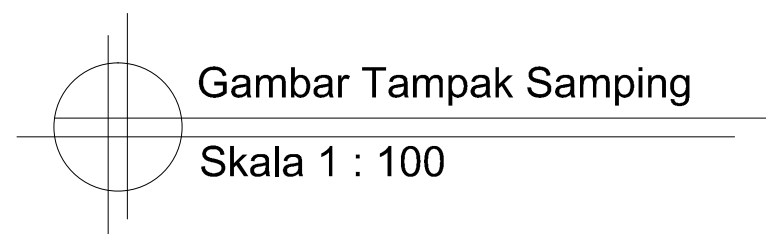
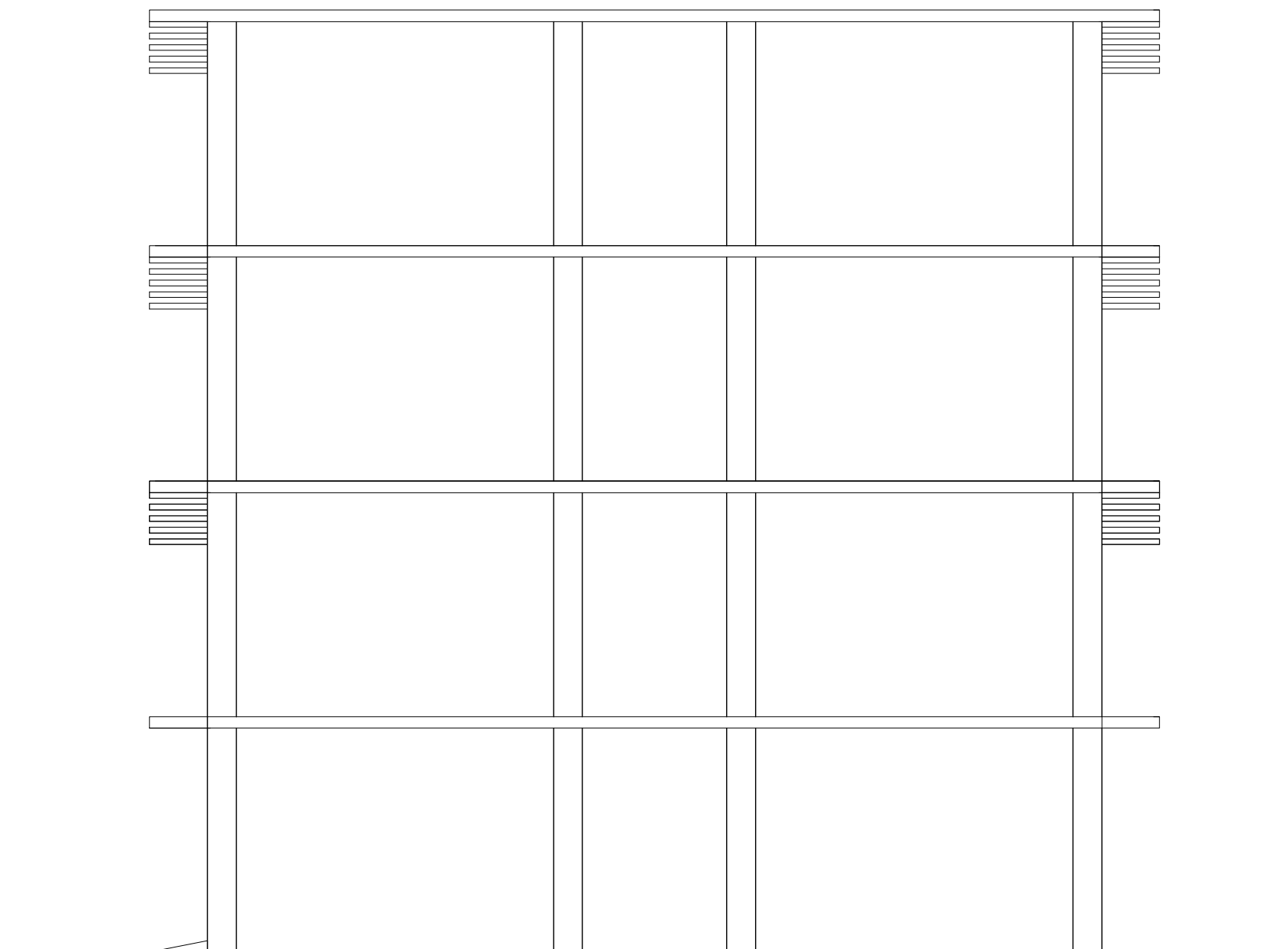
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

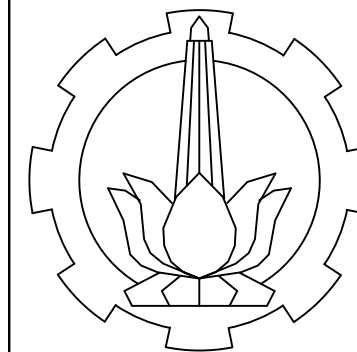
07

37

Approved

Mark





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

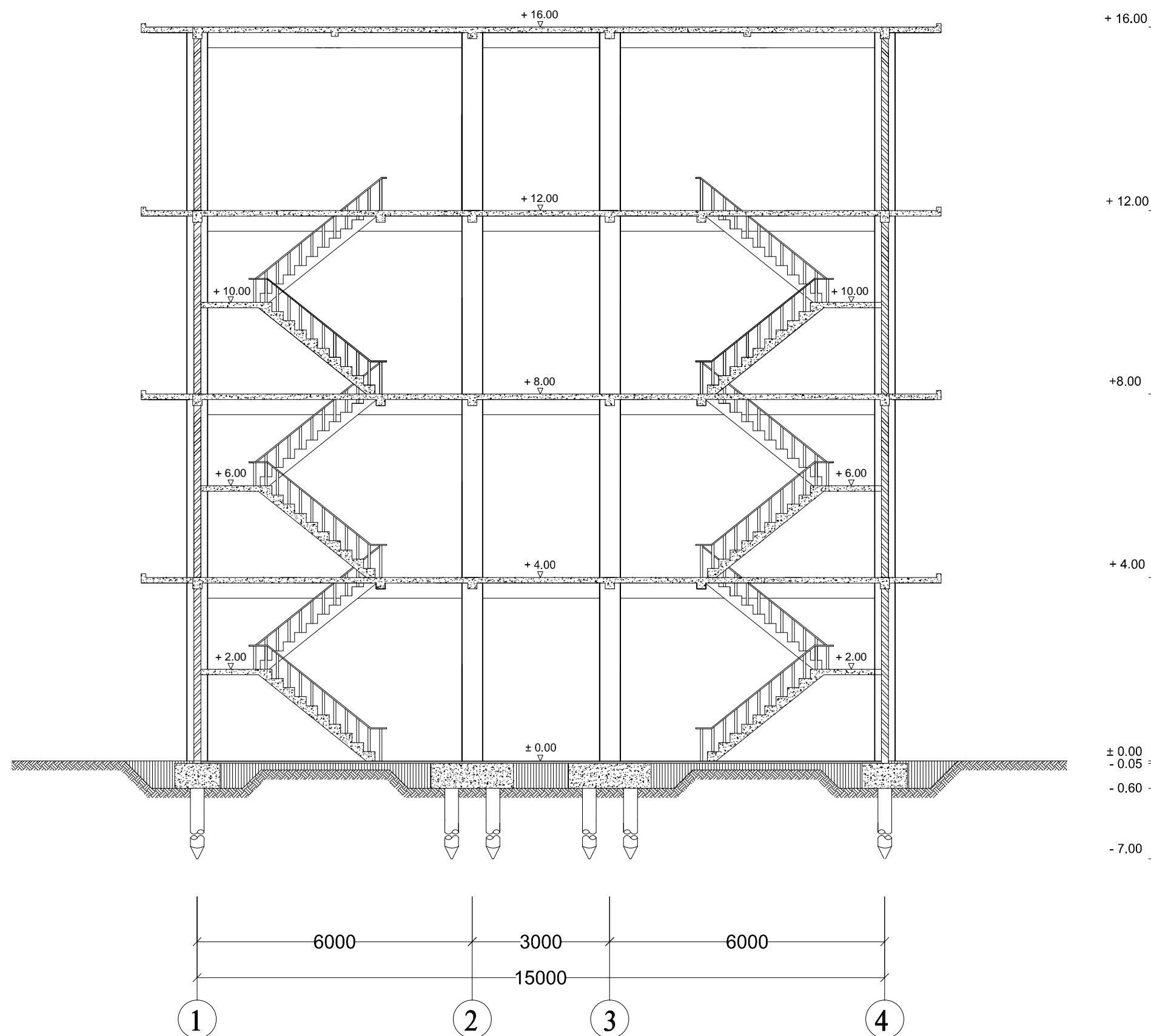
Dafid Purnama Wijaya
 3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

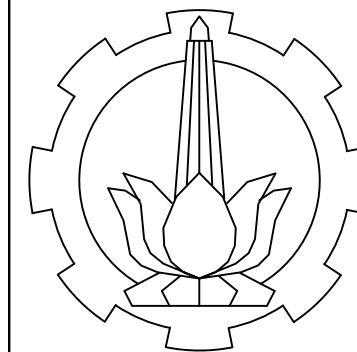
Judul Gambar

Gambar Potongan B-B

Skala	Kode Gambar
1 : 100	ARS
No. Gambar	Jml. Gambar
08	37
Approved	Mark



Gambar Potongan B-B
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Potongan A-A

Skala	Kode Gambar
--------------	--------------------

1 : 100

ARS

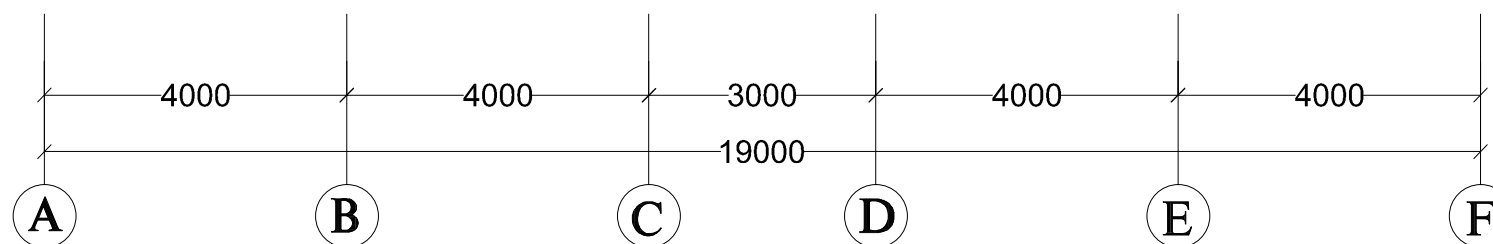
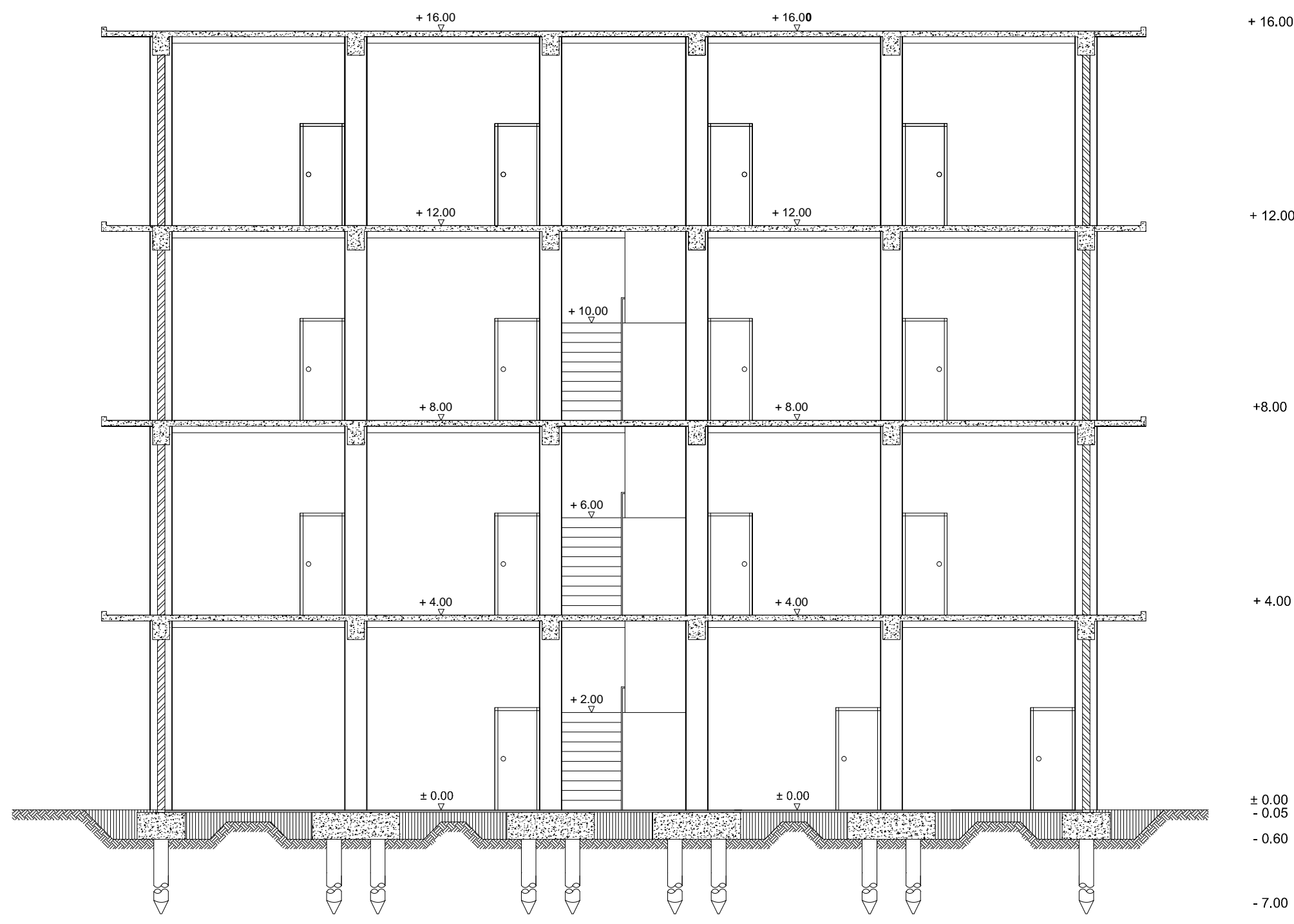
No. Gambar	Jml. Gambar
-------------------	--------------------

09

37

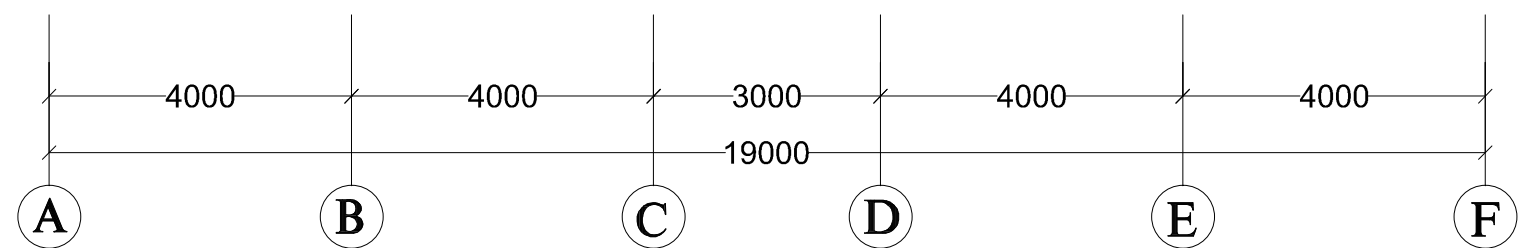
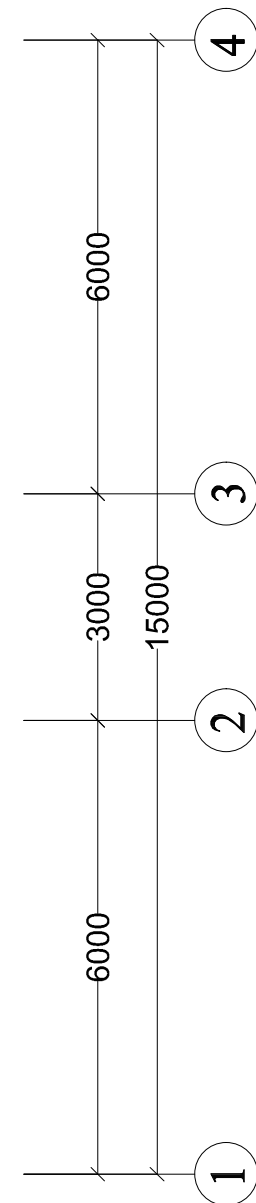
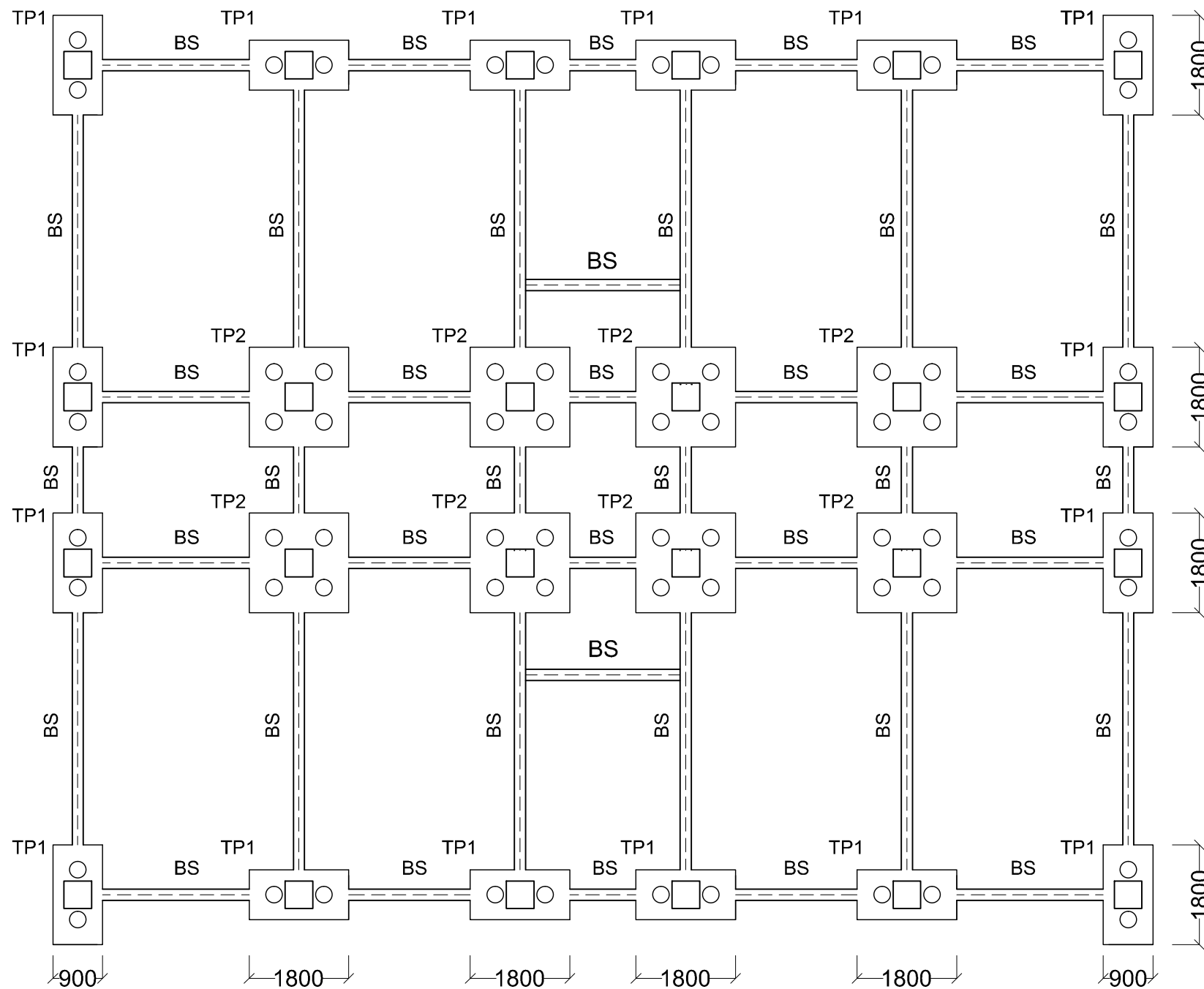
Approved	Mark
-----------------	-------------

Mark

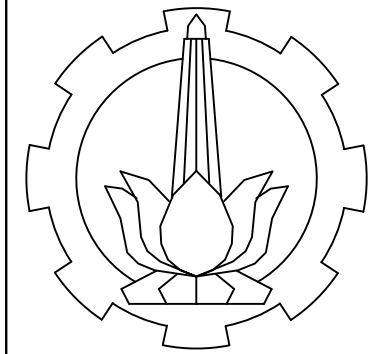


Gambar Potongan A-A
 Skala 1 : 100

No	Type	Dimensi
1	BS	200 x 350
2	TP1	900 x 1800
3	TP2	1800 x 1800



Gambar Denah Pondasi
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

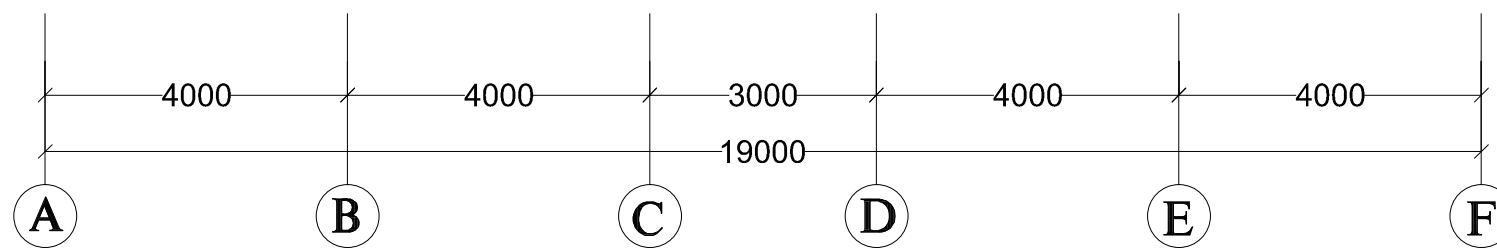
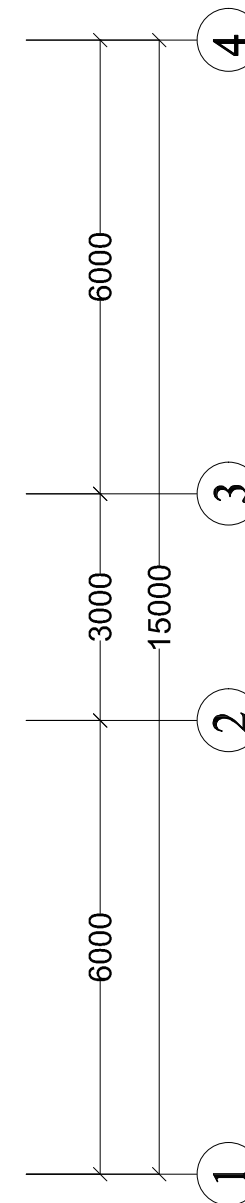
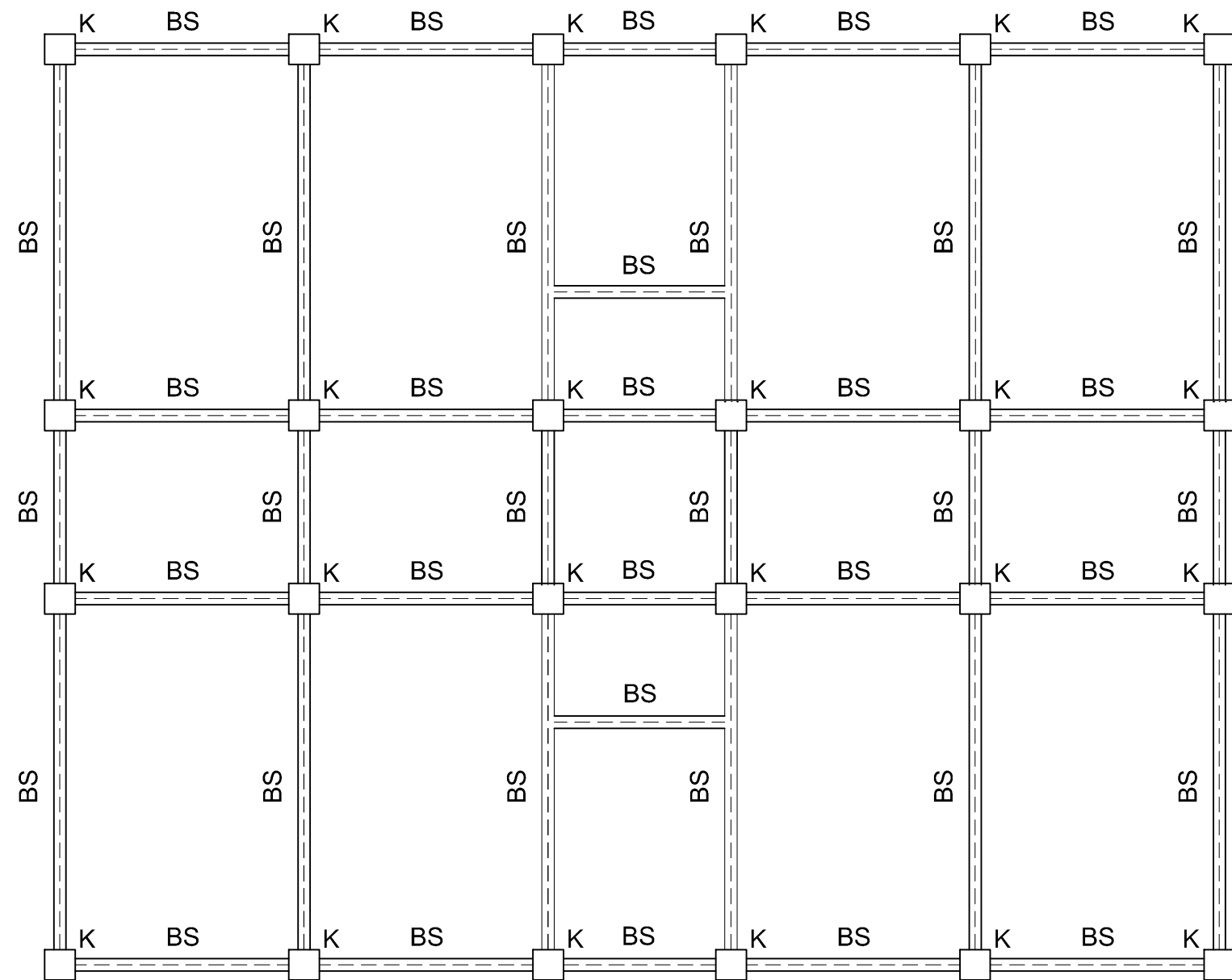
Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

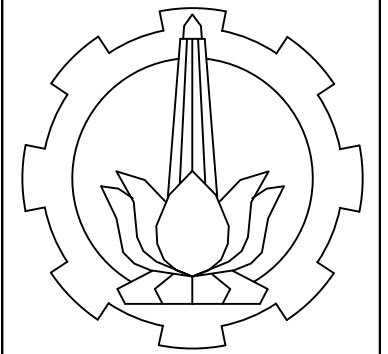
Gambar Denah Pondasi

Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
10	37
Approved	Mark

No	Tipe Balok	Dimensi Balok
1	BS	200 x 350
2	K	500 x 500



Gambar Denah Balok Lt. Dasar
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

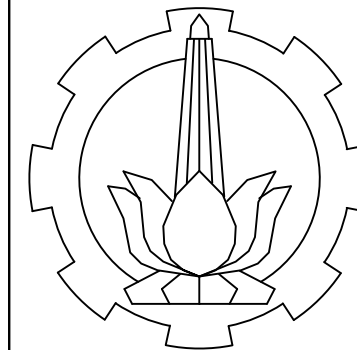
Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

**Gambar Denah Balok
 Lt. Dasar**

Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
11	37
Approved	Mark



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Balok Lt. 1

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

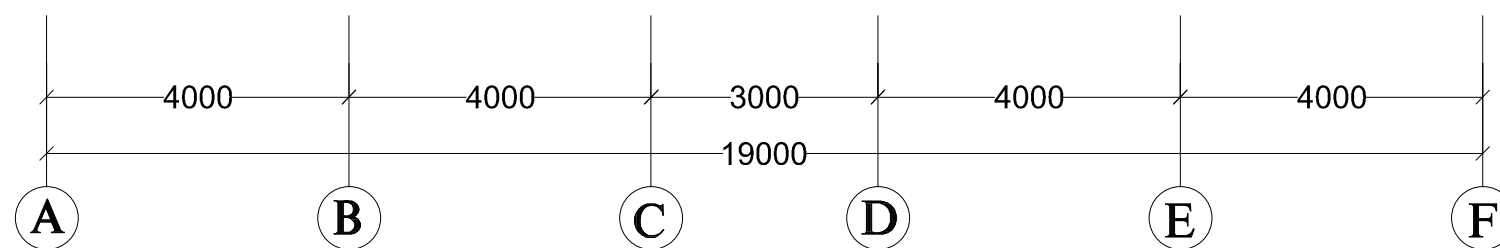
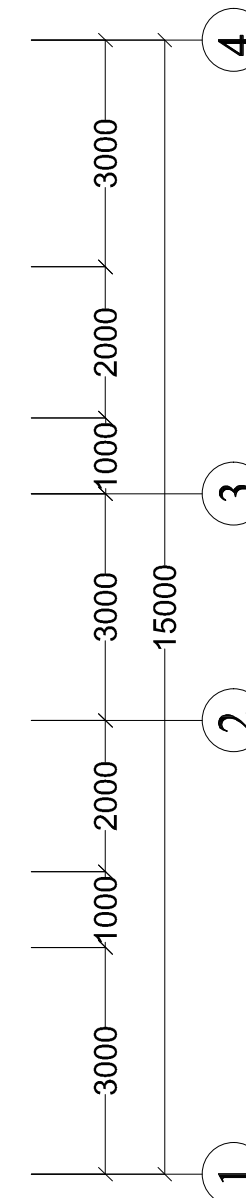
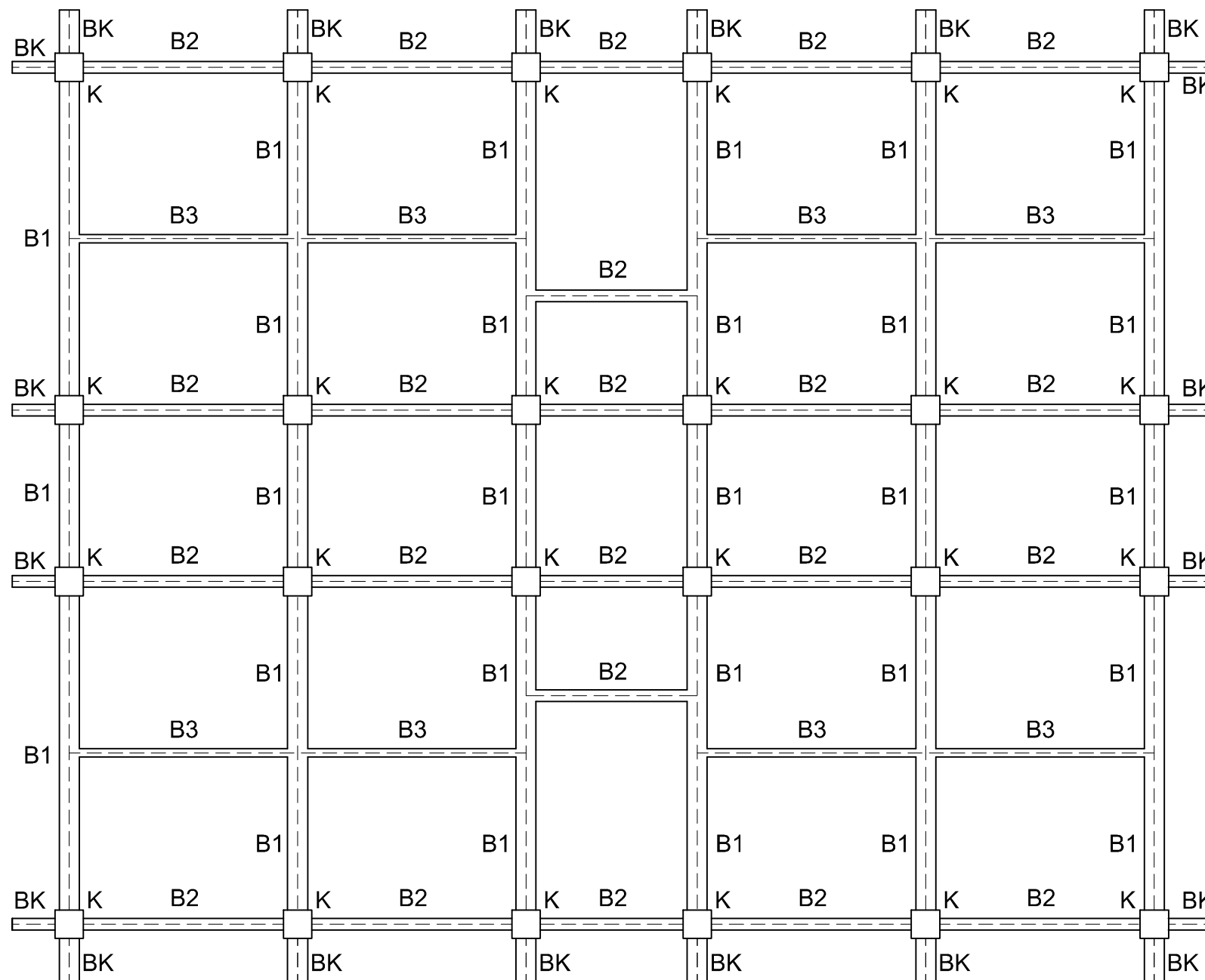
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

12	37
----	----

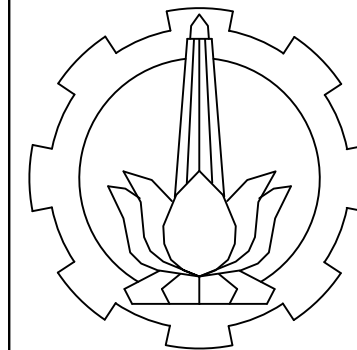
Approved	Mark
----------	------

No	Tipe Balok	Dimensi Balok
1	B1	350 x 450
2	B2	200 x 250
3	B3	150 x 200

No	Tipe Kolom	Dimensi Kolom
1	K	500 x 500



Gambar Denah Balok Lt. 1
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Balok Lt. 2

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100

STR

No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

13

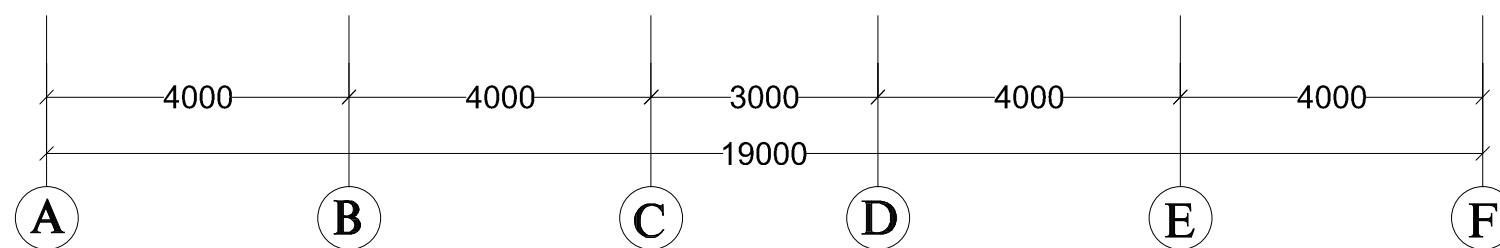
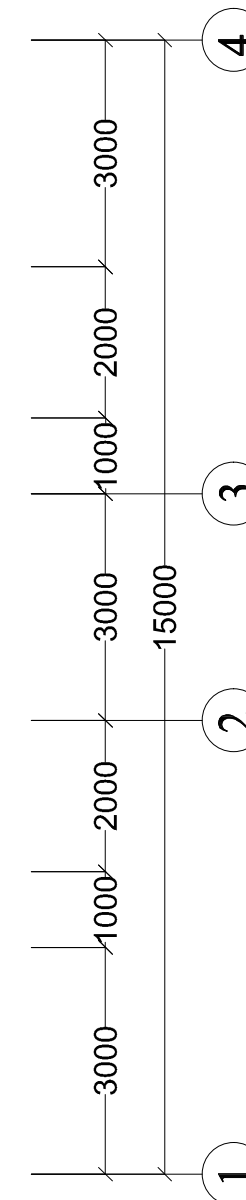
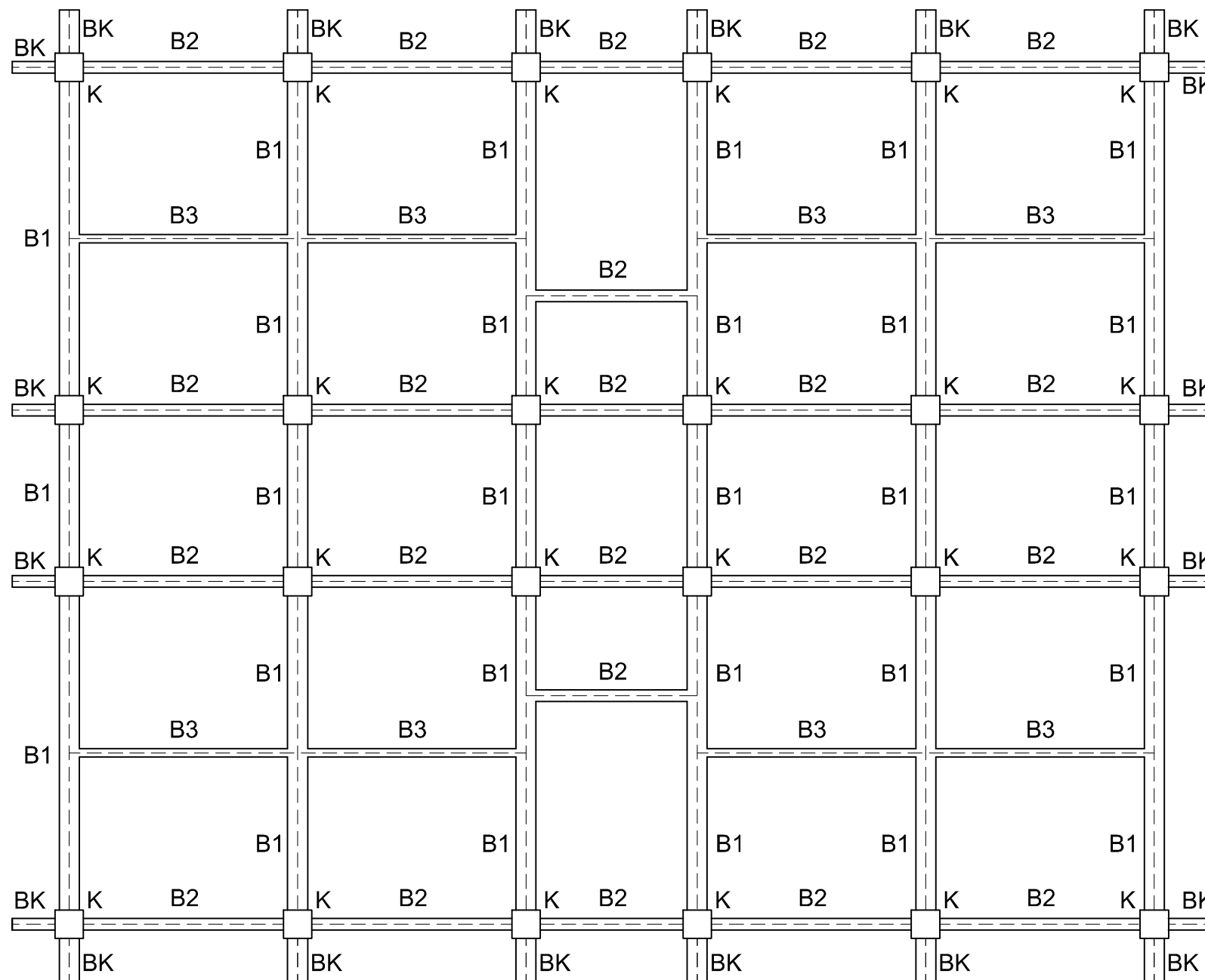
37

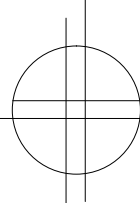
Approved

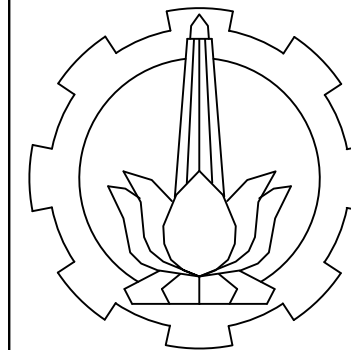
Mark

No	Tipe Balok	Dimensi Balok
1	B1	350 x 450
2	B2	200 x 250
3	B3	150 x 200

No	Tipe Kolom	Dimensi Kolom
1	K	500 x 500



 **Gambar Denah Balok Lt.2**
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Balok Lt. 3

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100

STR

No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

14

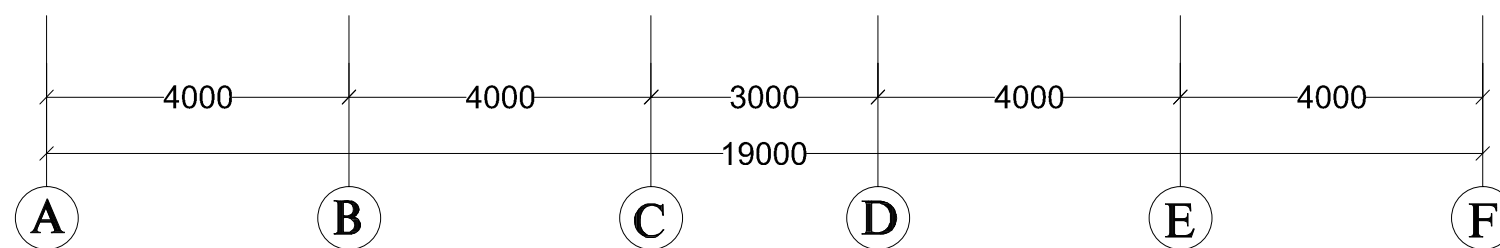
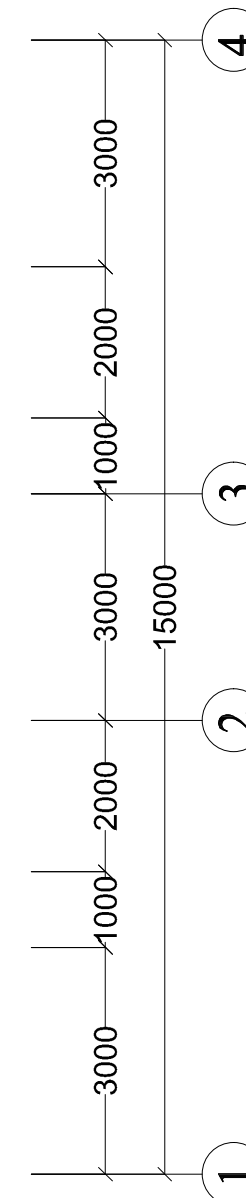
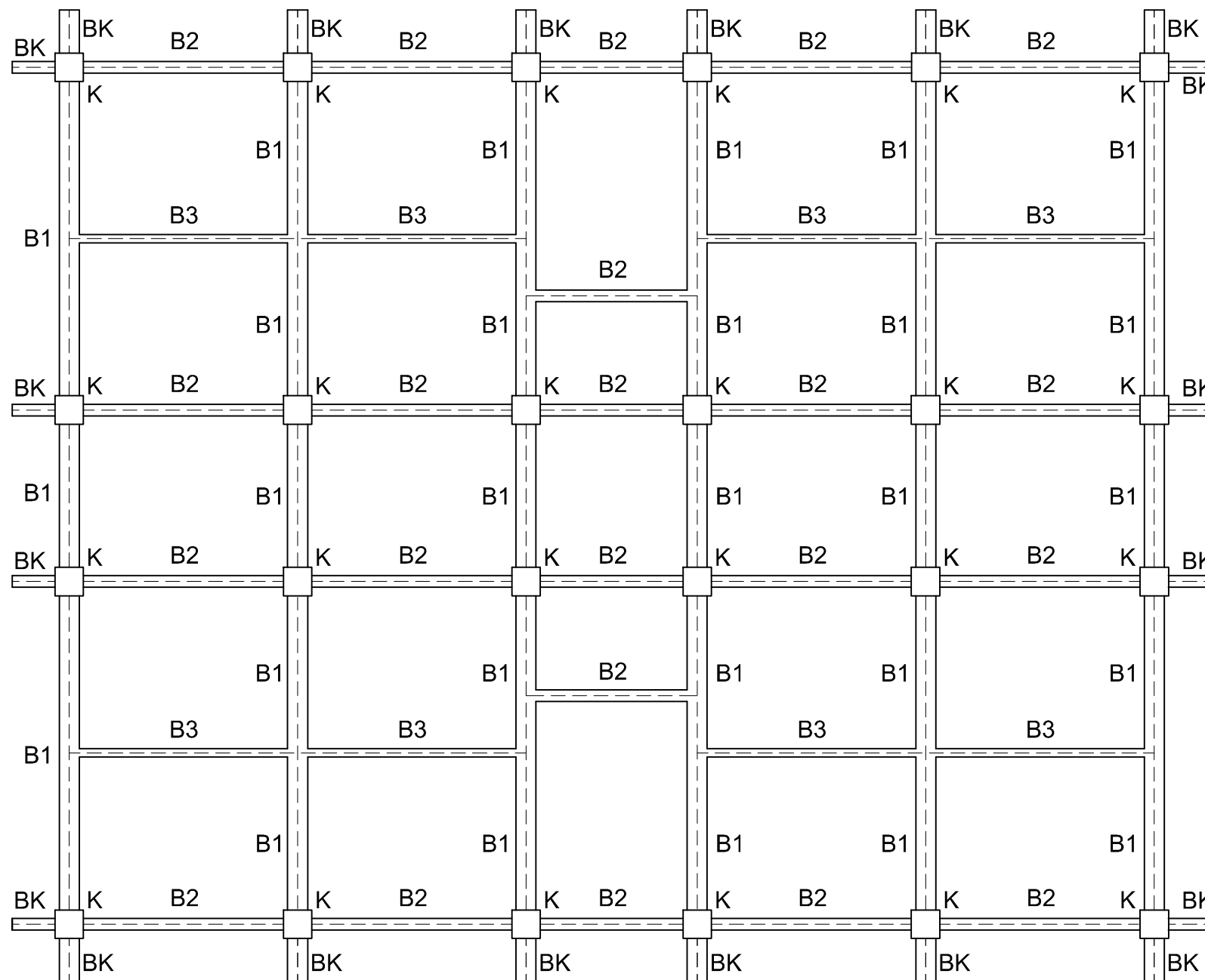
37

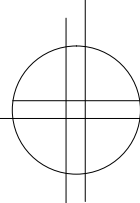
Approved

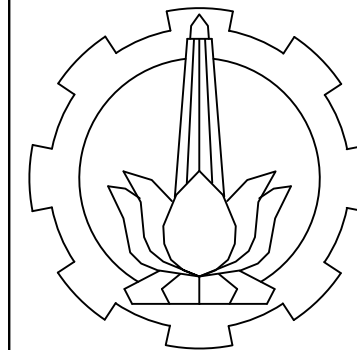
Mark

No	Tipe Balok	Dimensi Balok
1	B1	350 x 450
2	B2	200 x 250
3	B3	150 x 200

No	Tipe Kolom	Dimensi Kolom
1	K	500 x 500



 **Gambar Denah Balok Lt.3**
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Balok Lt. 4

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

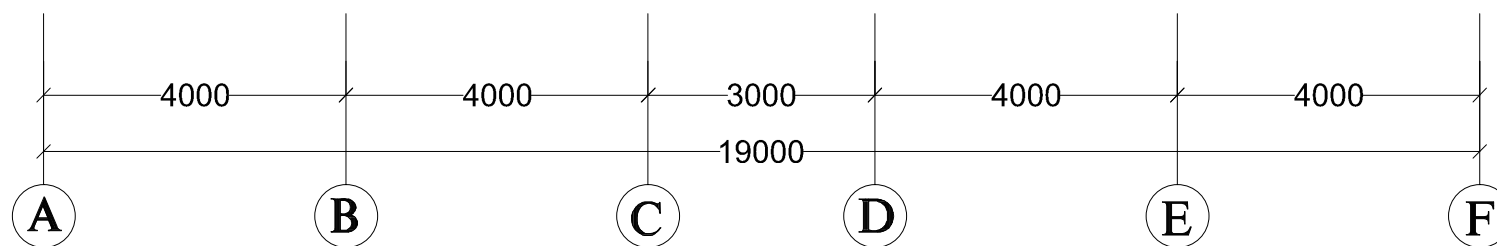
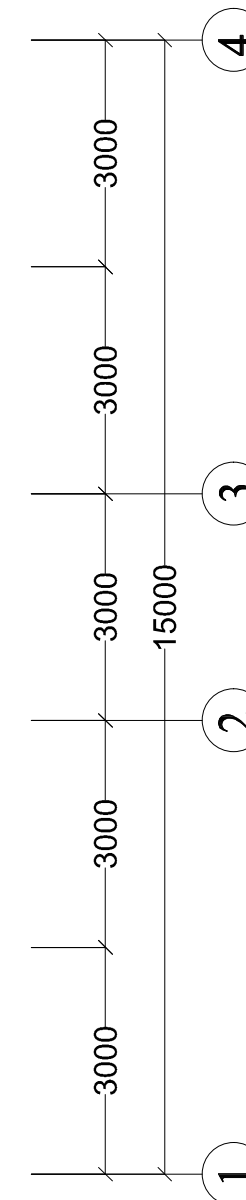
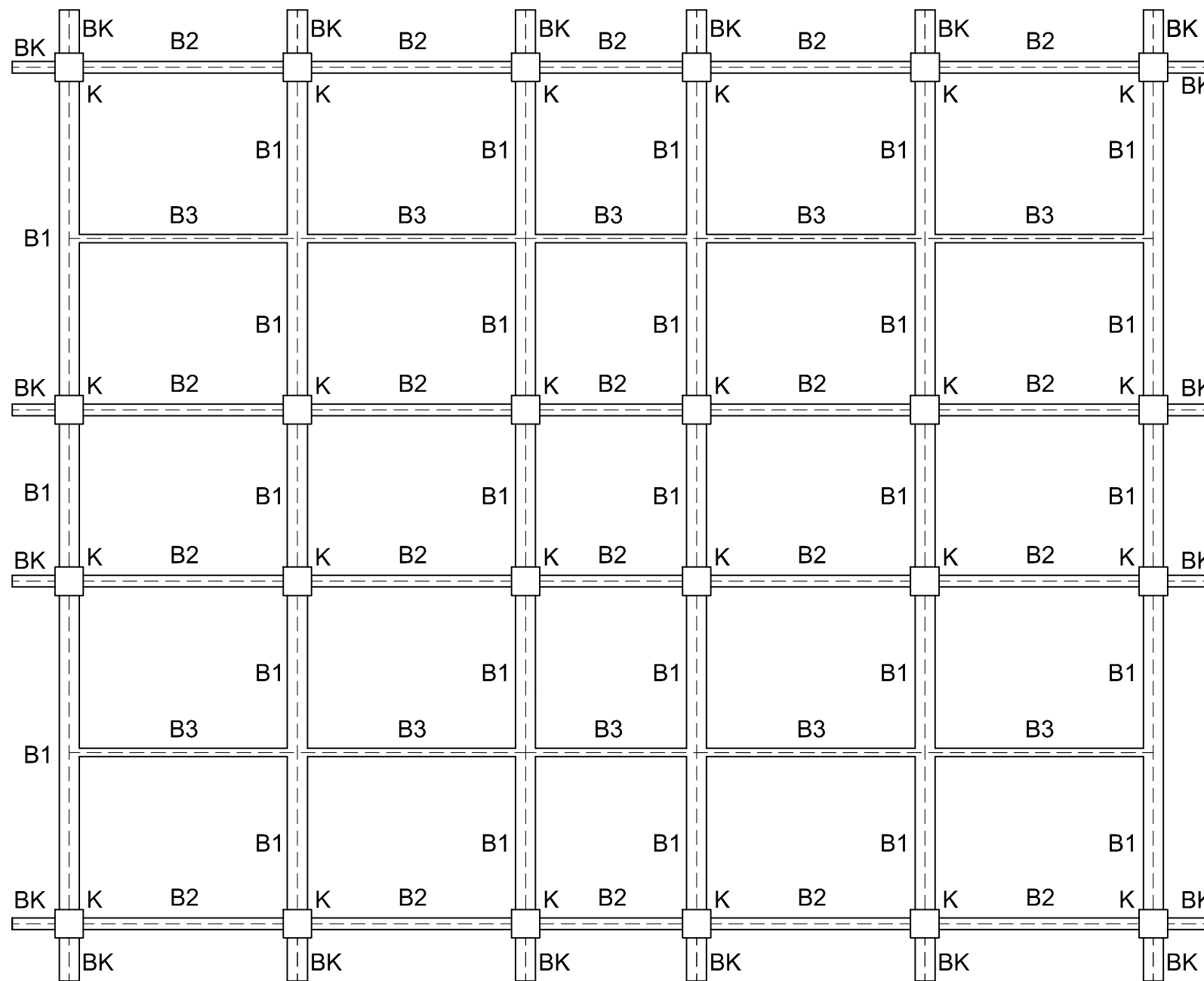
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

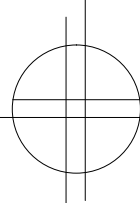
15	37
----	----

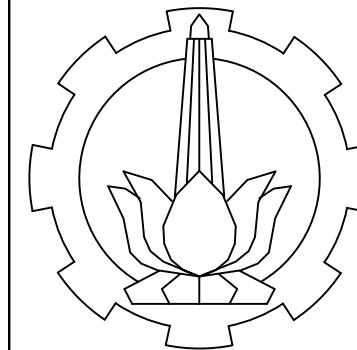
Approved	Mark
----------	------

No	Tipe Balok	Dimensi Balok
1	B1	350 x 450
2	B2	200 x 250
3	B3	150 x 200

No	Tipe Kolom	Dimensi Kolom
1	K	500 x 500



 **Gambar Denah Balok Lt.4**
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Plat Lt. 1

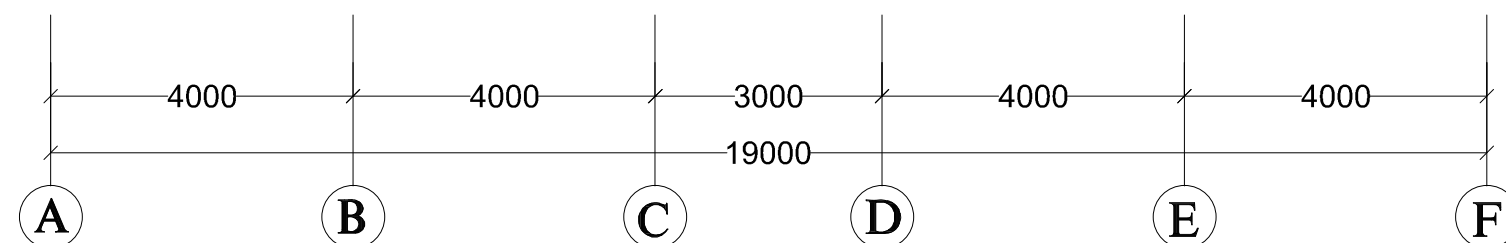
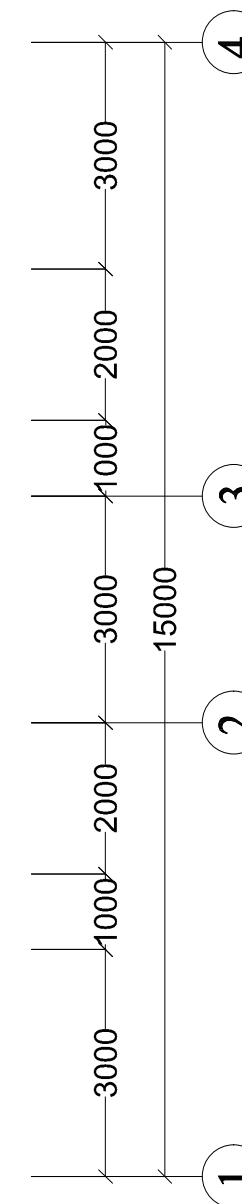
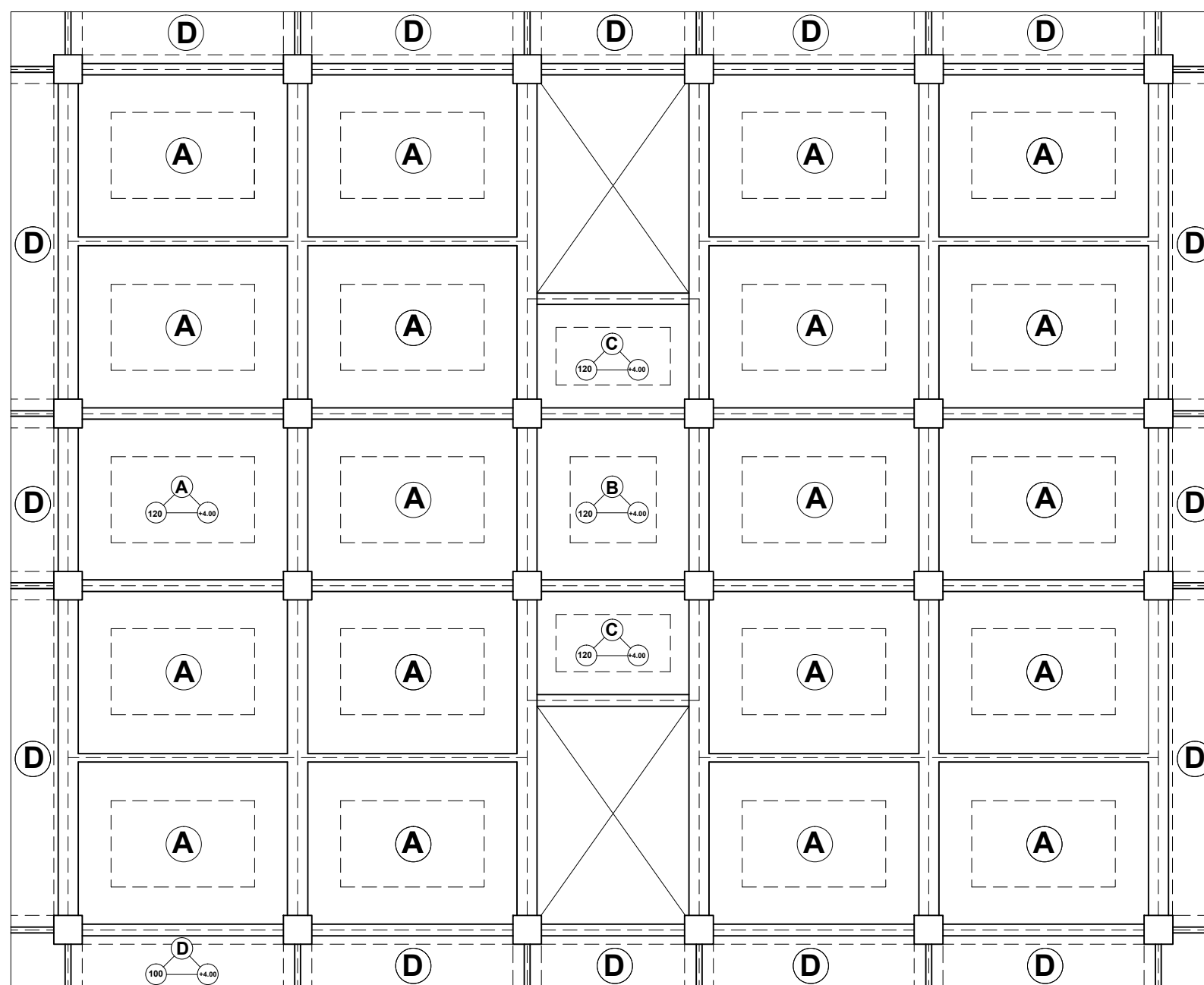
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

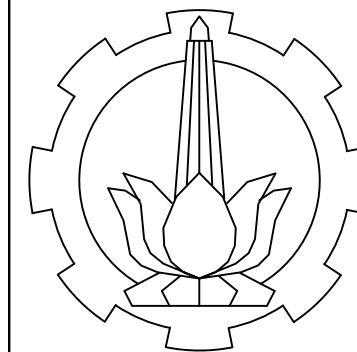
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

16	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Gambar Denah plat Lt. 1
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Plat Lt. 2

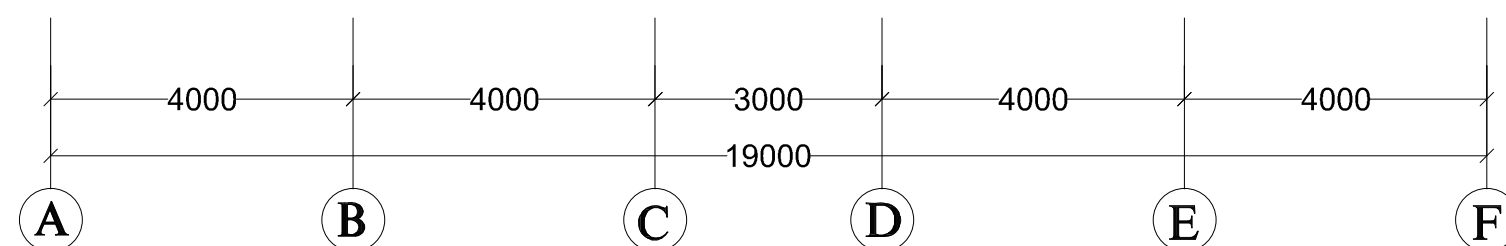
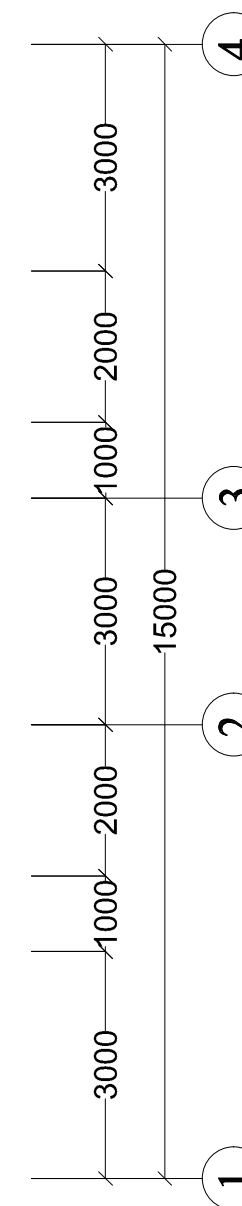
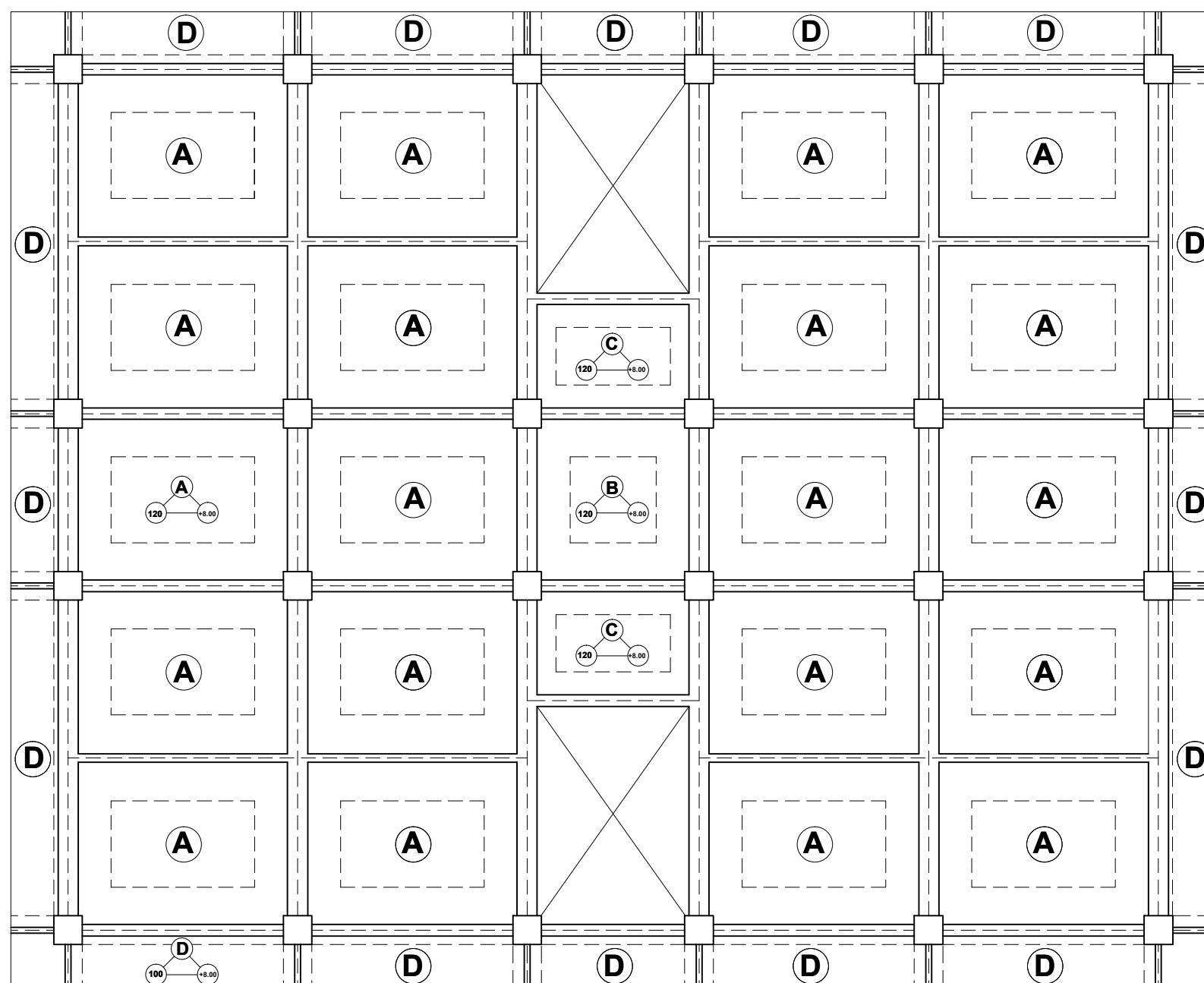
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

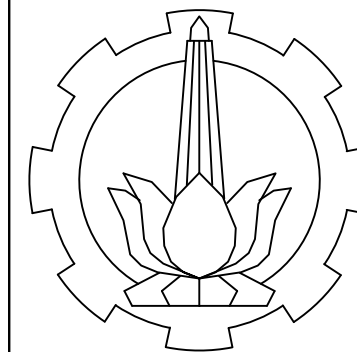
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

17	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Gambar Denah plat Lt. 2
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Plat Lt. 3

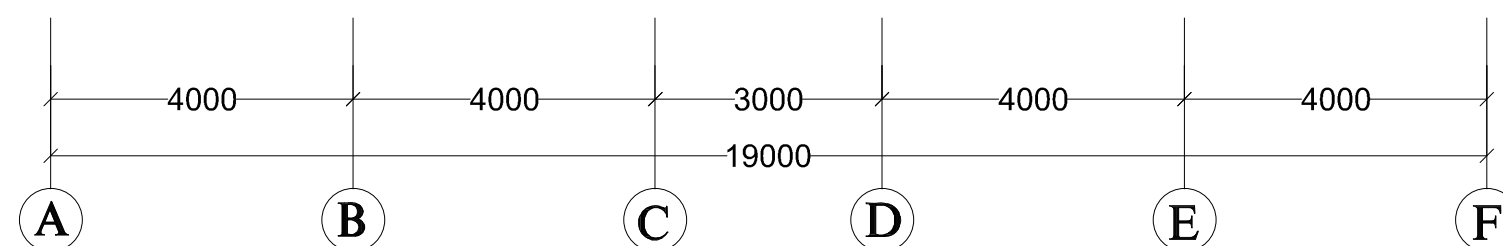
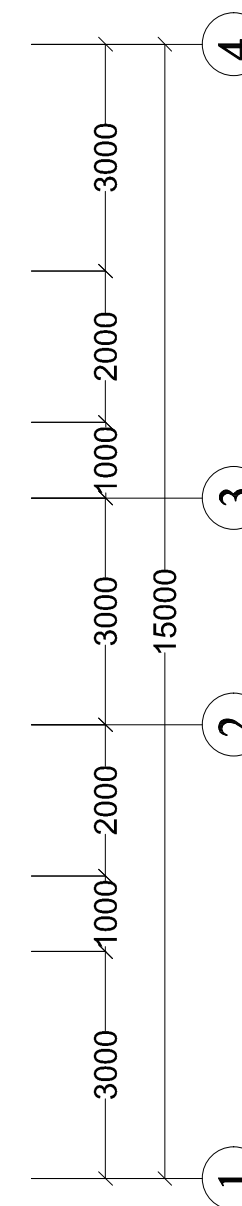
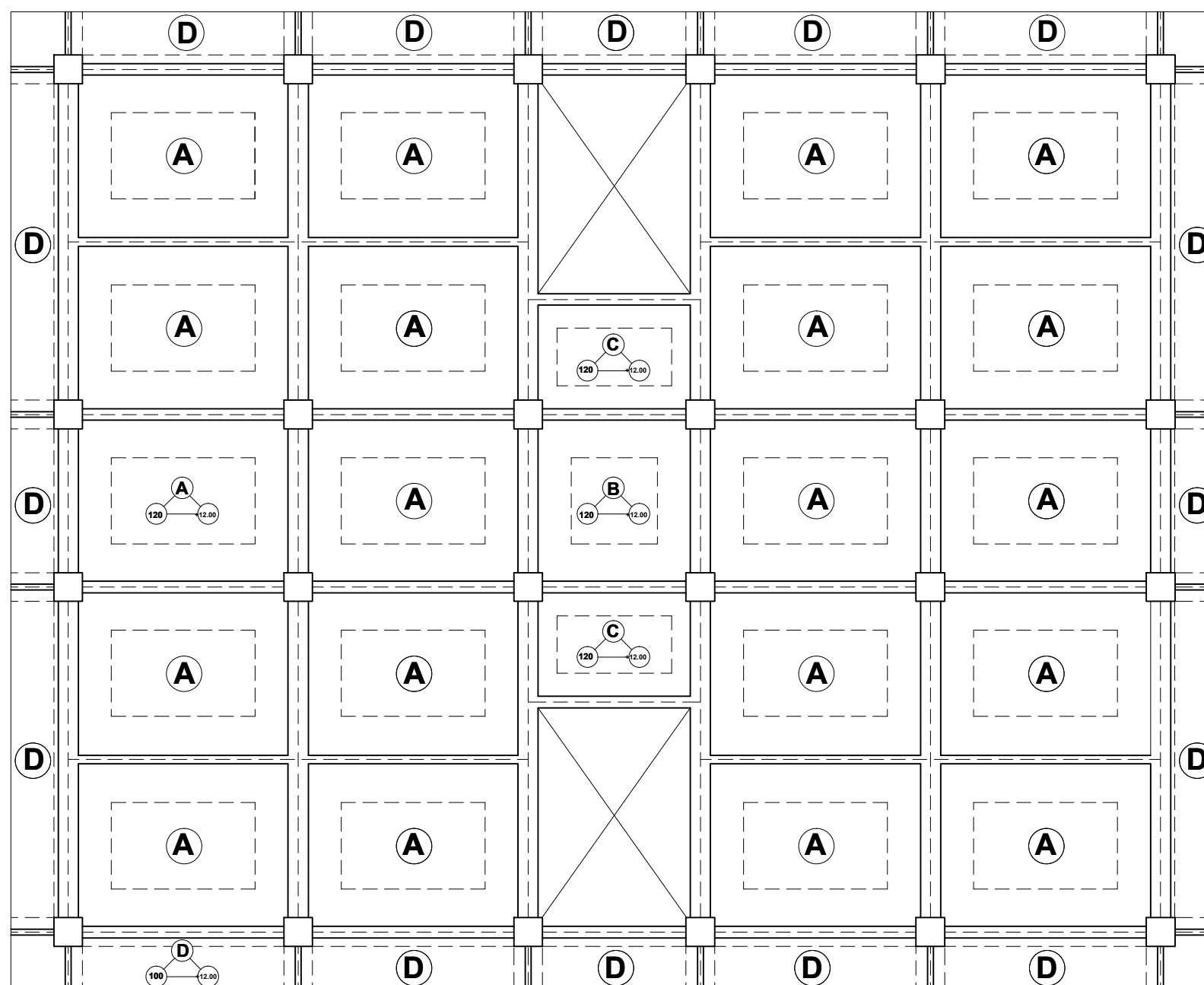
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

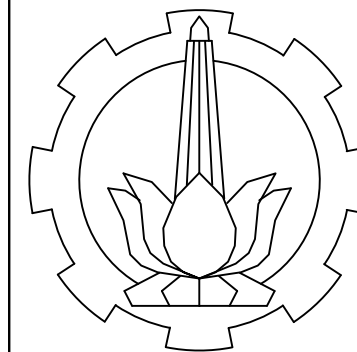
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

18	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Gambar Denah plat Lt. 3
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Plat Lt. 4

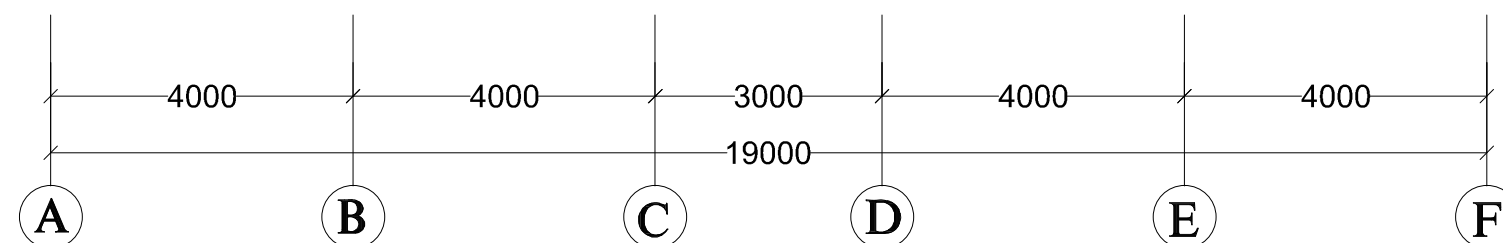
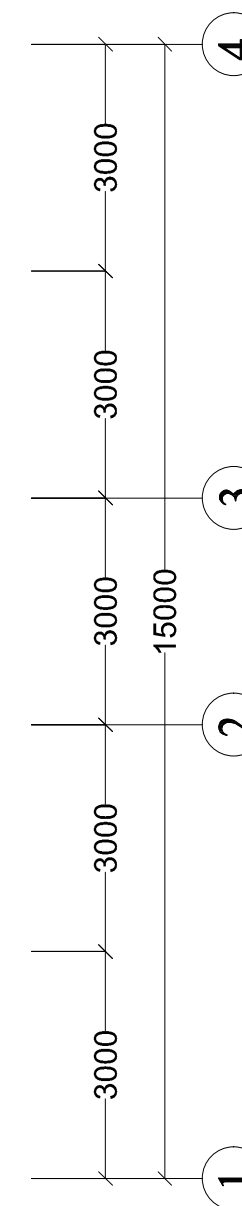
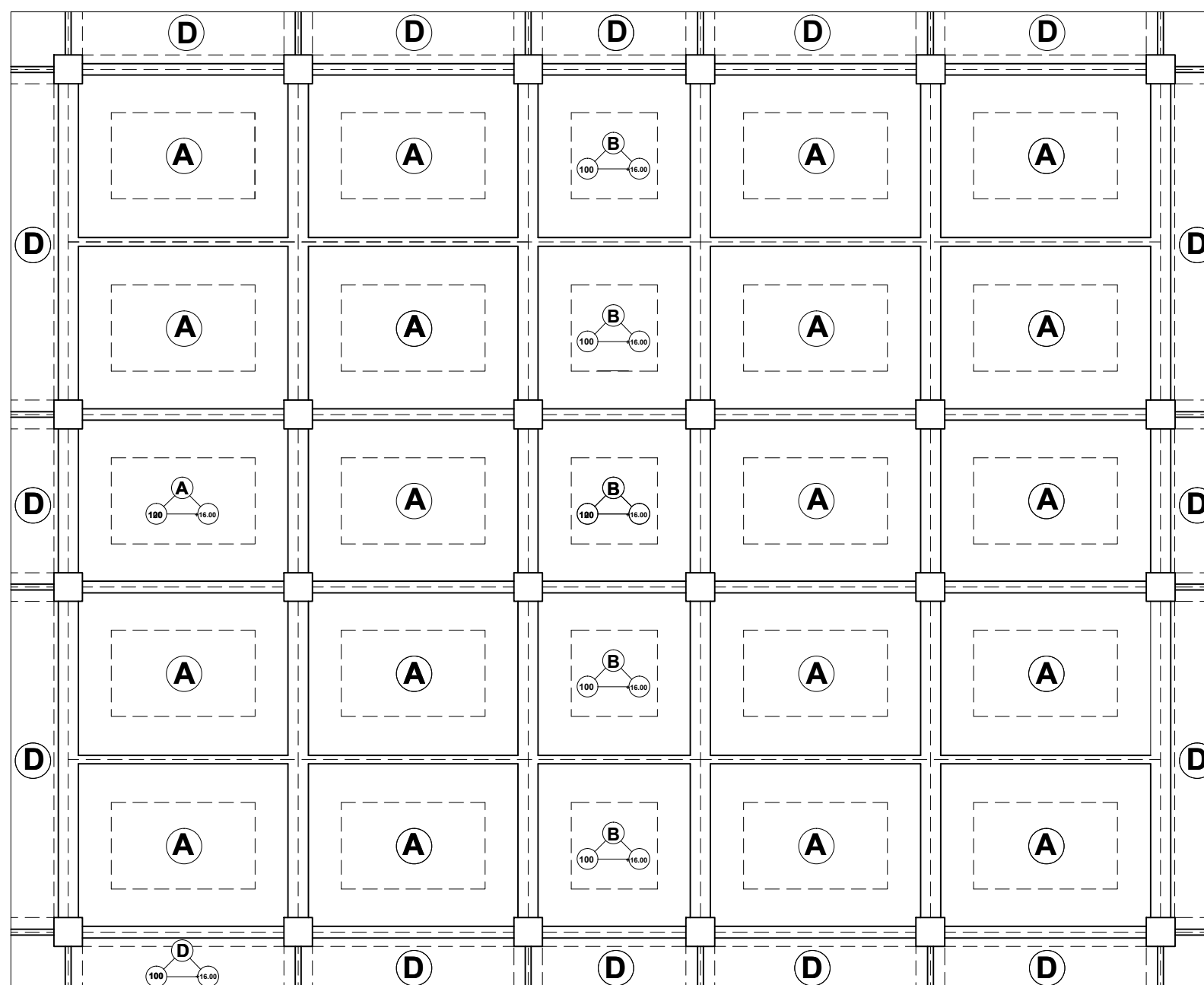
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

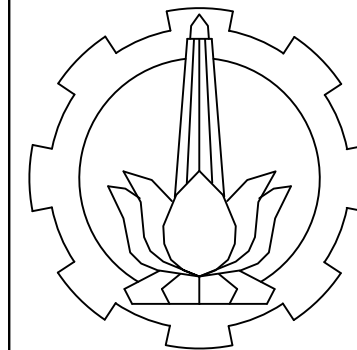
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

19	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Gambar Denah plat Lt. 4
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

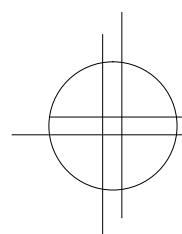
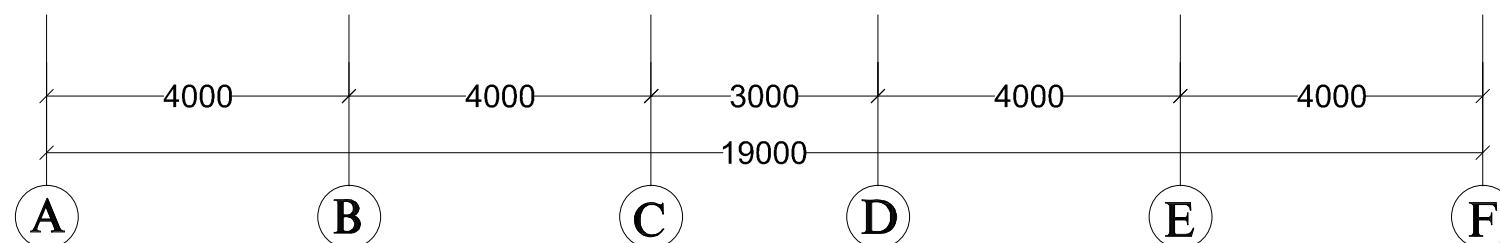
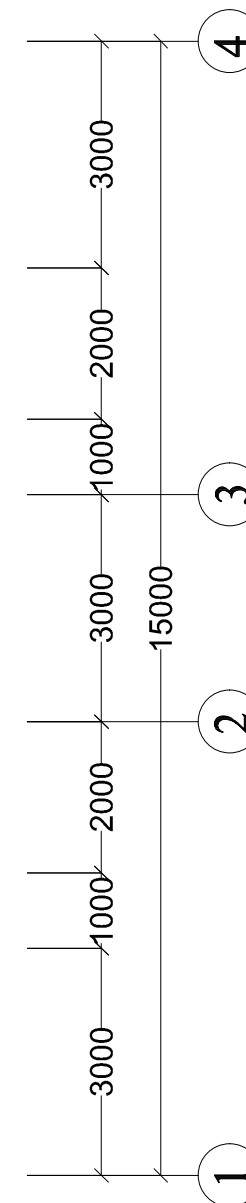
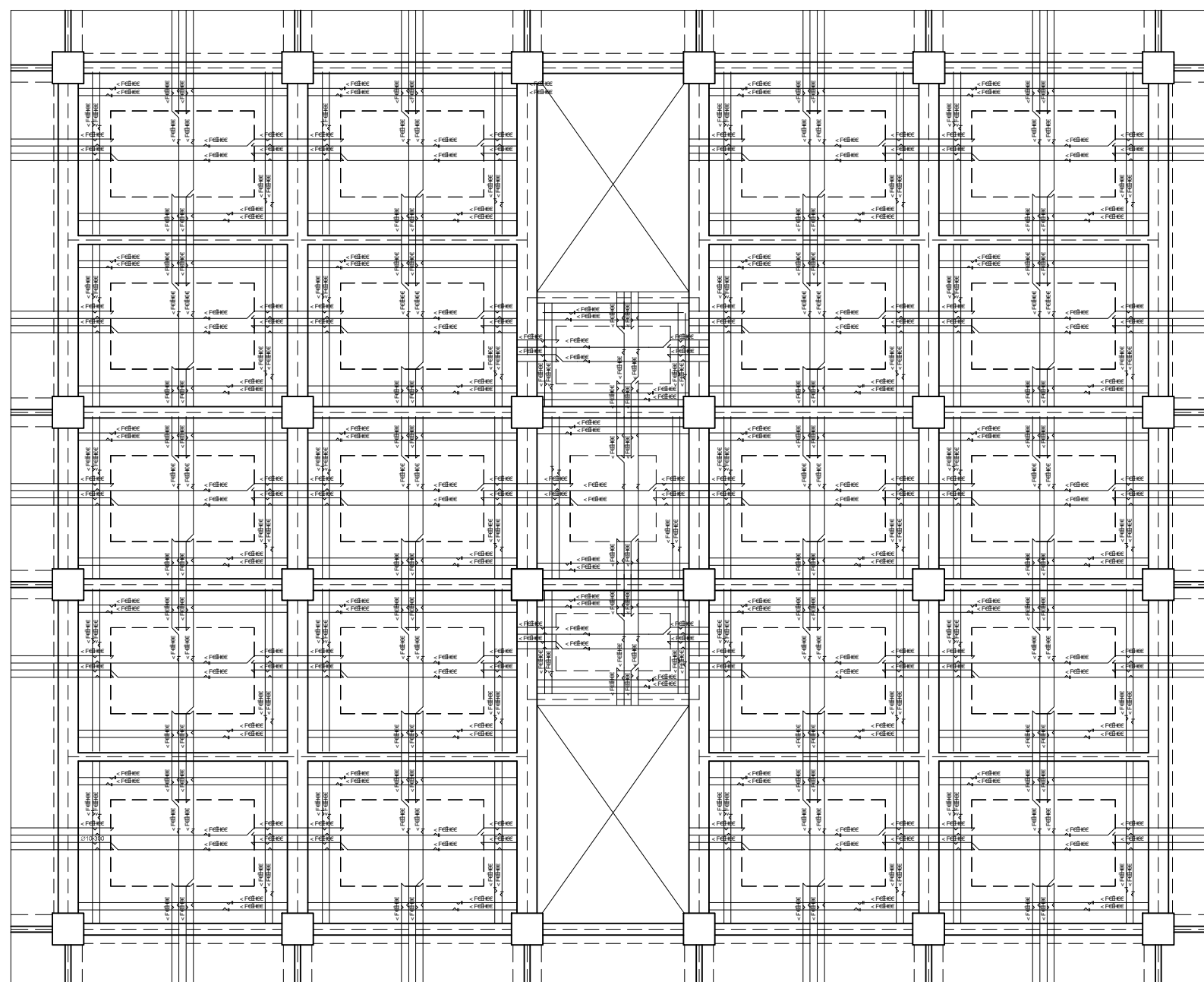
Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

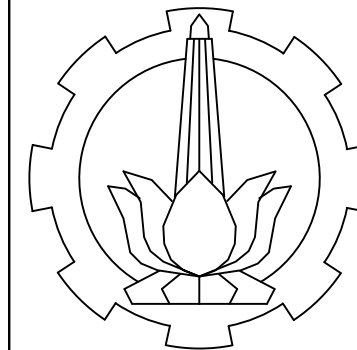
Gambar Penulangan Pelat Lt. 1

Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
20	37
Approved	Mark



Denah Penulangan Pelat Lt.1

Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Penulangan Pelat Lt. 2

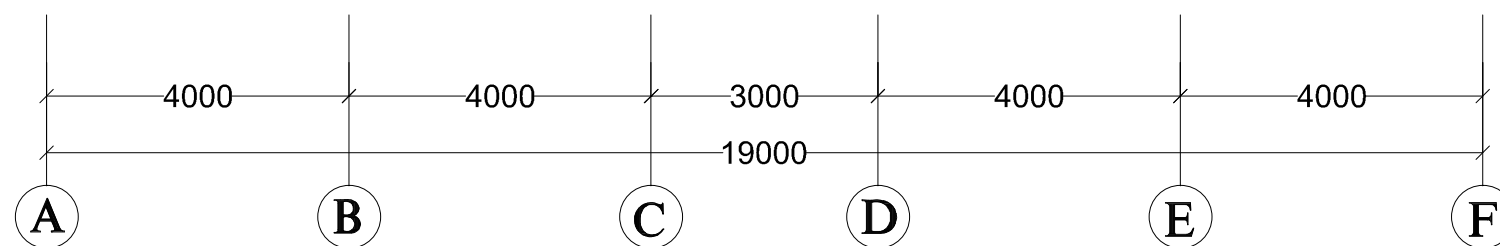
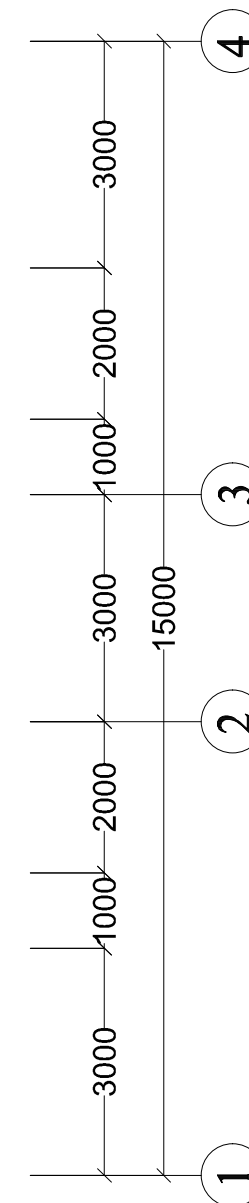
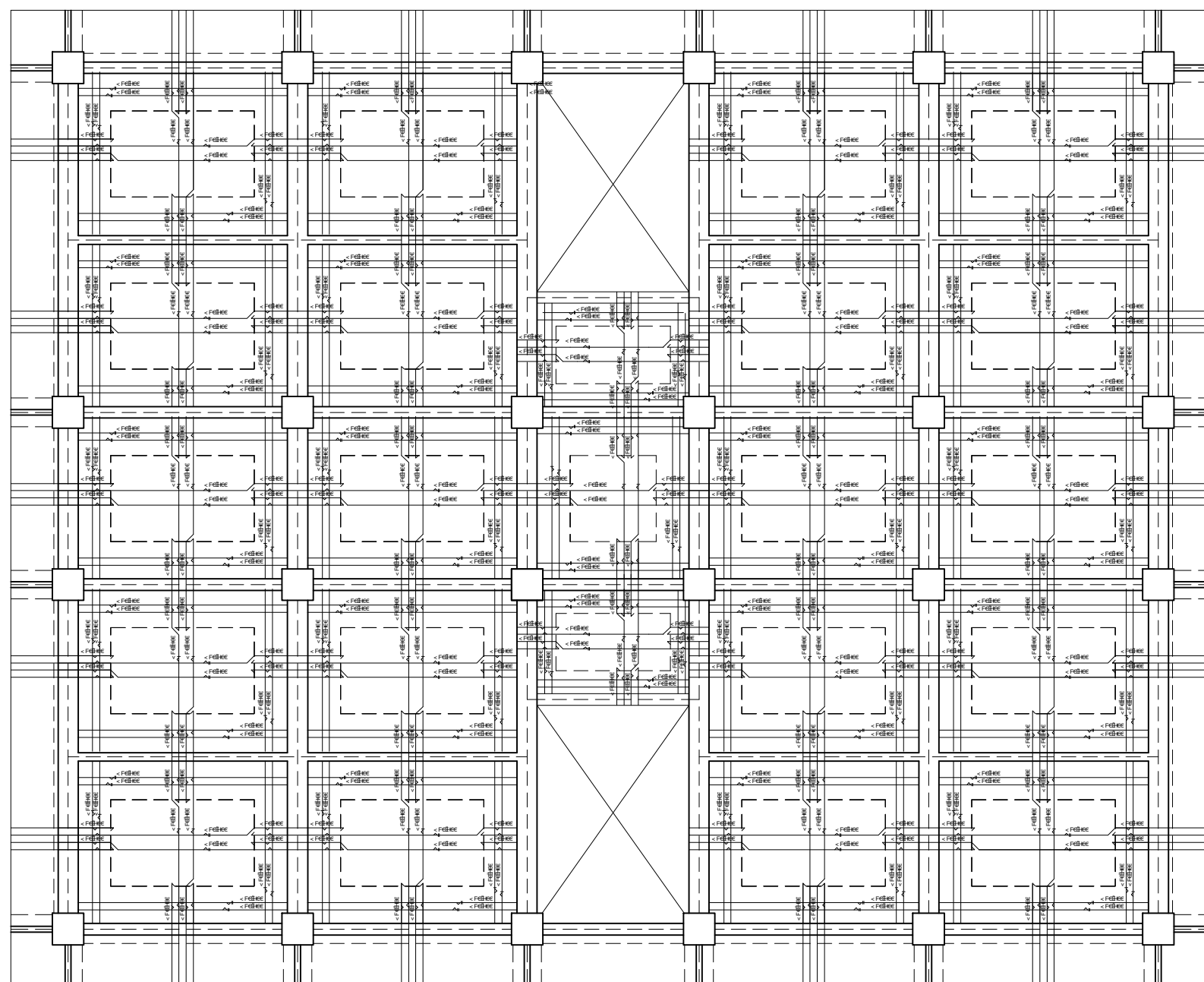
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

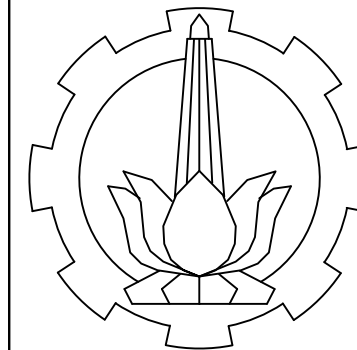
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

21	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Denah Penulangan Pelat Lt.2
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

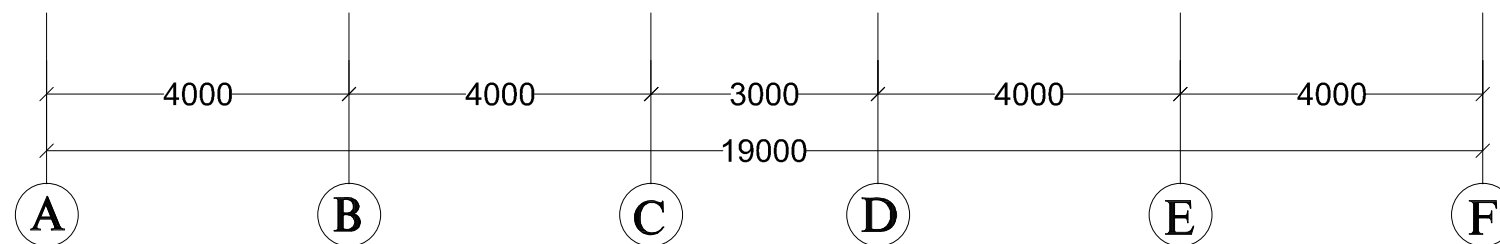
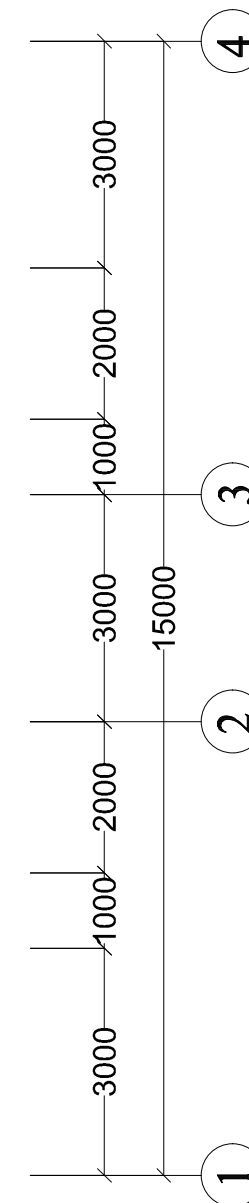
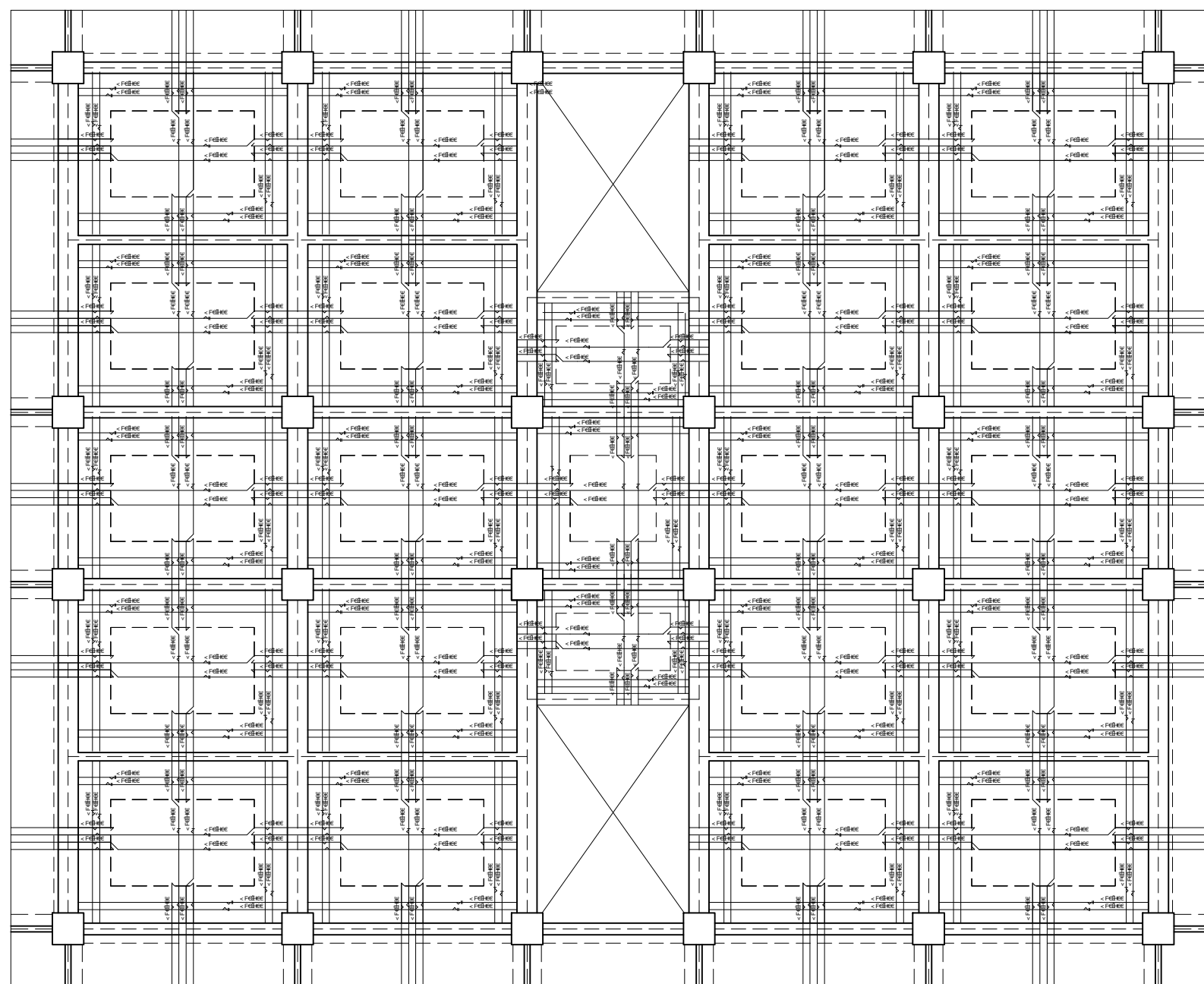
Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

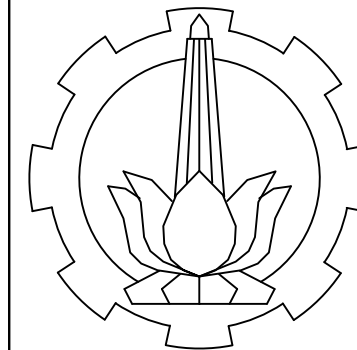
Judul Gambar

**Gambar Penulangan
 Pelat Lt. 3**

Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
22	37
Approved	Mark



Denah Penulangan Pelat Lt.3
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Penulangan Pelat Lt. 4

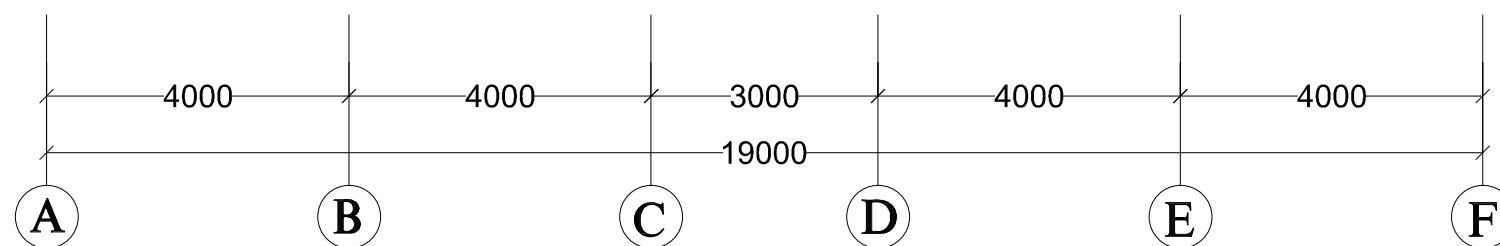
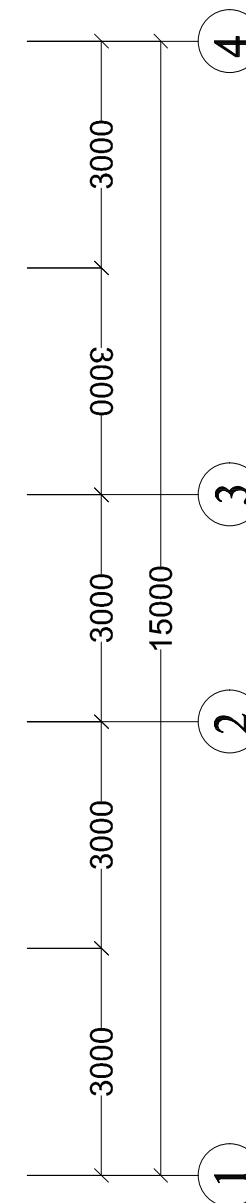
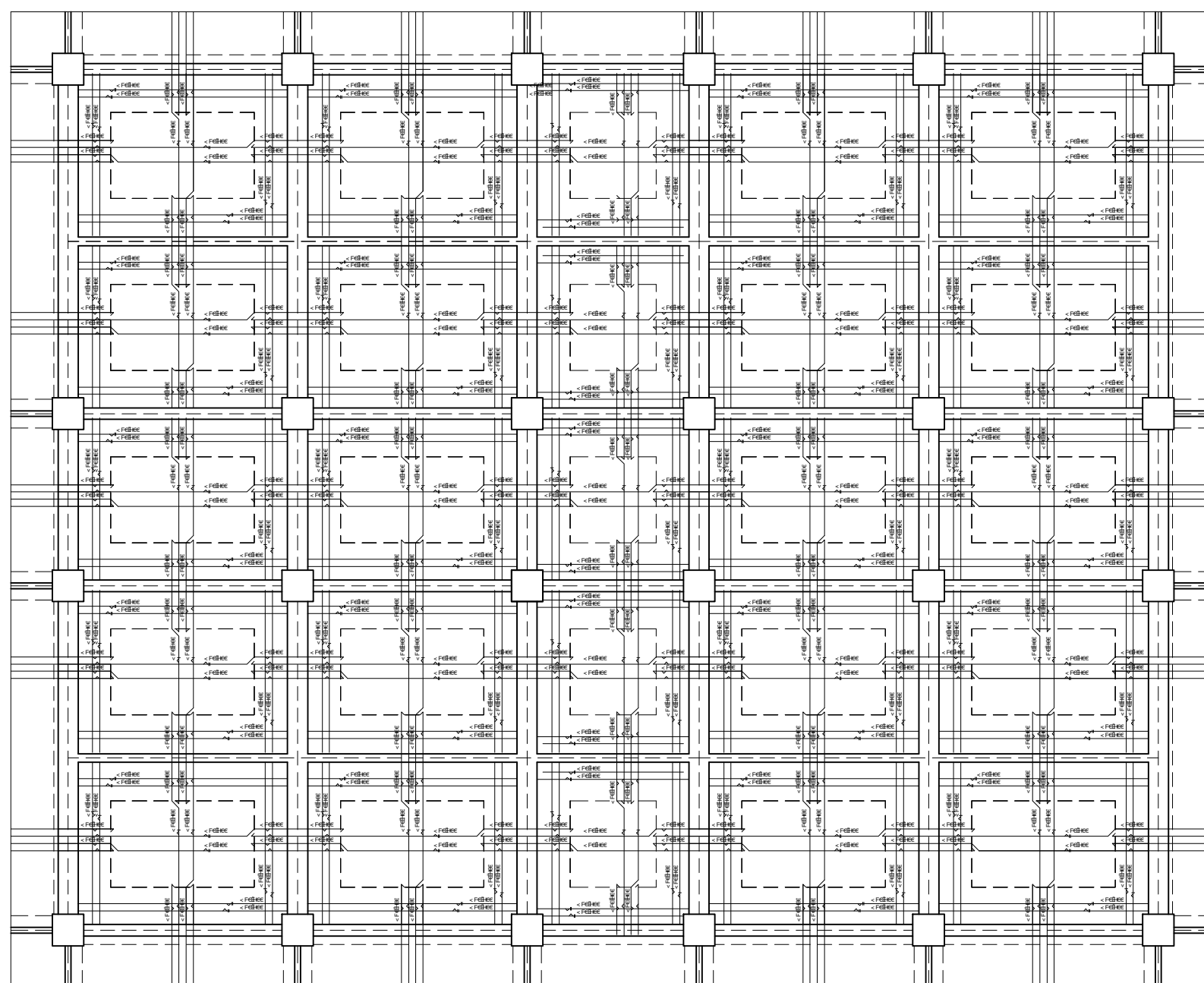
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

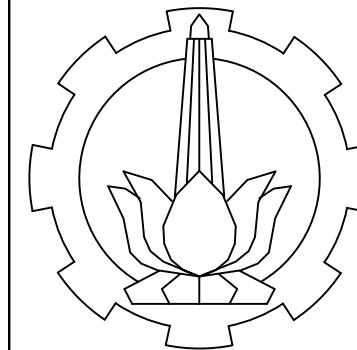
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

23	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Denah Penulangan Pelat Lt.4
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Penulangan Plat Tipe A

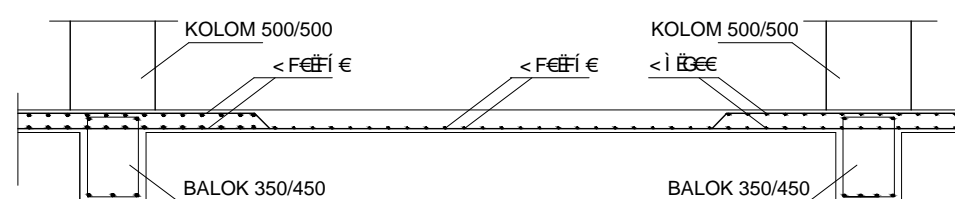
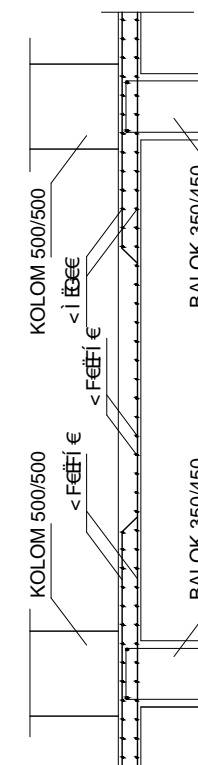
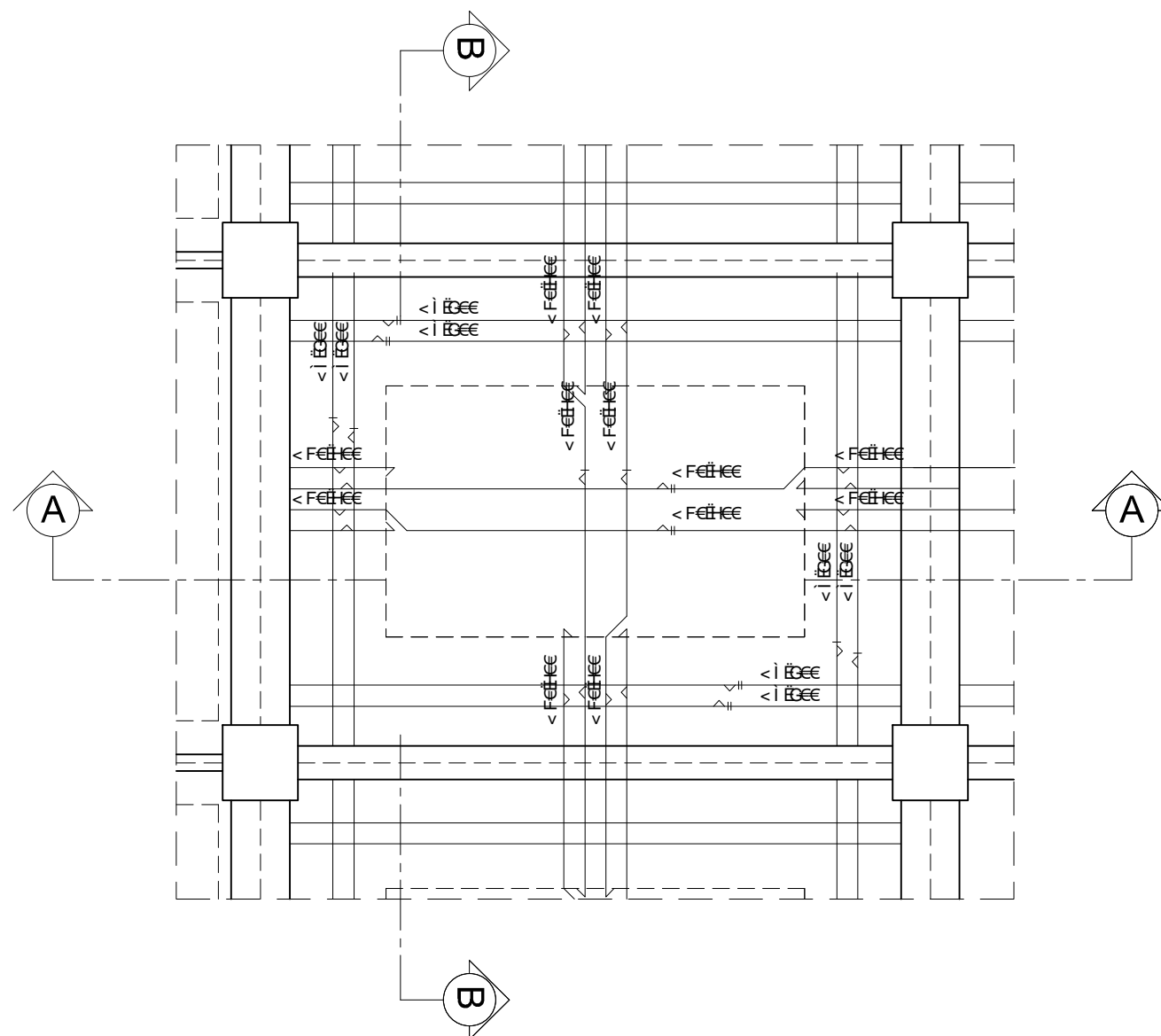
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 40	STR
--------	-----

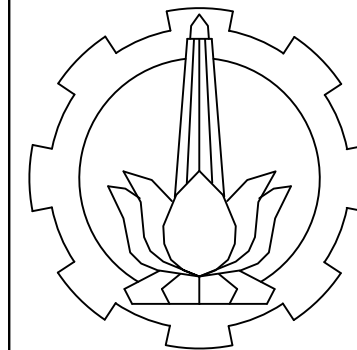
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

24	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Detail Penulangan Plat Tipe A
 Skala 1 : 40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Penulangan Plat Tipe B

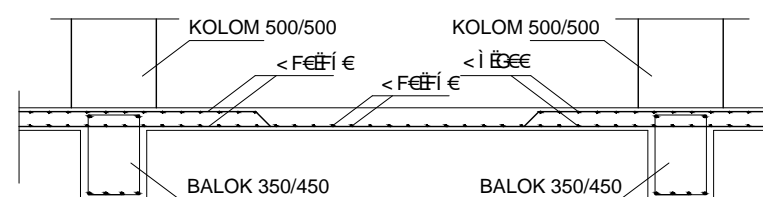
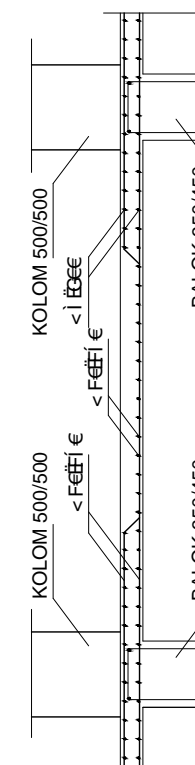
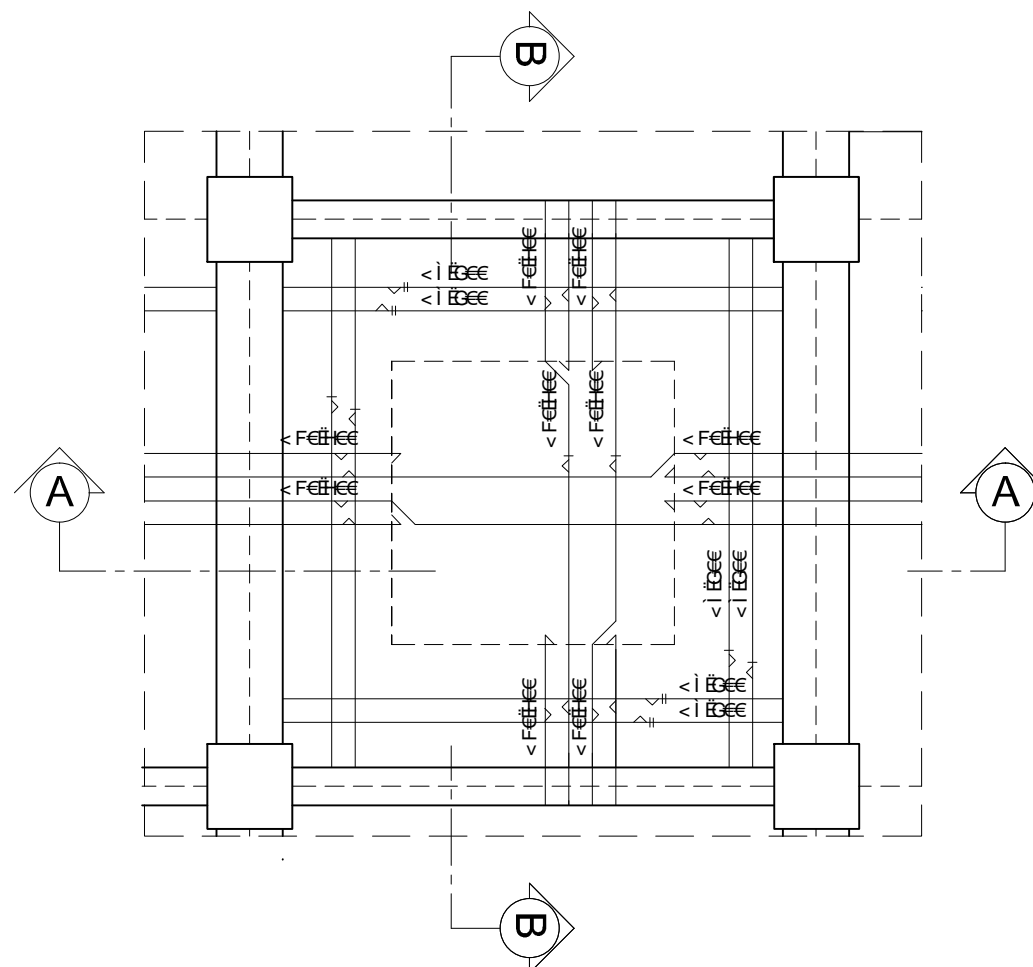
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

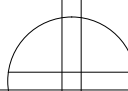
1 : 40	STR
--------	-----

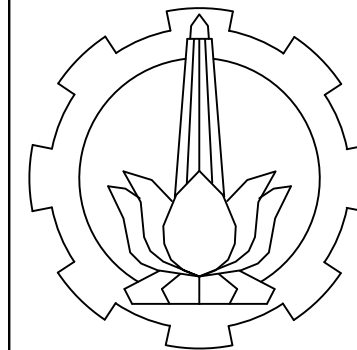
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

25	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



 **Detail Penulangan Plat Tipe B**
 Skala 1 : 40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

**Detail Pondasi Tiang
 Pancang Tipe 1 SRPMM**

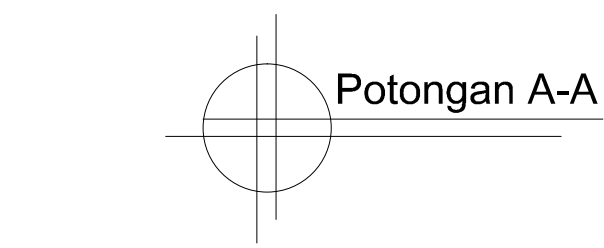
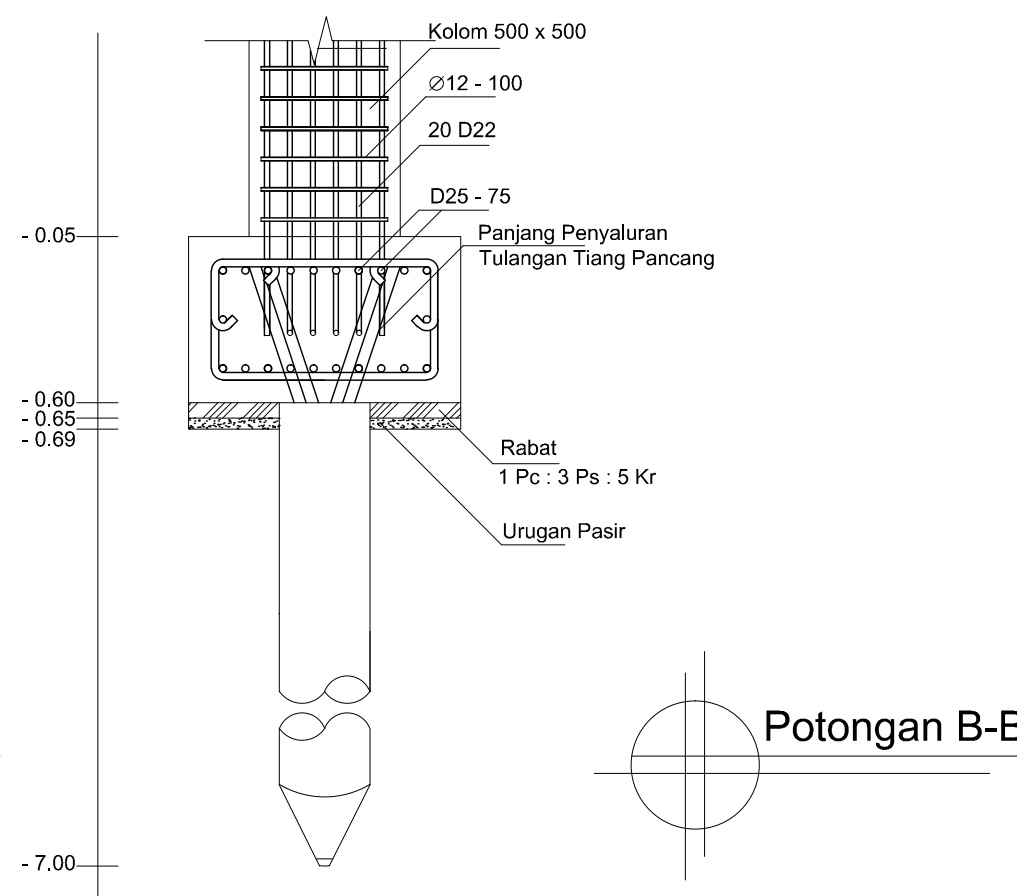
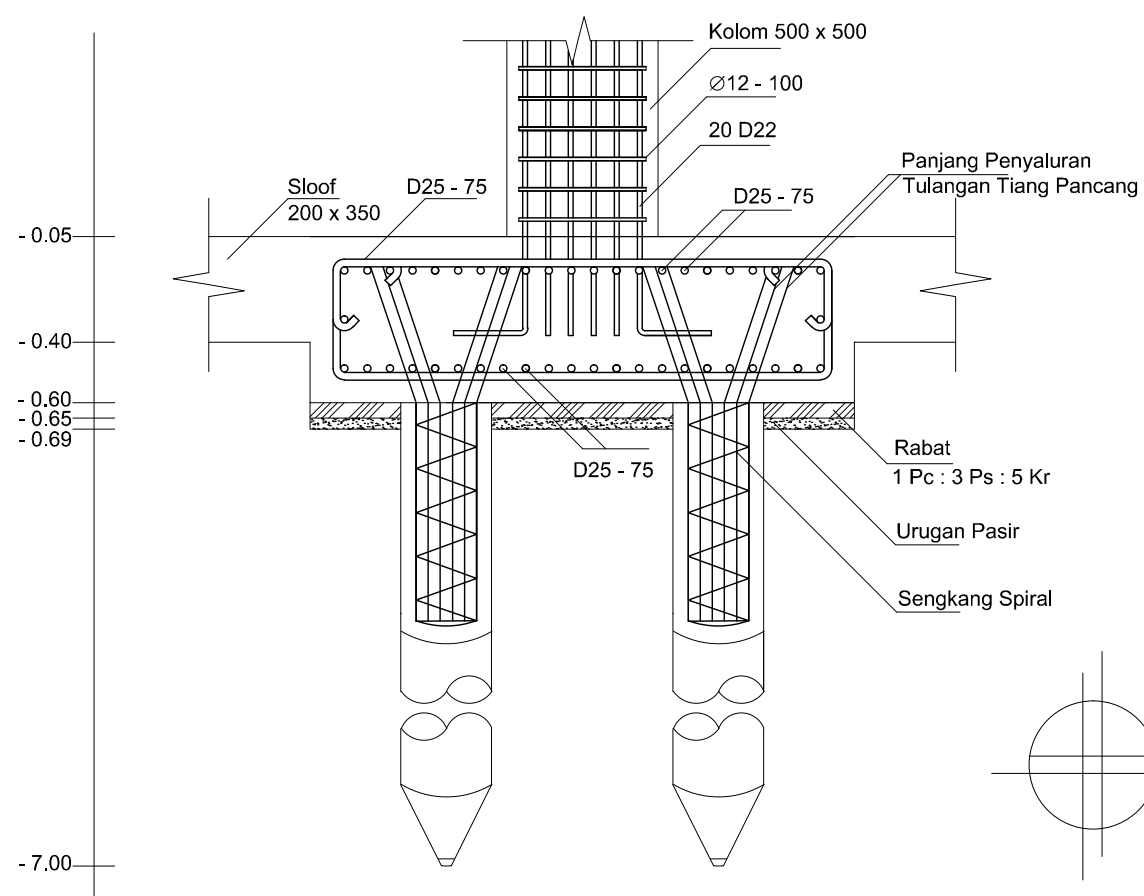
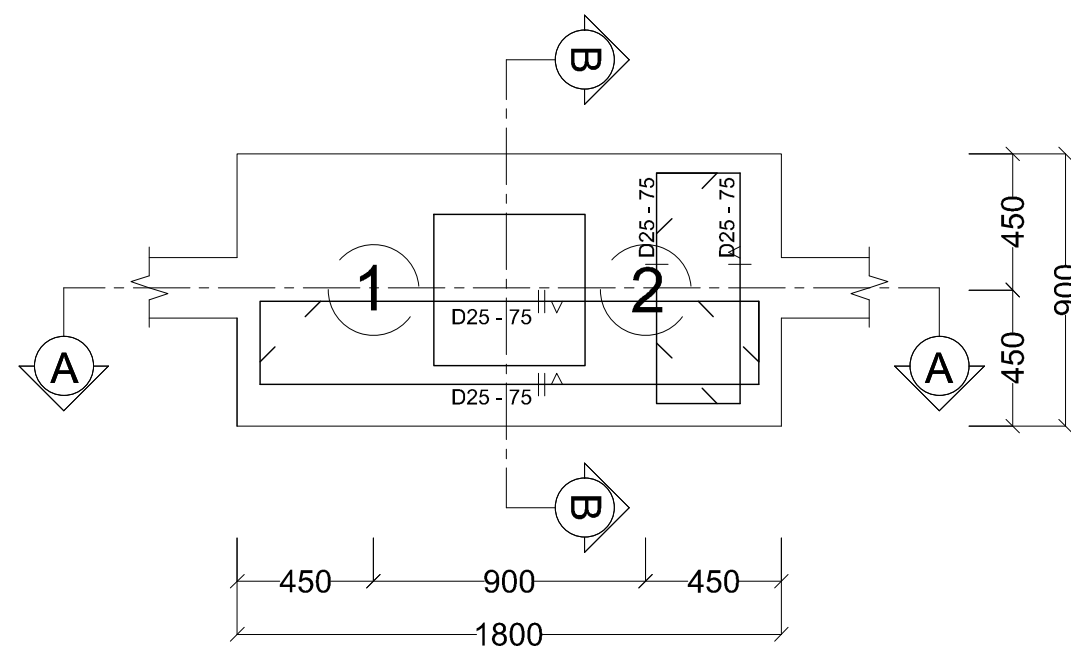
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 25	STR
--------	-----

No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

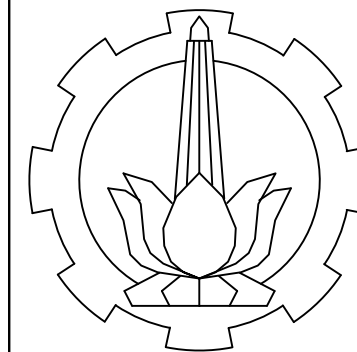
26	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 1 SRPMM

Skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

**Detail Pondasi Tiang
 Pancang Tipe 2 SRPMM**

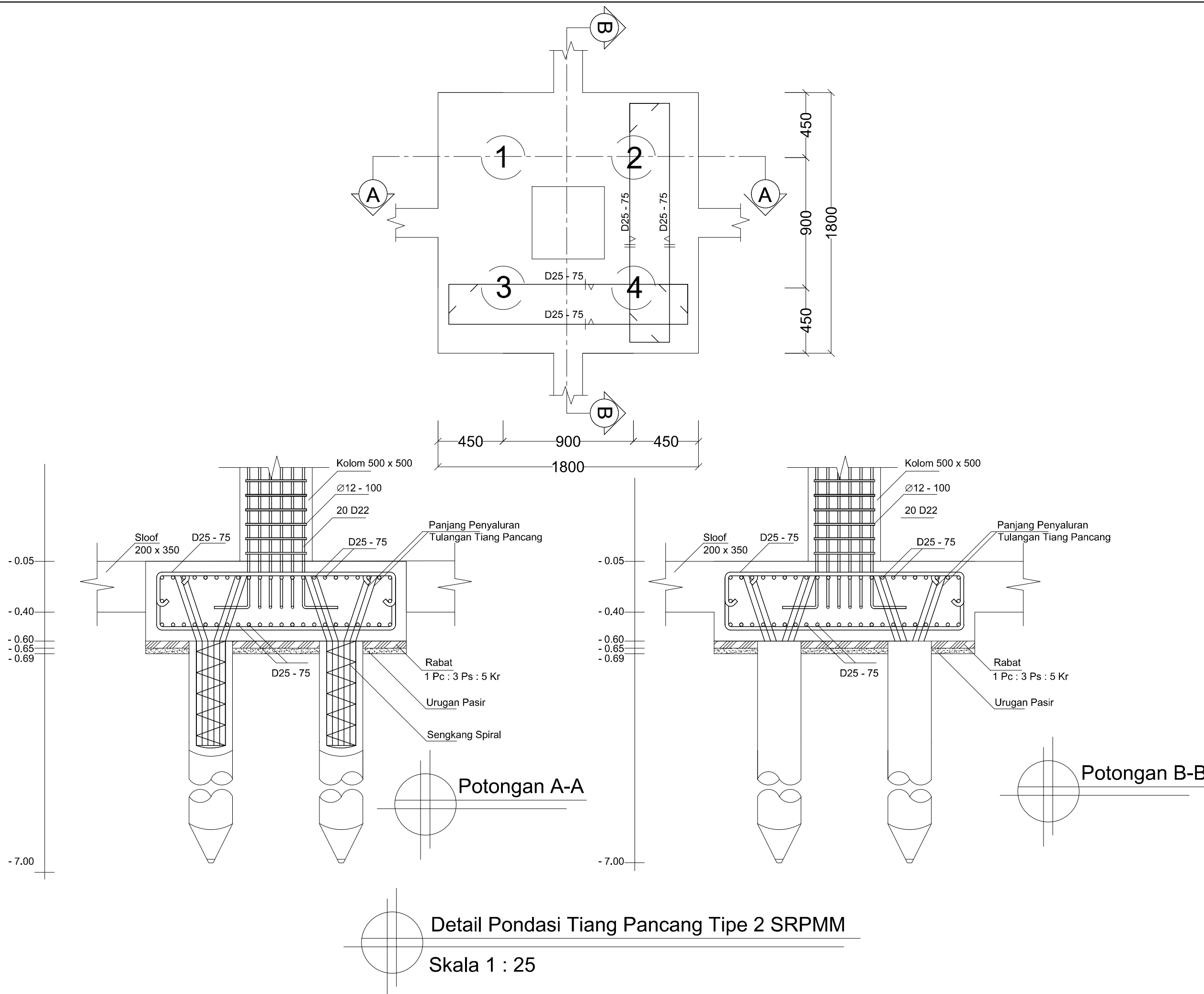
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 25	STR
--------	-----

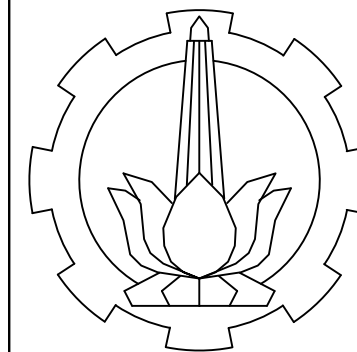
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

27	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 2 SRPMM
 Skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 2 SRPMK

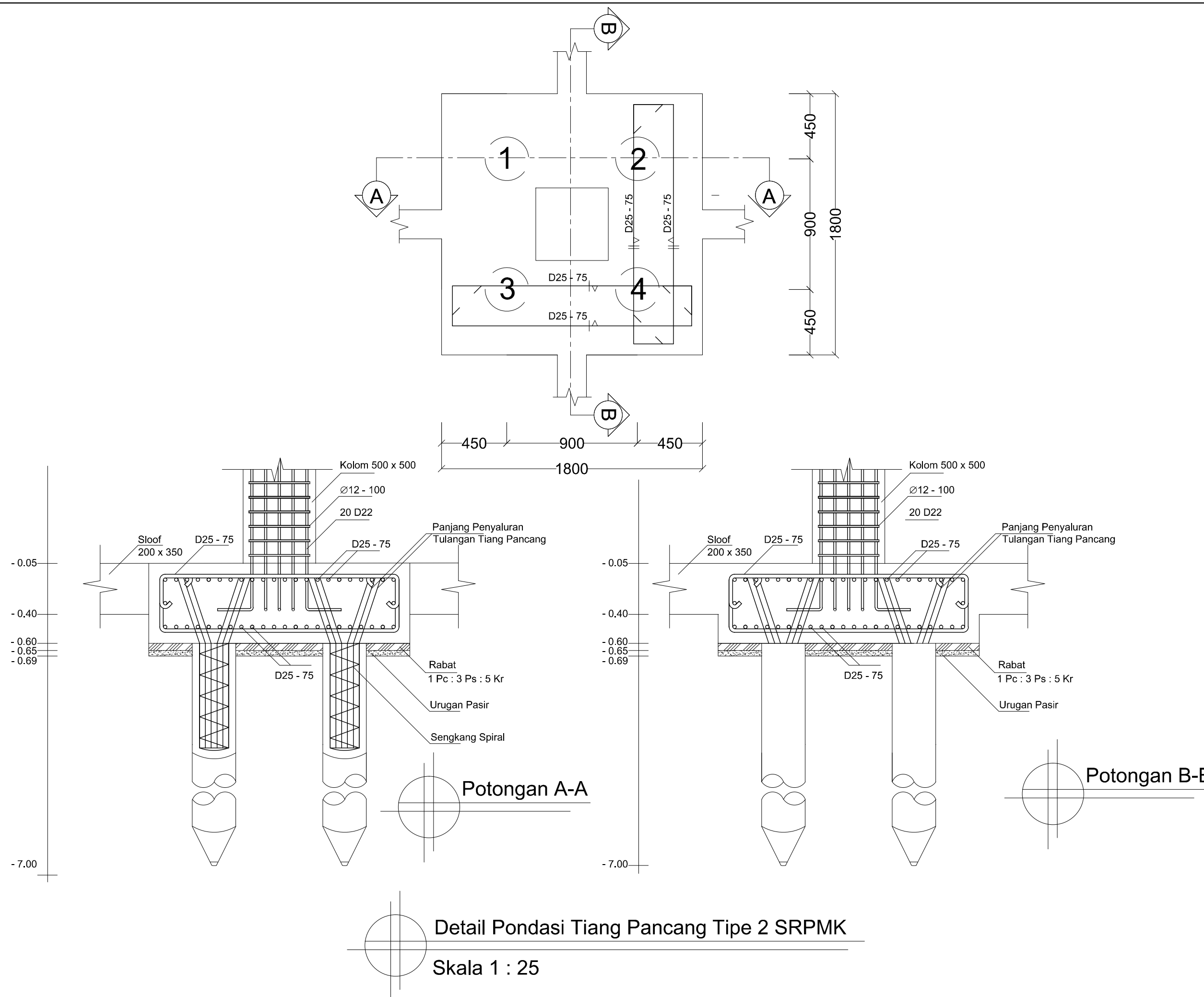
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 25	STR
--------	-----

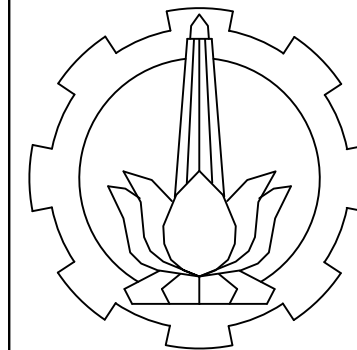
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

28	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 2 SRPMK
 Skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

**Detail Pondasi Tiang
 Pancang Tipe 1 SRPMK**

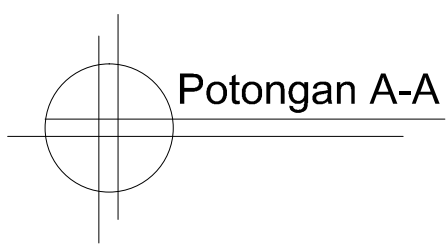
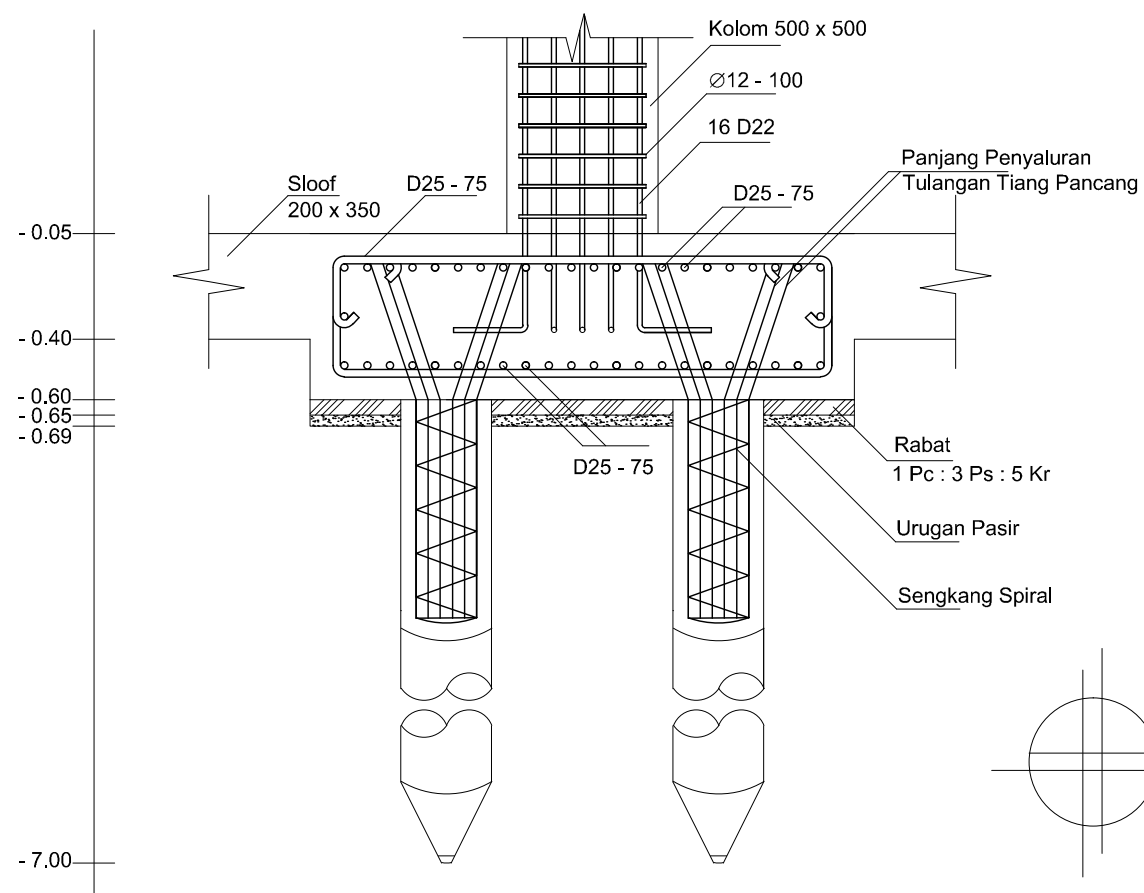
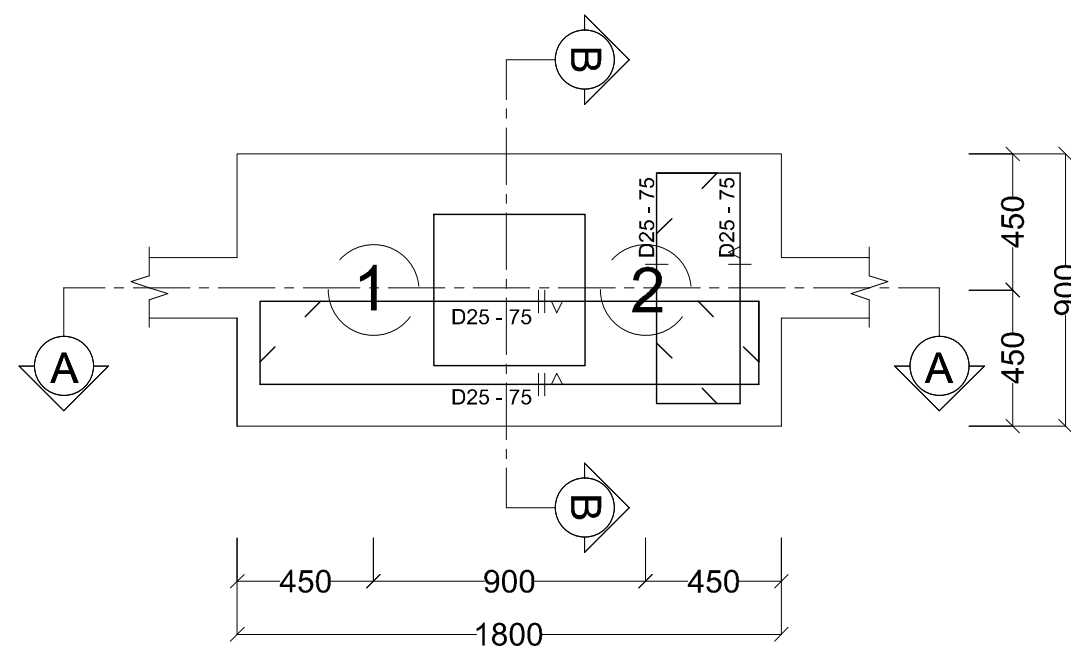
Skala Kode Gambar

1 : 25 STR

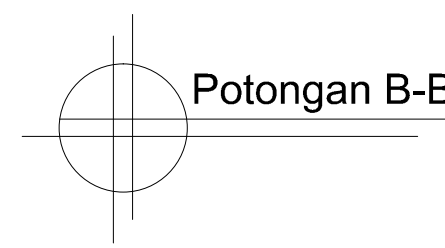
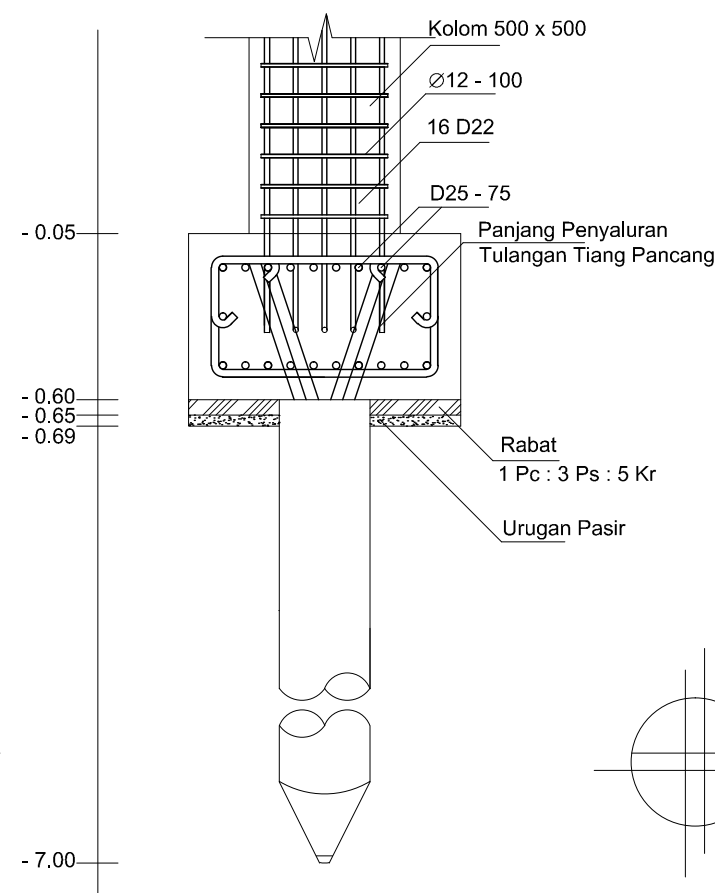
No. Gambar Jml. Gambar

29 37

Approved Mark

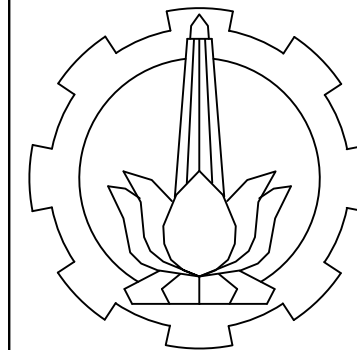


Potongan A-A



Potongan B-B

Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 1 SRPMK
 Skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTANGKAP BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

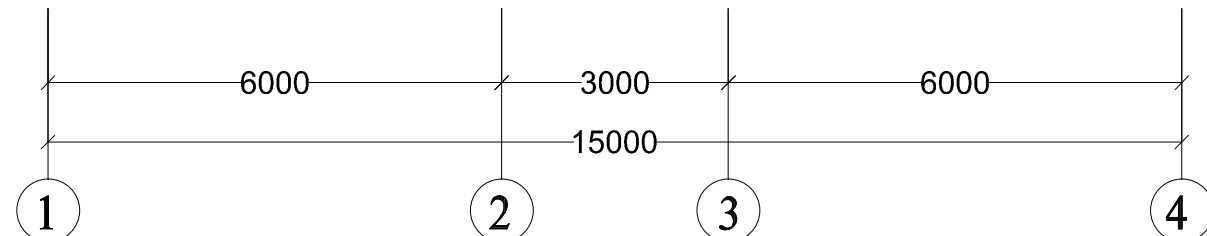
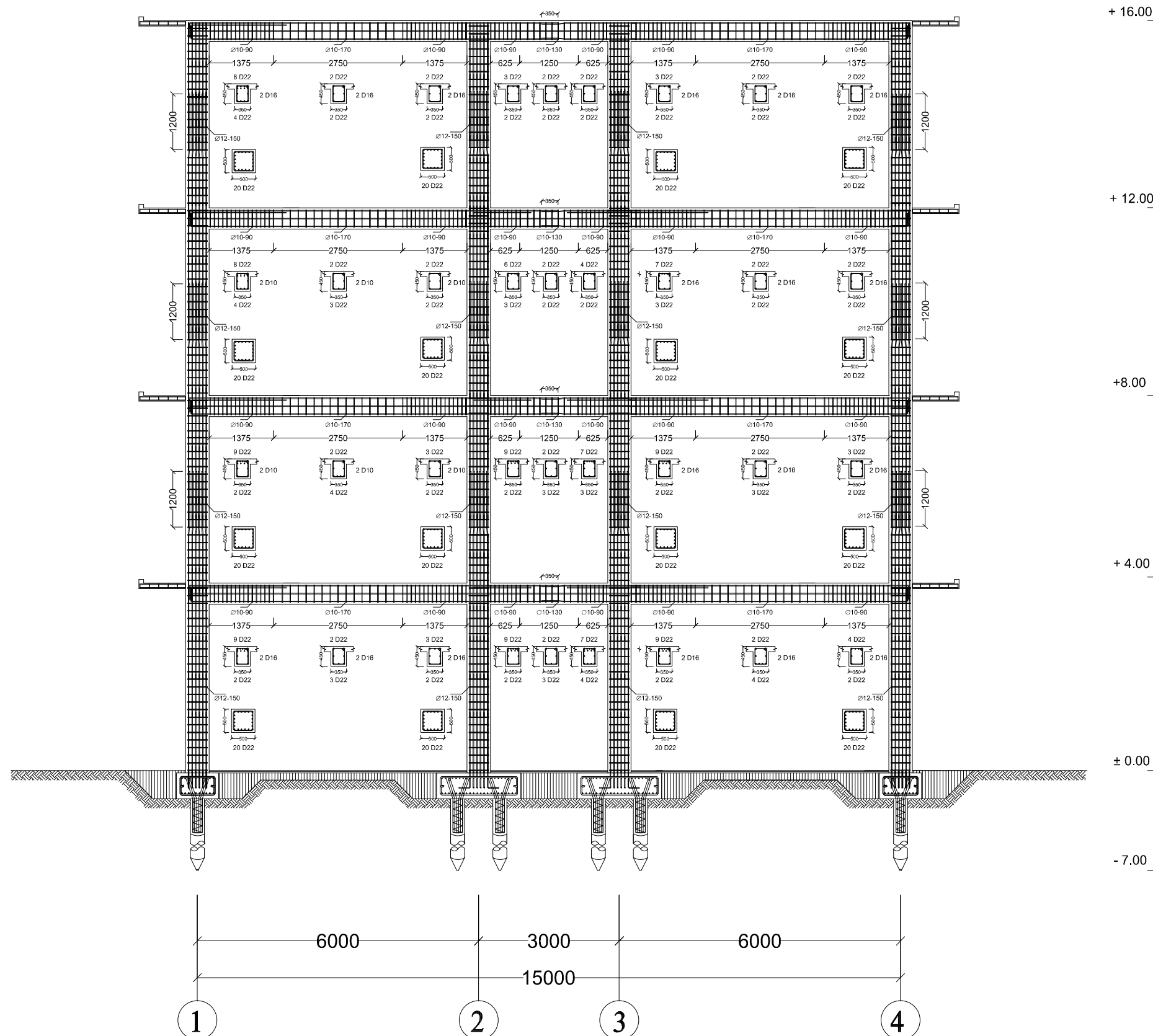
Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

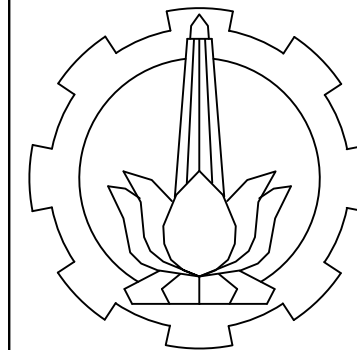
Judul Gambar

Gambar Portal As C SRPMM

Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
30	37
Approved	Mark



Gambar Portal As C SRPMM
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Portal As 2 SRPMM

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100

STR

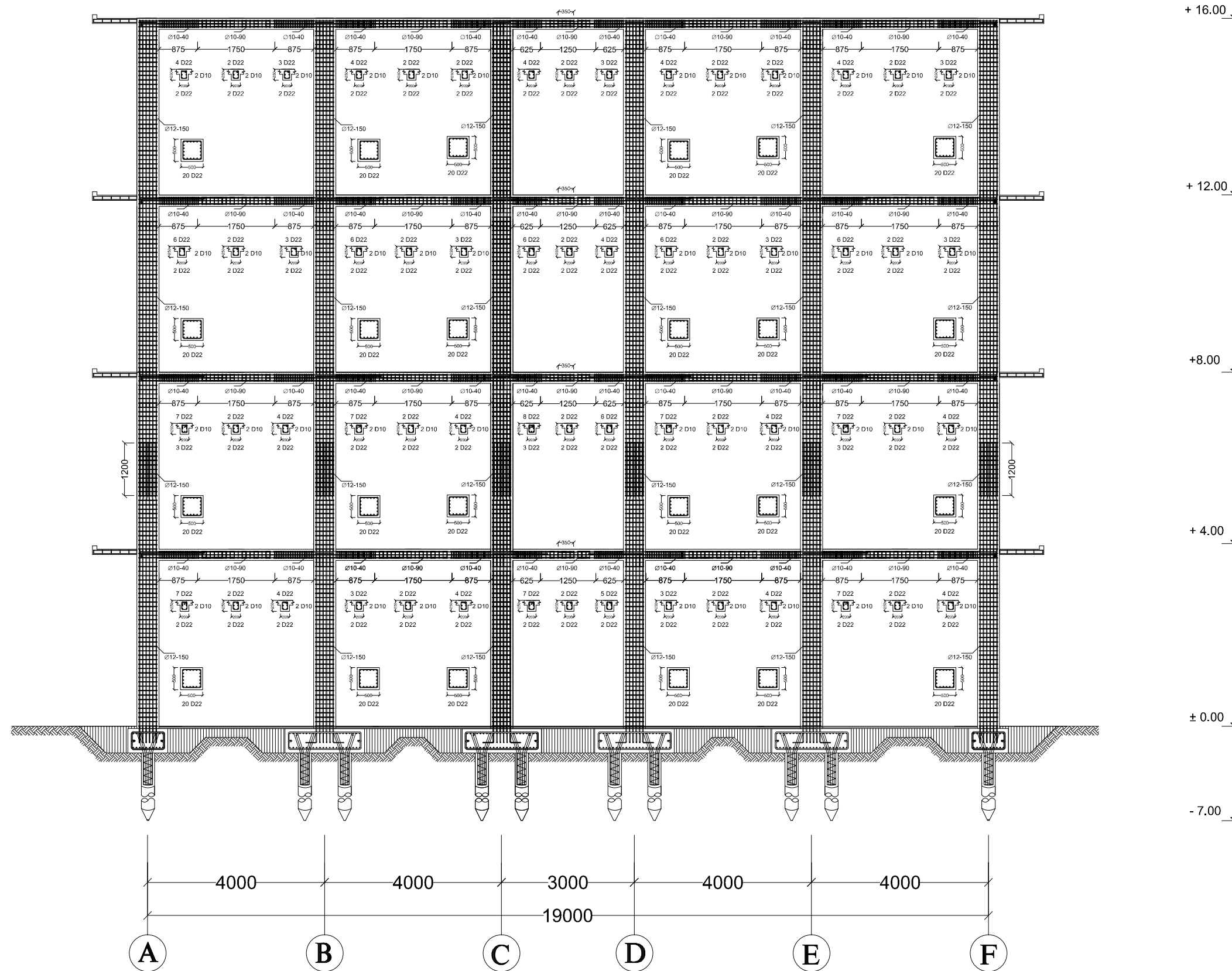
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

31

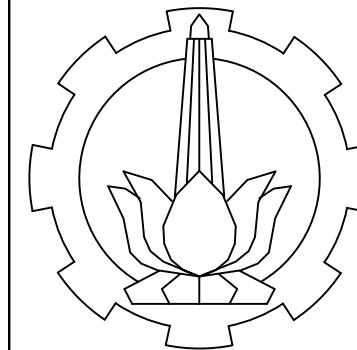
37

Approved	Mark
----------	------

Mark



Gambar Portal As 2 SRPMM
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTANGKAP BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

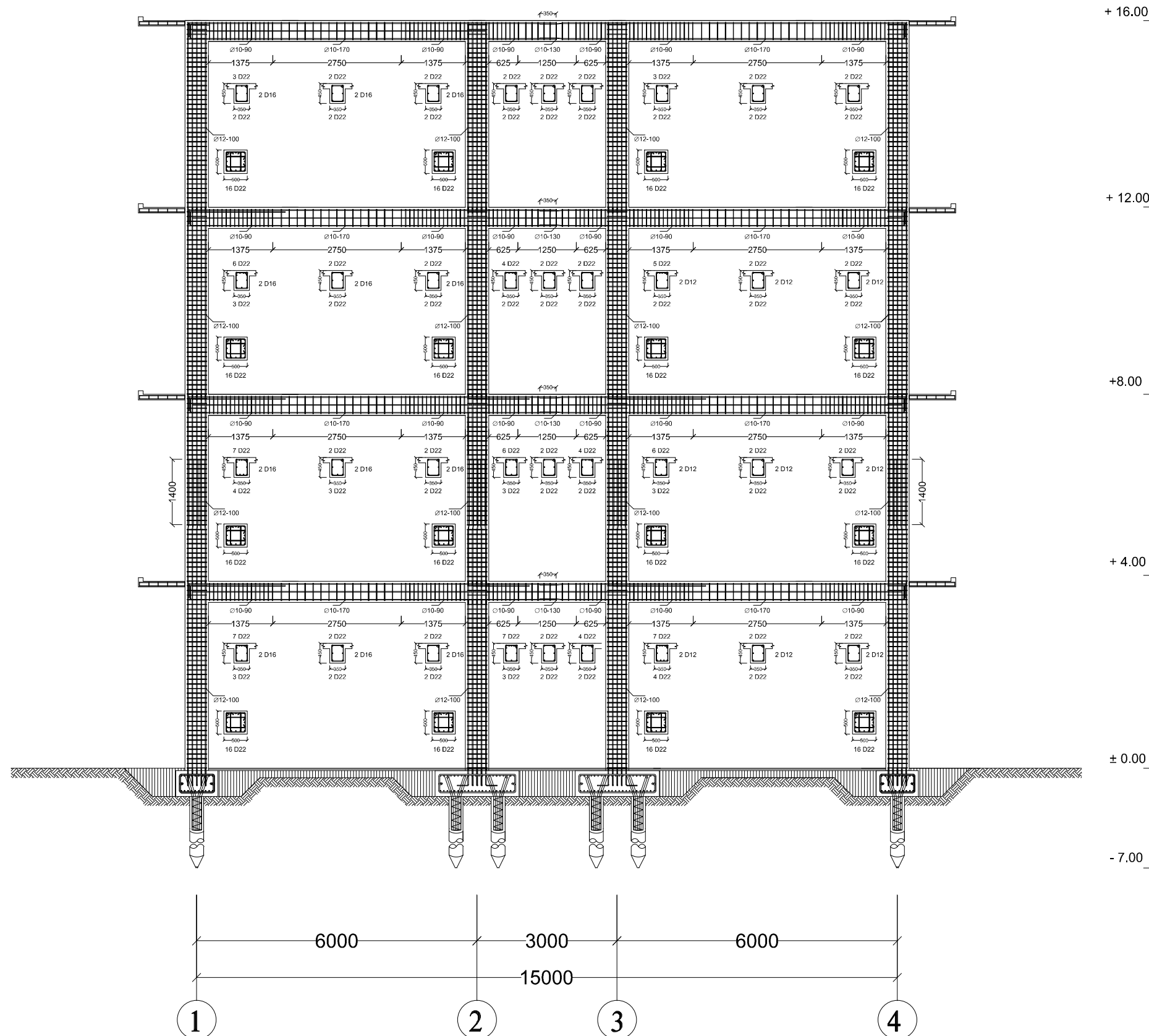
Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

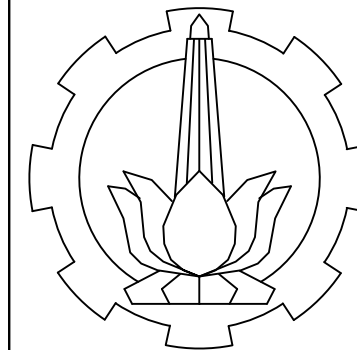
Judul Gambar

Gambar Portal As C SRPMK

Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
32	37
Approved	Mark



Gambar Portal As C SRPMK
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Portal As 2 SRPMK

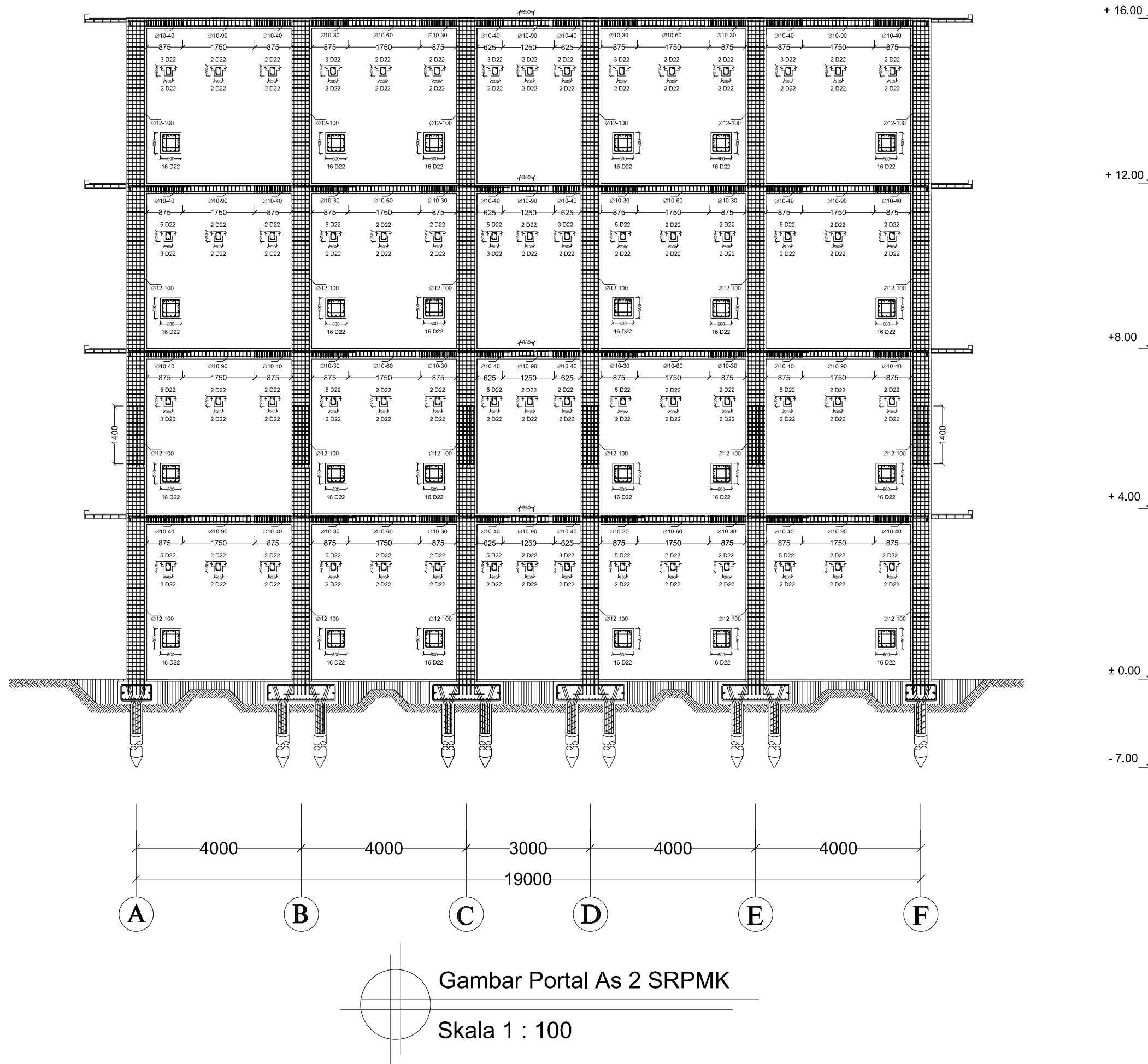
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

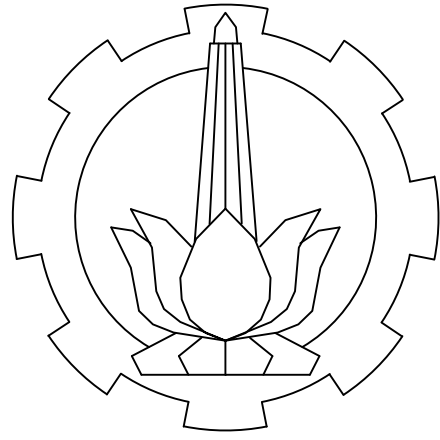
33	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Gambar Portal As 2 SRPMK

Skala 1 : 100

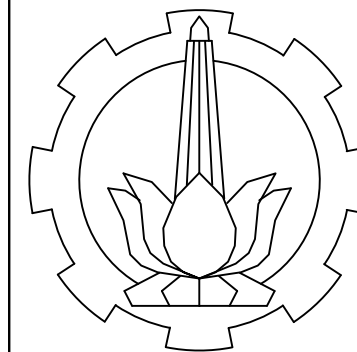


GAMBAR PERENCANAAN

**STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4
TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)
DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)**

DAFTAR ISI

No.	Nama Gambar	Skala	Kode	No.	Nama Gambar	Skala	Kode
1	Gambar Denah Lantai 1	1 : 100	ARS	20	Denah Penulangan Pelat Lt. 1	1 : 100	STR
2	Gambar Denah Lantai 2	1 : 100	ARS	21	Denah Penulangan Pelat Lt. 2	1 : 100	STR
3	Gambar Denah Lantai 3	1 : 100	ARS	22	Denah Penulangan Pelat Lt. 3	1 : 100	STR
4	Gambar Denah Lantai 4	1 : 100	ARS	23	Denah Penulangan Pelat Lt. 4	1 : 100	STR
5	Gambar Tampak Depan	1 : 100	ARS	24	Detail Penulangan Pelat Tipe A	1 : 40	STR
6	Gambar Tampak Belakang	1 : 100	ARS	25	Detail Penulangan Pelat Tipe B	1 : 40	STR
7	Gambar Tampak Samping	1 : 100	ARS	26	Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 1 SRPMM	1 : 25	STR
8	Gambar Potongan B-B	1 : 100	ARS	27	Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 2 SRPMM	1 : 25	STR
9	Gambar Potongan A-A	1 : 100	ARS	28	Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 1 SRPMK	1 : 25	STR
10	Gambar Denah Pondasi	1 : 100	STR	29	Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 2 SRPMK	1 : 25	STR
11	Gambar Denah Balok Lt. Dasar	1 : 100	STR	30	Gambar Portal As C SRPMM	1 : 100	STR
12	Gambar Denah Balok Lt. 1	1 : 100	STR	31	Gambar Portal As 2 SRPMM	1 : 100	STR
13	Gambar Denah Balok Lt. 2	1 : 100	STR	32	Gambar Portal As C SRPMK	1 : 100	STR
14	Gambar Denah Balok Lt. 3	1 : 100	STR	33	Gambar Portal As 2 SRPMK	1 : 100	STR
15	Gambar Denah Balok Lt. 4	1 : 100	STR	34	Detail Kait Standar & Sambungan Lewatan	1 : 100	STR
16	Gambar Denah Pelat Lt. 1	1 : 100	STR	35	Gambar Detail Portal	1 : 20	STR
17	Gambar Denah Pelat Lt. 2	1 : 100	STR	36	Gambar Detail Penulangan Balok SRPMM	1 : 50	STR
18	Gambar Denah Pelat Lt. 3	1 : 100	STR	37	Gambar Detail Penulangan Balok SRPMM	1 : 50	STR
19	Gambar Denah Pelat Lt. 4	1 : 100	STR	38, 39	Gambar Detail Penulangan Balok SRPMK	1 : 50	STR



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

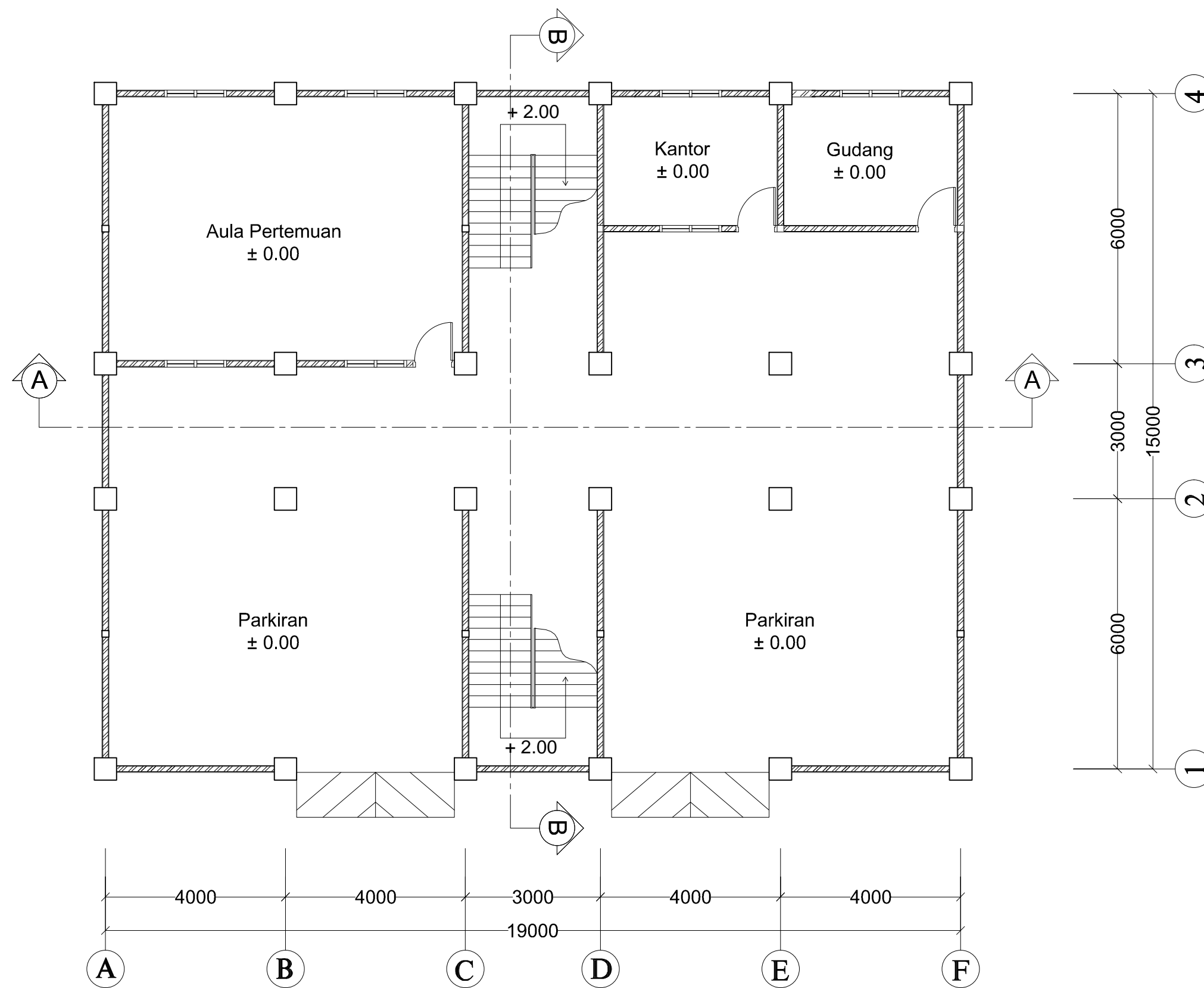
Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

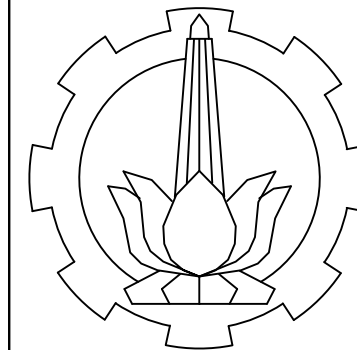
Judul Gambar

Gambar Denah Lantai 1

Skala	Kode Gambar
1 : 100	ARS
No. Gambar	Jml. Gambar
01	37
Approved	Mark



Gambar Denah Lantai 1
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Lantai 4

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100

ARS

No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

04

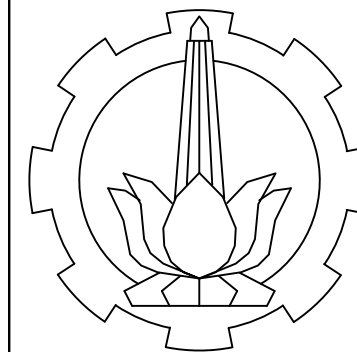
37

Approved

Mark



Gambar Denah Lantai 4
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Lantai 2

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100

ARS

No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

02

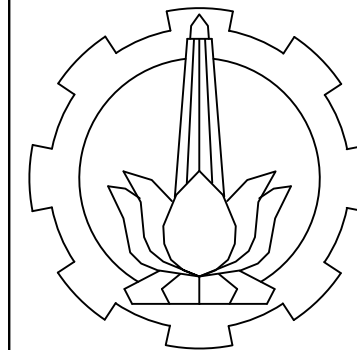
37

Approved	Mark
----------	------

Mark



Gambar Denah Lantai 2
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Lantai 3

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

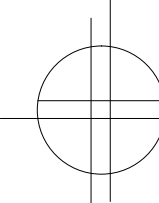
1 : 100	ARS
---------	-----

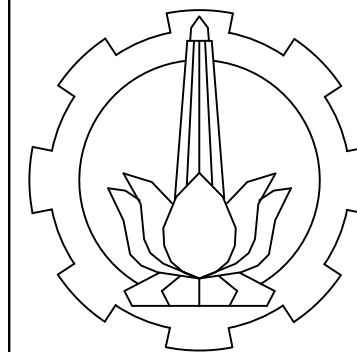
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

03	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



 **Gambar Denah Lantai 3**
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Tampak Depan

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100

ARS

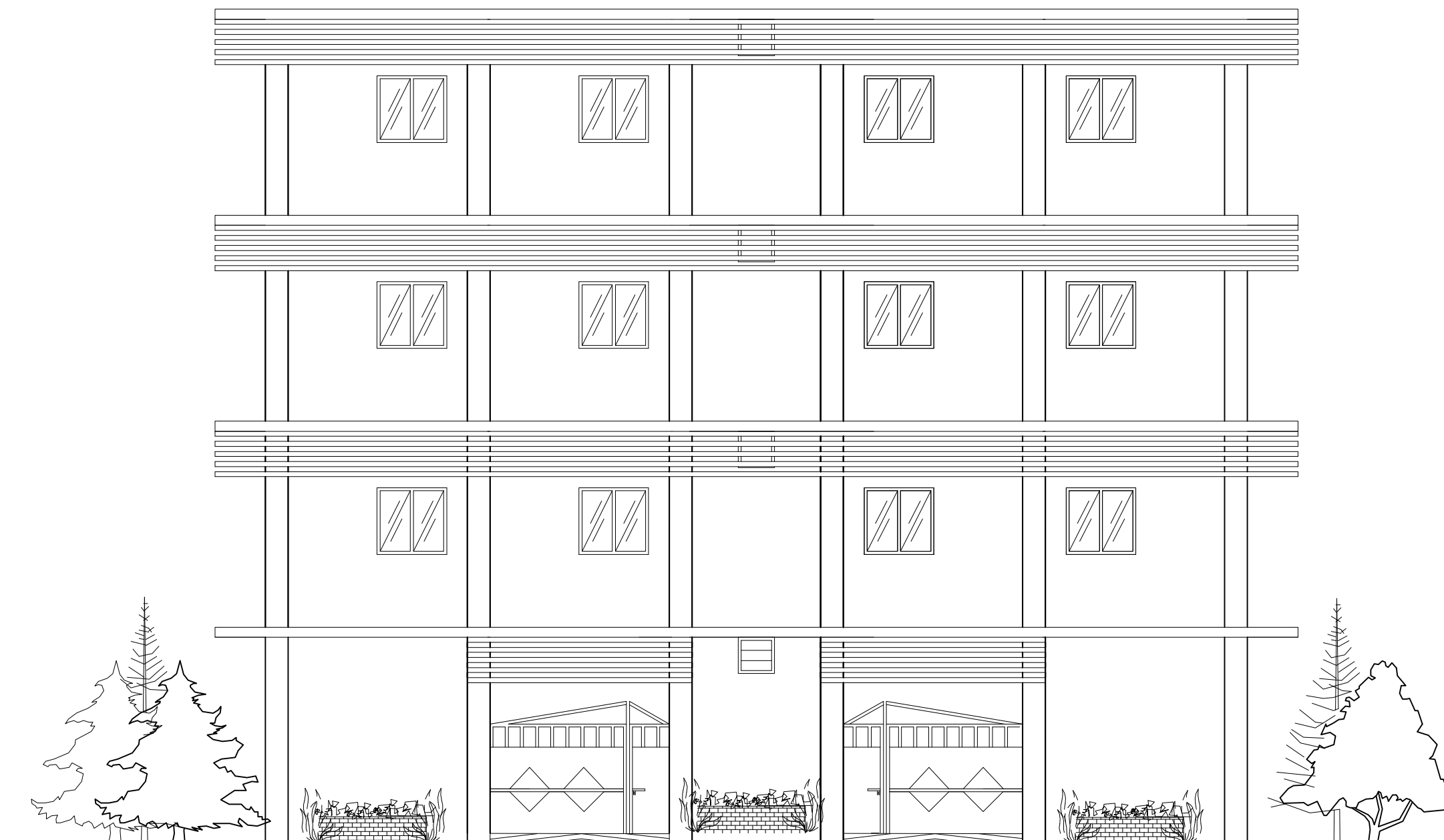
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

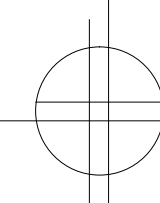
05

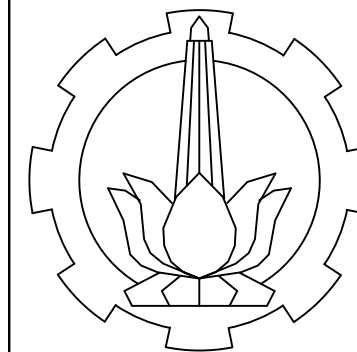
37

Approved

Mark




Gambar Tampak Depan
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

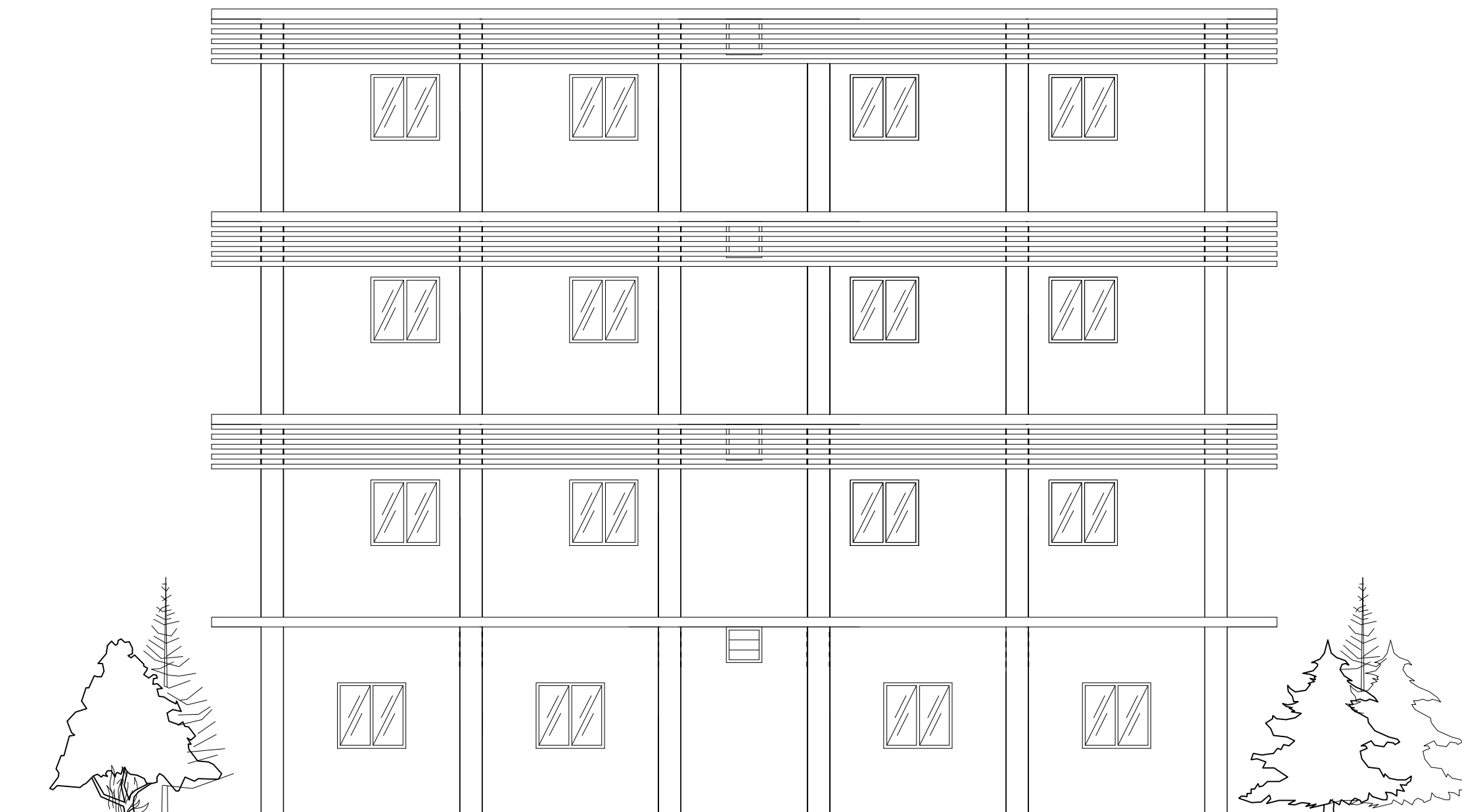
Dafid Purnama Wijaya
 3111030067

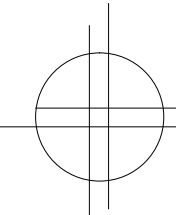
Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

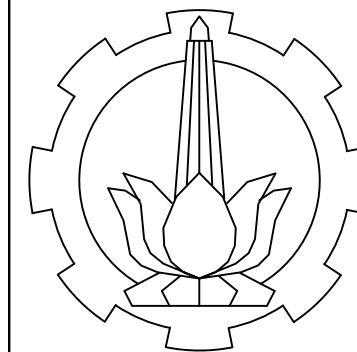
Judul Gambar

Gambar Tampak Belakang

Skala	Kode Gambar
1 : 100	ARS
No. Gambar	Jml. Gambar
06	37
Approved	Mark




Gambar Tampak Belakang
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
STRUKTUR BANGUNAN BETON
BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
GEMPA ANTARA METODE SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
(SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
3111030084

Judul Gambar

Gambar Tampak Samping

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100

ARS

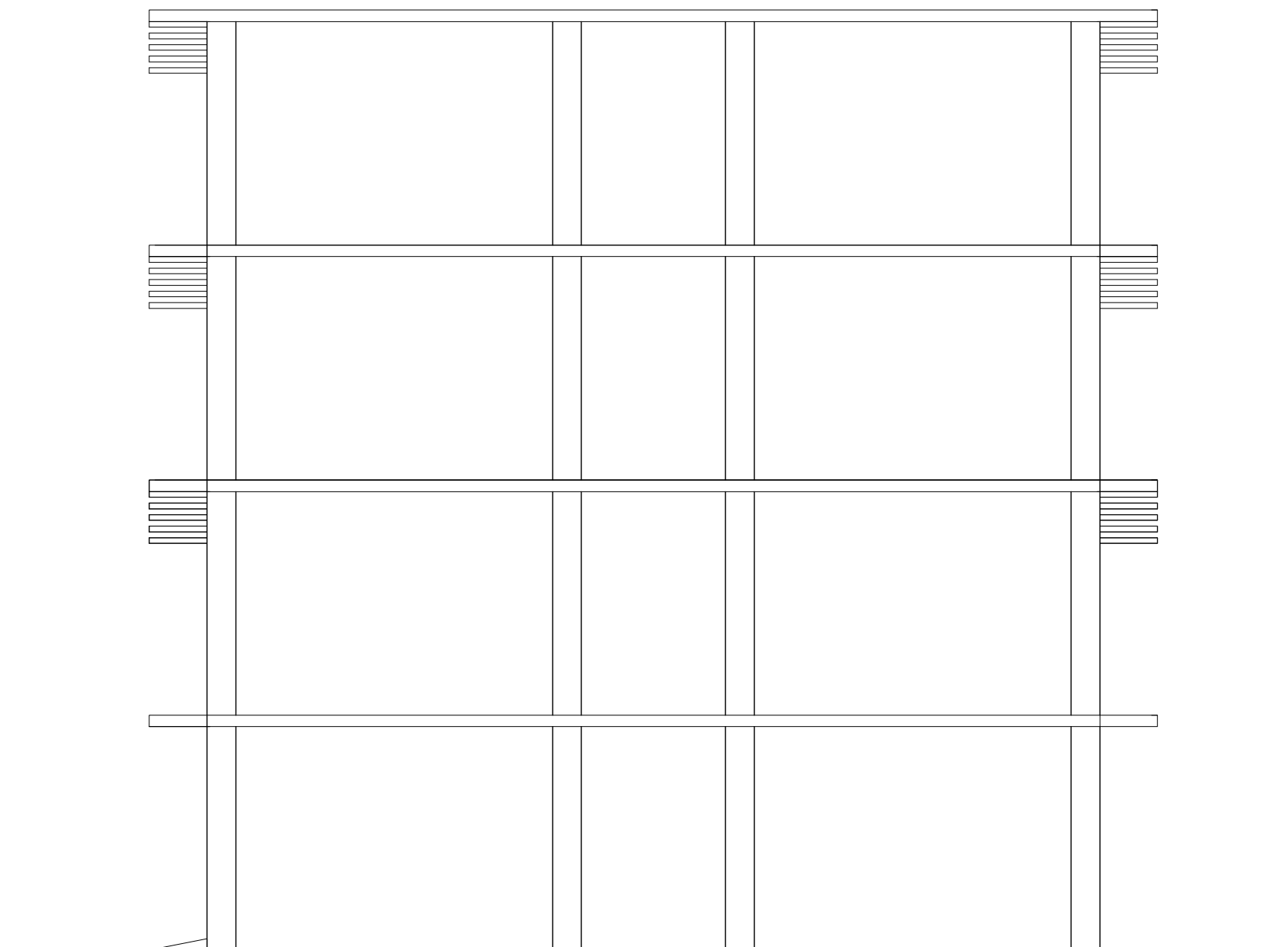
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

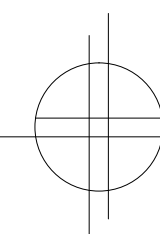
07

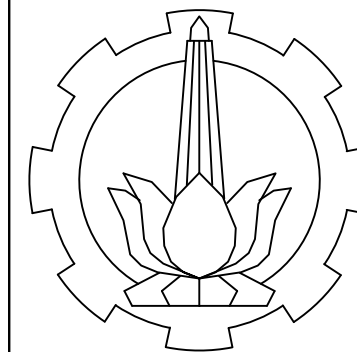
37

Approved

Mark



 Gambar Tampak Samping
Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Potongan B-B

Skala	Kode Gambar
--------------	--------------------

1 : 100

ARS

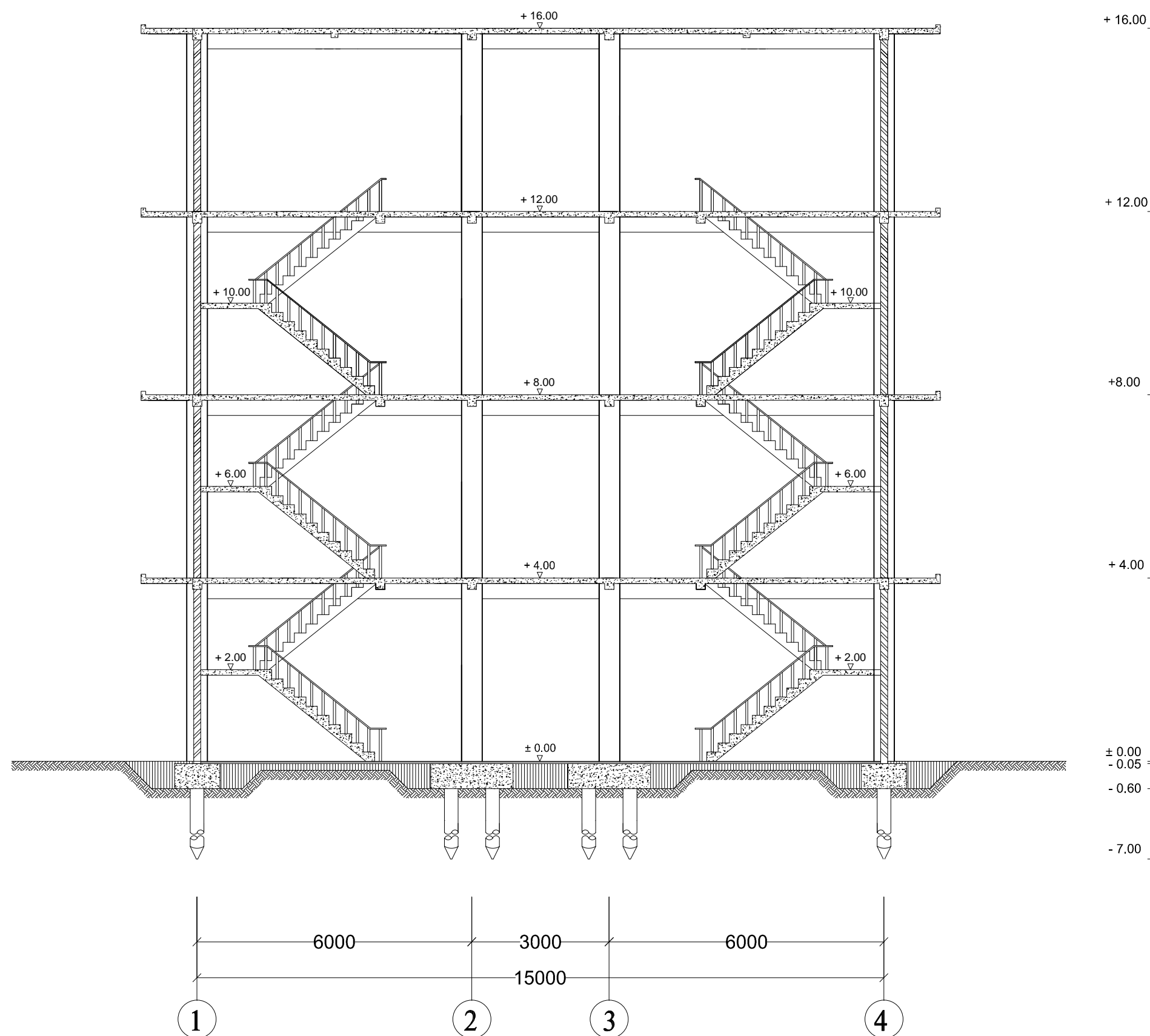
No. Gambar	Jml. Gambar
-------------------	--------------------

08

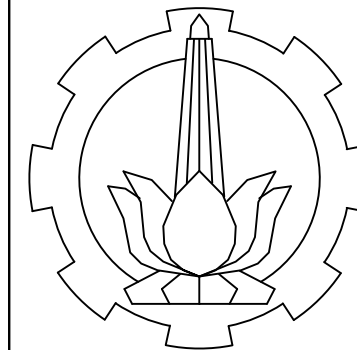
37

Approved	Mark
-----------------	-------------

Mark



Gambar Potongan B-B
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Potongan A-A

Skala	Kode Gambar
--------------	--------------------

1 : 100

ARS

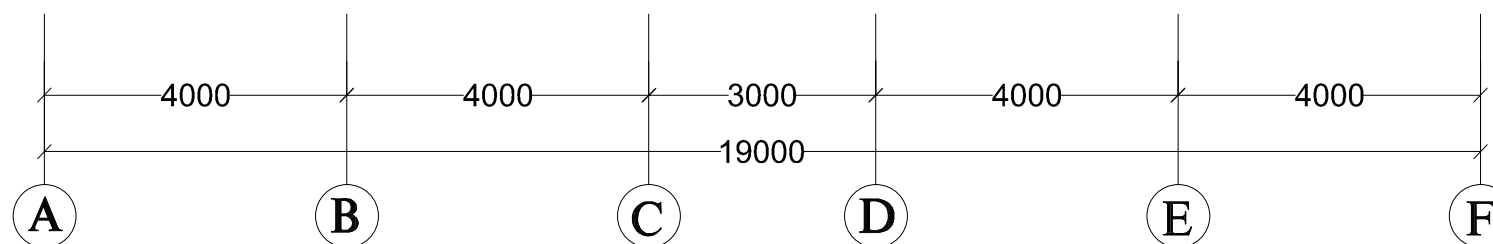
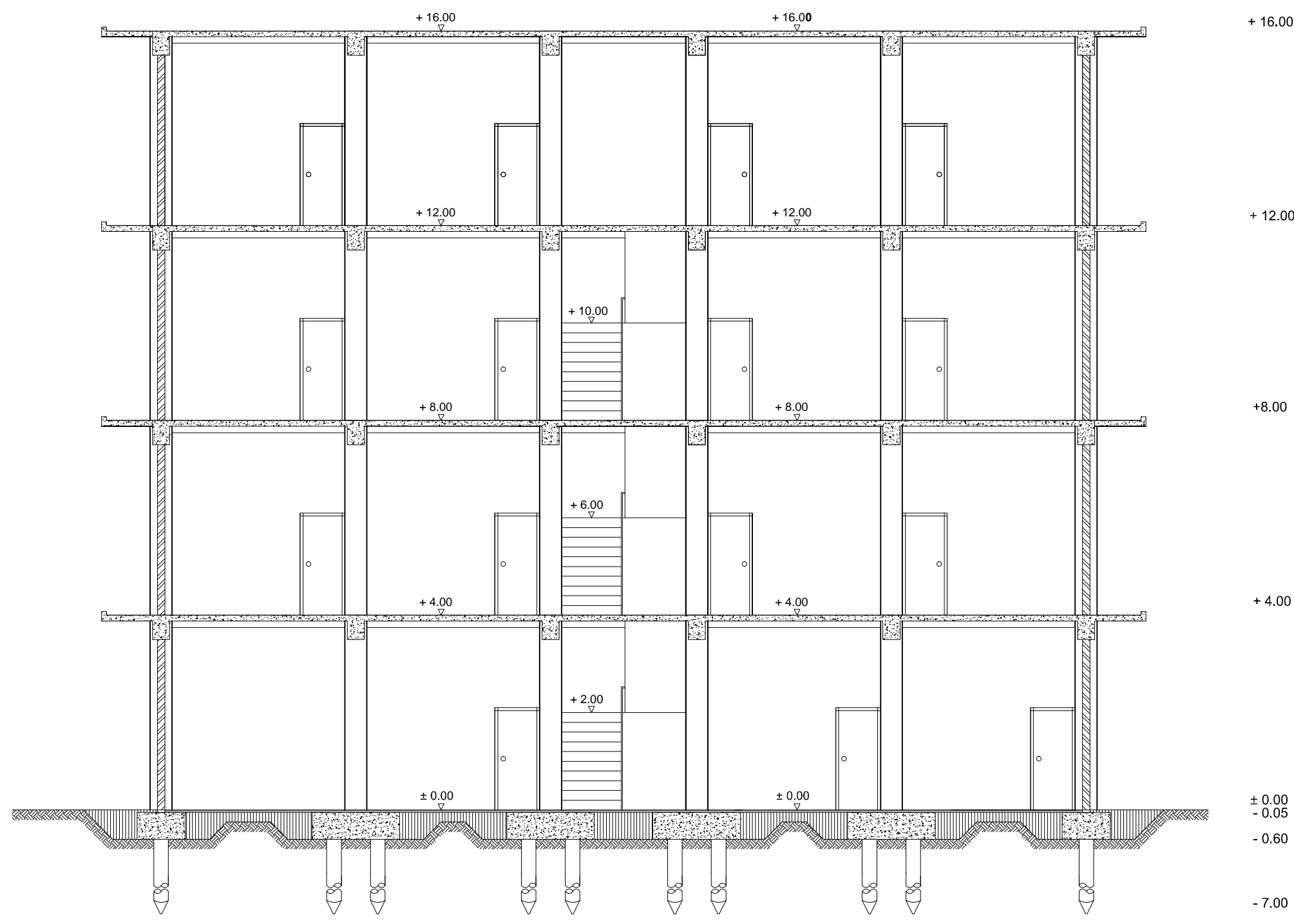
No. Gambar	Jml. Gambar
-------------------	--------------------

09

37

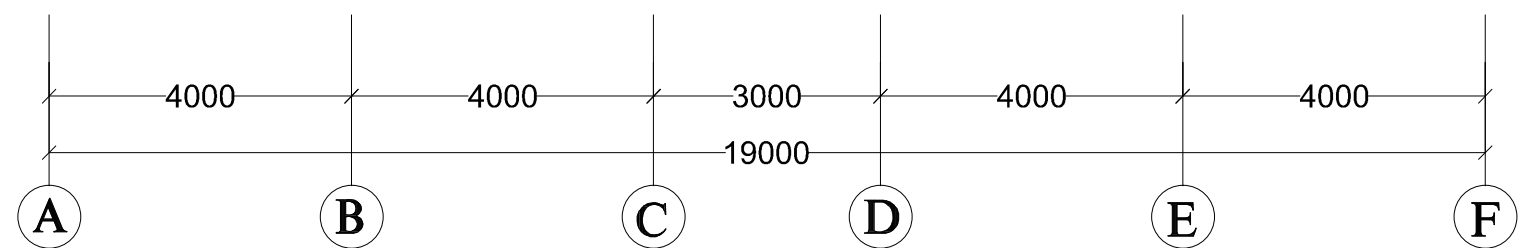
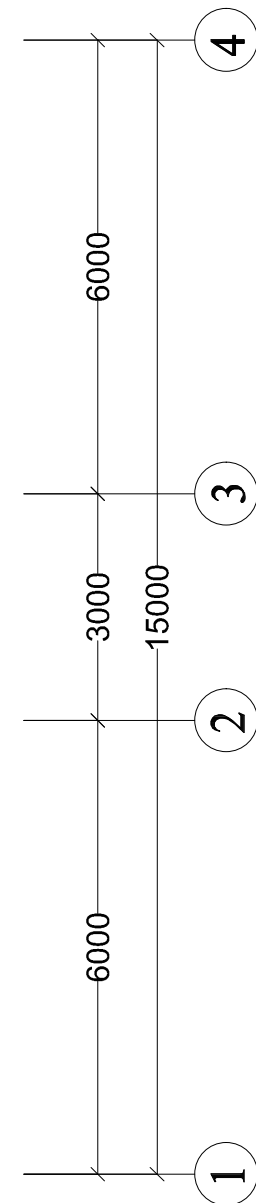
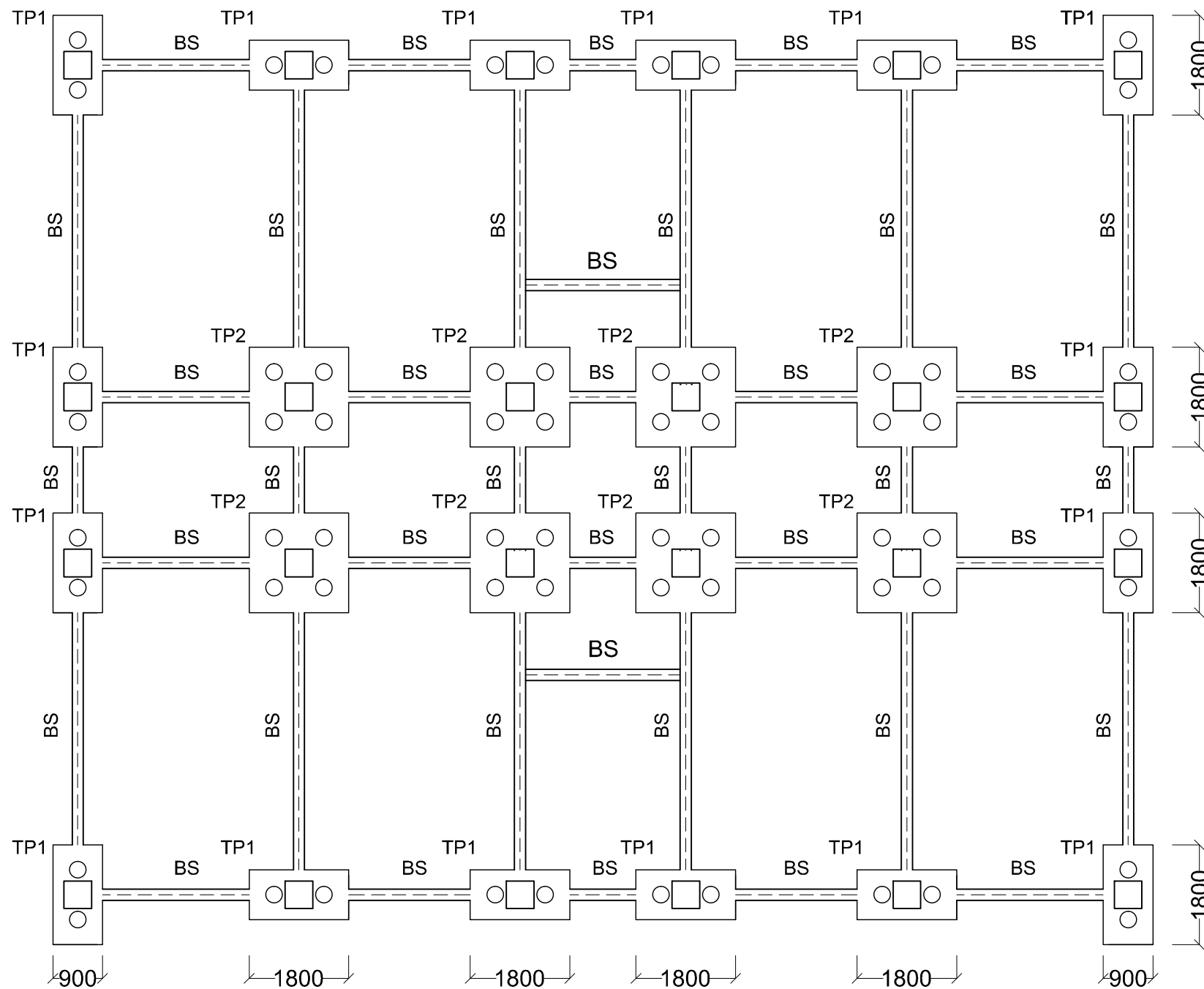
Approved	Mark
-----------------	-------------

Mark

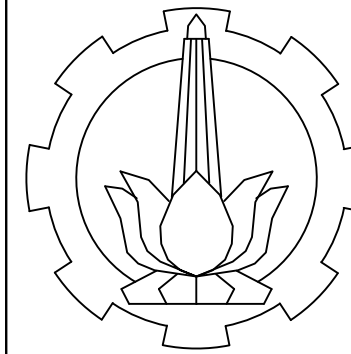


Gambar Potongan A-A
 Skala 1 : 100

No	Tipe	Dimensi
1	BS	200 x 350
2	TP1	900 x 1800
3	TP2	1800 x 1800



Gambar Denah Pondasi
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

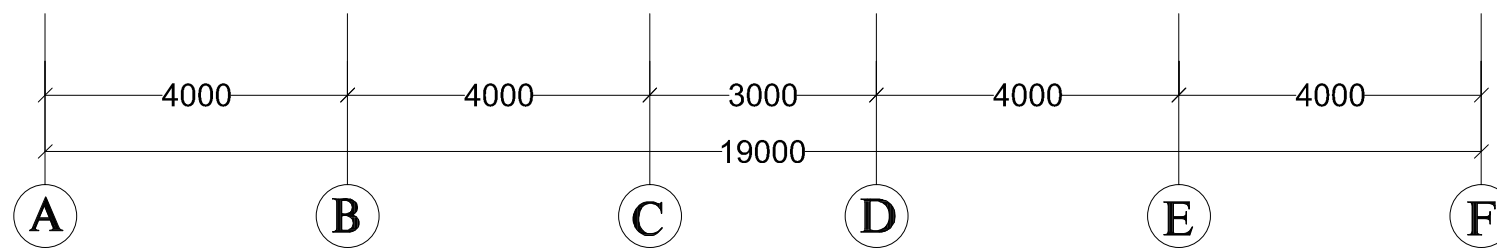
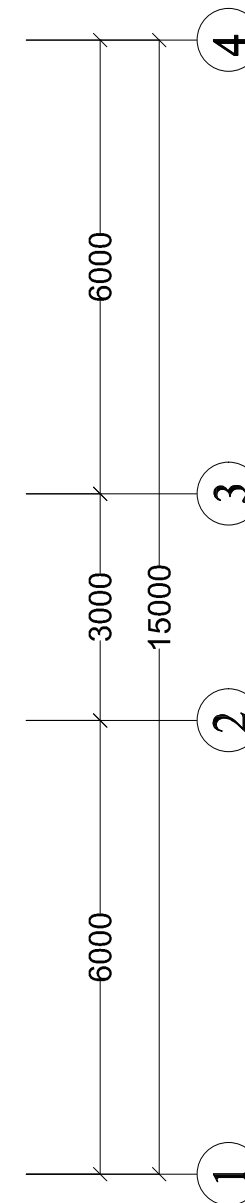
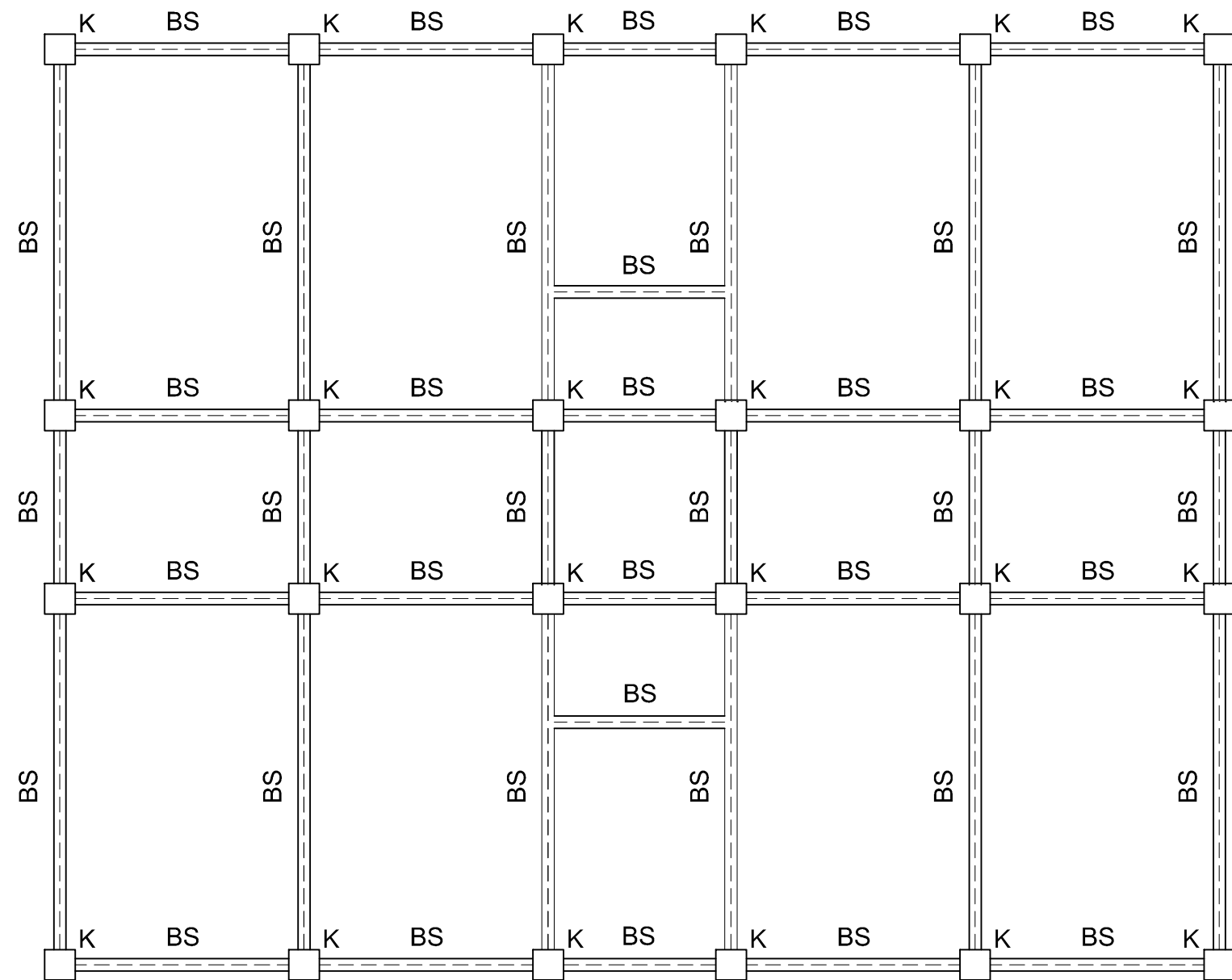
Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

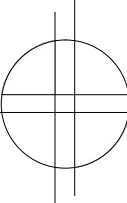
Judul Gambar

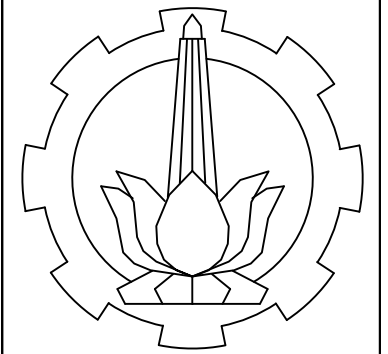
Gambar Denah Pondasi

Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
10	37
Approved	Mark

No	Tipe Balok	Dimensi Balok
1	BS	200 x 350
2	K	500 x 500




Gambar Denah Balok Lt. Dasar
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

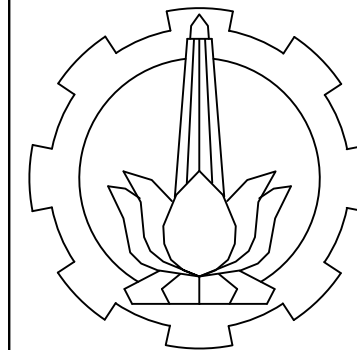
Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

**Gambar Denah Balok
 Lt. Dasar**

Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
11	37
Approved	Mark



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Balok Lt. 1

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

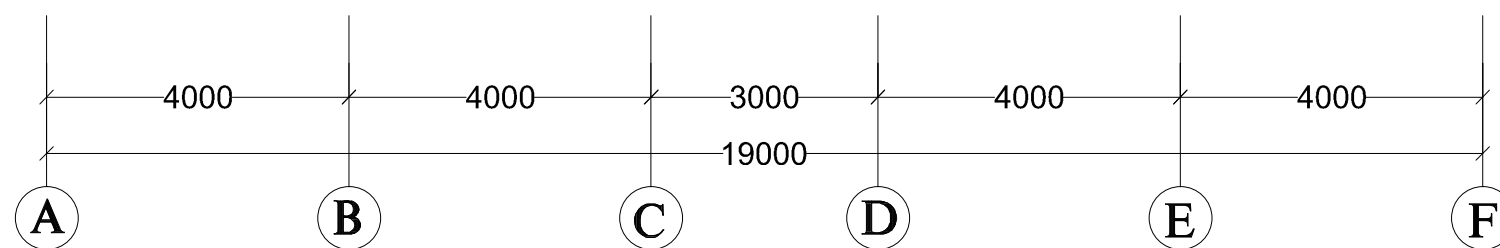
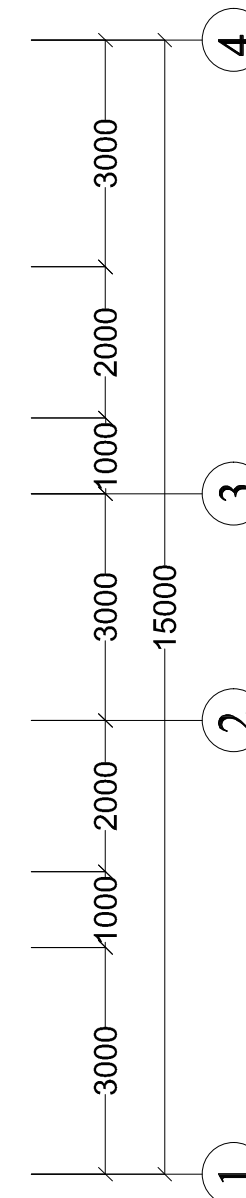
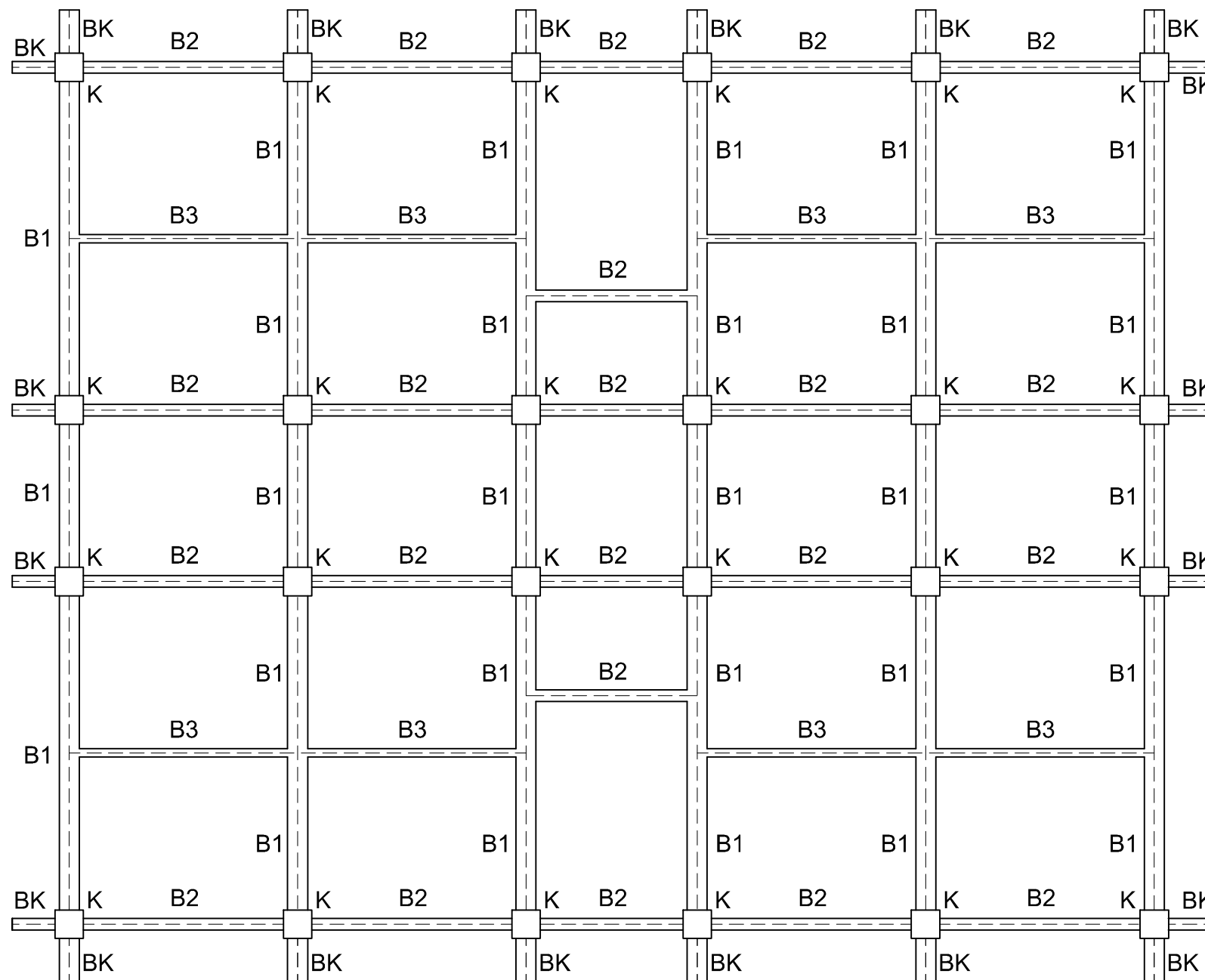
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

12	37
----	----

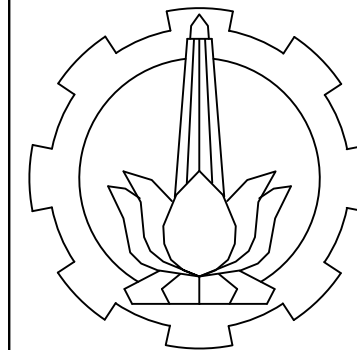
Approved	Mark
----------	------

No	Tipe Balok	Dimensi Balok
1	B1	350 x 450
2	B2	200 x 250
3	B3	150 x 200

No	Tipe Kolom	Dimensi Kolom
1	K	500 x 500



Gambar Denah Balok Lt. 1
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Balok Lt. 2

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100

STR

No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

13

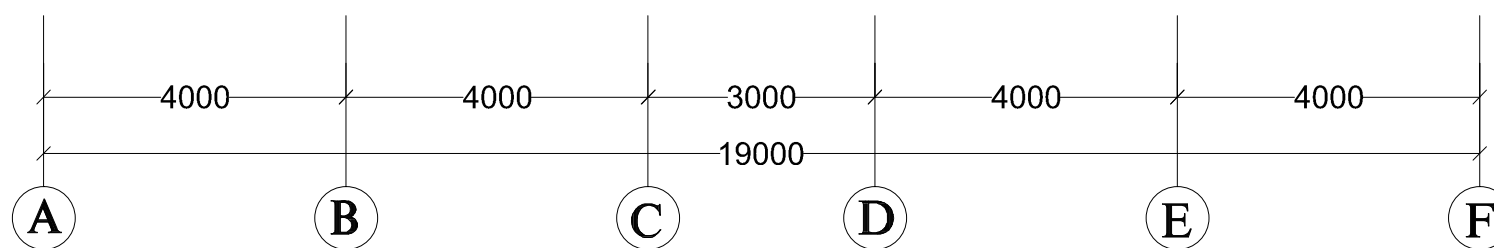
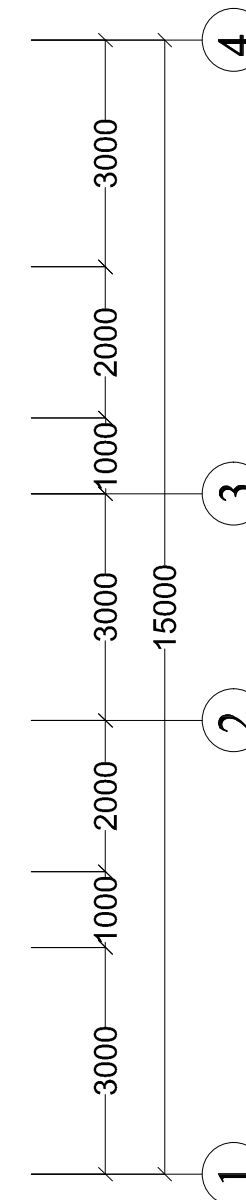
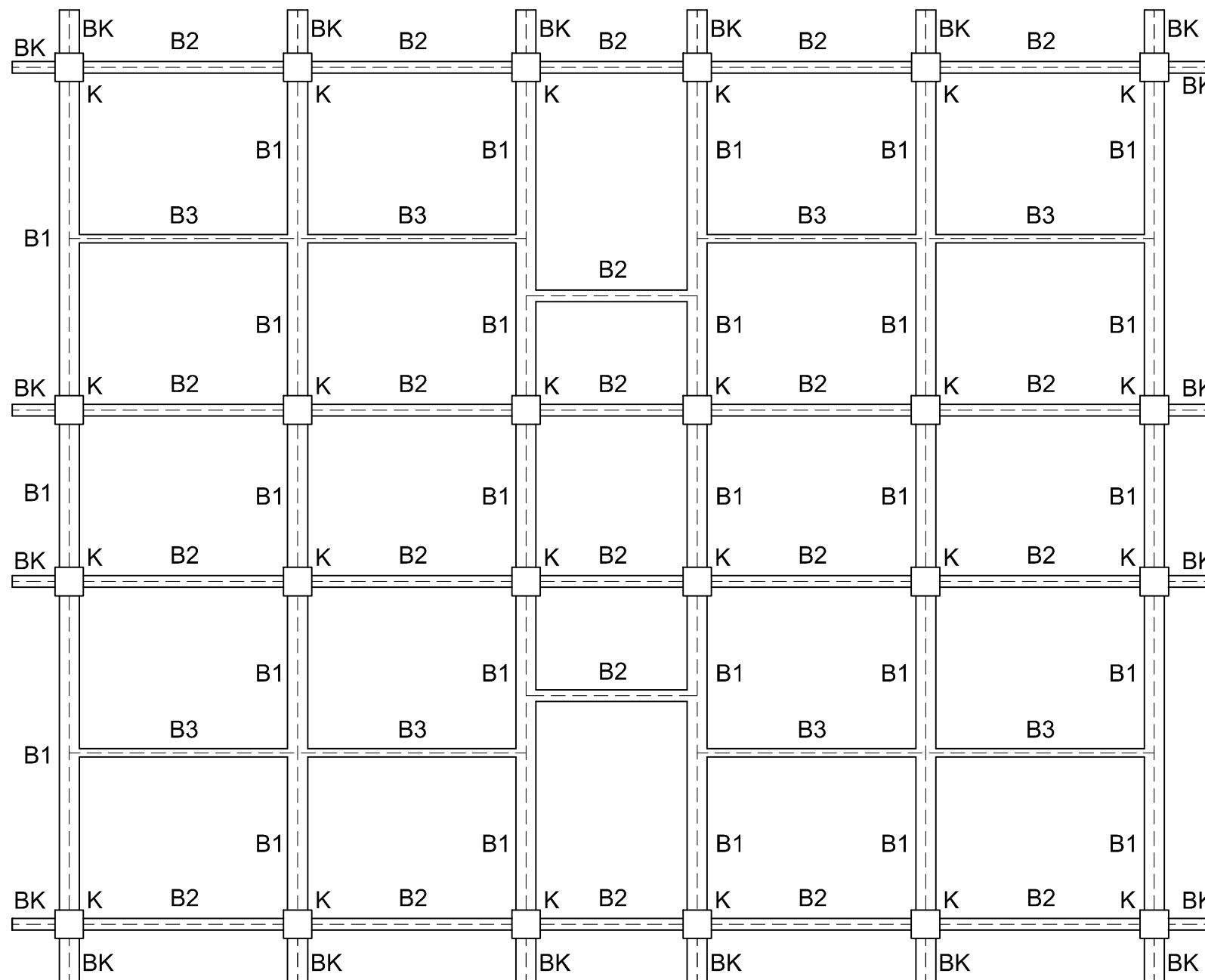
37

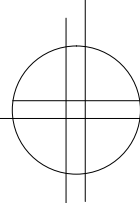
Approved

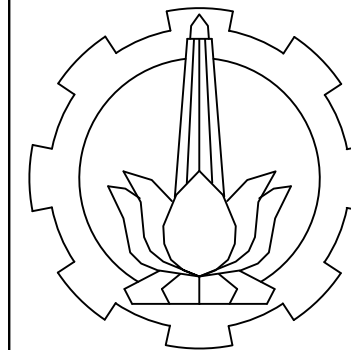
Mark

No	Tipe Balok	Dimensi Balok
1	B1	350 x 450
2	B2	200 x 250
3	B3	150 x 200

No	Tipe Kolom	Dimensi Kolom
1	K	500 x 500



 **Gambar Denah Balok Lt.2**
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Balok Lt. 3

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

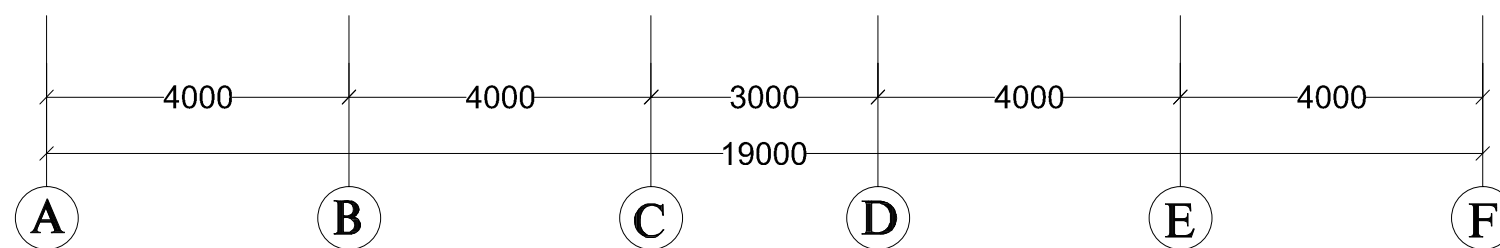
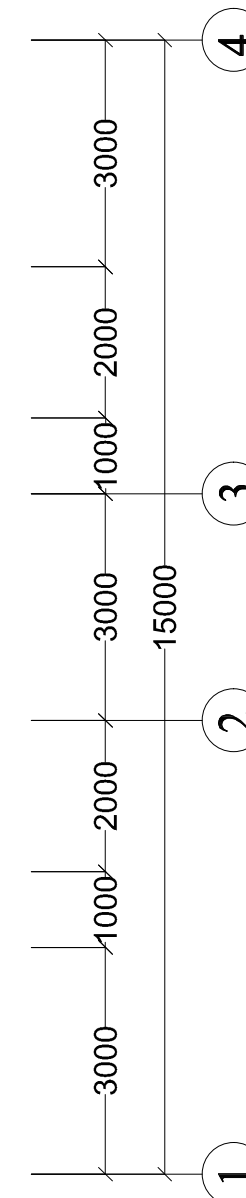
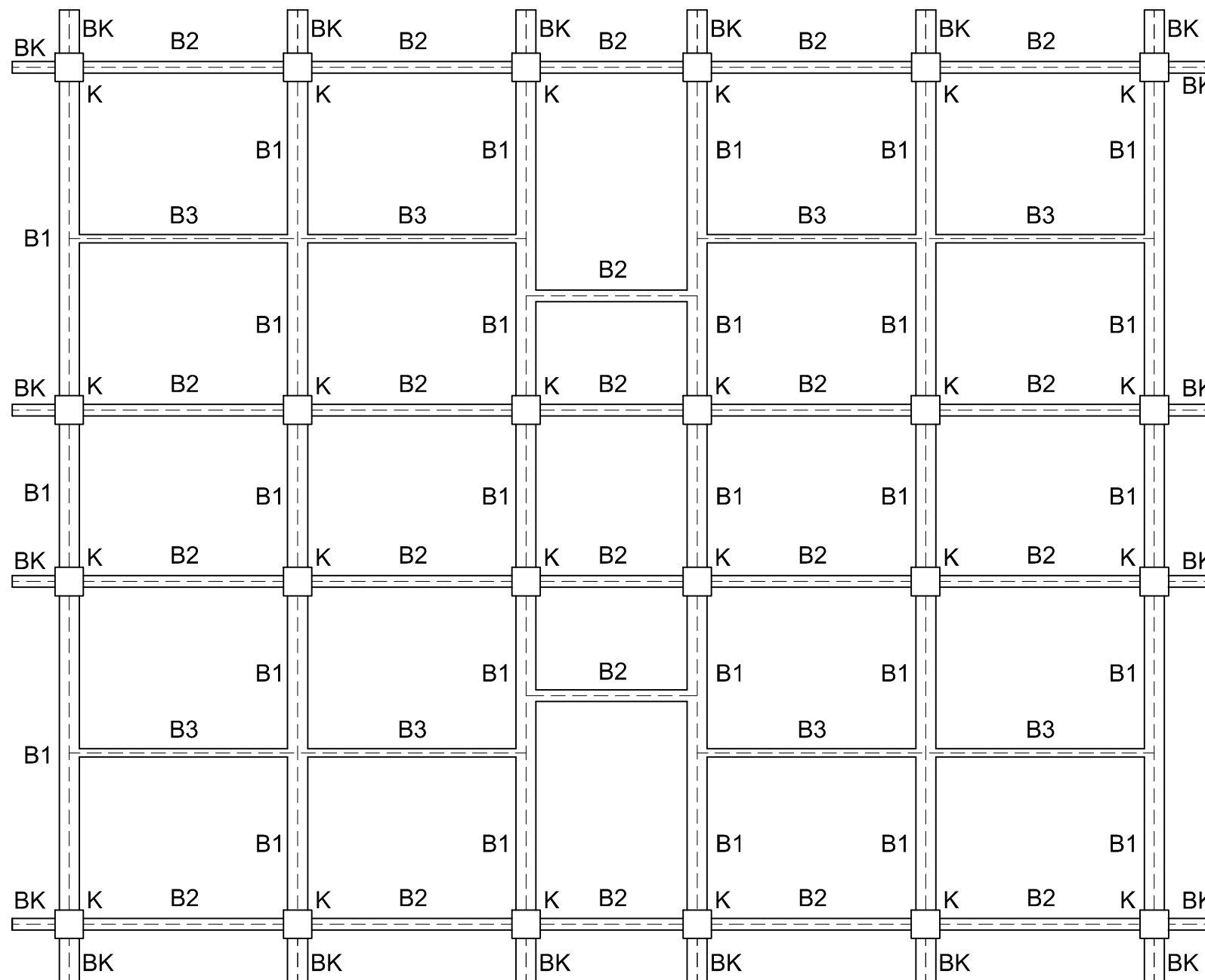
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

14	37
----	----

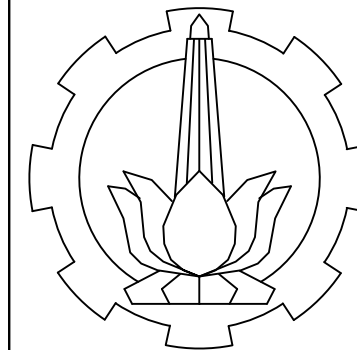
Approved	Mark
----------	------

No	Tipe Balok	Dimensi Balok
1	B1	350 x 450
2	B2	200 x 250
3	B3	150 x 200

No	Tipe Kolom	Dimensi Kolom
1	K	500 x 500



Gambar Denah Balok Lt.3
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Balok Lt. 4

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

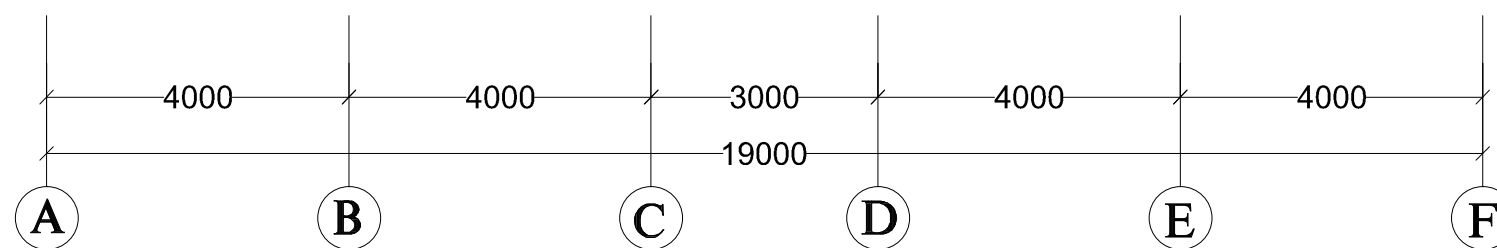
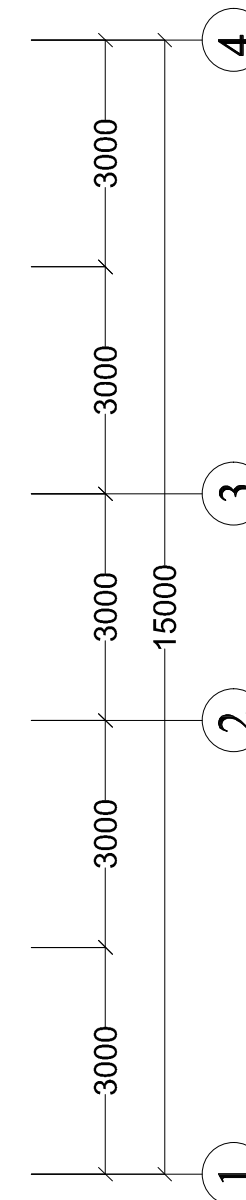
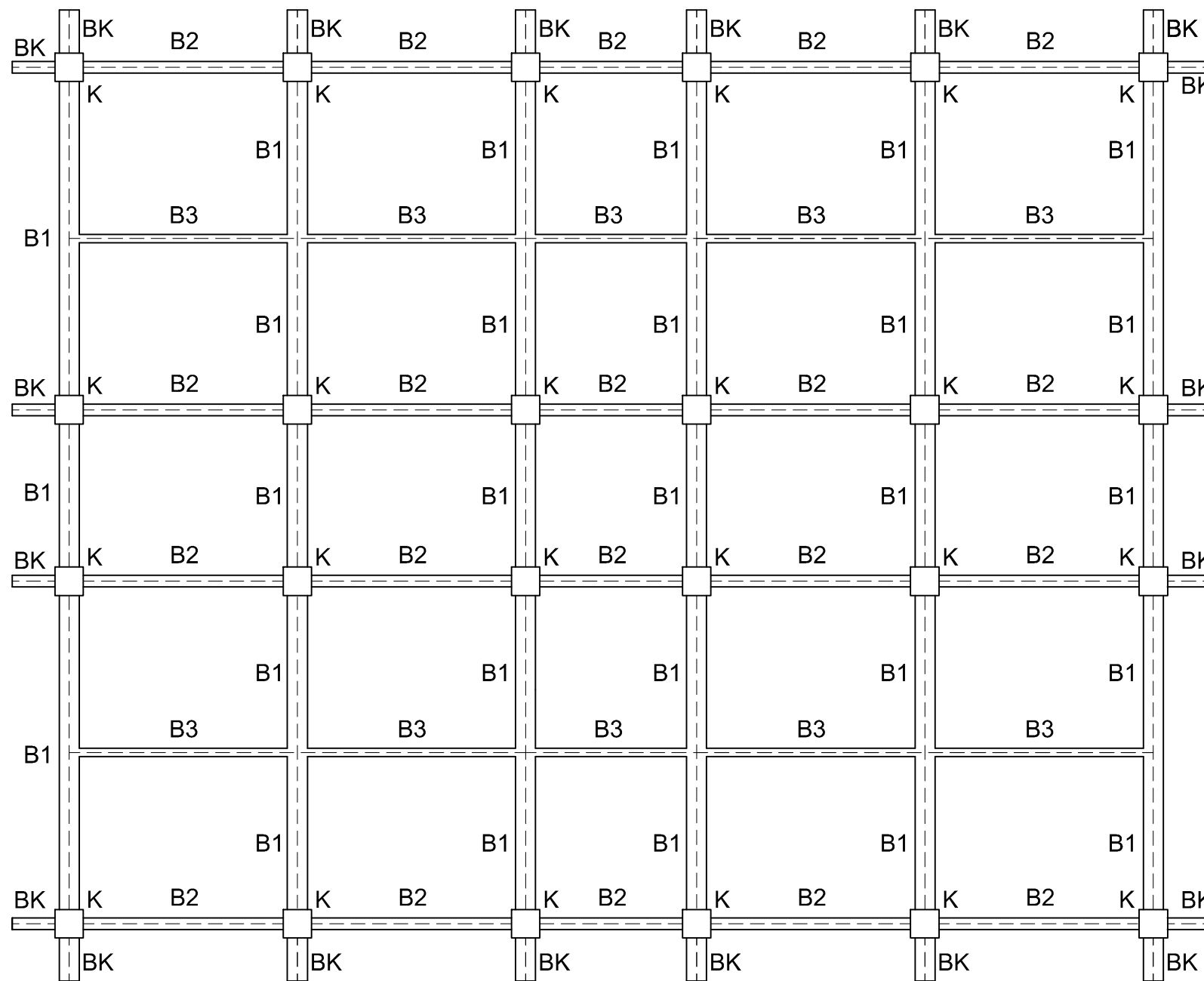
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

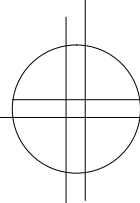
15	37
----	----

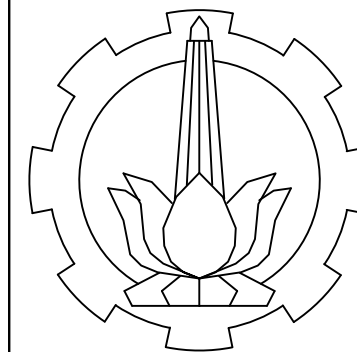
Approved	Mark
----------	------

No	Tipe Balok	Dimensi Balok
1	B1	350 x 450
2	B2	200 x 250
3	B3	150 x 200

No	Tipe Kolom	Dimensi Kolom
1	K	500 x 500



 **Gambar Denah Balok Lt.4**
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Plat Lt. 1

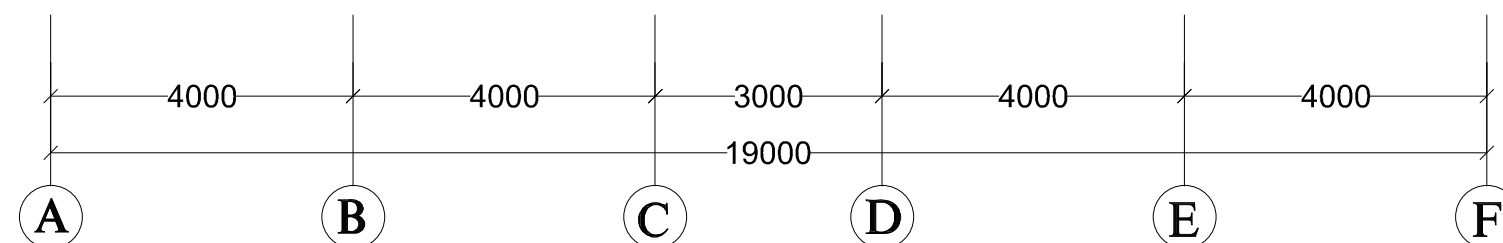
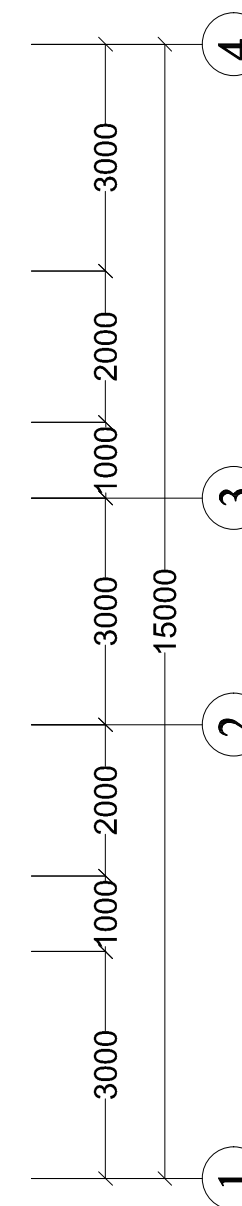
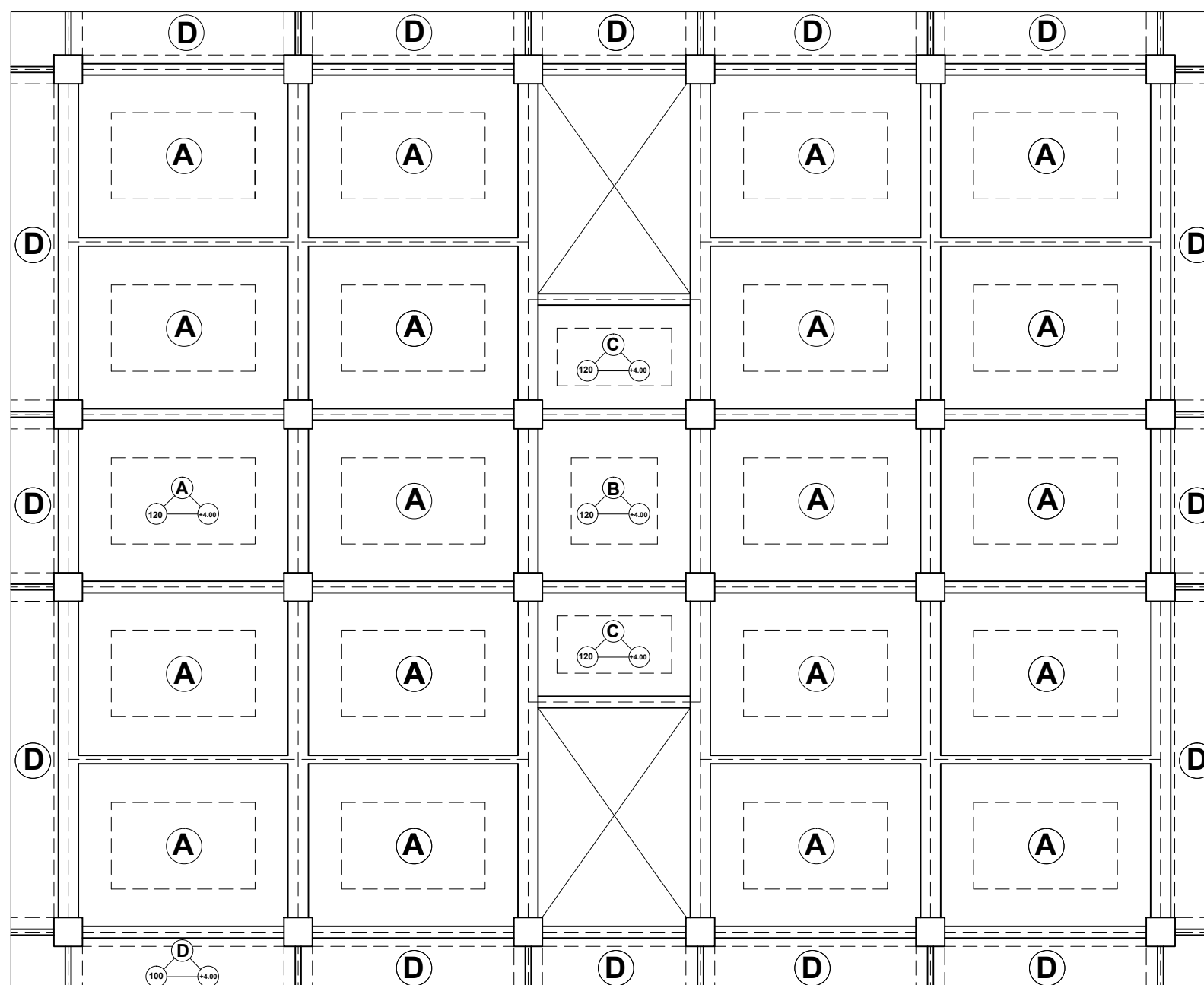
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

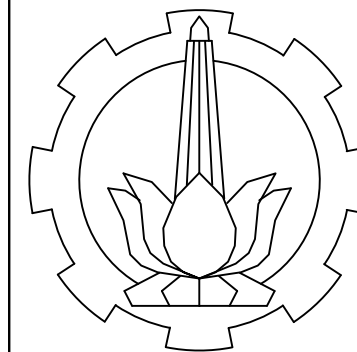
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

16	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Gambar Denah plat Lt. 1
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Plat Lt. 2

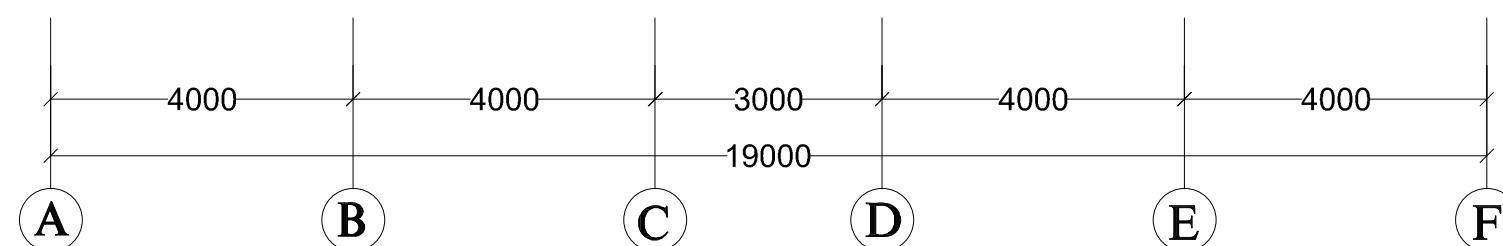
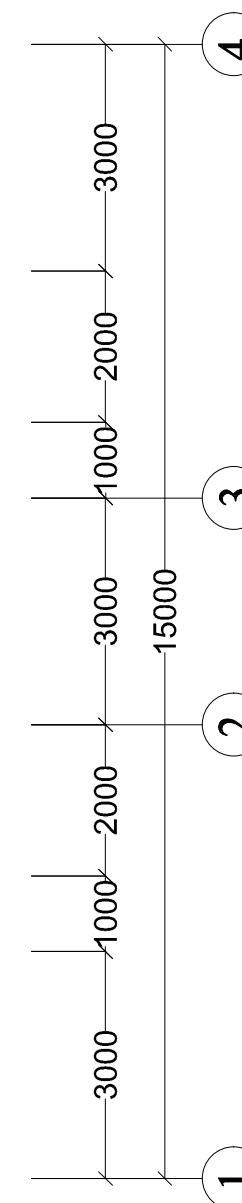
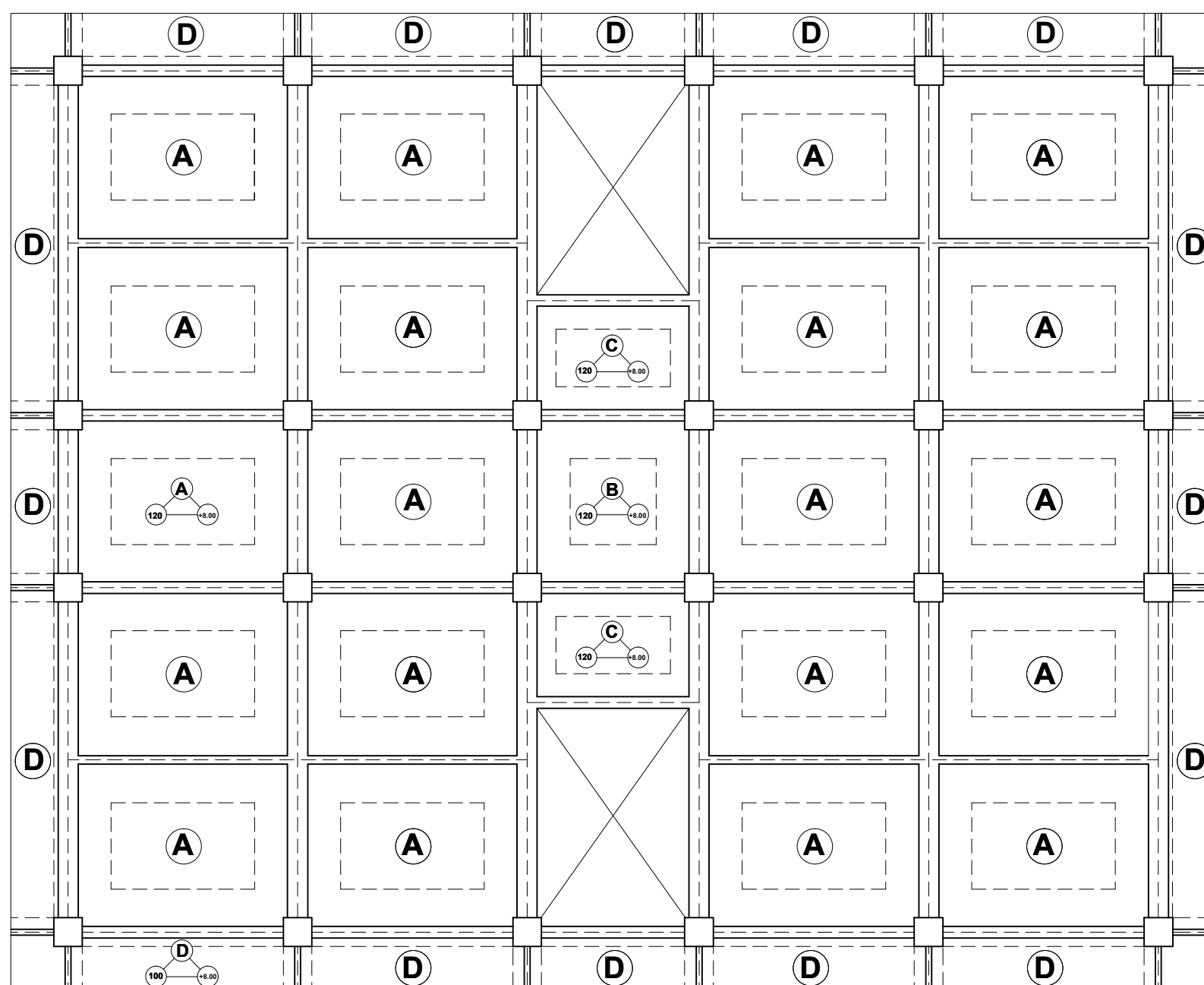
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

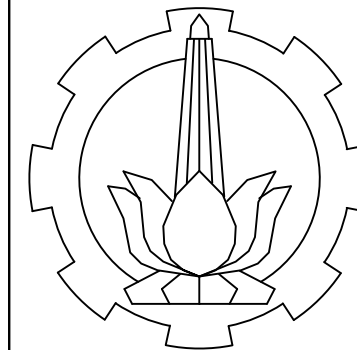
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

17	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Gambar Denah plat Lt. 2
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Plat Lt. 3

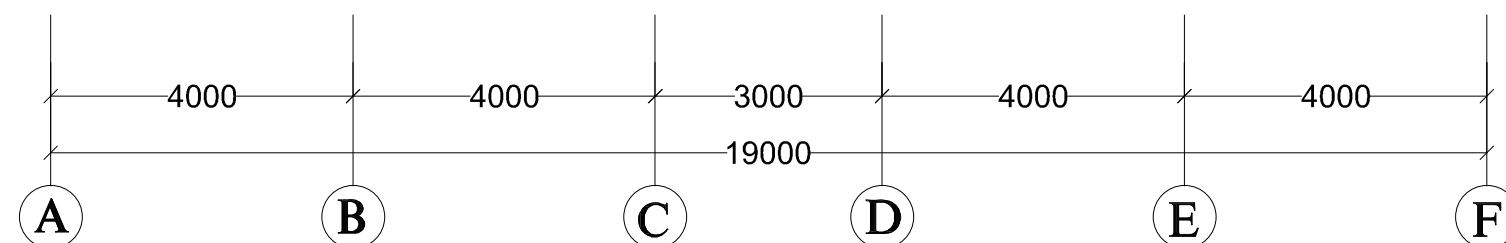
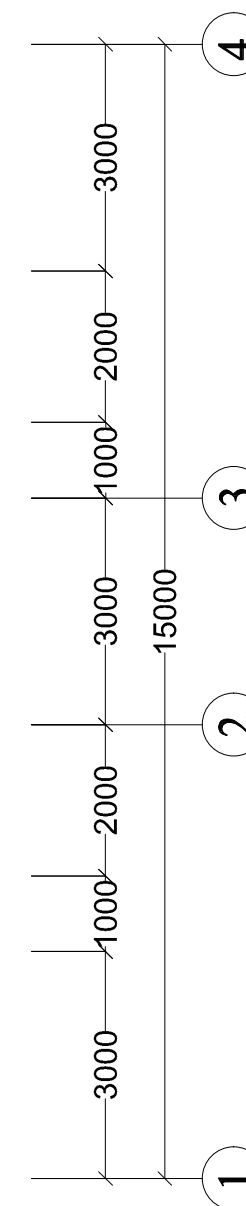
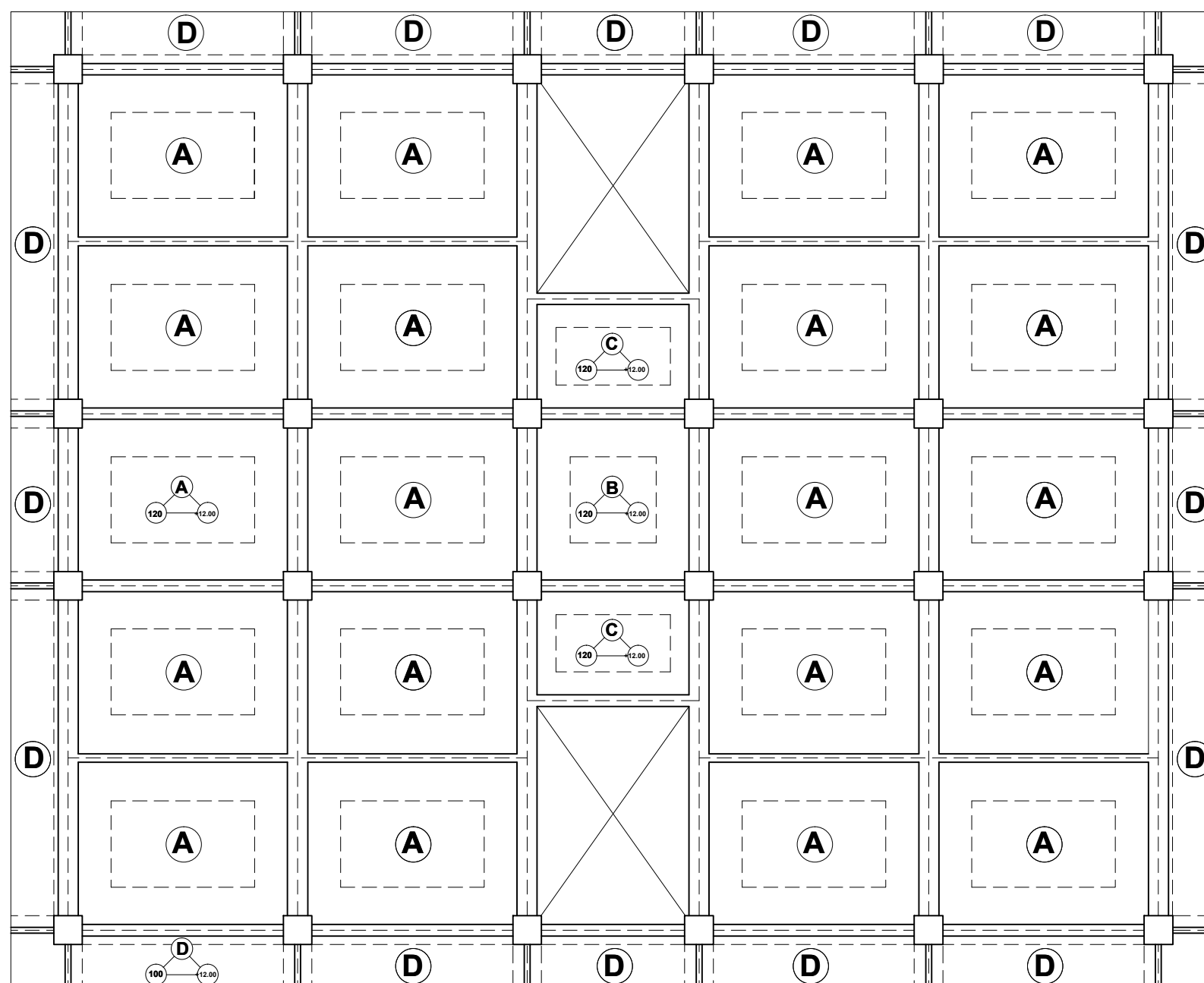
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

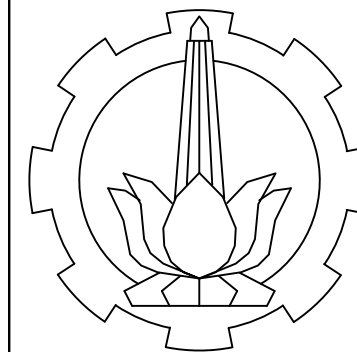
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

18	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Gambar Denah plat Lt. 3
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Plat Lt. 4

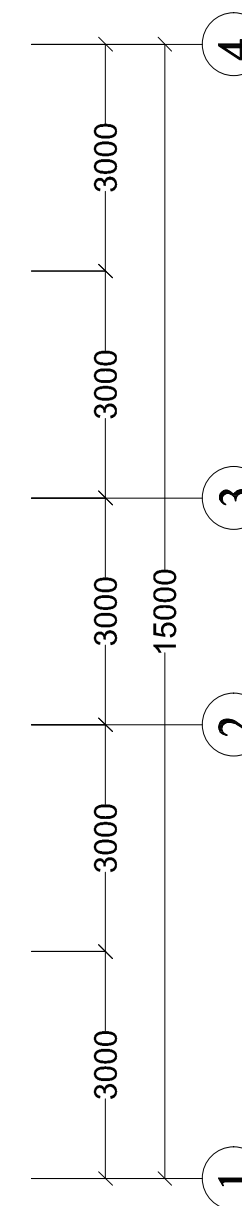
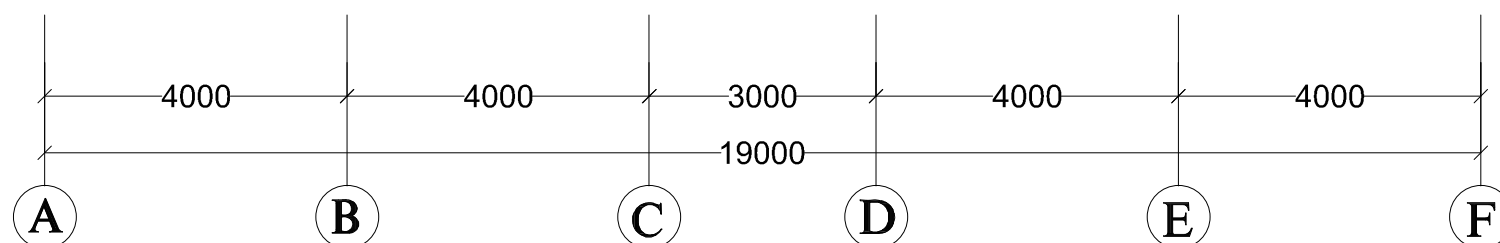
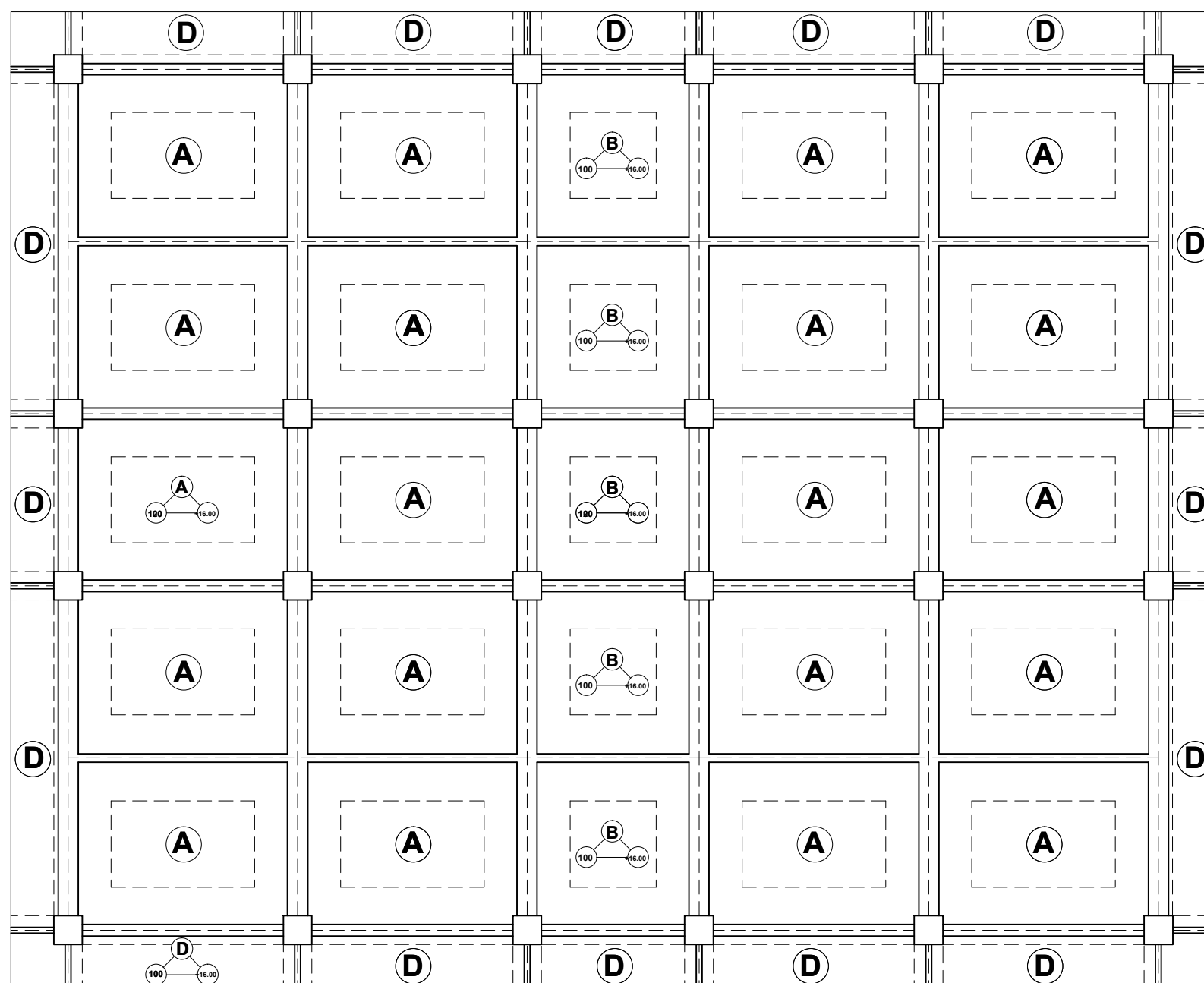
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

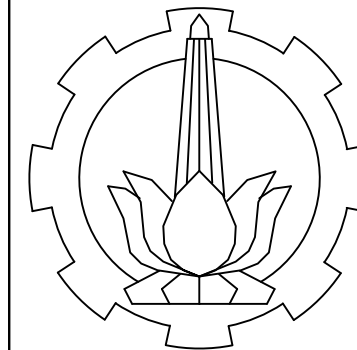
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

19	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Gambar Denah plat Lt. 4
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

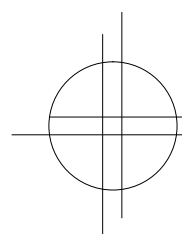
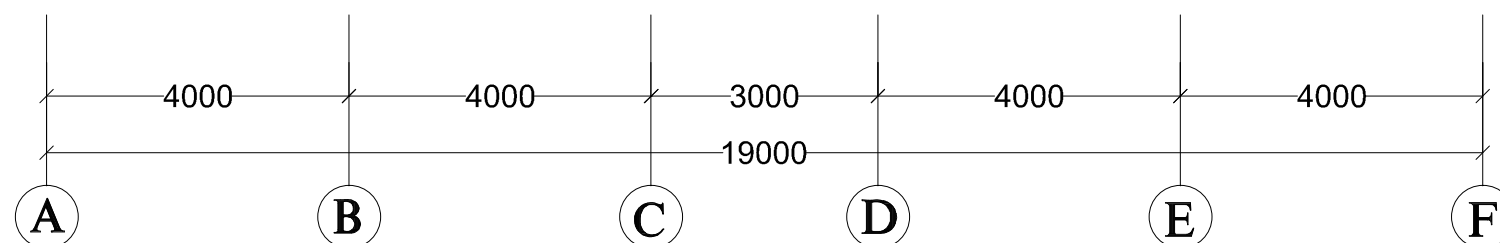
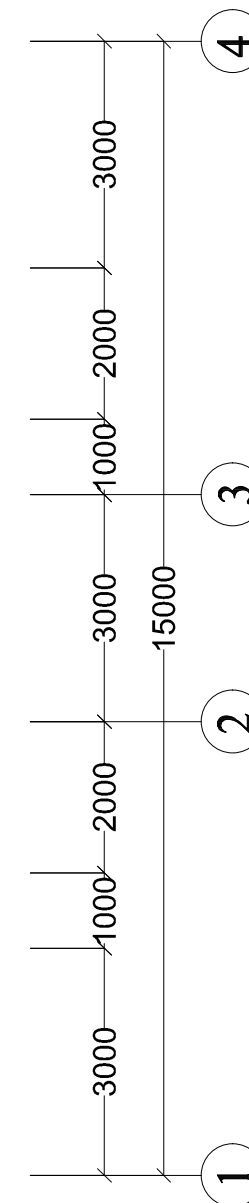
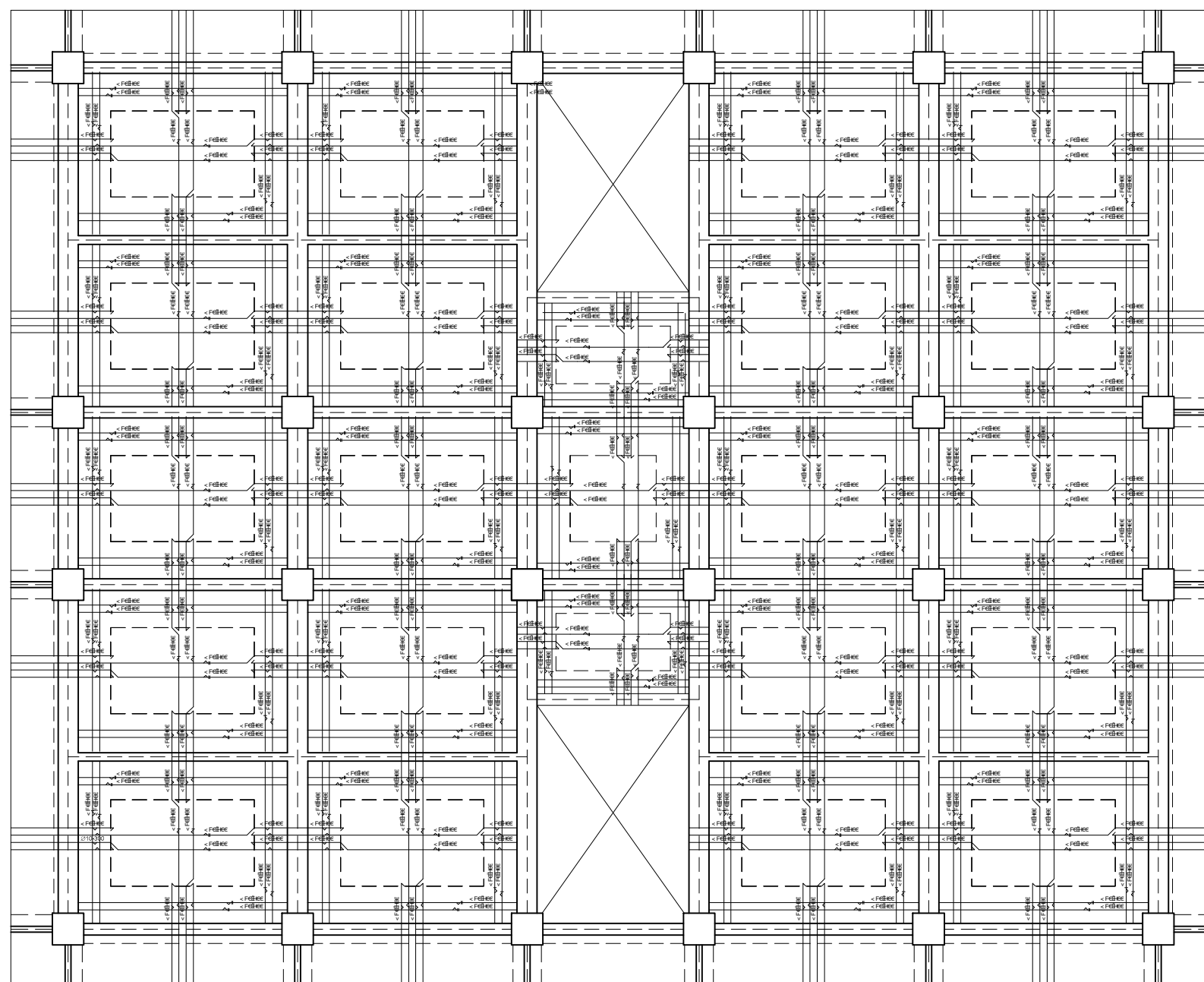
Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

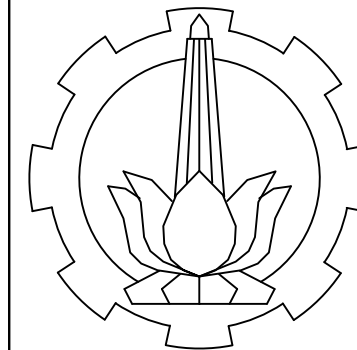
Gambar Penulangan Pelat Lt. 1

Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
20	37
Approved	Mark



Denah Penulangan Pelat Lt.1

Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Penulangan Pelat Lt. 2

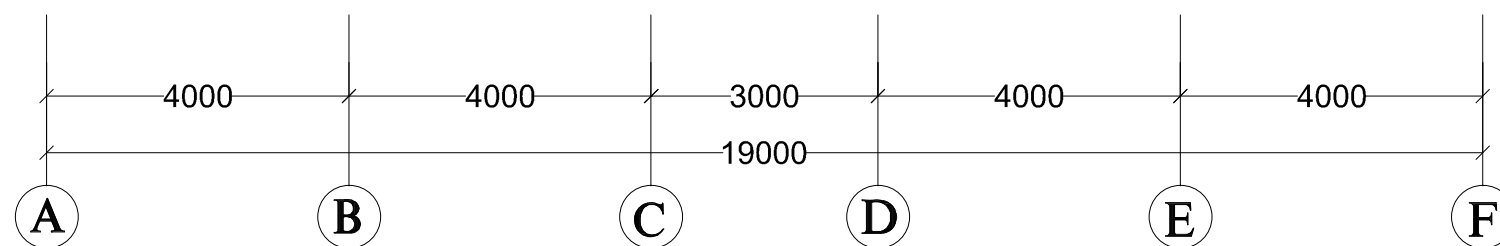
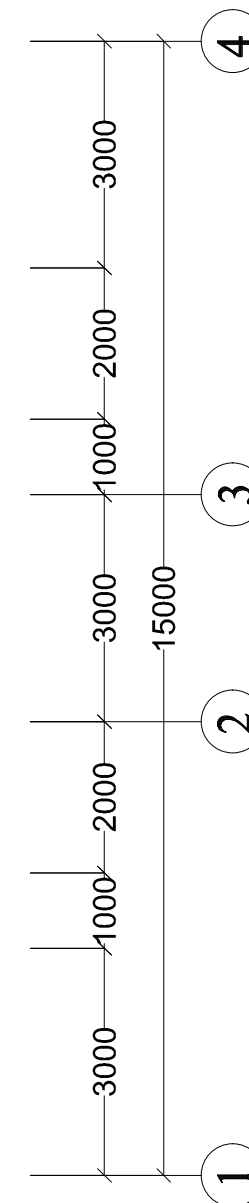
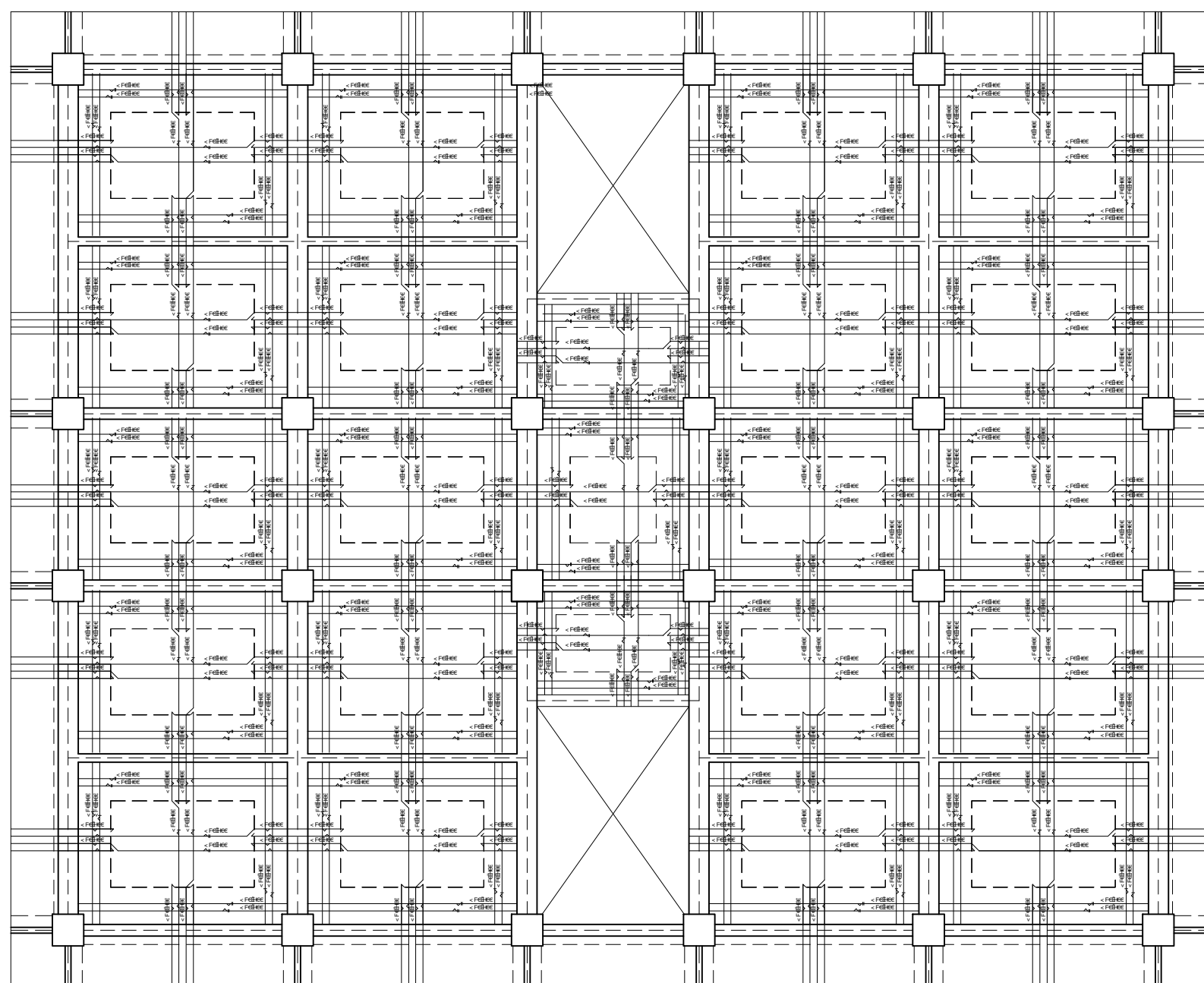
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

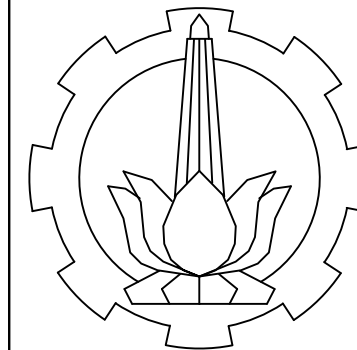
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

21	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Denah Penulangan Pelat Lt.2
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

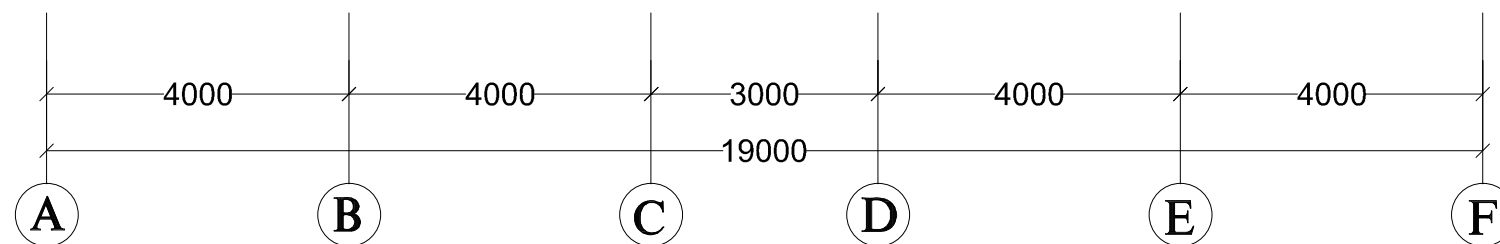
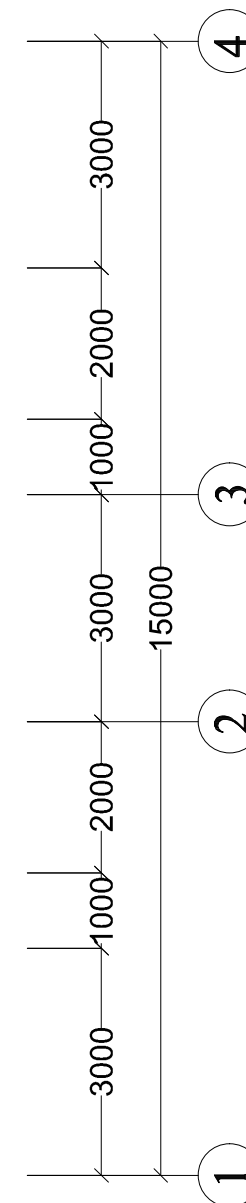
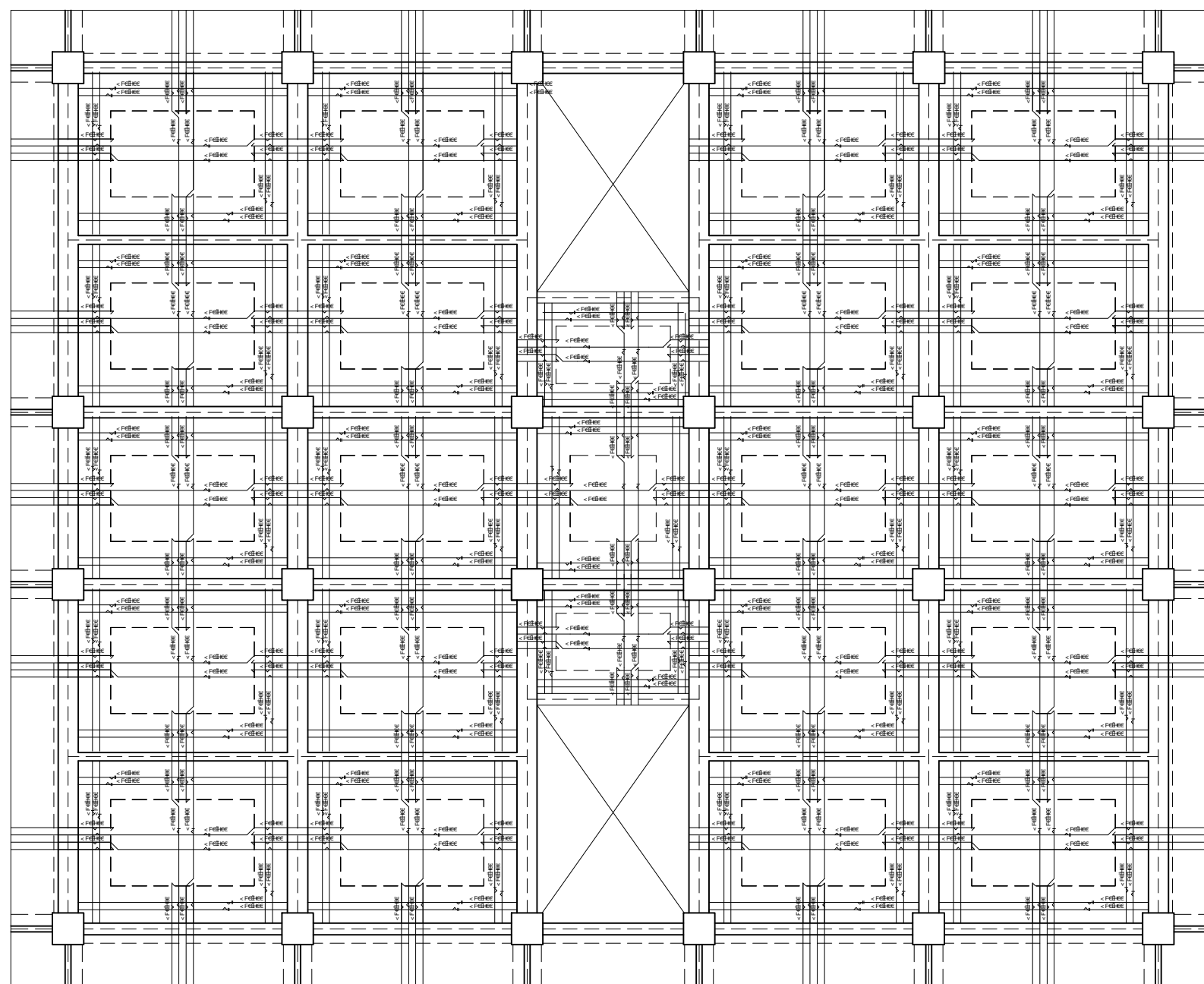
Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

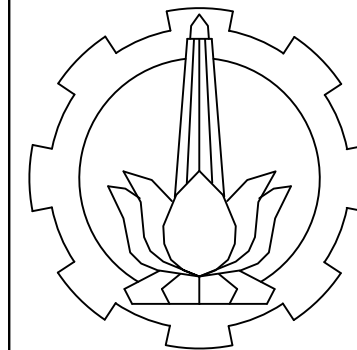
Judul Gambar

**Gambar Penulangan
 Pelat Lt. 3**

Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
22	37
Approved	Mark



Denah Penulangan Pelat Lt.3
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Penulangan Pelat Lt. 4

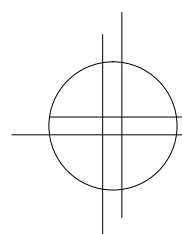
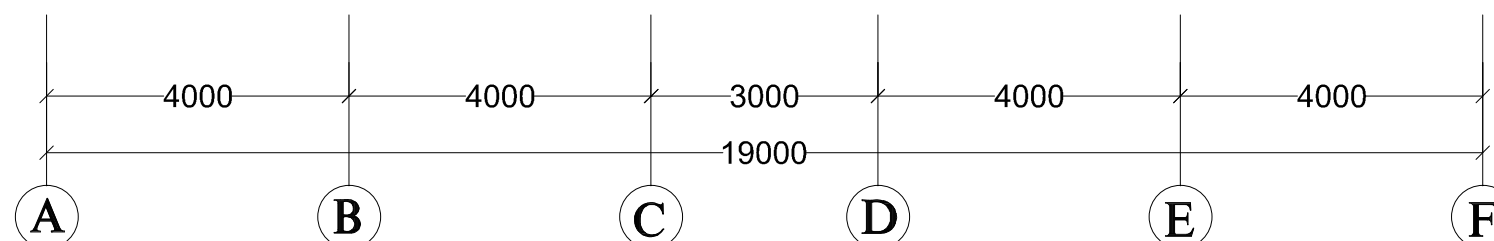
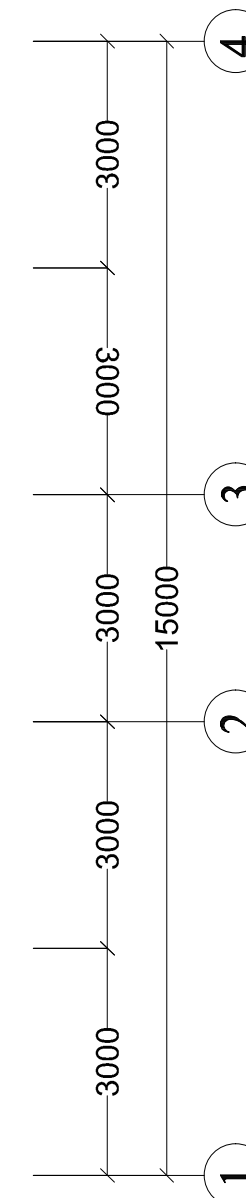
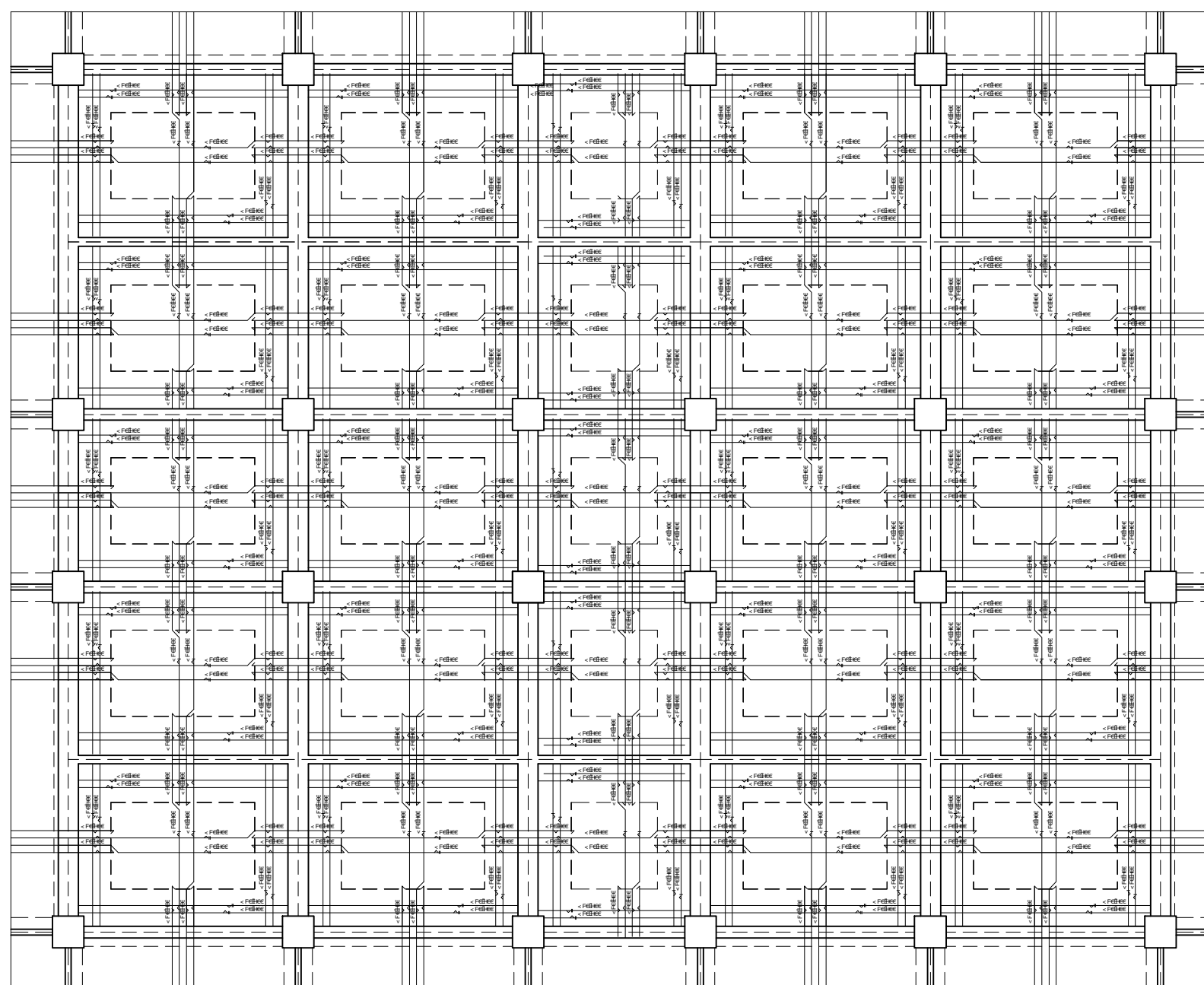
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

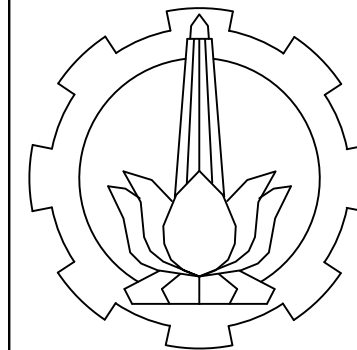
23	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Denah Penulangan Pelat Lt.4

Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Penulangan Plat Tipe A

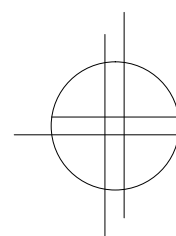
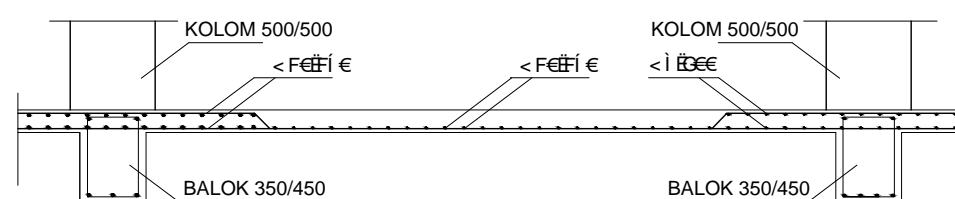
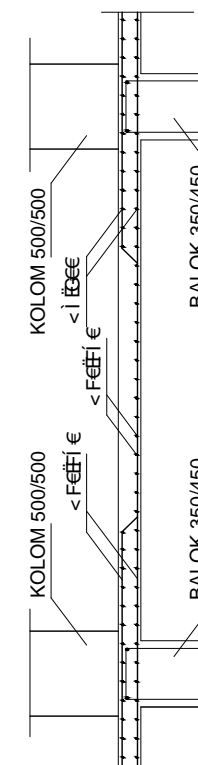
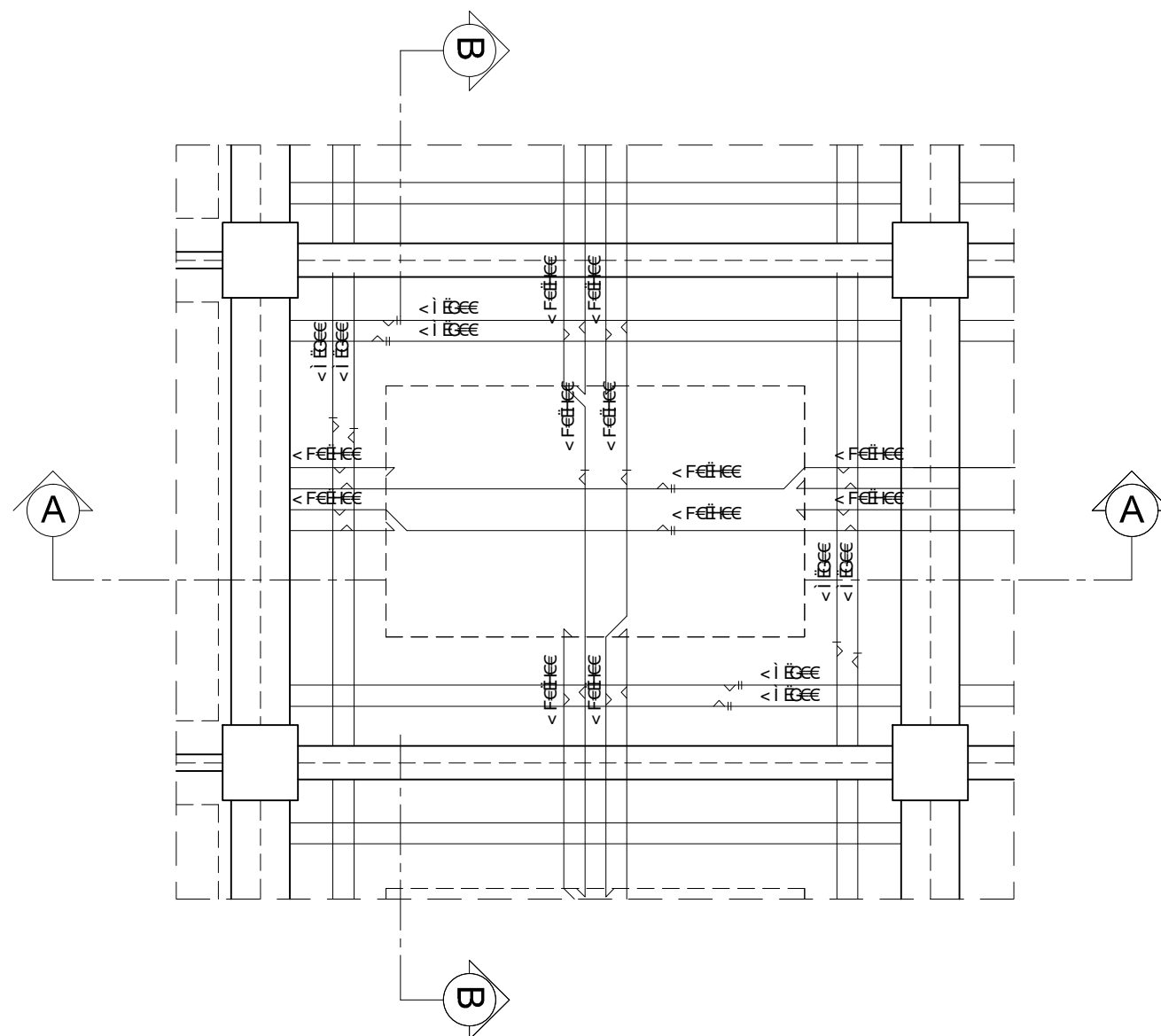
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 40	STR
--------	-----

No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

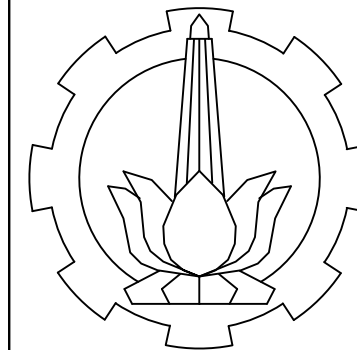
24	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Detail Penulangan Plat Tipe A

Skala 1 : 40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Penulangan Plat Tipe B

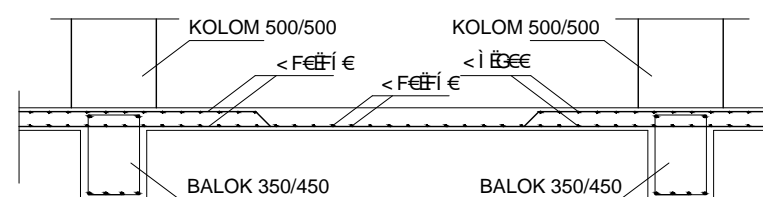
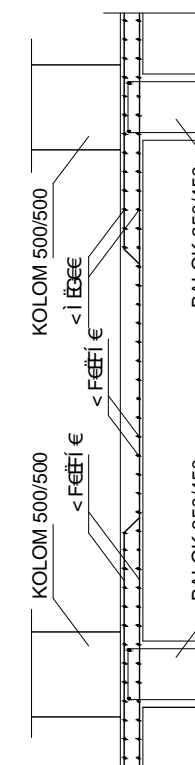
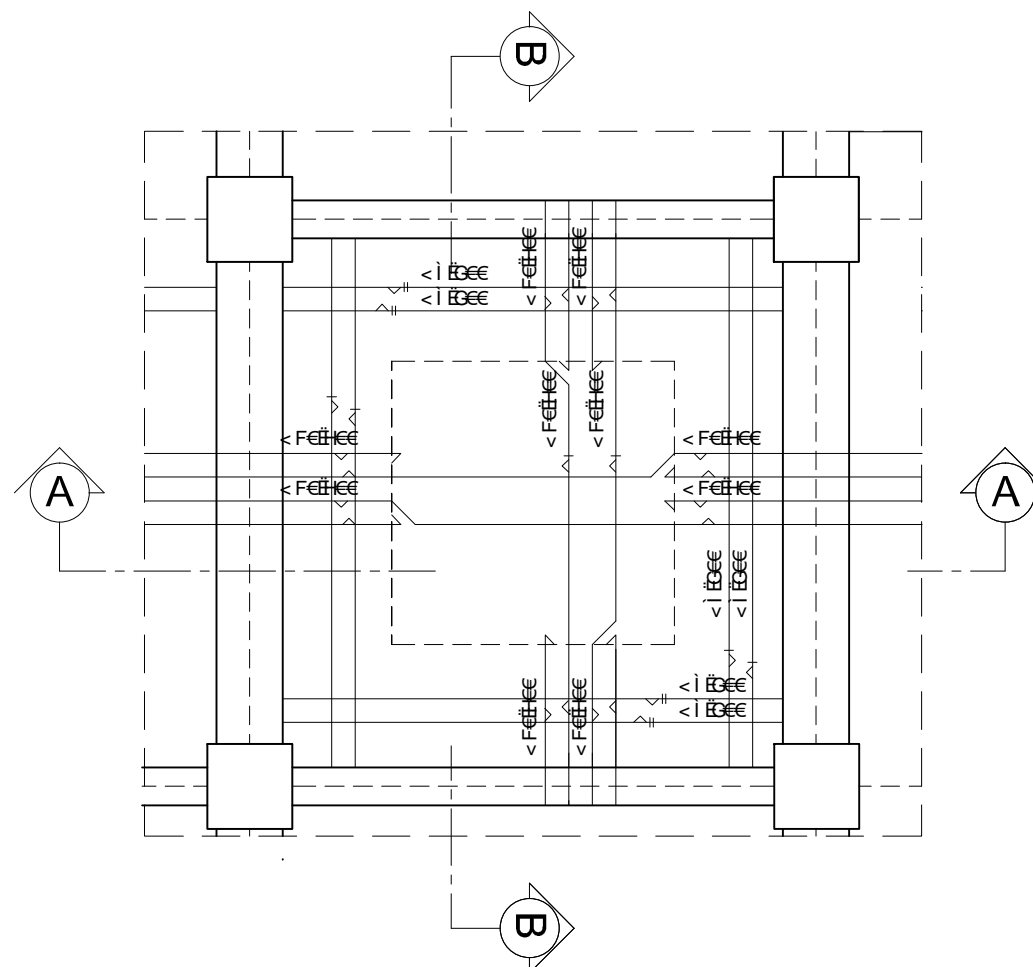
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

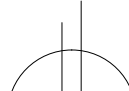
1 : 40	STR
--------	-----

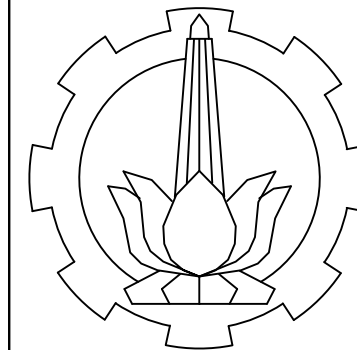
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

25	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



 **Detail Penulangan Plat Tipe B**
 Skala 1 : 40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

**Detail Pondasi Tiang
 Pancang Tipe 1 SRPMM**

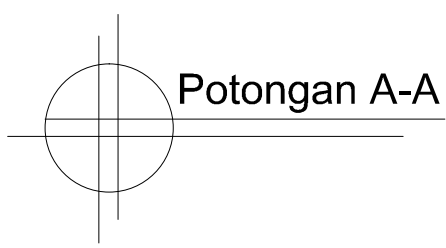
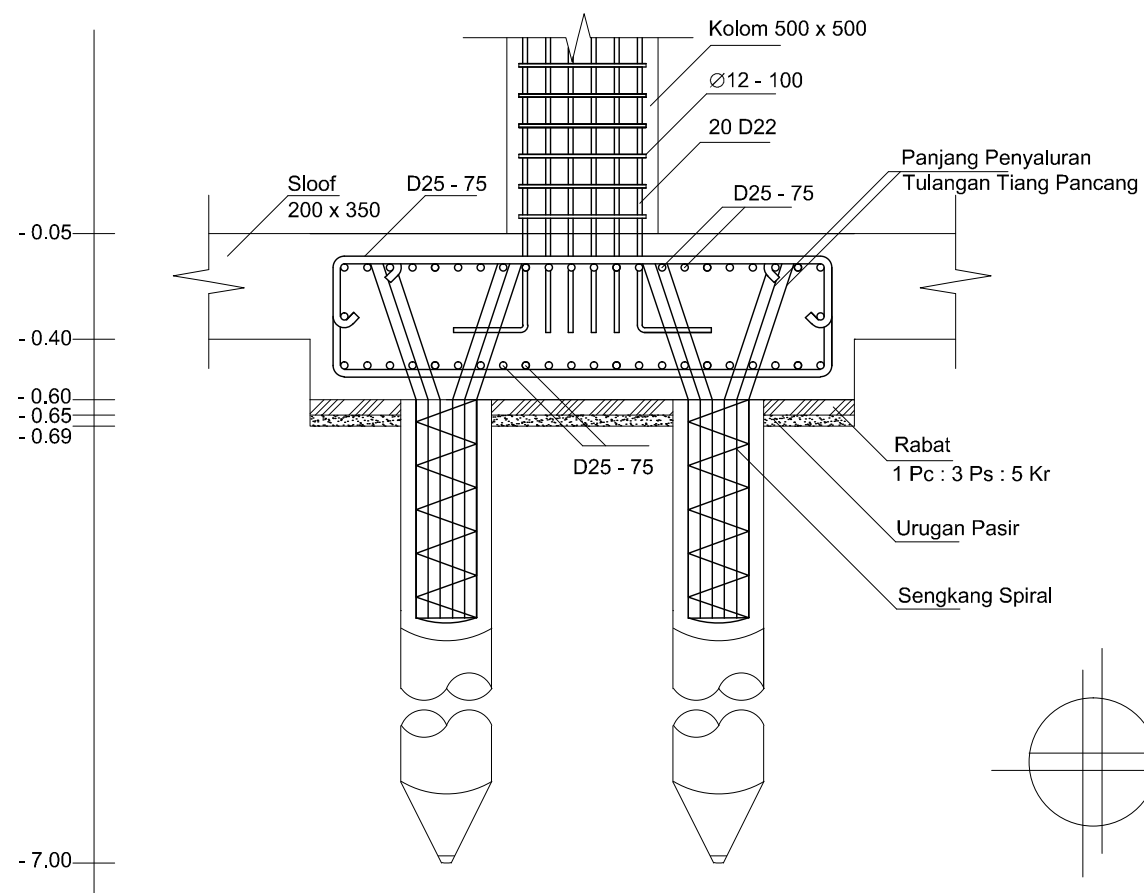
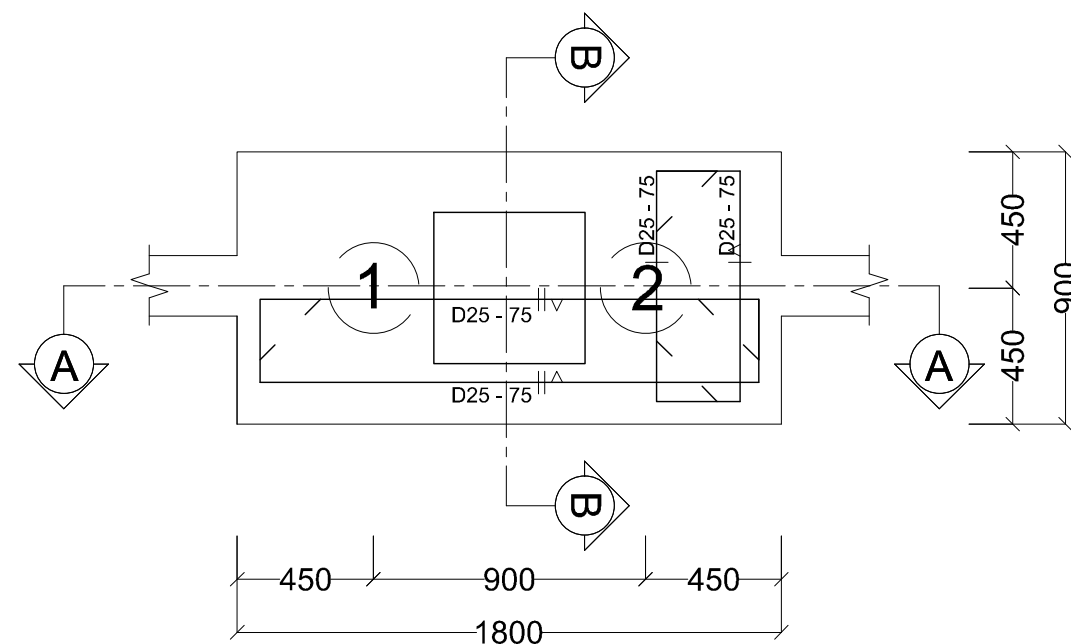
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 25	STR
--------	-----

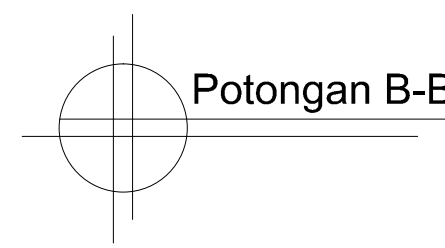
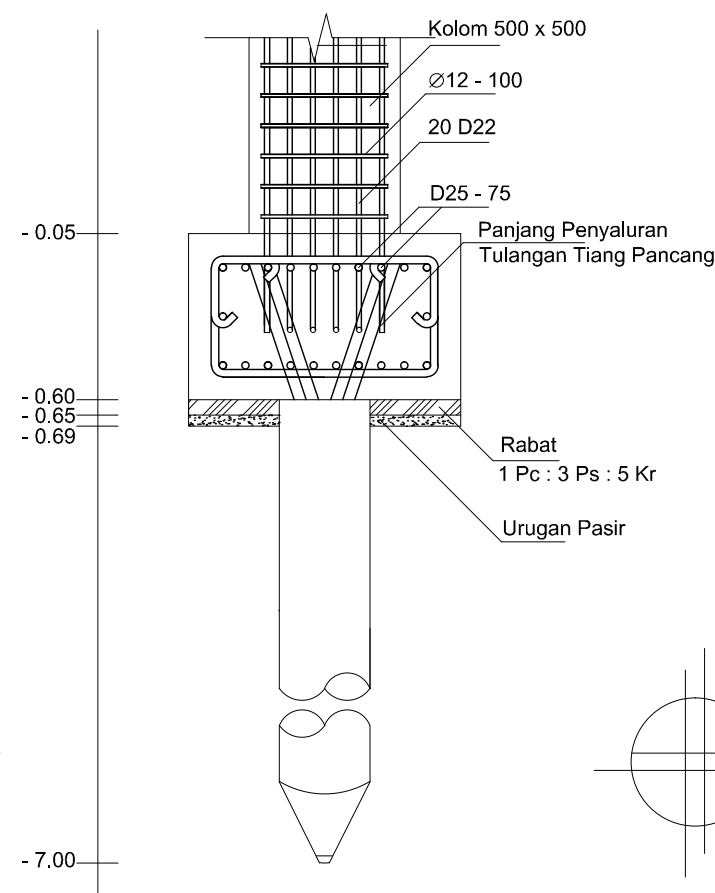
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

26	37
----	----

Approved	Mark
----------	------

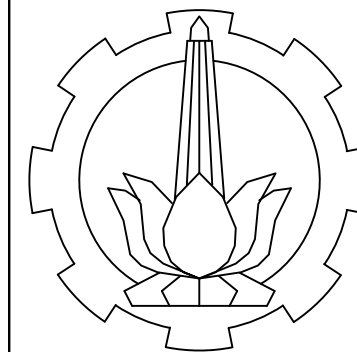


Potongan A-A



Potongan B-B

Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 1 SRPMM
 Skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 2 SRPMM

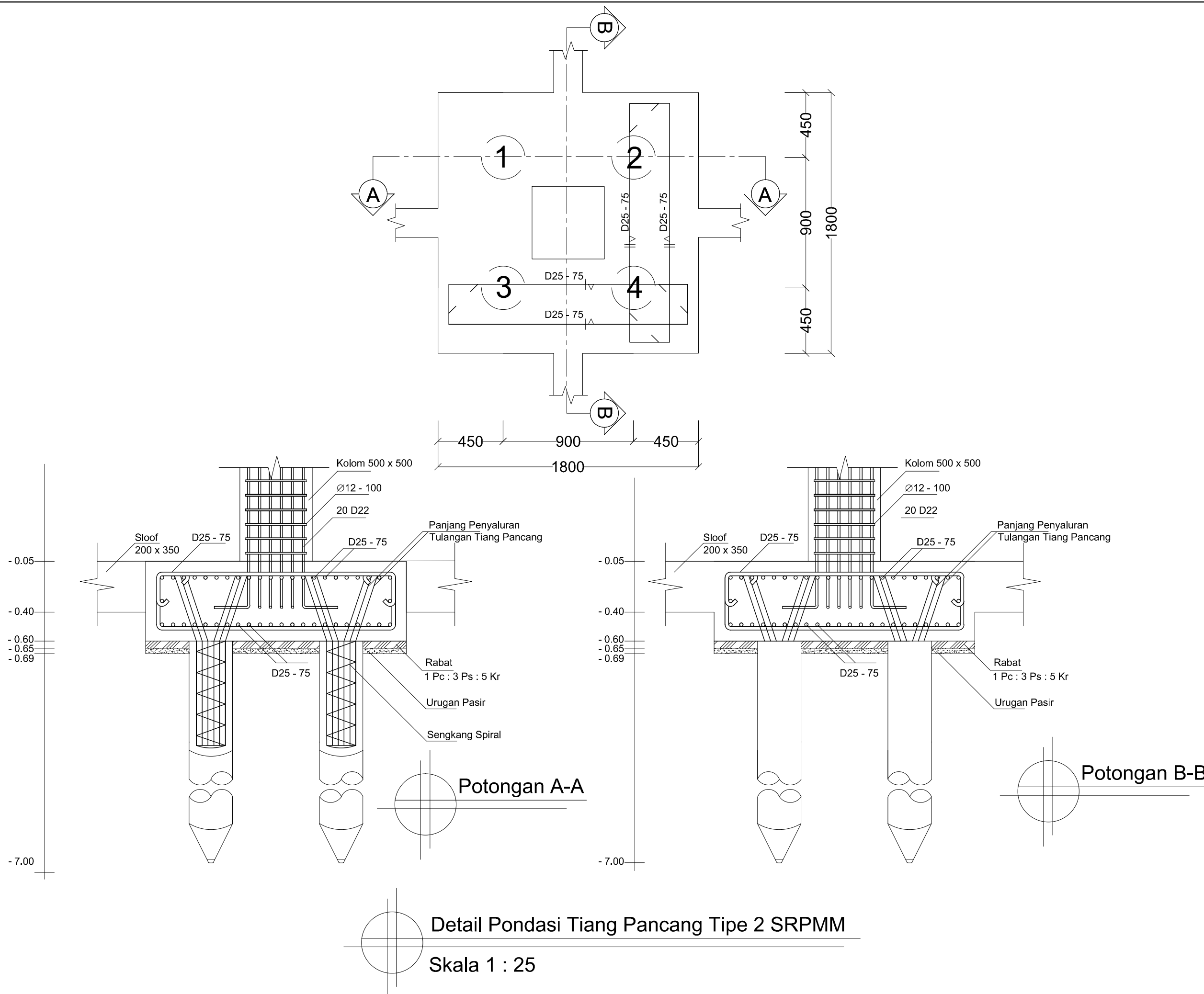
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 25	STR
--------	-----

No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

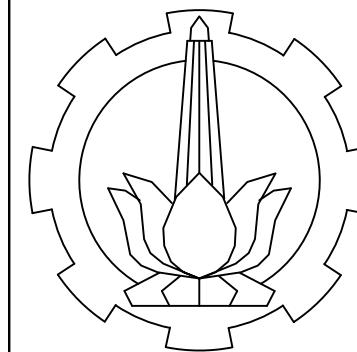
27	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 2 SRPMM

Skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 2 SRPMK

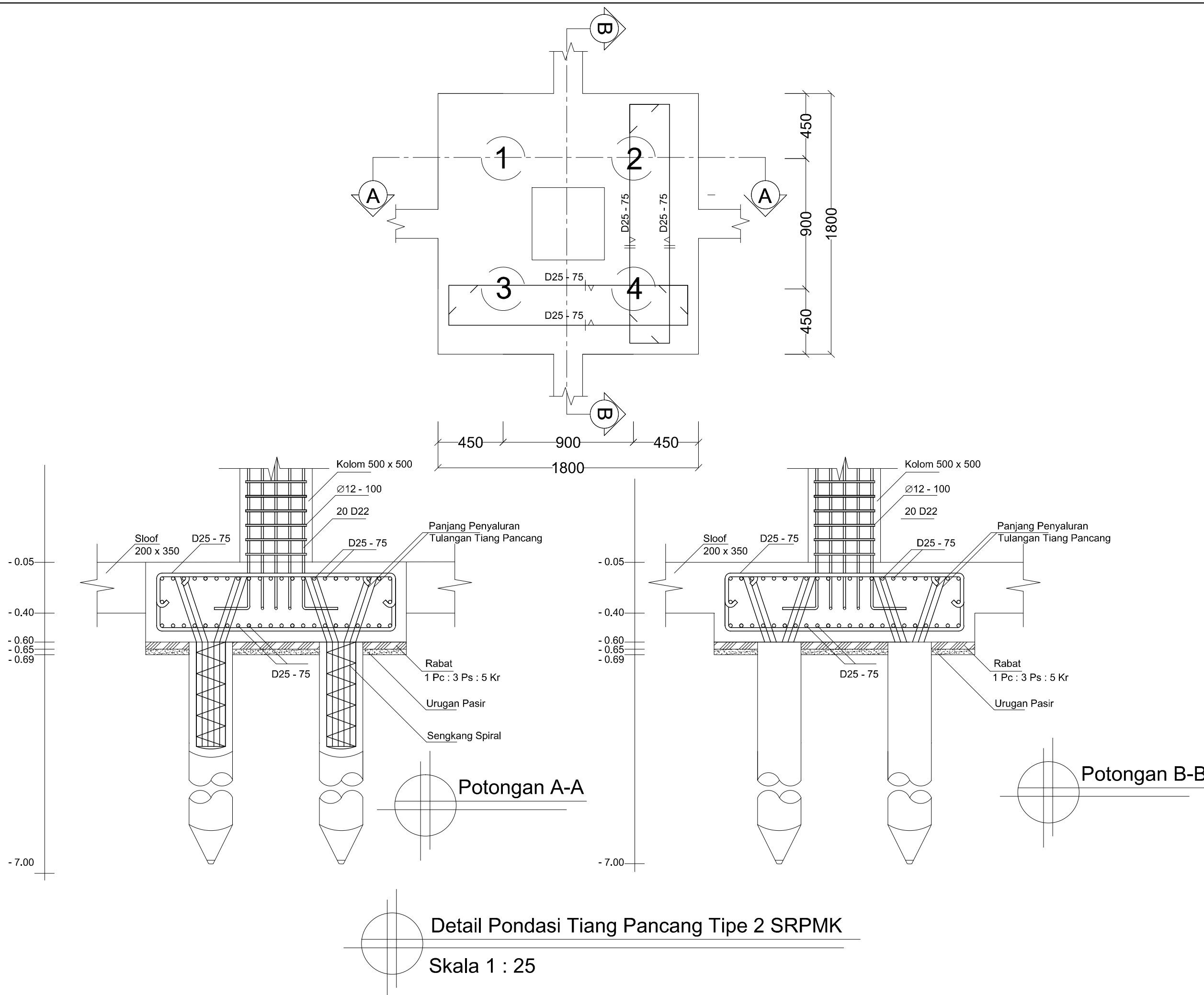
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 25	STR
--------	-----

No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

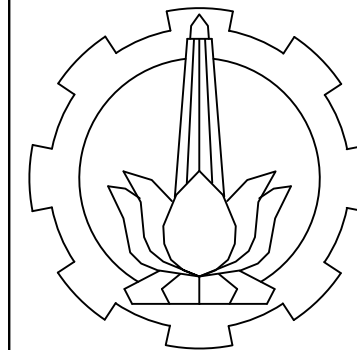
28	37
----	----

Approved	Mark
----------	------



Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 2 SRPMK

Skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

**Detail Pondasi Tiang
 Pancang Tipe 1 SRPMK**

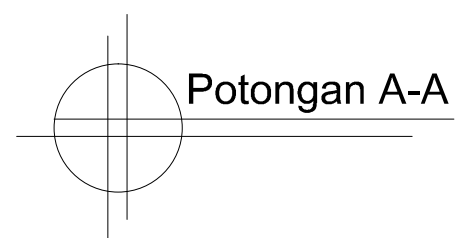
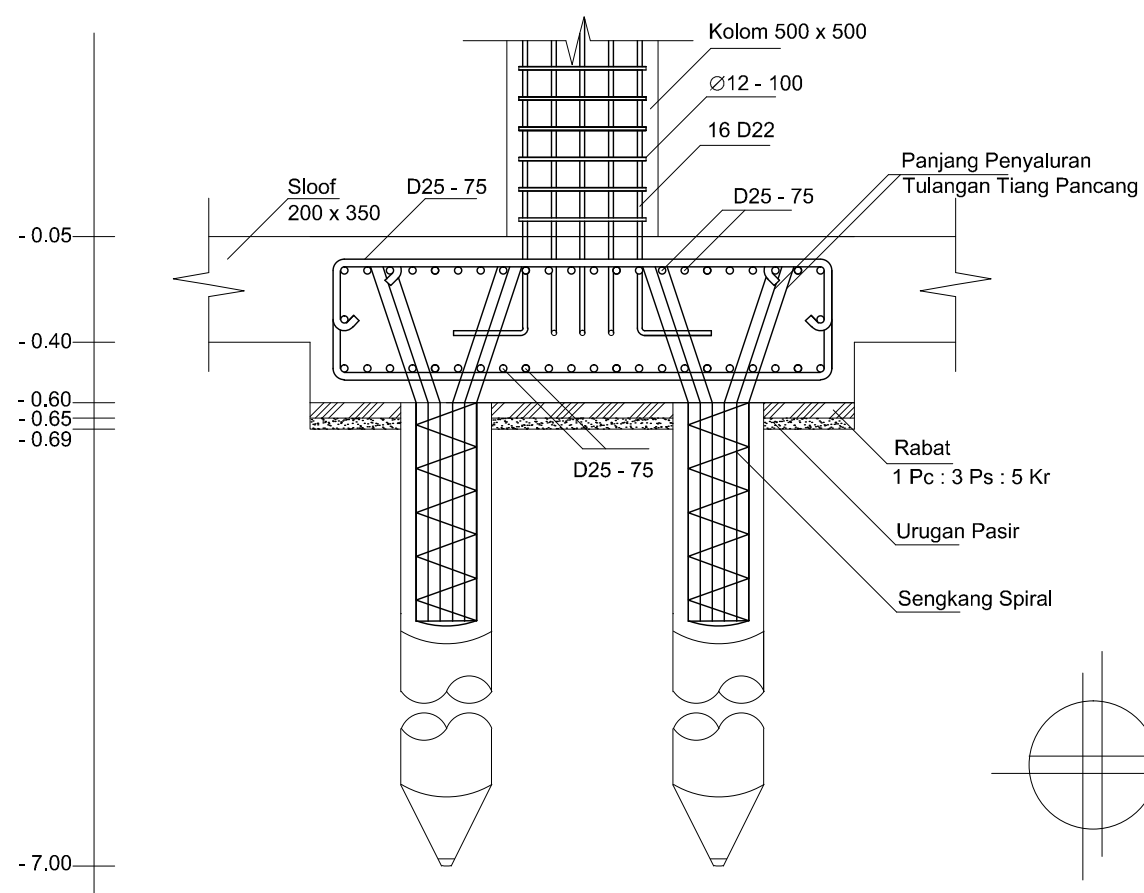
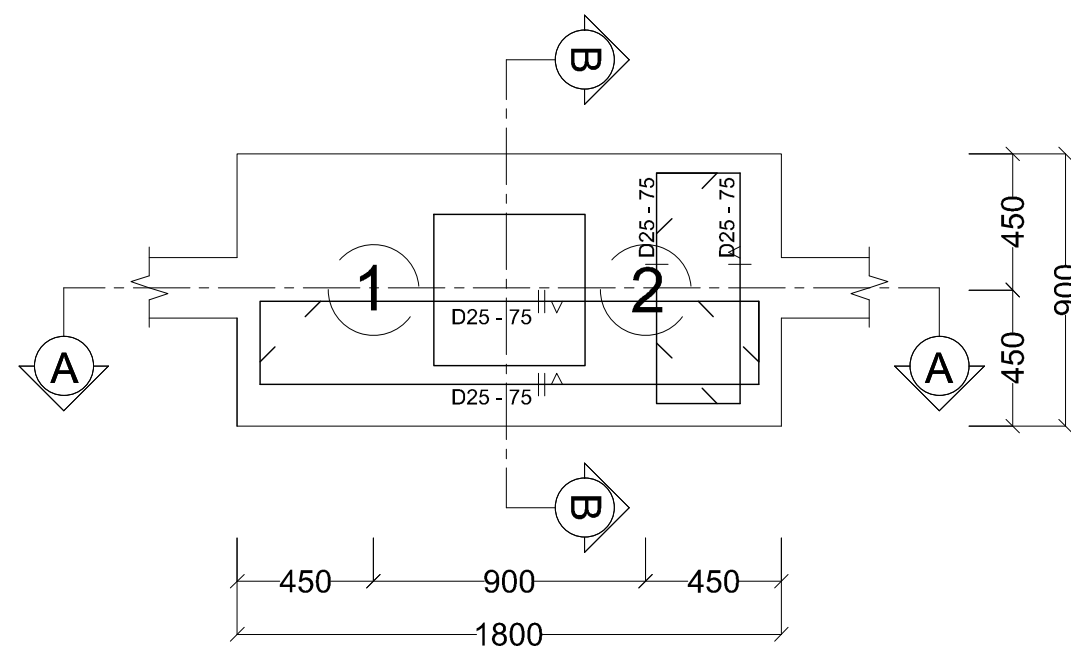
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 25	STR
--------	-----

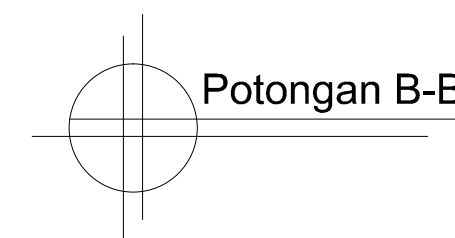
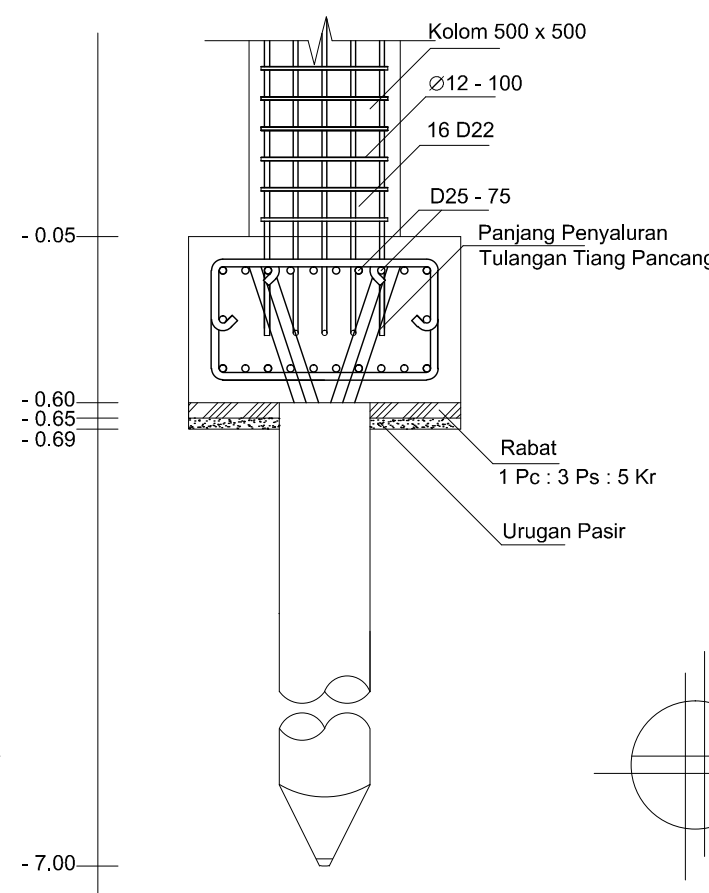
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

29	37
----	----

Approved	Mark
----------	------

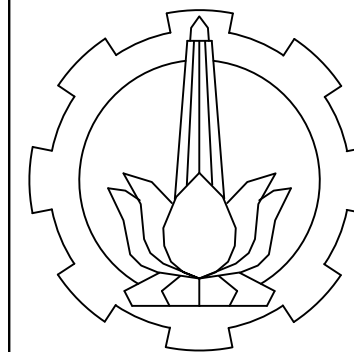


Potongan A-A



Potongan B-B

Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 1 SRPMK
 Skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTANGKAP BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

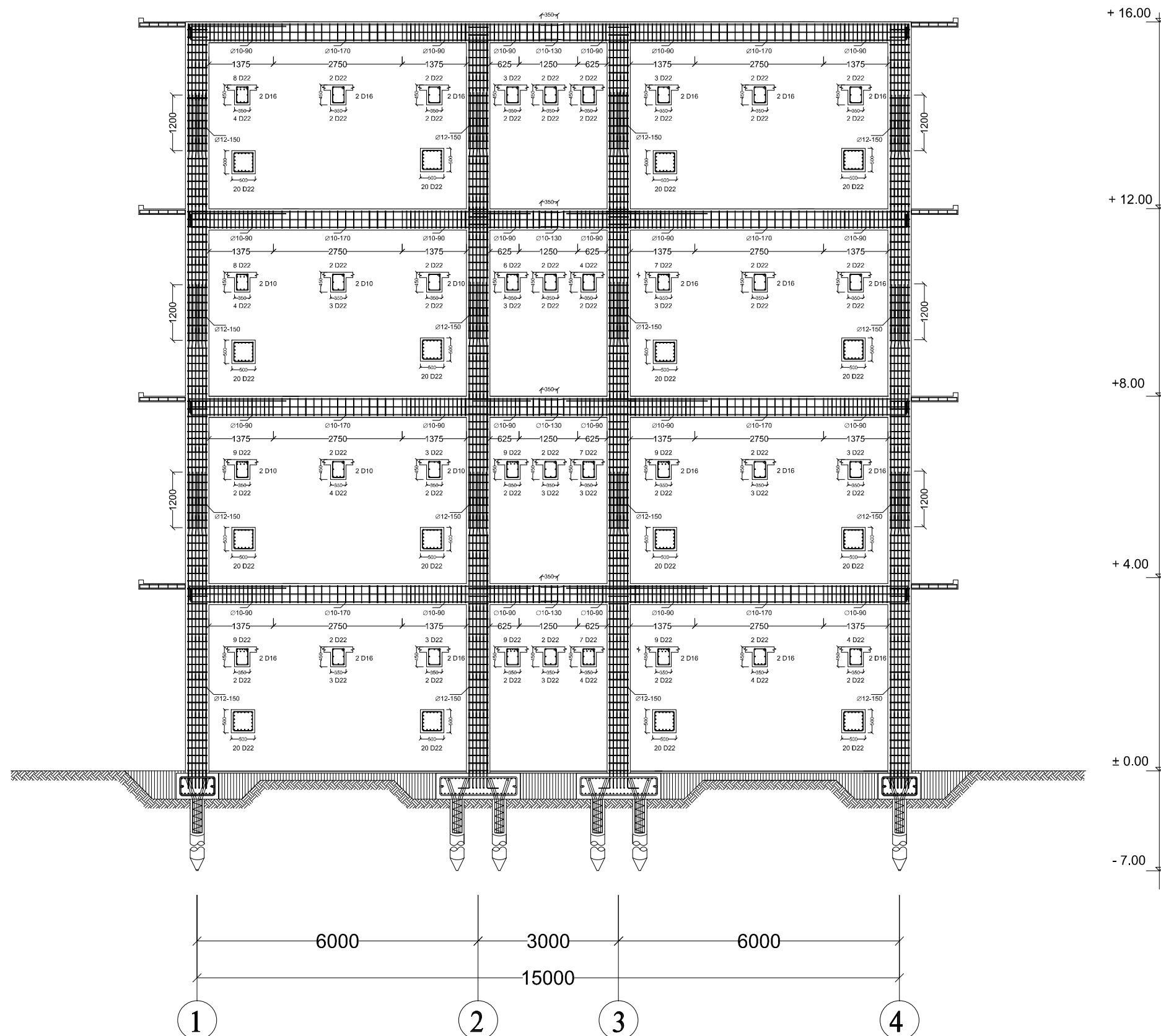
Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

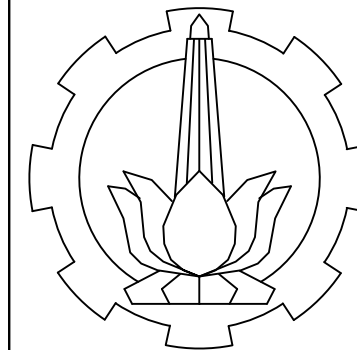
Judul Gambar

Gambar Portal As C SRPMM

Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
30	37
Approved	Mark



Gambar Portal As C SRPMM
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

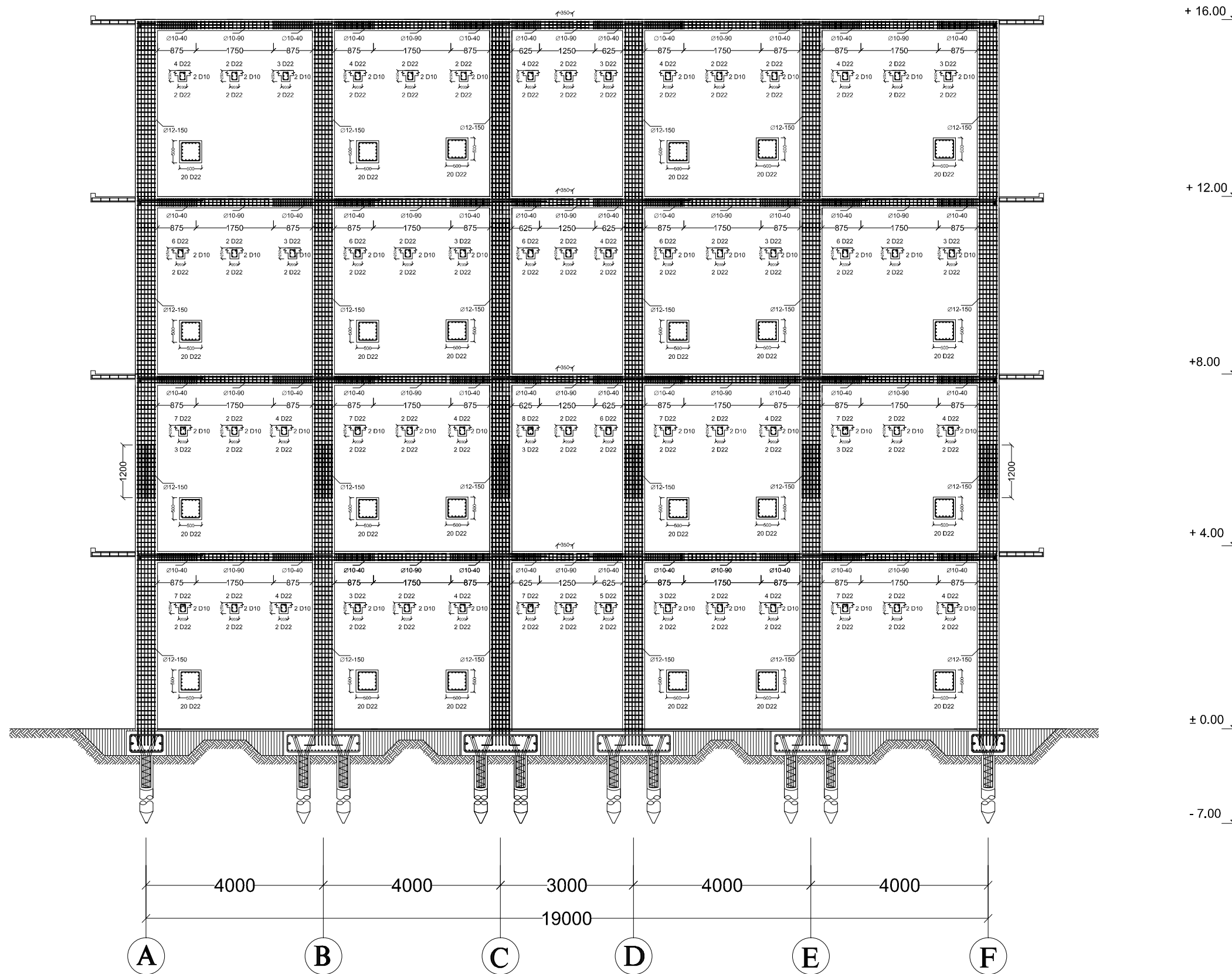
Nama Mahasiswa

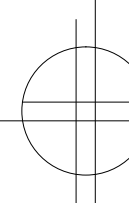
Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

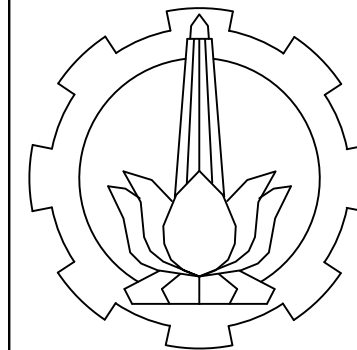
Judul Gambar

Gambar Portal As 2 SRPMM

Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
31	37
Approved	Mark




Gambar Portal As 2 SRPMM
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTANGKAI BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

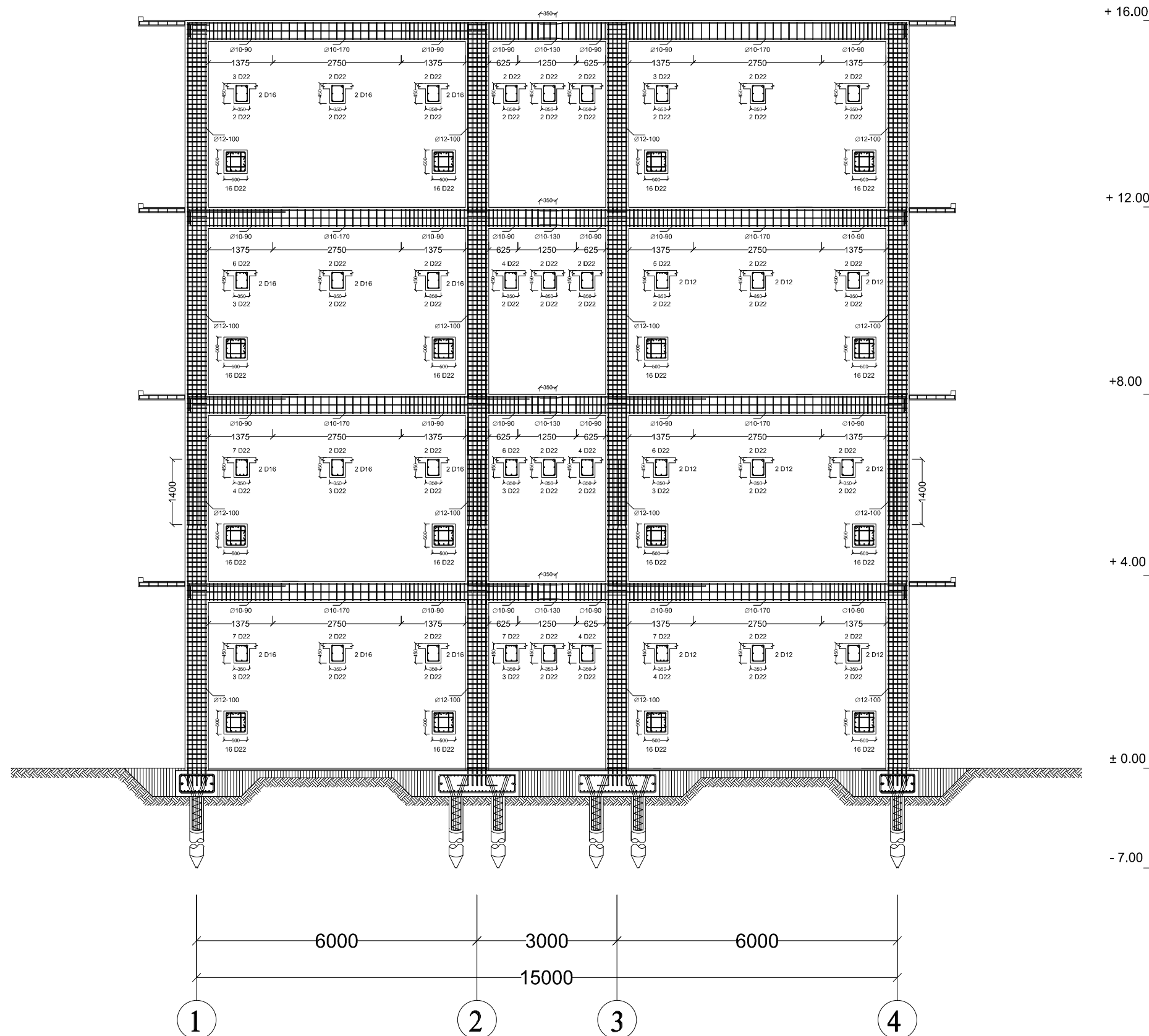
Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

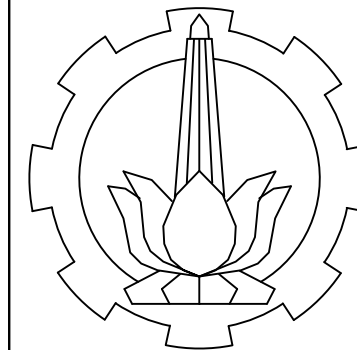
Judul Gambar

Gambar Portal As C SRPMK

Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
32	37
Approved	Mark



Gambar Portal As C SRPMK
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

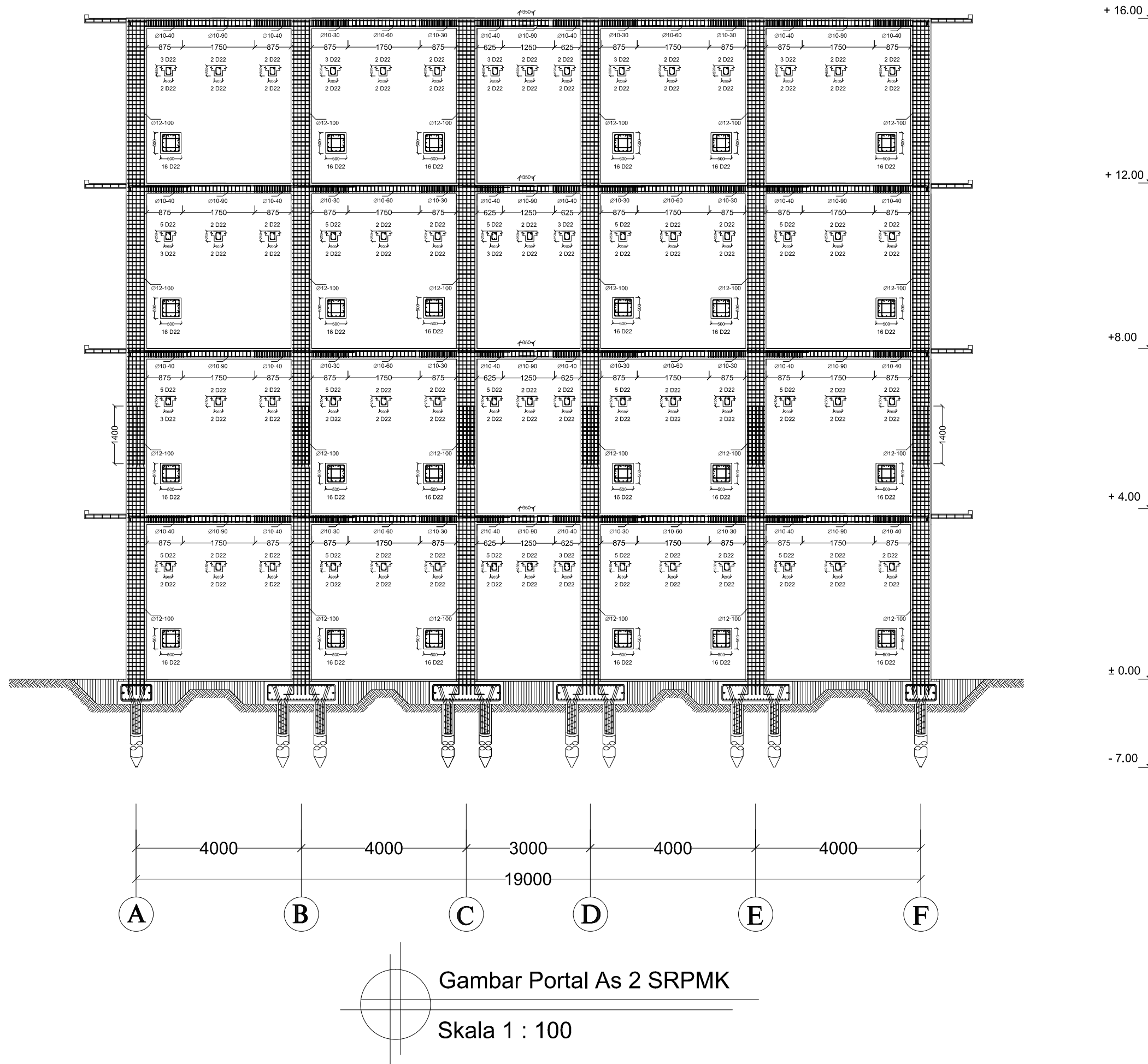
Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

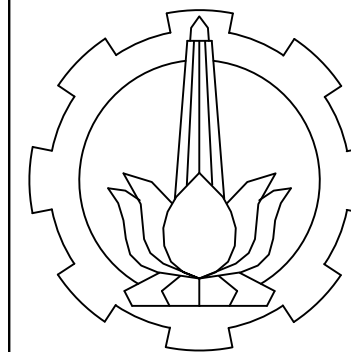
Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Portal As 2 SRPMK



Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
33	37
Approved	Mark



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

**Gambar Denah dan Tampak
 Tangga SRPMM dan SRPMK**

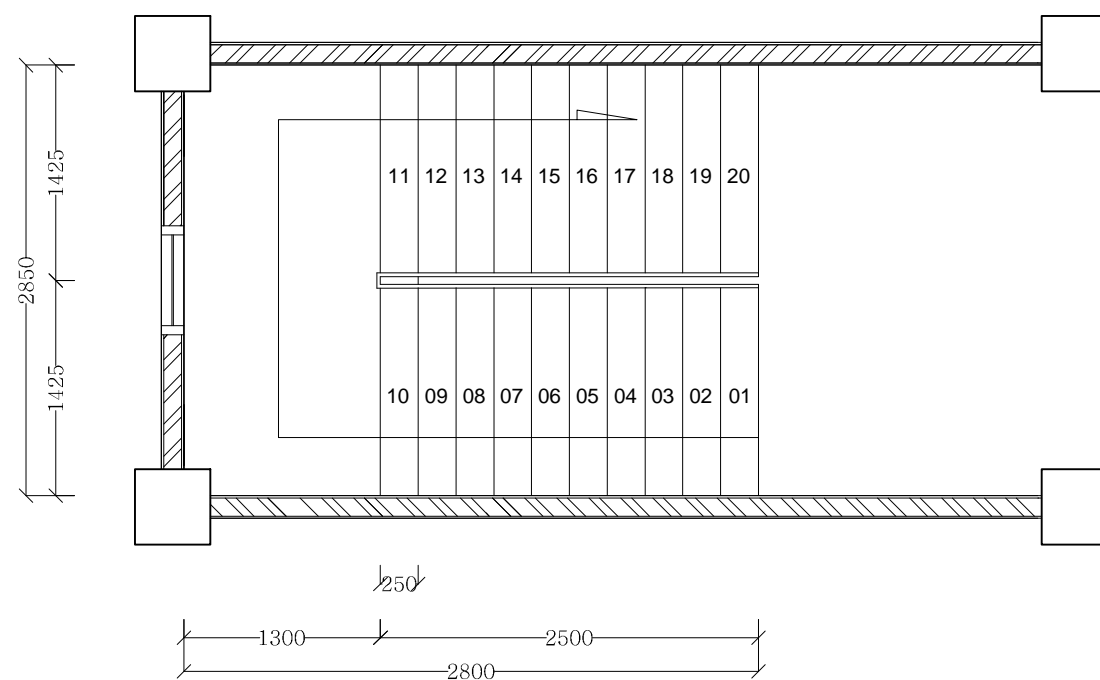
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 50	STR
--------	-----

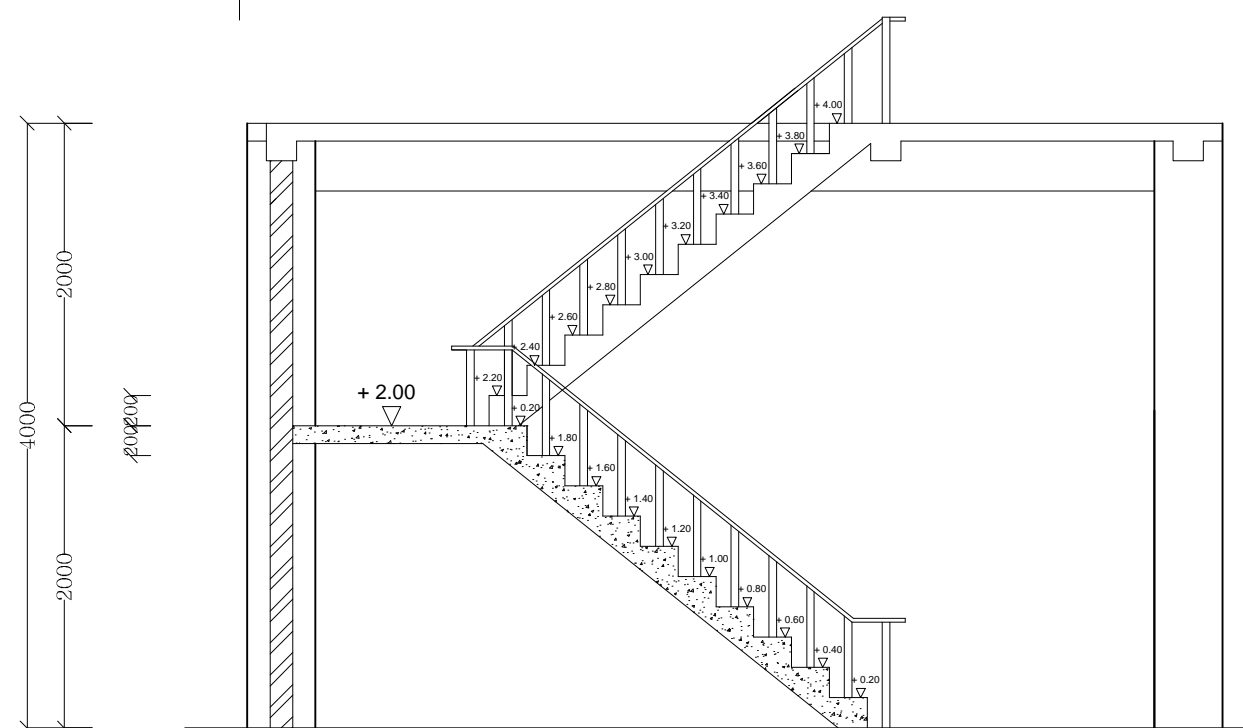
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

18	27
----	----

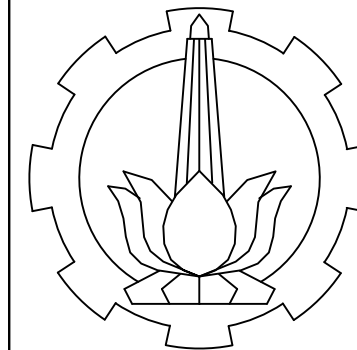
Approved	Mark
----------	------



Denah Tangga SRPMM dan SRPMK
 Skala 1 : 50



Tampak Tangga SRPMM dan SRPMK
 Skala 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

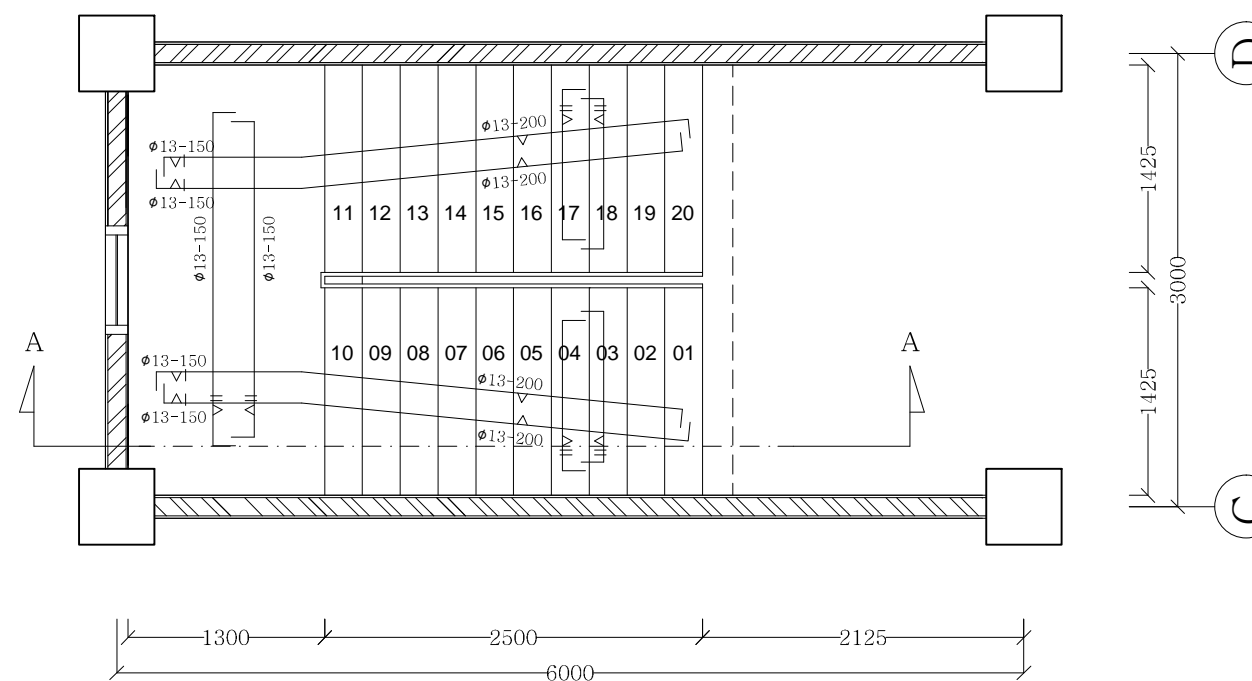
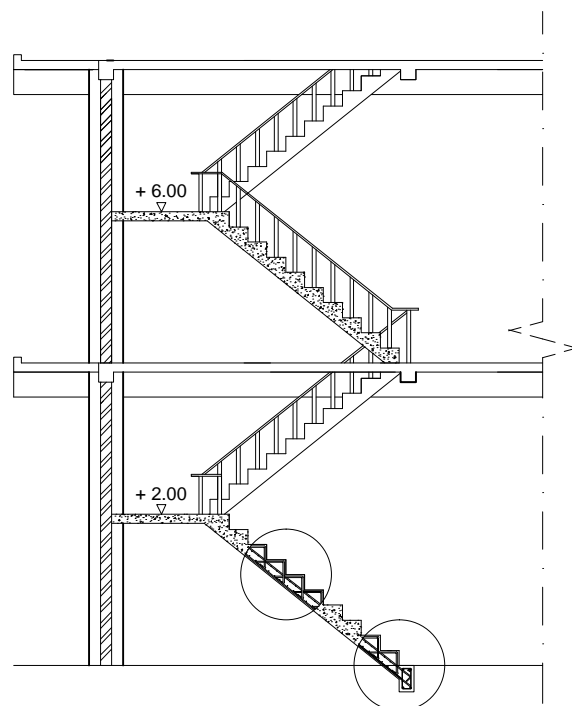
Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

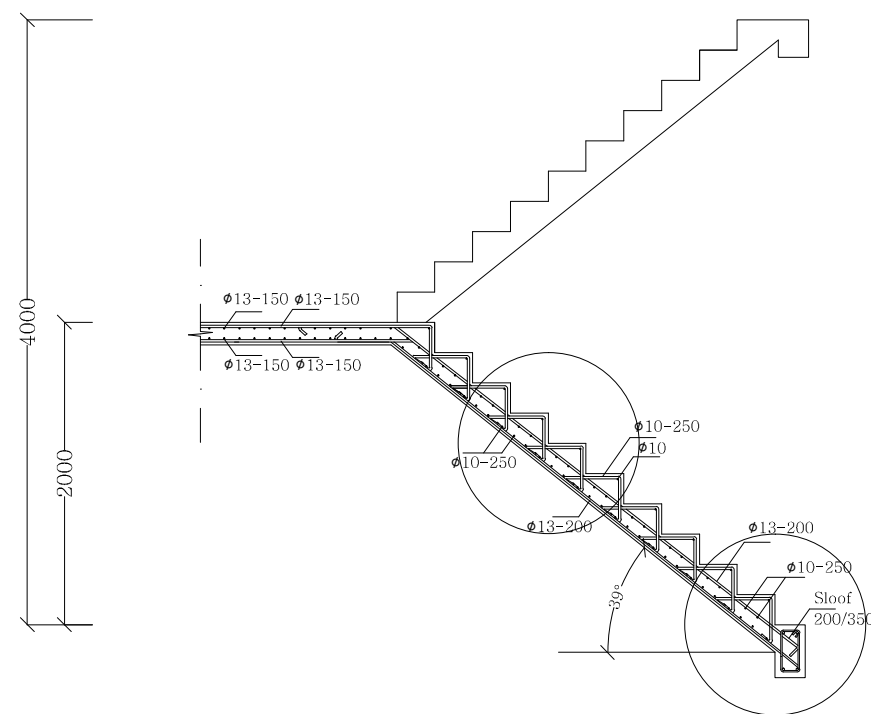
Judul Gambar

Denah dan Detail Penulangan Tangga

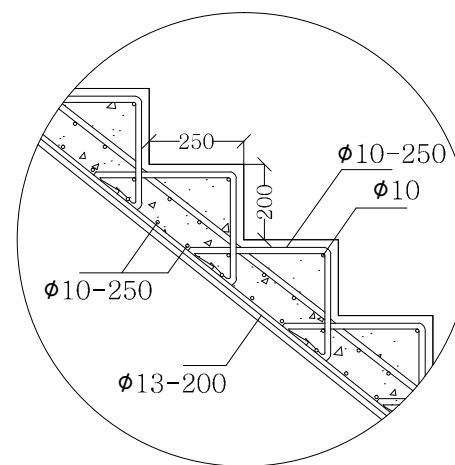
Skala	Kode Gambar
1 : 50	STR
1 : 20	
No. Gambar	Jml. Gambar
19	27
Approved	Mark



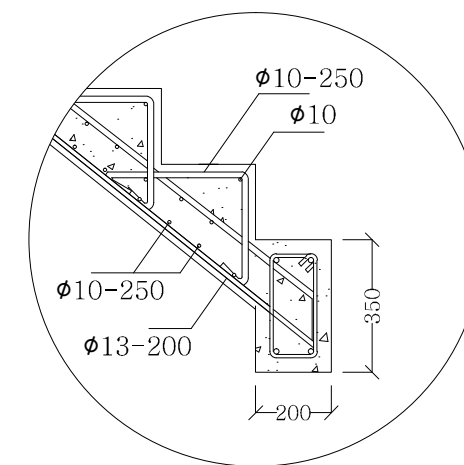
Penulangan Tangga SRPMM dan SRPMK
 Skala 1 : 50

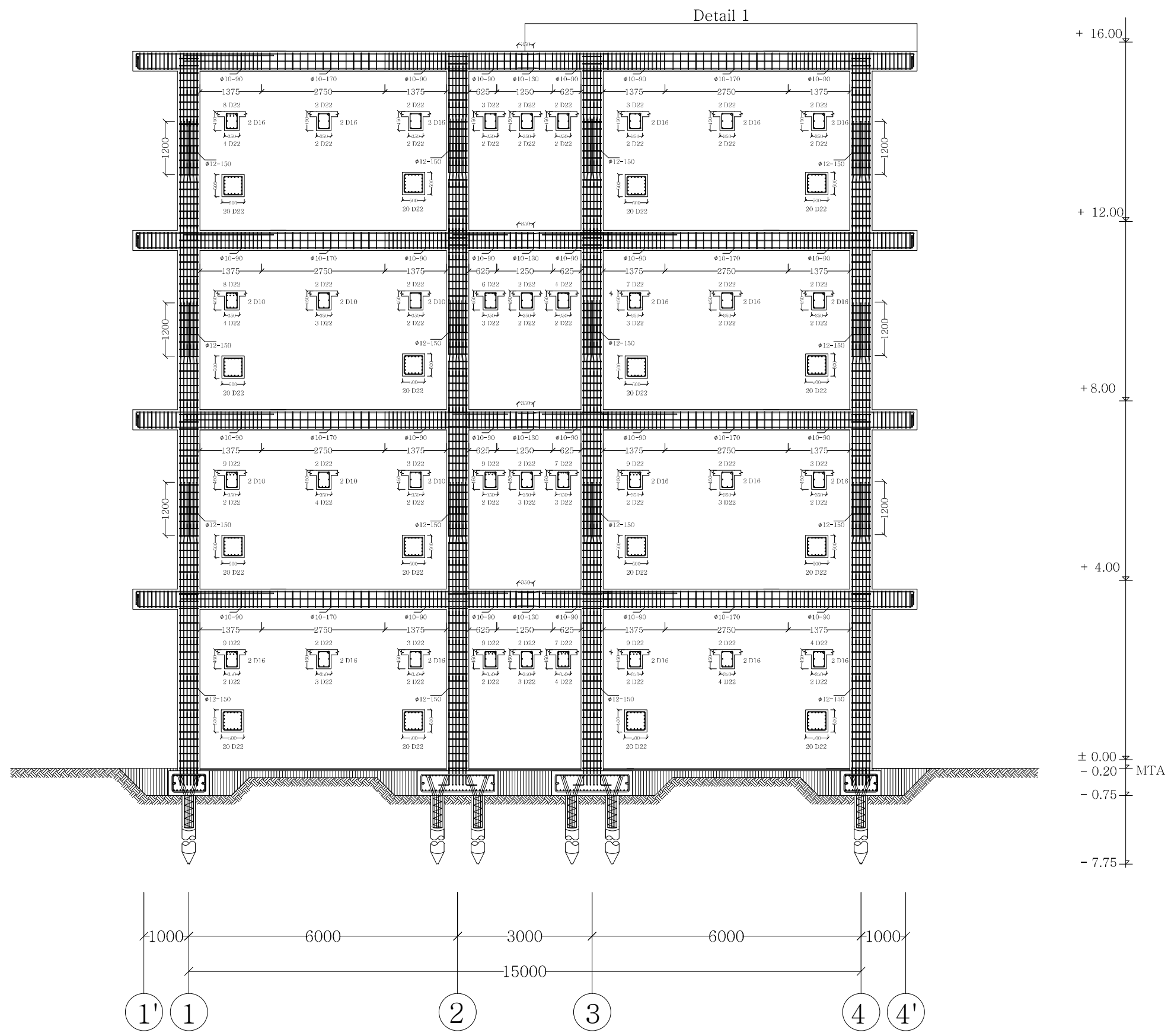


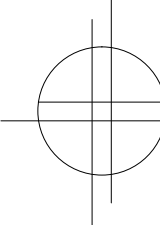
Detail Potongan A-A
 Skala 1 : 50



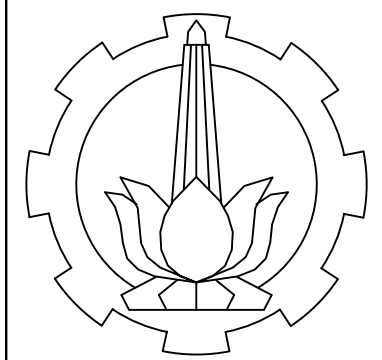
Detail Penulangan Tangga
 Skala 1 : 20







Gambar Portal As C SRPMM
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTANGKAI BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

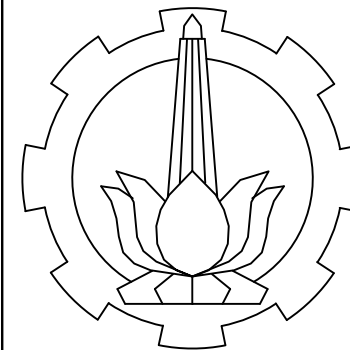
Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Portal As C SRPMM

Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
20	27
Approved	Mark



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

**Gambar Detail 1 Portal As C
 SRPMM**

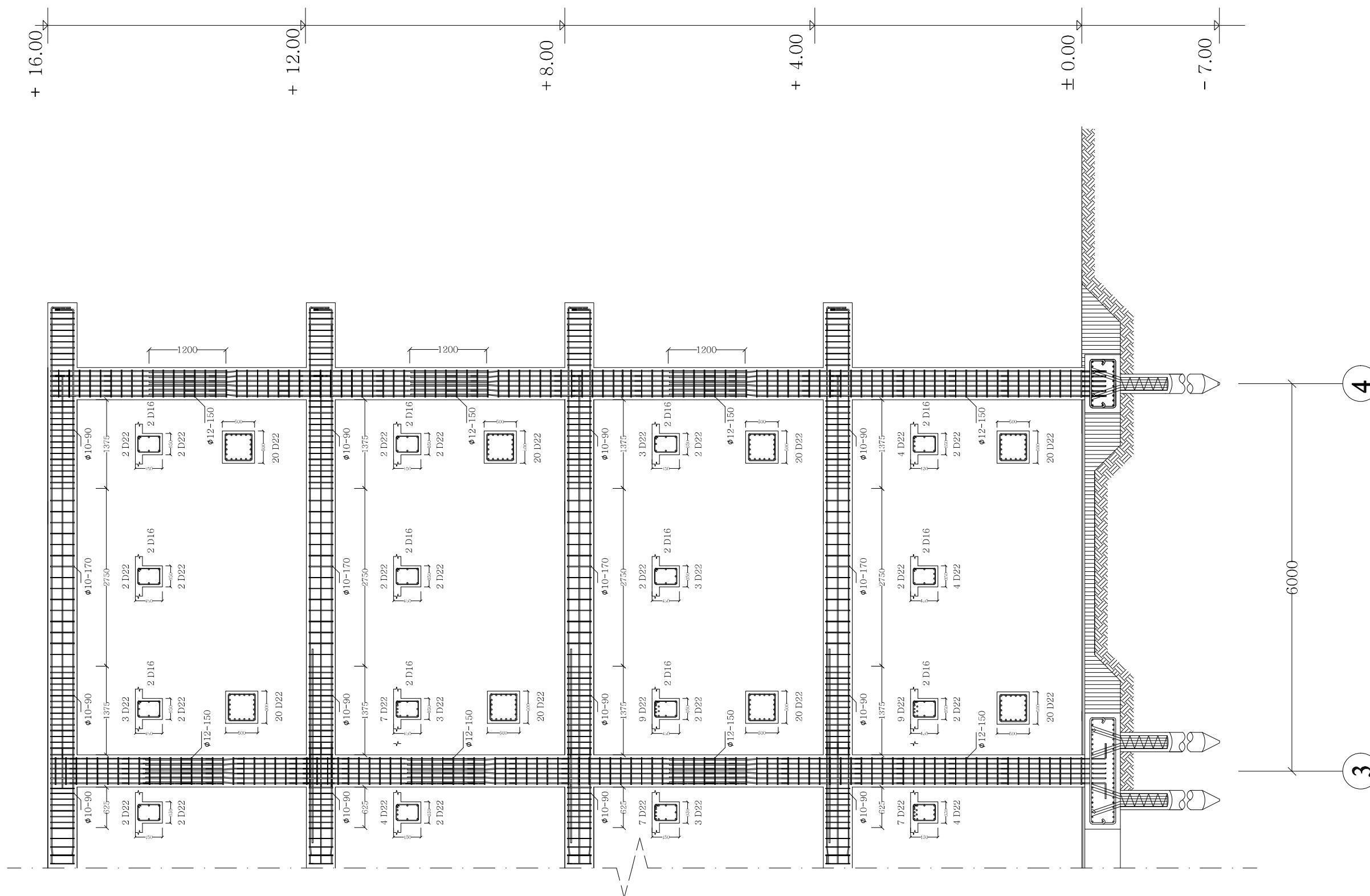
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 75	STR
--------	-----

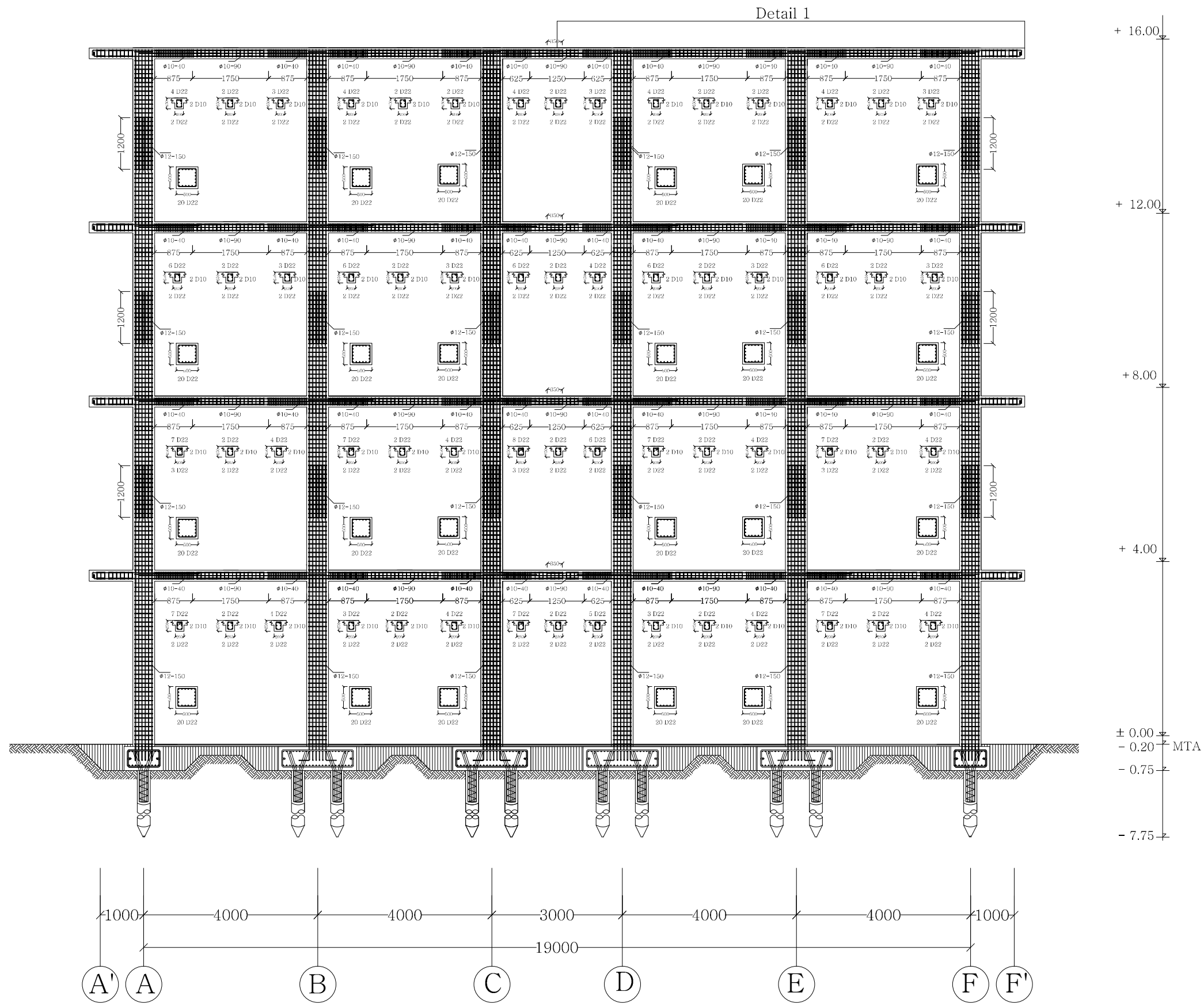
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

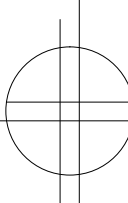
21	27
----	----

Approved	Mark
----------	------

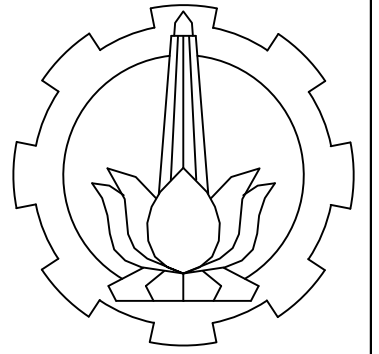


Gambar Detail 1 Portal As C SRPMM
 Skala 1 : 75





 Gambar Portal As 2 SRPMM
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

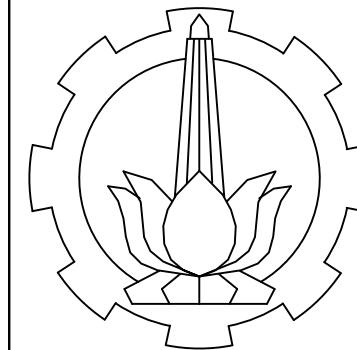
Dafid Purnama Wijaya
 3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Portal As 2 SRPMM

Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
22	27
Approved	Mark



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Detail 1 Portal As 2 SRPMM

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100

STR

No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

23

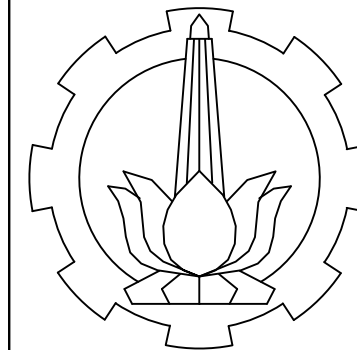
27

Approved

Mark



Gambar Detail 1 Portal As 2 SRPMM
 Skala 1 : 75



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Portal As C SRPMK

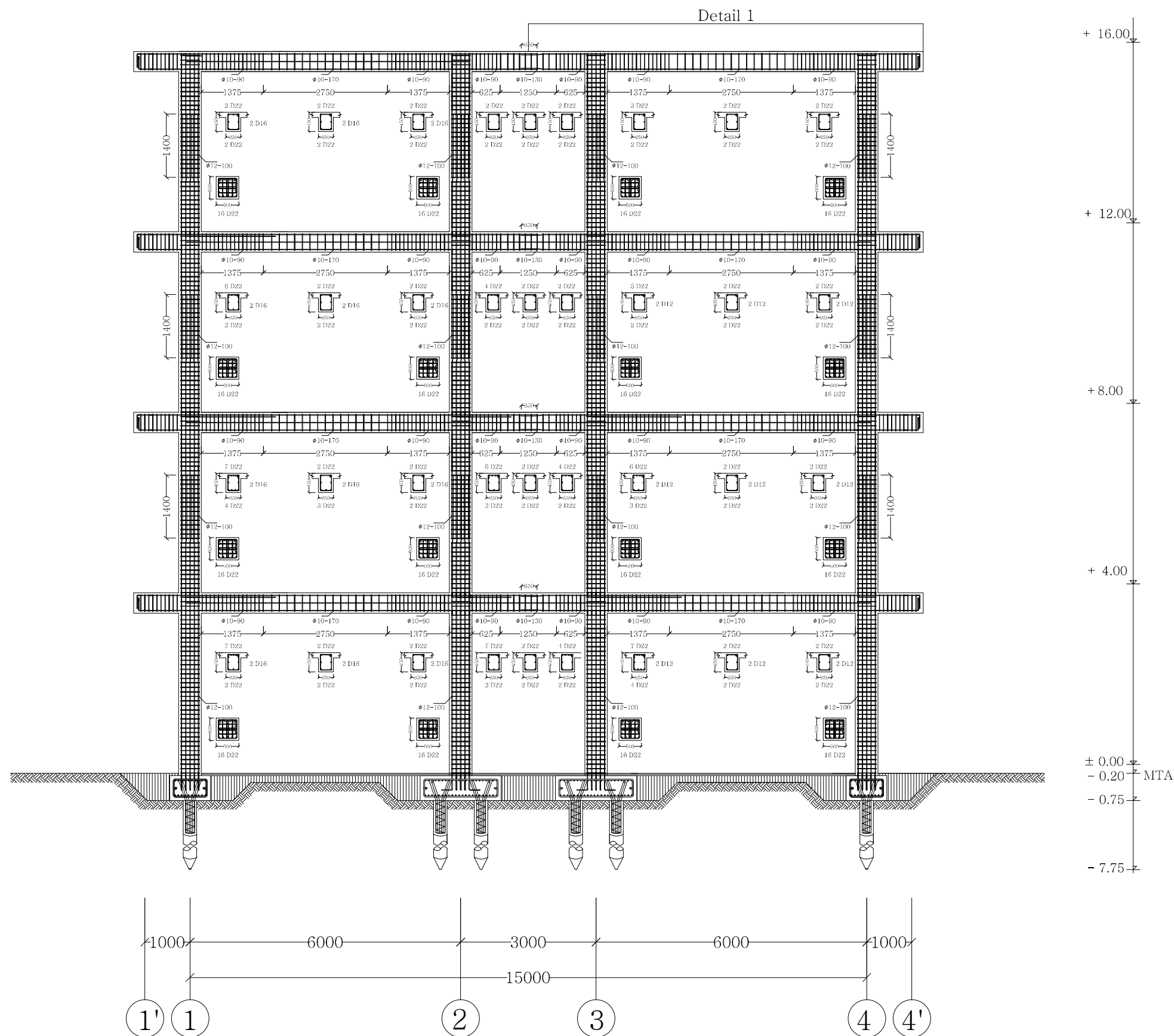
Skala	Kode Gambar
--------------	--------------------

1 : 100	STR
----------------	------------

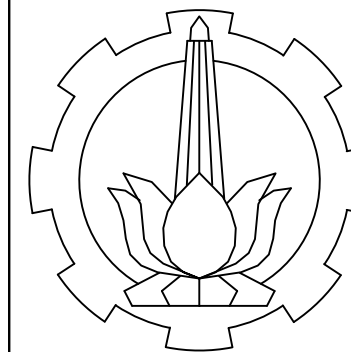
No. Gambar	Jml. Gambar
-------------------	--------------------

24	27
-----------	-----------

Approved	Mark
-----------------	-------------



Gambar Portal As C SRPMK
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
STRUKTUR BANGUNAN BETON
BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
GEMPA ANTARA METODE SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
(SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
3111030084

Judul Gambar

Gambar Detail 1 Portal As C
SRPMK

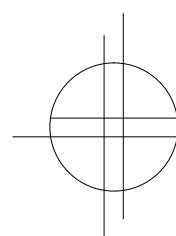
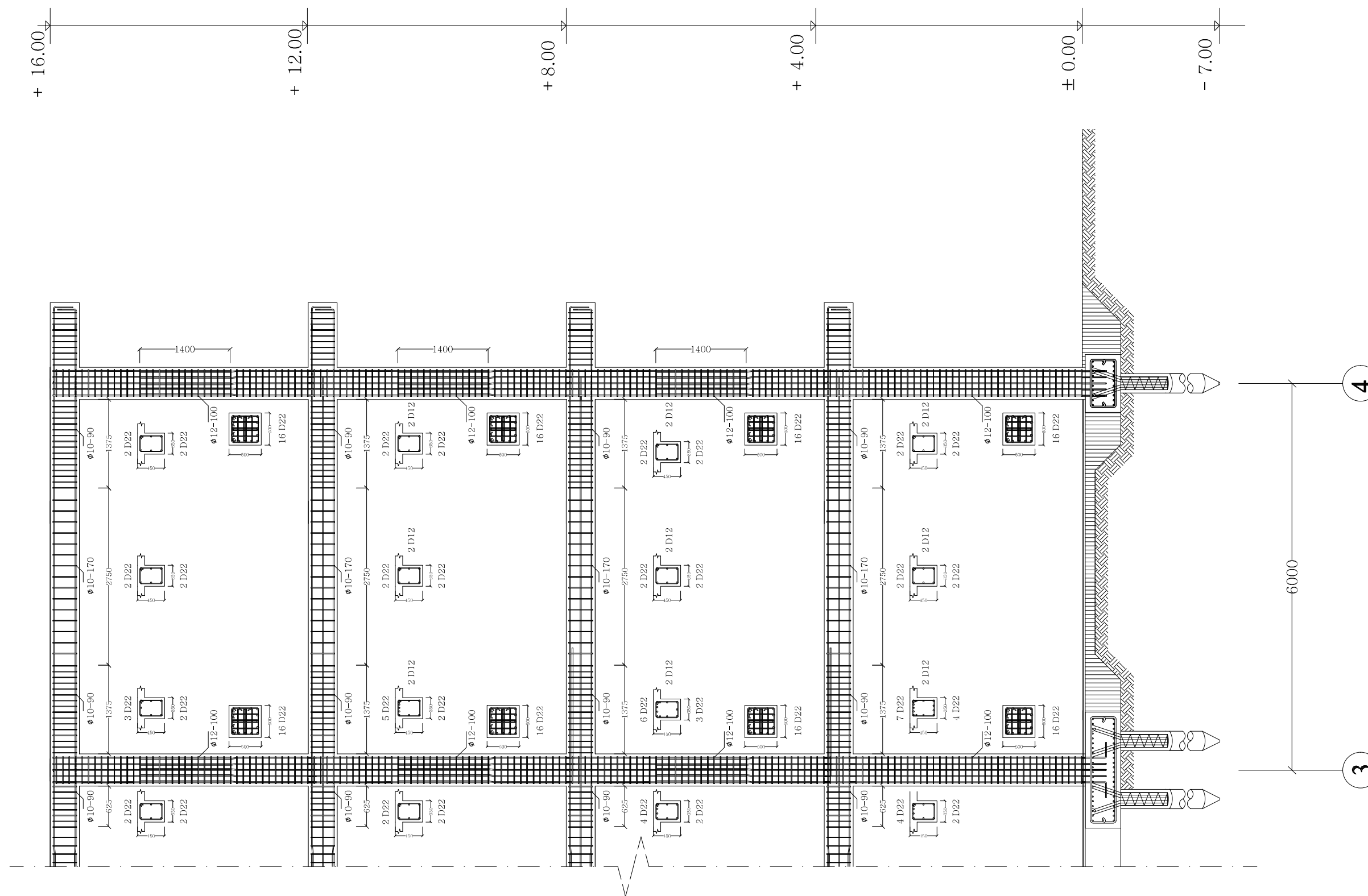
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 75	STR
--------	-----

No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

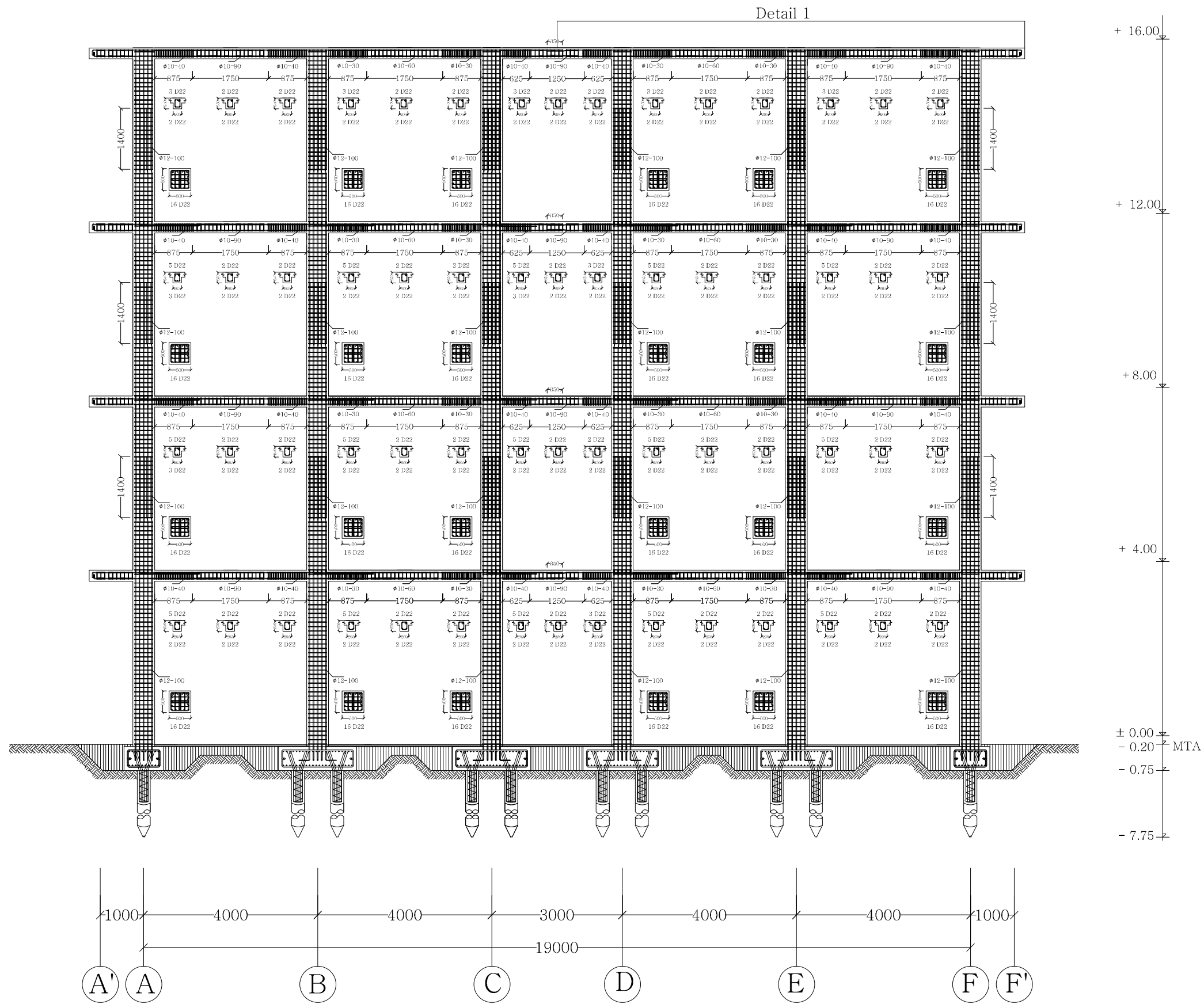
25	27
----	----

Approved	Mark
----------	------

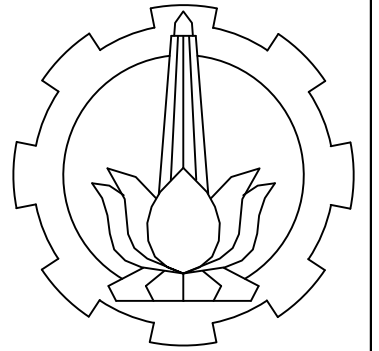


Gambar Detail 1 Portal As C SRPMK

Skala 1 : 75



Gambar Portal As 2 SRPMK
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTANGKAP BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

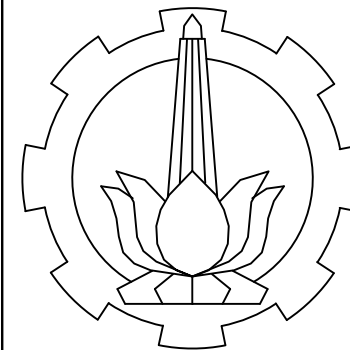
Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Portal As 2 SRPMK

Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
26	27
Approved	Mark



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Detail 1 Portal As 2 SRPMK

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 75	STR
--------	-----

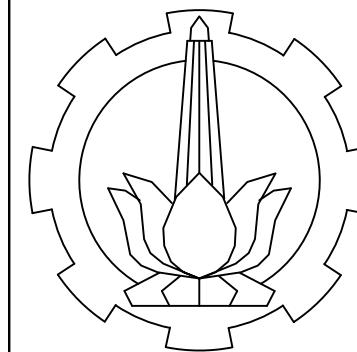
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

27	27
----	----

Approved	Mark
----------	------



Gambar Detail 1 Portal As 2 SRPMK
 Skala 1 : 75



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
3111030084

Judul Gambar

Detail Kait Standar & Sambungan Lewatan

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100

STR

No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

34

37

Approved	Mark
----------	------

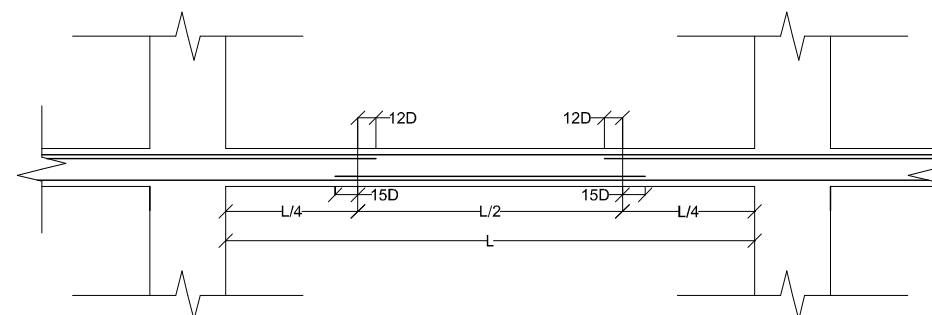
Mark

Pembengkokan pada ujung penulangan utama

Sudut Pembengkokan	Bentuk Pembengkokan	L Minimum
180 °		(4D) Atau 60 mm
90 °		(12D)
135 °		(4D) Atau 60 mm

Catatan : - \emptyset = Diameter Tulangan Polos
- D = Diameter Tulangan Ulir

* Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 9.1 Kait Standar



Keterangan :

L = 12D Atau 1/16 Bentang Bersih

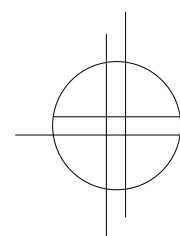
L = 15D Atau Minimum 150 mm

- (1) Tempat Penjangkaran (Penyaluran)
Pusat penyaluran harus diletakkan pada titik L/4 dari muka kolom dengan bentang efektif L (jarak bersih) balok.
- (2) Tempat sambungan lewatan harus sesuai dengan tabel dibawah ini

Tulangan Atas	Didalam daerah L/2
Tulangan Bawah	Didalam daerah L/4

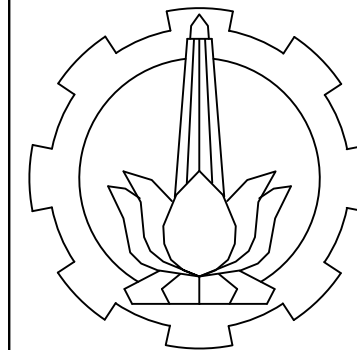
* Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 14.12 Tulangan Momen Negatif

* Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 14.11 Tulangan Momen Positif



Detail Kait Standar & Sambungan Lewatan

Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

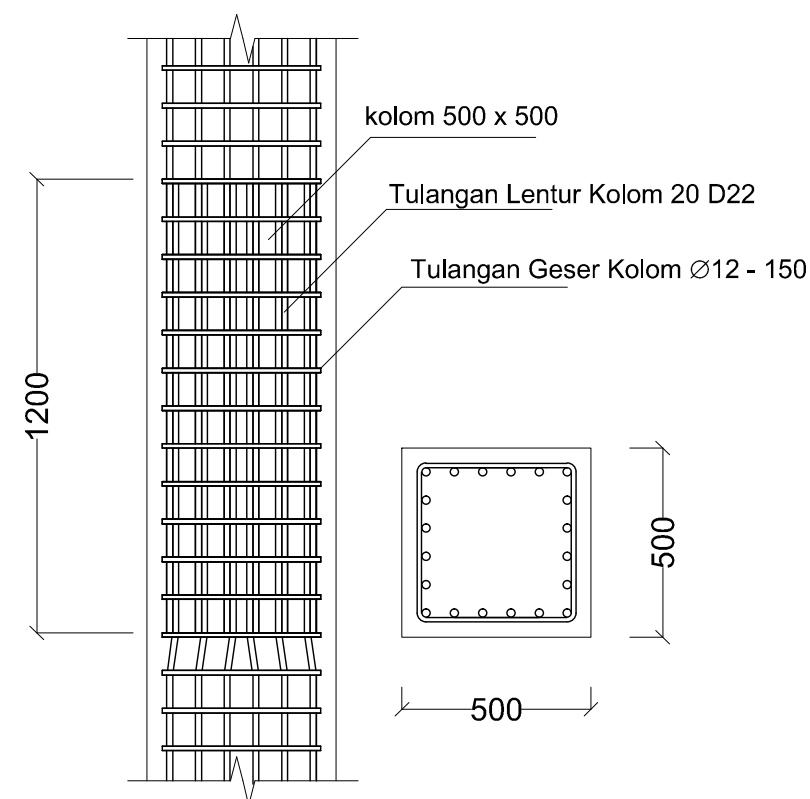
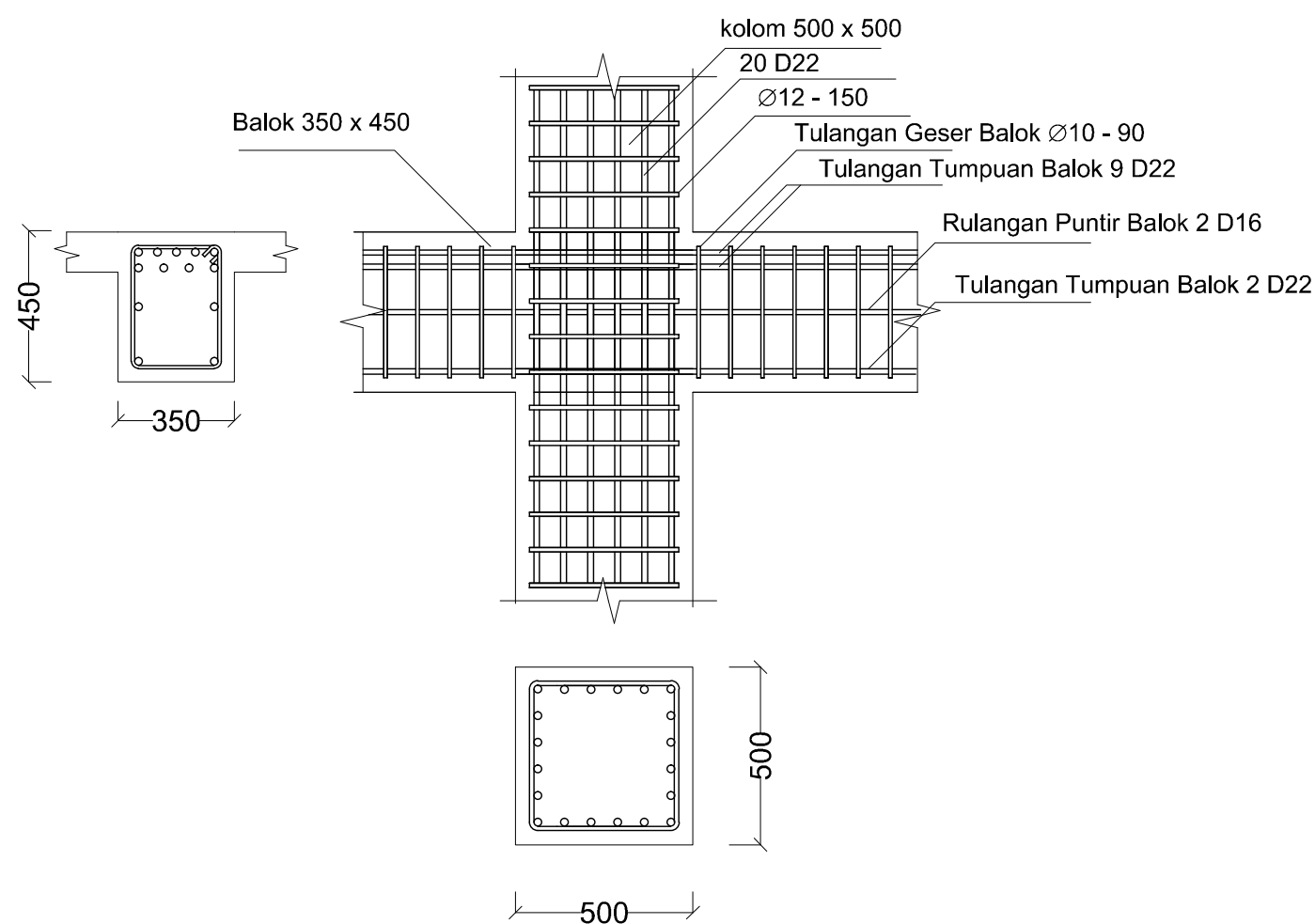
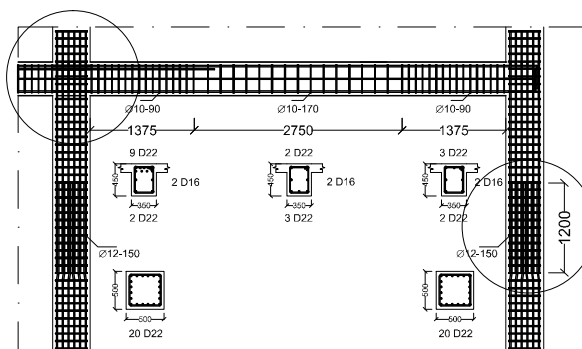
Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

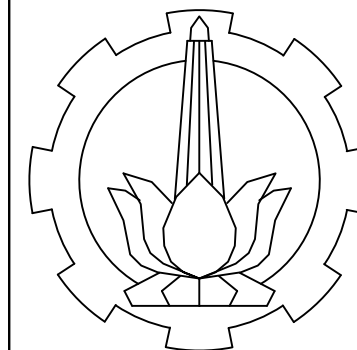
Judul Gambar

Gambar Detail Portal

Skala	Kode Gambar
1 : 20	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
35	37
Approved	Mark



Gambar Detail Portal
 Skala 1 : 20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
STRUKTUR BANGUNAN BETON
BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
GEMPA ANTARA METODE SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
(SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
3111030067
Vicky Tri Setya Sumartono
3111030084

Judul Gambar

**Detail Penulangan
Balok SRPMM**

Skala **Kode Gambar**

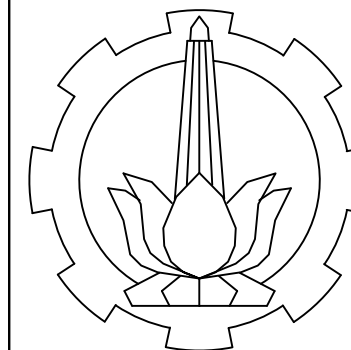
1 : 50 **STR**

No. Gambar **Jml. Gambar**

36 **37**

Approved **Mark**

Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B1 (350 x 450) Elev. + 4000 As A 3-4, F 3-4 C 1-2, D 1-2				B1 (350 x 450) Elev. + 4000 As B 3-4, E 3-4 B 1-2, E 1-2				B1 (350 x 450) Elev. + 4000 As C 3-4, D 3-4				B1 (350 x 450) Elev. + 4000 As A 1-2, F 1-2			
Tulangan Atas	9 D 22	2 D 22	4 D 22	Tulangan Atas	9 D 22	2 D 22	3 D 22	Tulangan Atas	9 D 22	2 D 22	3 D 22	Tulangan Atas	8 D 22	3 D 22	4 D 22
Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	2 D 16	2 D 16	2 D 16	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10
Tulangan Bawah	2 D 22	4 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	4 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	3 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	5 D 22	2 D 22
Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90
Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm
Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	B2 (200 x 250) Elev. + 4000 As 1 A-B, 2 A-B, 3 A-B, 4 A-B, 1 C-D, 3 C-D, 4 C-D, 1 E-F, 2 E-F, 3 E-F, 4 E-F	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	B3 (150 x 200) Elev. + 4000 As 1' A-B, 3' A-B, 1' B-C, 3' B-C, 1' D-E, 3' D-E, 1' E-F, 3' E-F	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	B2 (200 x 250) Elev. + 4000 As 1 B-C, 4 B-C, 1 D-E, 4 D-E	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B1 (350 x 450) Elev. + 4000 As A 2-3, B 2-3, C 2-3, D 2-3, E 2-3, F 2-3				B2 (200 x 250) Elev. + 4000 As 1' C-D, 3' C-D				B1 (150 x 200) Elev. + 8000 As A 3-4, B 3-4, C 3-4, D 3-4, E 3-4, F 3-4				B1 (350 x 450) Elev. + 8000 As A 1-2, B 1-2, E 1-2, F 1-2			
Tulangan Atas	9 D 22	2 D 22	7 D 22	Tulangan Atas	7 D 22	2 D 22	4 D 22	Tulangan Atas	4 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	7 D 22	2 D 22	4 D 22
Tulangan Torsi	2 D 16	2 D 16	2 D 16	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	-	-	-	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10
Tulangan Bawah	2 D 22	3 D 22	4 D 22	Tulangan Bawah	3 D 22	3 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 10	2 D 22
Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 130	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40	Sengkang	∅ 10 - 30	∅ 10 - 70	∅ 10 - 30	Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40
Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm
Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	B2 (200 x 250) Elev. + 4000 As 2 B-C, 3 B-C, 2 D-E, 3 D-E	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	B1 (350 x 450) Elev. + 8000 As A 3-4, B 3-4, C 3-4, D 3-4, E 3-4, F 3-4	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	B1 (350 x 450) Elev. + 8000 As A 1-2, B 1-2, E 1-2, F 1-2	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B2 (200 x 250) Elev. + 4000 As 2 B-C, 3 B-C, 2 D-E, 3 D-E				B1 (150 x 200) Elev. + 8000 As 1' C-D, 3' C-D				B1 (350 x 450) Elev. + 8000 As A 3-4, B 3-4, C 3-4, D 3-4, E 3-4, F 3-4				B1 (350 x 450) Elev. + 8000 As A 1-2, B 1-2, E 1-2, F 1-2			
Tulangan Atas	3 D 22	2 D 22	4 D 22	Tulangan Atas	5 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	9 D 22	2 D 22	3 D 22	Tulangan Atas	8 D 22	3 D 22	4 D 22
Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	-	-	-	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10
Tulangan Bawah	2 D 22	3 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	4 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	5 D 22	2 D 22
Sengkang	∅ 10 - 30	∅ 10 - 60	∅ 10 - 30	Sengkang	∅ 10 - 30	∅ 10 - 60	∅ 10 - 30	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90
Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm
Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	B1 (350 x 450) Elev. + 8000 As A 2-3, C 2-3, D 2-3, F 2-3	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	B1 (350 x 450) Elev. + 8000 As B 2-3, E 2-3	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	B2 (200 x 250) Elev. + 8000 As 1 A-B, 2 A-B, 3 A-B, 4 A-B, 1 E-F, 2 E-F, 3 E-F, 4 E-F	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B1 (350 x 450) Elev. + 8000 As A 2-3, C 2-3, D 2-3, F 2-3				B1 (350 x 450) Elev. + 8000 As C 1-2, D 1-2				B1 (350 x 450) Elev. + 8000 As B 2-3, E 2-3				B2 (200 x 250) Elev. + 8000 As 1 A-B, 2 A-B, 3 A-B, 4 A-B, 1 E-F, 2 E-F, 3 E-F, 4 E-F			
Tulangan Atas	9 D 22	2 D 22	7 D 22	Tulangan Atas	9 D 22	2 D 22	3 D 22	Tulangan Atas	9 D 22	2 D 22	6 D 22	Tulangan Atas	7 D 22	2 D 22	4 D 22
Tulangan Torsi	2 D 16	2 D 16	2 D 16	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	2 D 16	2 D 16	2 D 16	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10
Tulangan Bawah	2 D 22	3 D 22	4 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	3 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	3 D 22	Tulangan Bawah	3 D 22	3 D 22	2 D 22
Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 130	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40
Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm
Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	B2 (200 x 250) Elev. + 8000 As 1 B-C, 2 B-C, 3 B-C, 4 B-C, 1 D-E, 2 D-E, 3 D-E, 4 D-E	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	B2 (150 x 200) Elev. + 8000 As 1' A-B, 3' A-B, 1' E-F, 3' E-F	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	B2 (150 x 200) Elev. + 8000 As 1' B-C, 3' B-C, 1' D-E, 3' D-E	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B2 (200 x 250) Elev. + 8000 As 1 B-C, 2 B-C, 3 B-C, 4 B-C, 1 D-E, 2 D-E, 3 D-E, 4 D-E				B2 (200 x 250) Elev. + 8000 As 1 C-D, 2 C-D, 3 C-D, 4 C-D				B2 (150 x 200) Elev. + 8000 As 1' A-B, 3' A-B, 1' E-F, 3' E-F				B2 (150 x 200) Elev. + 8000 As 1' B-C, 3' B-C, 1' D-E, 3' D-E			
Tulangan Atas	7 D 22	2 D 22	4 D 22	Tulangan Atas	8 D 22	2 D 22	6 D 22	Tulangan Atas	5 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	4 D 22	2 D 22	2 D 22
Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	-	-	-	Tulangan Torsi	-	-	-
Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	3 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	3 D 22	2 D 22
Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40	Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40	Sengkang	∅ 10 - 30	∅ 10 - 70	∅ 10 - 30	Sengkang	∅ 10 - 30	∅ 10 - 70	∅ 10 - 30
Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
STRUKTUR BANGUNAN BETON
BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
GEMPA ANTARA METODE SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
(SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
3111030084

Judul Gambar

Detail Penulangan
Balok SRPMM

Skala Kode Gambar

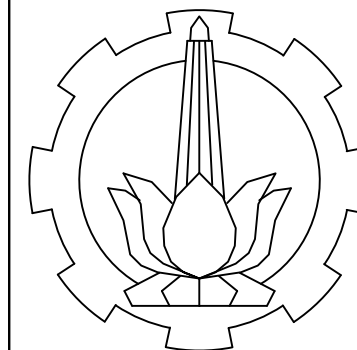
1 : 50 STR

No. Gambar Jml. Gambar

37 37

Approved Mark

Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B1 (350 x 450) Elev. + 12000 As A 3-4, B 3-4, C 3-4, D 3-4, E 3-4, F 3-4, A 1-2, F 1-2				B1 (350 x 450) Elev. + 12000 As B 1-2, E 1-2				B1 (350 x 450) Elev. + 12000 As C 1-2, D 1-2				B1 (350 x 450) Elev. + 12000 As A 2-3, B 2-3, C 2-3, D 2-3, E 2-3, F 2-3			
Tulangan Atas	8 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	8 D 22	2 D 22	3 D 22	Tulangan Atas	7 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	6 D 22	2 D 22	4 D 22
Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	2 D 16	2 D 16	2 D 16	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10
Tulangan Bawah	4 D 22	3 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	4 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	3 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	3 D 22	2 D 22	2 D 22
Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90
Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm
Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B2 (200 x 250) Elev. + 12000 As 1 A-B, 4 A-B, 1 E-F, 4 E-F				B2 (200 x 250) Elev. + 12000 As 2 A-B, 3 A-B, 1 B-C, 2 B-C, 3 B-C, 4 B-C, 2 C-D, 3 C-D, 1 D-E, 2 D-E, 3 D-E, 4 D-E, 2 E-F, 3 E-F				B3 (150 x 200) Elev. + 12000 As 1' A-B, 3' A-B, 1' C-D, 3' C-D, 1' E-F, 3' E-F				B2 (200 x 250) Elev. + 12000 As 1 C-D, 4 C-D, 1 D-E, 4 D-E			
Tulangan Atas	6 D 22	2 D 22	3 D 22	Tulangan Atas	6 D 22	2 D 22	3 D 22	Tulangan Atas	4 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	8 D 22	2 D 22	6 D 22
Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	-	-	-	Tulangan Torsi	-	-	-	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10
Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	4 D 22	2 D 10	3 D 22
Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40	Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40	Sengkang	∅ 10 - 30	∅ 10 - 70	∅ 10 - 30	Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40
Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm
Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B2 (150 x 200) Elev. + 12000 As 1' B-C, 3' B-C, 1' D-E, 3' D-E				B1 (350 x 450) Elev. + 16000 As A 3-4, B 3-4, E 3-4, F 3-4, B 1-2, E 1-2				B1 (350 x 450) Elev. + 16000 As C 3-4, D 3-4				B1 (350 x 450) Elev. + 16000 As A 1-2, C 1-2, D 1-2, F 1-2, A 2-3, B 2-3, C 2-3, D 2-3, E 2-3, F 2-3			
Tulangan Atas	3 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	4 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	8 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	3 D 22	2 D 22	2 D 22
Tulangan Torsi	-	-	-	Tulangan Torsi	2 D 16	2 D 16	2 D 16	Tulangan Torsi	2 D 16	2 D 16	2 D 16	Tulangan Torsi	2 D 16	2 D 16	2 D 16
Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	4 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Sengkang	∅ 10 - 30	∅ 10 - 70	∅ 10 - 30	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90
Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm
Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B2 (200 x 250) Elev. + 16000 As 1 A-B, 2 A-B, 3 A-B, 4 A-B, 1 B-C, 2 B-C, 3 B-C, 4 B-C, 2 C-D, 3 C-D, 1 D-E, 2 D-E, 3 D-E, 4 D-E, 1 E-F, 2 E-F, 3 E-F, 4 E-F				B2 (200 x 250) Elev. + 16000 As 1 C-D, 4 C-D				B2 (150 x 200) Elev. + 16000 As 1' A-B, 3' A-B, 1' B-C, 3' B-C, 1' C-D, 3' C-D, 1' D-E, 3' D-E, 1' E-F, 3' E-F							
Tulangan Atas	4 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	4 D 22	2 D 22	3 D 22	Tulangan Atas	3 D 22	2 D 22	2 D 22				
Tulangan Torsi	-	-	-	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	-	-	-				
Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22				
Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40	Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40	Sengkang	∅ 10 - 30	∅ 10 - 70	∅ 10 - 30				
Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm				



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
STRUKTUR BANGUNAN BETON
BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
GEMPA ANTARA METODE SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
(SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
3111030084

Judul Gambar

**Detail Penulangan
Balok SRPMK**

Skala Kode Gambar

1 : 50

STR

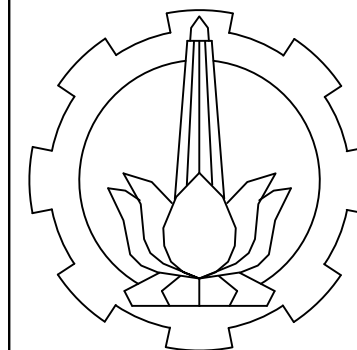
No. Gambar Jml. Gambar

38

38

Approved Mark

Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B1 (350 x 450) Elev. + 4000 As A 3-4, B 3-4 E 3-4, F 3-4				B1 (350 x 450) Elev. + 4000 As C 3-4, D 3-4				B1 (350 x 450) Elev. + 4000 As A 1-2, B 1-2, C 1-2, D 1-2, E 1-2, F 1-2				B1 (350 x 450) Elev. + 4000 As A 2-3, F 2-3			
Tulangan Atas	8 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	7 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	7 D 22	2 D 22	3 D 22	Tulangan Atas	6 D 22	2 D 22	4 D 22
Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	2 D 16	2 D 16	2 D 16	Tulangan Torsi	2 D 12	2 D 12	2 D 12	Tulangan Torsi	3 D 12	3 D 12	3 D 12
Tulangan Bawah	4 D 22	3 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	4 D 22	3 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	4 D 22	3 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	3 D 22	2 D 22	2 D 22
Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 130	∅ 10 - 90
Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm
Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B1 (350 x 450) Elev. + 4000 As B 2-3, C 2-3, D 2-3, E 2-3				B2 (200 x 250) Elev. + 4000 As 1 A-B, 4 A-B, 1 E-F, 4 E-F				B3 (150 x 200) Elev. + 4000 As 1' A-B, 3' A-B , 1' B-C, 3' B-C, 1' D-E, 3' D-E, 1' E-F, 3' E-F				B2 (200 x 250) Elev. + 4000 As 2 A-B, 3 A-B, 1 B-C, 2 B-C, 3 B-C, 4 B-C, 1 D-E, 2 D-E, 3 D-E, 4 D-E, 2 E-F, 3 E-F			
Tulangan Atas	7 D 22	2 D 22	4 D 22	Tulangan Atas	5 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	3 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	5 D 22	2 D 22	2 D 22
Tulangan Torsi	2 D 16	2 D 16	2 D 16	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	-	-	-	Tulangan Torsi	-	-	-
Tulangan Bawah	3 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 10	2 D 22
Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 130	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40	Sengkang	∅ 10 - 30	∅ 10 - 70	∅ 10 - 30	Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40
Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm
Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B2 (200 x 250) Elev. + 4000 As 1 C-D, 2 C-D , 3 C-D, 4 C-D				B2 (150 x 200) Elev. + 4000 As 1' C-D, 3' C-D				B1 (350 x 450) Elev. + 8000 As A 3-4, B 3-4 , E 3-4, F 3-4				B1 (350 x 450) Elev. + 8000 As C 3-4, D 3-4, A 1-2, F 1-2			
Tulangan Atas	5 D 22	2 D 22	3 D 22	Tulangan Atas	4 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	8 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	7 D 22	2 D 22	2 D 22
Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	-	-	-	Tulangan Torsi	2 D 12	2 D 12	2 D 12	Tulangan Torsi	2 D 16	2 D 16	2 D 16
Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	4 D 22	3 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	4 D 22	3 D 22	2 D 22
Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40	Sengkang	∅ 10 - 30	∅ 10 - 60	∅ 10 - 30	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90
Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm
Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B1 (350 x 450) Elev. + 8000 As B 1-2, E 1-2				B1 (350 x 450) Elev. + 8000 As C 1-2, D 1-2				B1 (350 x 450) Elev. + 8000 As A 2-3, B 2-3, C 2-3, D 2-3, E 2-3, F 2-3				B2 (200 x 250) Elev. + 8000 As 1 A-B, 4 A-B , 1 B-C, 4 B-C, 1 D-E, 4 D-E, 1 E-F, 4 E-F			
Tulangan Atas	7 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	6 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	6 D 22	2 D 22	4 D 22	Tulangan Atas	5 D 22	2 D 22	2 D 22
Tulangan Torsi	2 D 12	2 D 12	2 D 12	Tulangan Torsi	4 D 12	4 D 12	4 D 12	Tulangan Torsi	2 D 16	2 D 16	2 D 16	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10
Tulangan Bawah	4 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	3 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	3 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 130	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40
Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm
Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B2 (200 x 250) Elev. + 8000 As 2 A-B, 3 A-B, 2 B-C, 3 B-C, 2 C-D, 3 C-D, 2 D-E, 3 D-E, 2 E-F, 3 E-F				B2 (200 x 250) Elev. + 8000 As 1 C-D, 4 C-D				B2 (150 x 200) Elev. + 8000 As 1' A-B, 3' A-B , 1' B-C, 3' B-C, 1' D-E, 3' D-E, 1' E-F, 3' E-F				B2 (150 x 200) Elev. + 8000 As 1' C-D, 3' C-D			
Tulangan Atas	5 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	6 D 22	2 D 22	4 D 22	Tulangan Atas	3 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	4 D 22	2 D 22	2 D 22
Tulangan Torsi	-	-	-	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	-	-	-	Tulangan Torsi	-	-	-
Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40	Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40	Sengkang	∅ 10 - 30	∅ 10 - 70	∅ 10 - 30	Sengkang	∅ 10 - 30	∅ 10 - 60	∅ 10 - 30
Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
STRUKTUR BANGUNAN BETON
BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
GEMPA ANTARA METODE SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
(SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
3111030084

Judul Gambar

Detail Penulangan
Balok SRPMK

Skala Kode Gambar

1 : 50 STR

No. Gambar Jml. Gambar

39 39

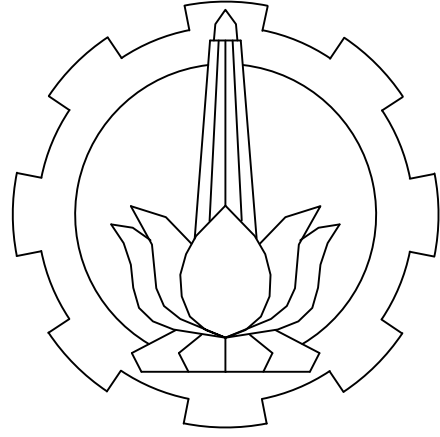
Approved Mark

Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B1 (350 x 450) Elev. + 12000 As A 3-4, B 3-4, C 3-4, D 3-4, E 3-4, F 3-4, A 1-2, F 1-2				B1 (350 x 450) Elev. + 12000 As B 1-2, E 1-2				B1 (350 x 450) Elev. + 12000 As C 1-2, D 1-2				B1 (350 x 450) Elev. + 12000 As A 2-3, B 2-3, C 2-3, D 2-3, E 2-3, F 2-3			
Tulangan Atas	8 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	8 D 22	2 D 22	3 D 22	Tulangan Atas	7 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	6 D 22	2 D 22	4 D 22
Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	2 D 16	2 D 16	2 D 16	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10
Tulangan Bawah	4 D 22	3 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	4 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	3 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	3 D 22	2 D 22	2 D 22
Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90
Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm
Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B2 (200 x 250) Elev. + 12000 As 1 A-B, 4 A-B, 1 E-F, 4 E-F				B2 (200 x 250) Elev. + 12000 As 2 A-B, 3 A-B, 1 B-C, 2 B-C, 3 B-C, 4 B-C, 2 C-D, 3 C-D, 1 D-E, 2 D-E, 3 D-E, 4 D-E, 2 E-F, 3 E-F				B3 (150 x 200) Elev. + 12000 As 1' A-B, 3' A-B, 1' C-D, 3' C-D, 1' E-F, 3' E-F				B2 (200 x 250) Elev. + 12000 As 1 C-D, 4 C-D, 1 D-E, 4 D-E			
Tulangan Atas	6 D 22	2 D 22	3 D 22	Tulangan Atas	6 D 22	2 D 22	3 D 22	Tulangan Atas	4 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	8 D 22	2 D 22	6 D 22
Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	-	-	-	Tulangan Torsi	-	-	-	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10
Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	4 D 22	2 D 10	3 D 22
Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40	Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40	Sengkang	∅ 10 - 30	∅ 10 - 70	∅ 10 - 30	Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40
Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm
Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B2 (150 x 200) Elev. + 12000 As 1' B-C, 3' B-C, 1' D-E, 3' D-E				B1 (350 x 450) Elev. + 16000 As A 3-4, B 3-4, E 3-4, F 3-4, B 1-2, E 1-2				B1 (350 x 450) Elev. + 16000 As C 3-4, D 3-4				B1 (350 x 450) Elev. + 16000 As A 1-2, C 1-2, D 1-2, F 1-2, A 2-3, B 2-3, C 2-3, D 2-3, E 2-3, F 2-3			
Tulangan Atas	3 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	4 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	8 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	3 D 22	2 D 22	2 D 22
Tulangan Torsi	-	-	-	Tulangan Torsi	2 D 16	2 D 16	2 D 16	Tulangan Torsi	2 D 16	2 D 16	2 D 16	Tulangan Torsi	2 D 16	2 D 16	2 D 16
Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	4 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22
Sengkang	∅ 10 - 30	∅ 10 - 70	∅ 10 - 30	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90	Sengkang	∅ 10 - 90	∅ 10 - 170	∅ 10 - 90
Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm
Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan	Tipe Komponen	Tumpuan Kiri	Lapangan	Tumpuan Kanan
B2 (200 x 250) Elev. + 16000 As 1 A-B, 2 A-B, 3 A-B, 4 A-B, 1 B-C, 2 B-C, 3 B-C, 4 B-C, 2 C-D, 3 C-D, 1 D-E, 2 D-E, 3 D-E, 4 D-E, 1 E-F, 2 E-F, 3 E-F, 4 E-F				B2 (200 x 250) Elev. + 16000 As 1 C-D, 4 C-D				B2 (150 x 200) Elev. + 16000 As 1' A-B, 3' A-B, 1' B-C, 3' B-C, 1' C-D, 3' C-D, 1' D-E, 3' D-E, 1' E-F, 3' E-F							
Tulangan Atas	4 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Atas	4 D 22	2 D 22	3 D 22	Tulangan Atas	3 D 22	2 D 22	2 D 22				
Tulangan Torsi	-	-	-	Tulangan Torsi	2 D 10	2 D 10	2 D 10	Tulangan Torsi	-	-	-				
Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22	Tulangan Bawah	2 D 22	2 D 22	2 D 22				
Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40	Sengkang	∅ 10 - 40	∅ 10 - 90	∅ 10 - 40	Sengkang	∅ 10 - 30	∅ 10 - 70	∅ 10 - 30				
Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm	Selimit Beton	40 mm	40 mm	40 mm				



REVISI



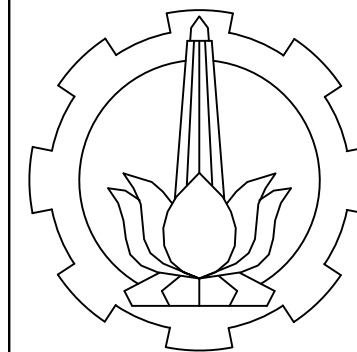


GAMBAR PERENCANAAN

**STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4
TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM)
DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)**

DAFTAR ISI

No.	Nama Gambar	Skala	Kode	No.	Nama Gambar	Skala	Kode
1	Gambar Denah Lantai 1	1 : 100	ARS	20	Gambar Portal As C SRPMM	1 : 100	STR
2	Gambar Denah Lantai 2	1 : 100	ARS	21	Gambar Detail 1 Portal As C SRPMM	1 : 75	STR
3	Gambar Denah Lantai 3	1 : 100	ARS	22	Gambar Portal As 2 SRPMM	1 : 100	STR
4	Gambar Denah Lantai 4	1 : 100	ARS	23	Gambar Detail 1 Portal As 2 SRPMM	1 : 75	STR
5	Gambar Tampak Depan	1 : 100	ARS	24	Gambar Portal As C SRPMK	1 : 100	STR
6	Gambar Tampak Belakang	1 : 100	ARS	25	Gambar Detail 1 Portal As C SRPMK	1 : 75	STR
7	Gambar Tampak Samping	1 : 100	ARS	26	Gambar Portal As 2 SRPMK	1 : 100	STR
8	Gambar Potongan B-B	1 : 100	ARS	27	Gambar Detail 1 Portal As 2 SRPMK	1 : 75	STR
9	Gambar Potongan A-A	1 : 100	ARS				
10	Gambar Denah Pondasi	1 : 100	STR				
11	Gambar Denah Balok Lt. Dasar	1 : 100	STR				
12	Gambar Denah Balok Typical Lt. 1, Lt. 2, Lt. 3	1 : 100	STR				
13	Gambar Denah Balok Lt. 4	1 : 100	STR				
14	Gambar Penulangan Pelat Typical Lt.1, Lt.2, Lt.3	1 : 100	STR				
15	Gambar Penulangan Pelat Lt. 4	1 : 100	STR				
16	Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 1 SRPMM & SRPMK	1 : 25	STR				
17	Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 2 SRPMM & SRPMK	1 : 25	STR				
18	Denah dan Tampak Tangga SRPMM dan SRPMK	1 : 50	STR				
19	Denah dan Detail Penulangan Tangga	1 : 50	STR				



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

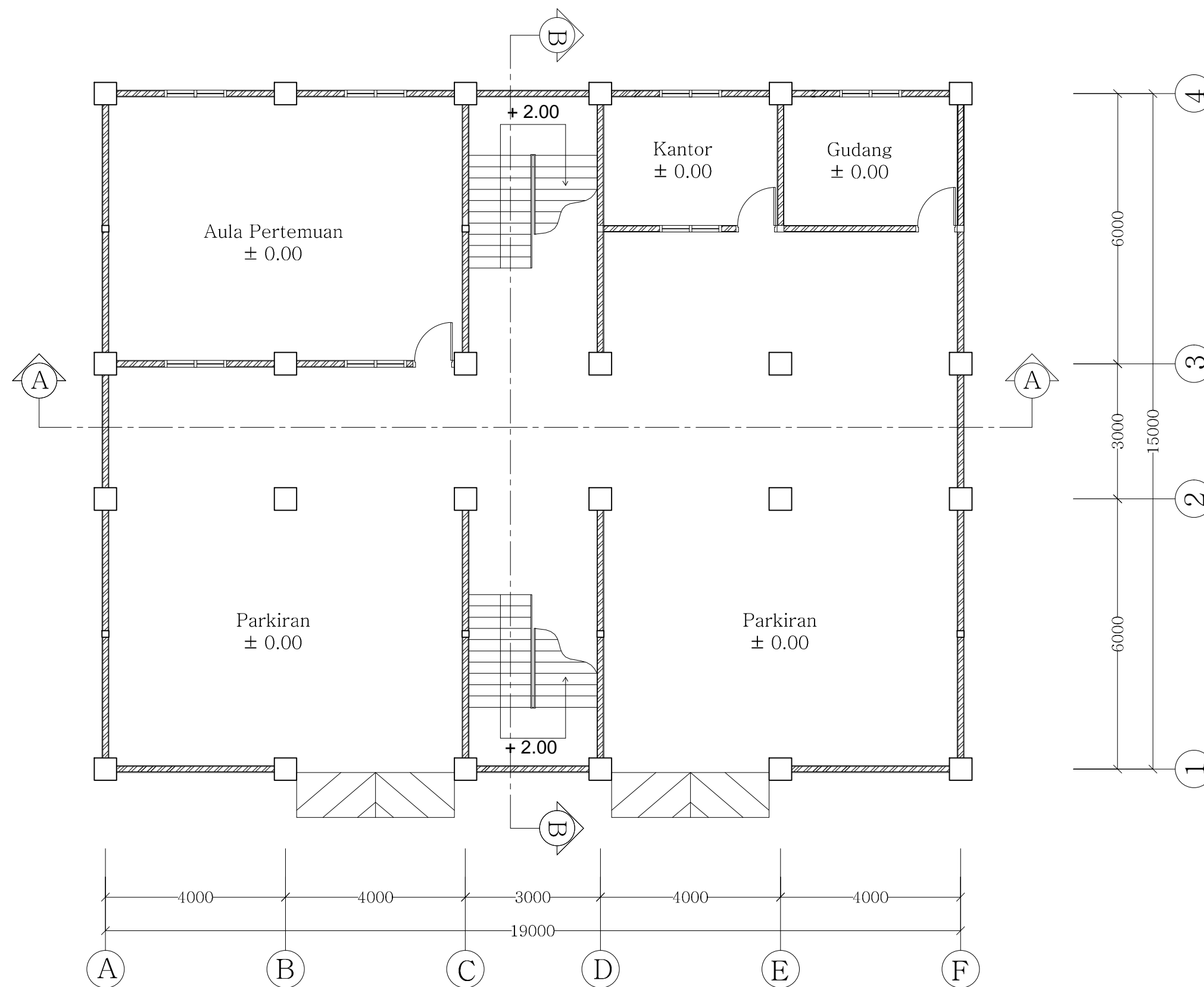
Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

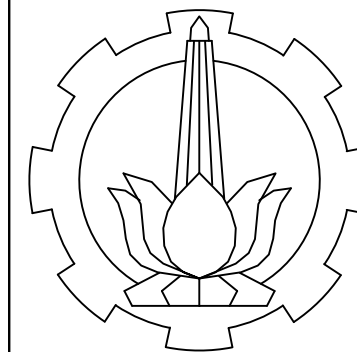
Judul Gambar

Gambar Denah Lantai 1

Skala	Kode Gambar
1 : 100	ARS
No. Gambar	Jml. Gambar
01	27
Approved	Mark



Gambar Denah Lantai 1
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Lantai 3

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100

ARS

No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

03

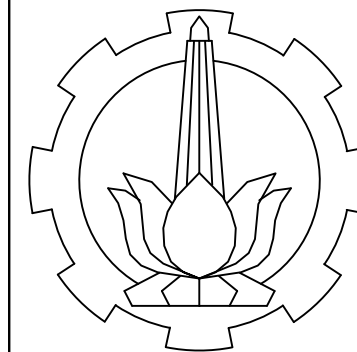
27

Approved	Mark
----------	------

Mark



Gambar Denah Lantai 3
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Lantai 2

Skala	Kode Gambar
--------------	--------------------

1 : 100

ARS

No. Gambar	Jml. Gambar
-------------------	--------------------

02

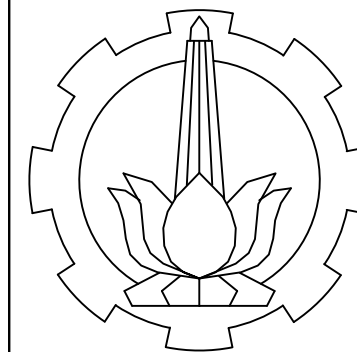
27

Approved

Mark



Gambar Denah Lantai 2
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Lantai 4

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	ARS
---------	-----

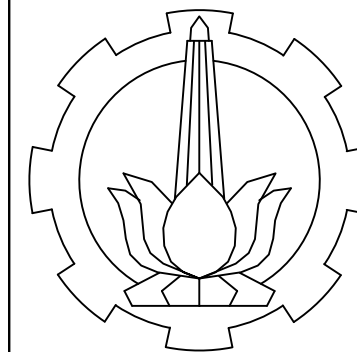
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

04	27
----	----

Approved	Mark
----------	------



Gambar Denah Lantai 4
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Tampak Depan

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100

ARS

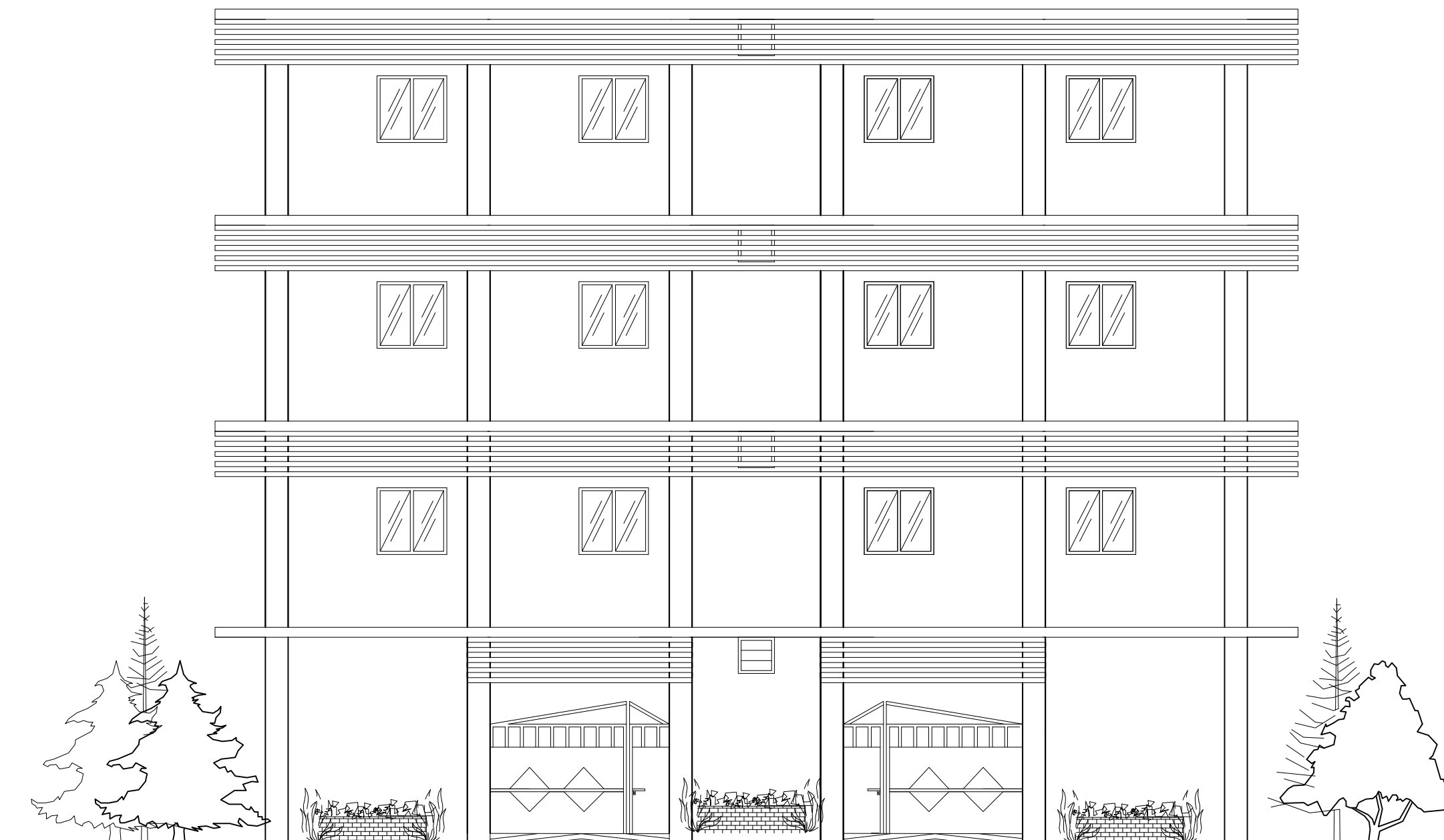
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

05

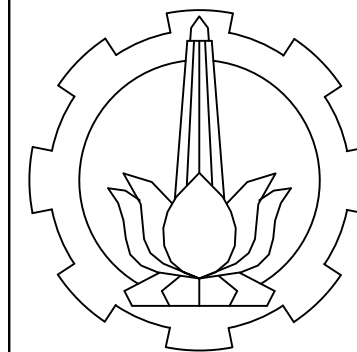
27

Approved

Mark



Gambar Tampak Depan
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
STRUKTUR BANGUNAN BETON
BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
GEMPA ANTARA METODE SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
(SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
3111030084

Judul Gambar

Gambar Tampak Belakang

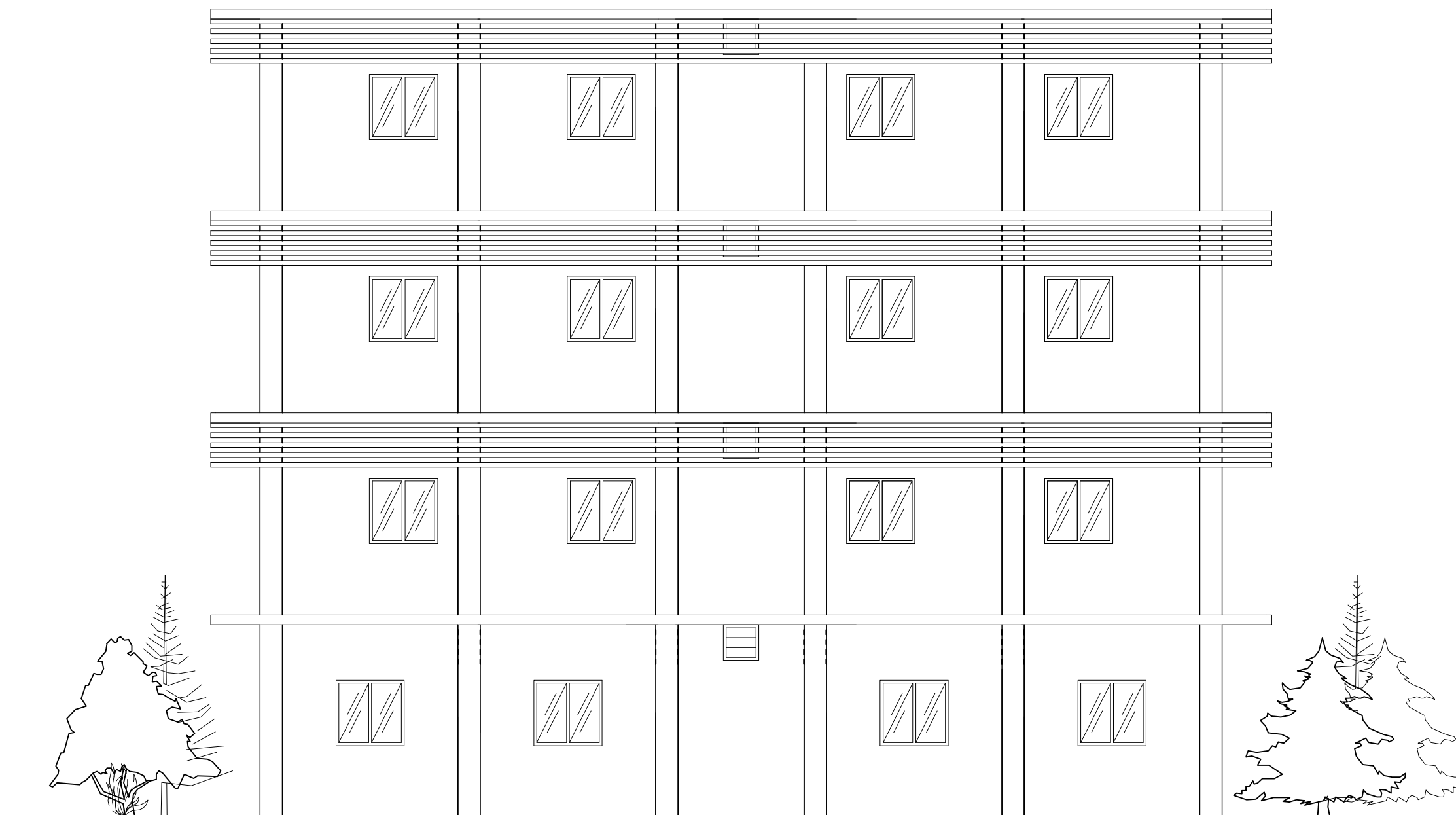
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	ARS
---------	-----

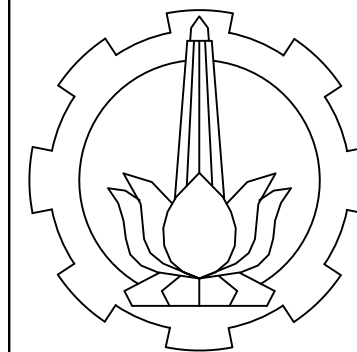
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

06	27
----	----

Approved	Mark
----------	------



Gambar Tampak Belakang
Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
STRUKTUR BANGUNAN BETON
BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
GEMPA ANTARA METODE SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN
MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
(SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
3111030084

Judul Gambar

Gambar Tampak Samping

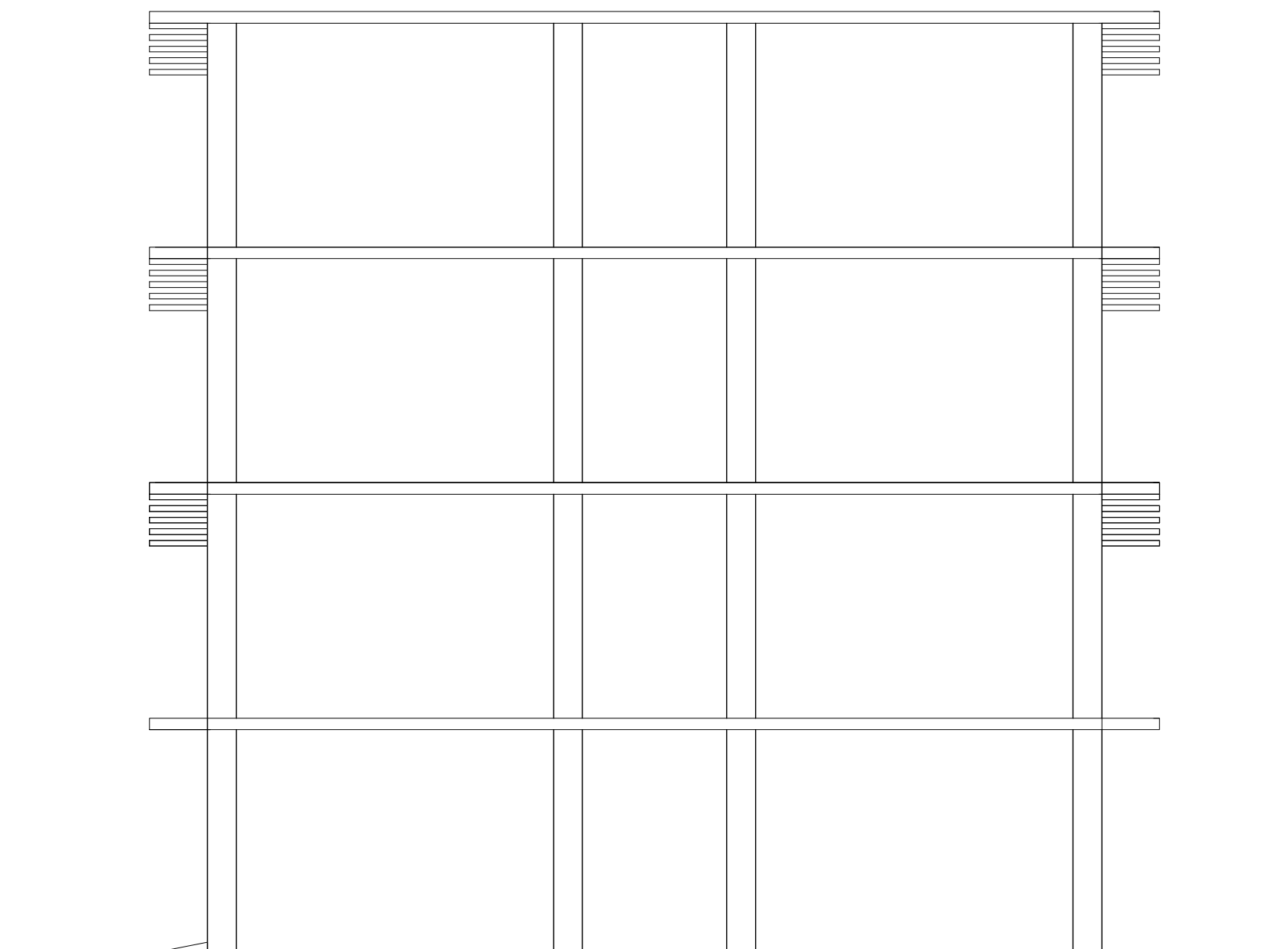
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

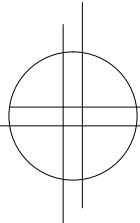
1 : 100	ARS
---------	-----

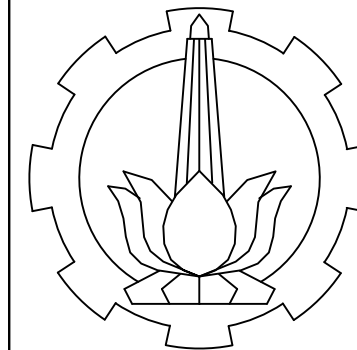
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

07	27
----	----

Approved	Mark
----------	------



 Gambar Tampak Samping
Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Potongan B-B

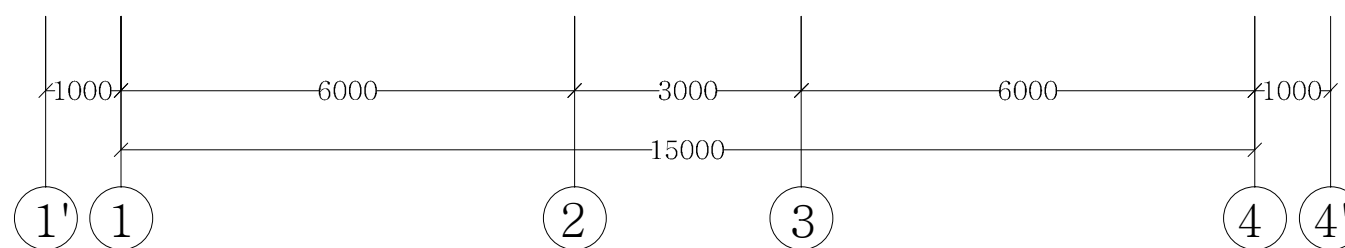
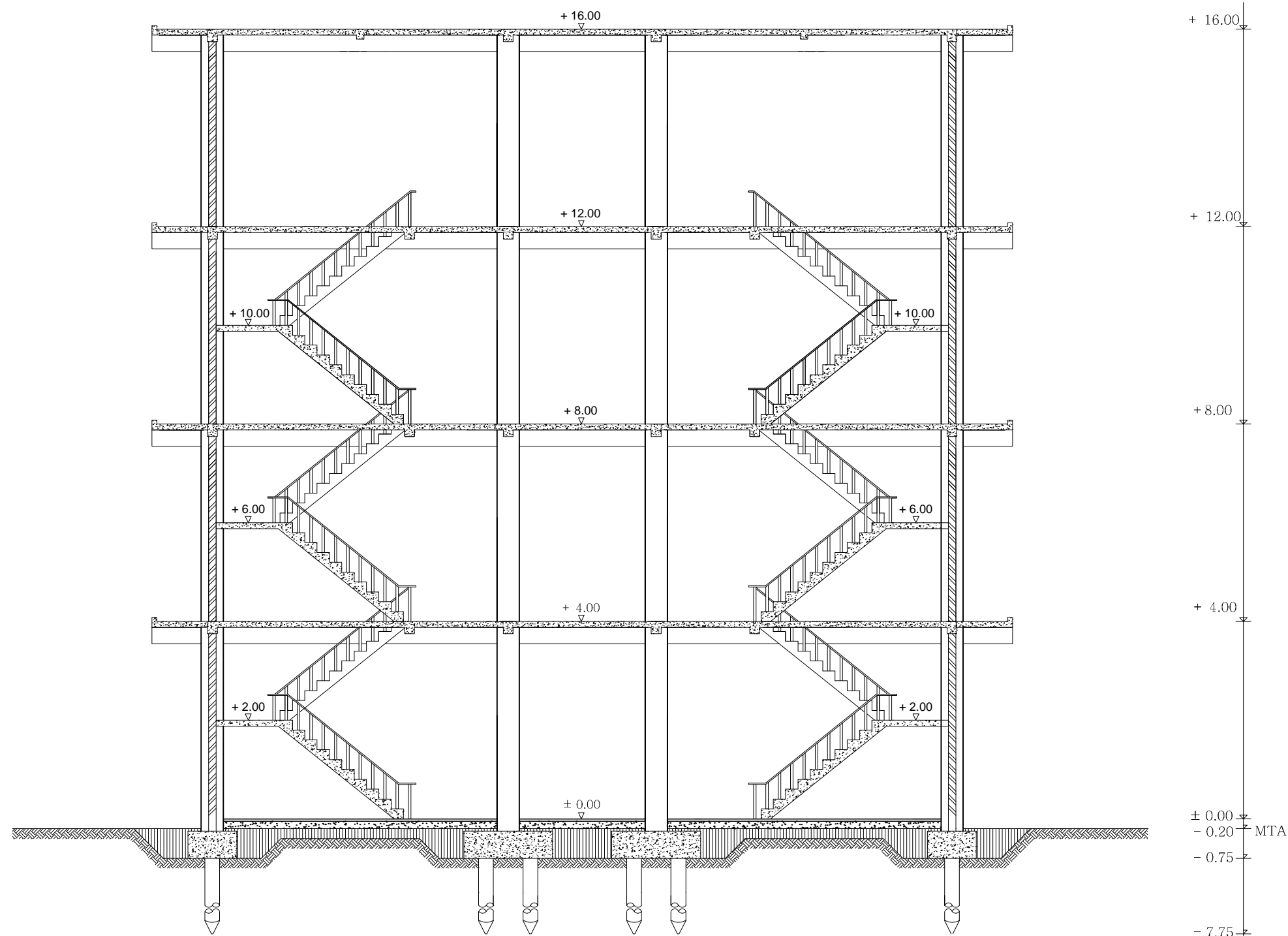
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	ARS
----------------	------------

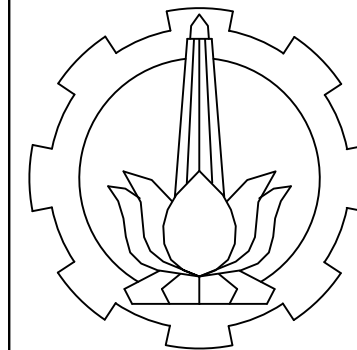
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

08	27
-----------	-----------

Approved	Mark
----------	------



Gambar Potongan B-B
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067

Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Potongan A-A

Skala	Kode Gambar
--------------	--------------------

1 : 100

ARS

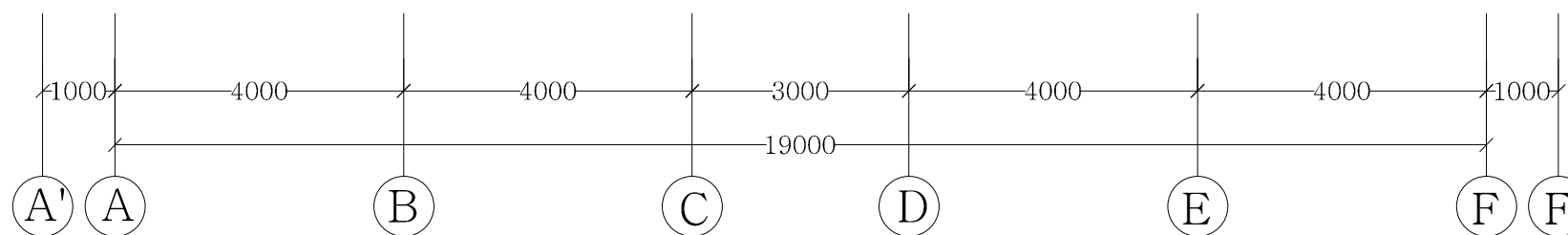
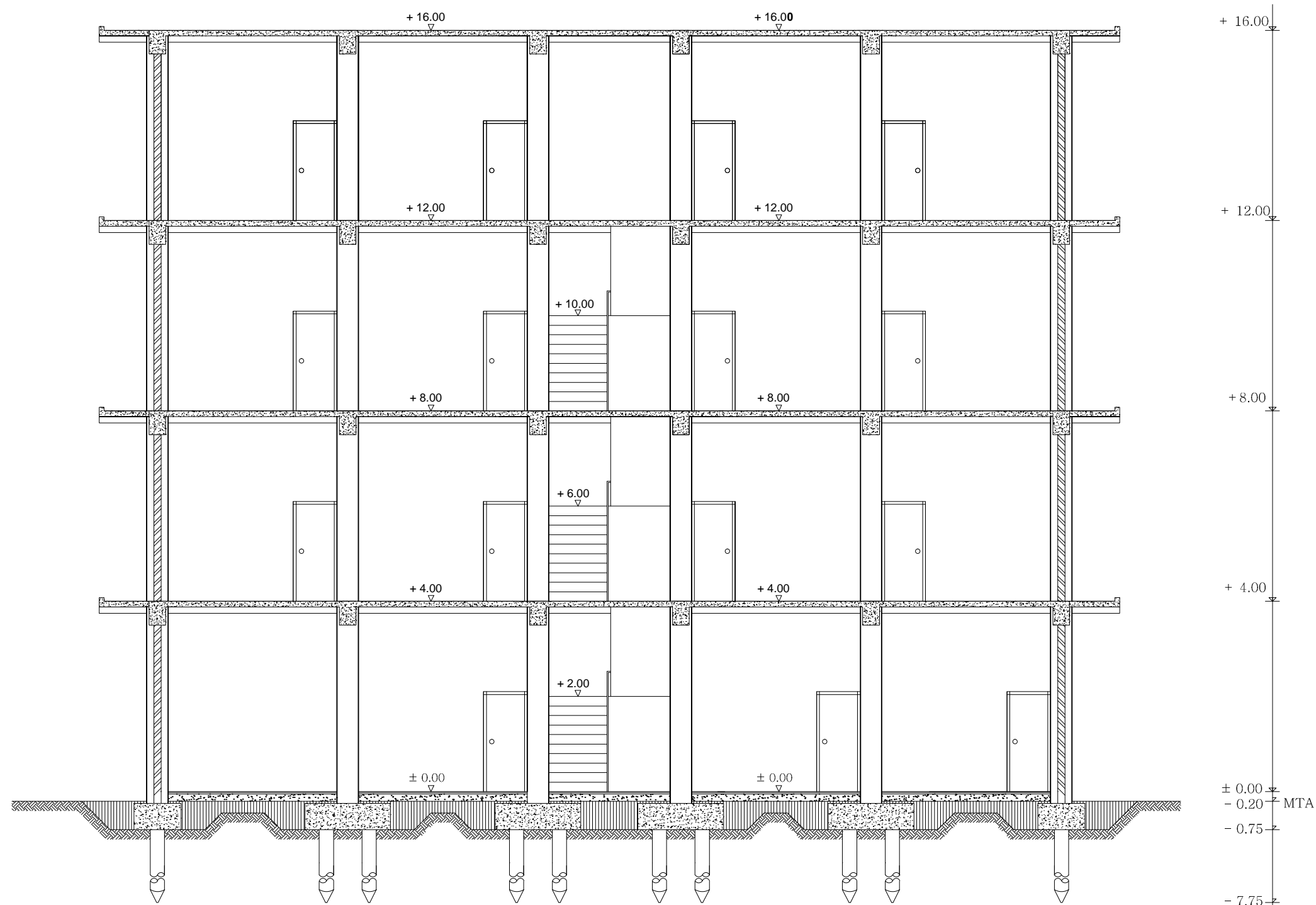
No. Gambar	Jml. Gambar
-------------------	--------------------

09

27

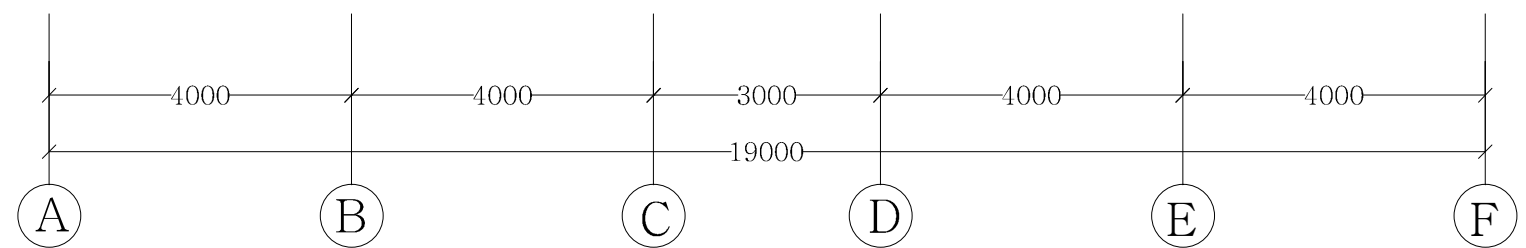
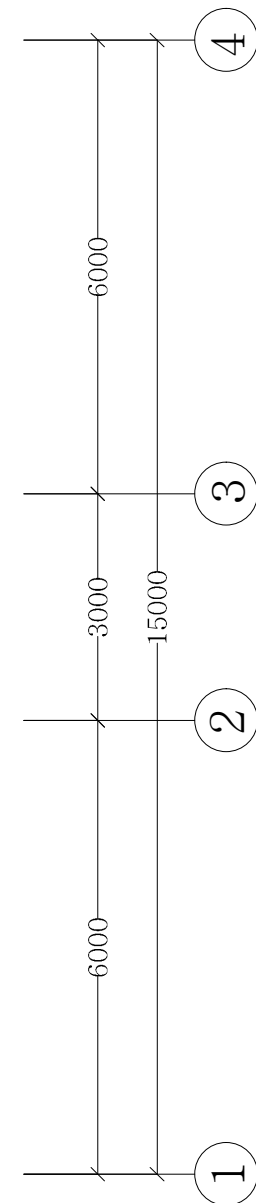
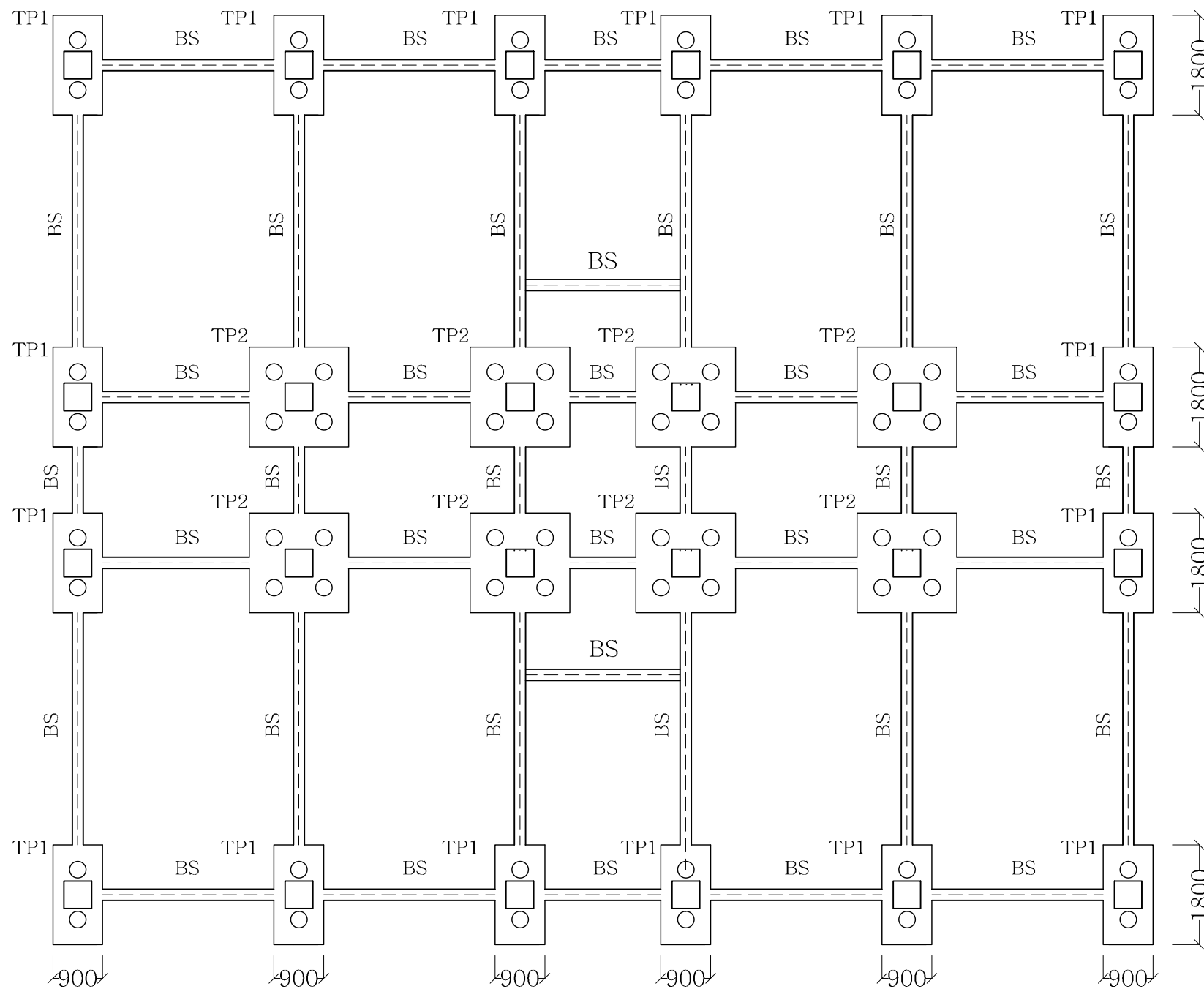
Approved

Mark

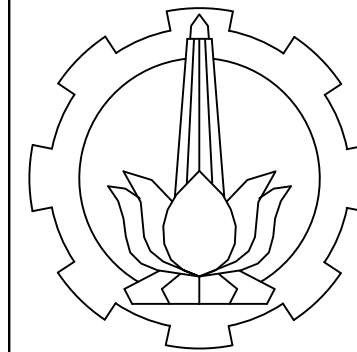


Gambar Potongan A-A
 Skala 1 : 100

No	Type	Dimensi
1	BS	200 x 350
2	TP1	900 x 1800
3	TP2	1800 x 1800



Gambar Denah Pondasi
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

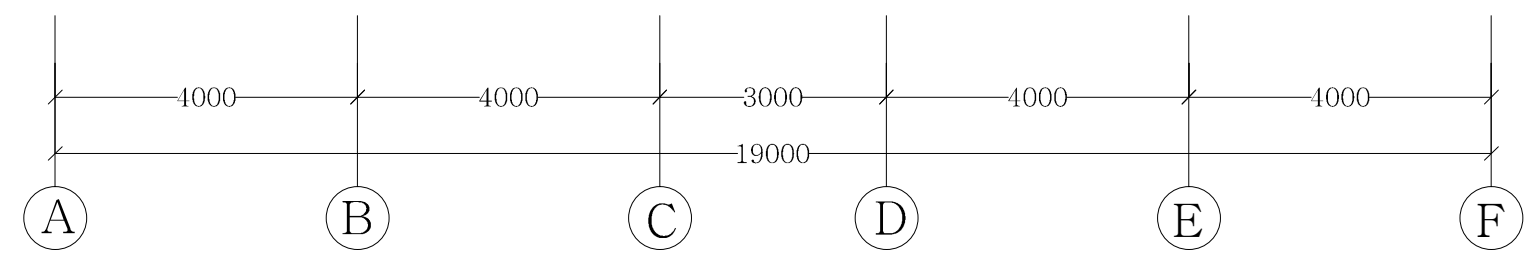
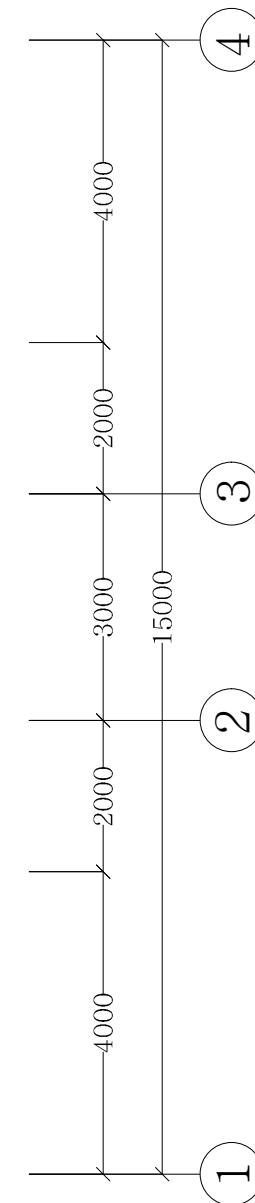
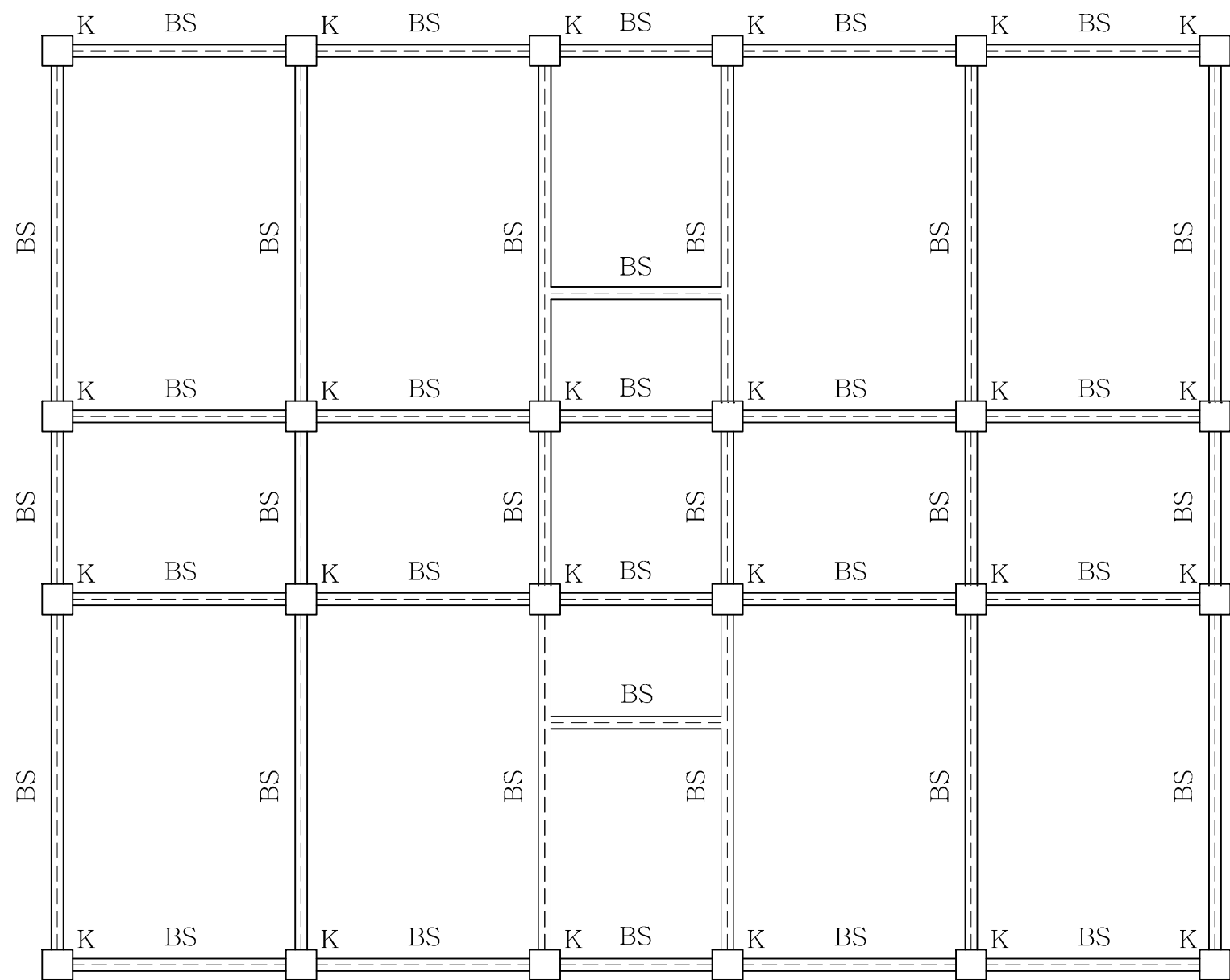
Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

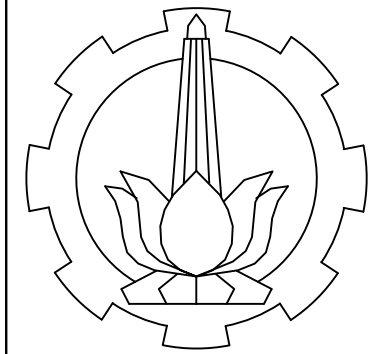
Gambar Denah Pondasi

Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
10	27
Approved	Mark

No	Tipe Balok	Dimensi Balok
1	BS	200 x 350
2	K	500 x 500



Gambar Denah Balok Lt. Dasar
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

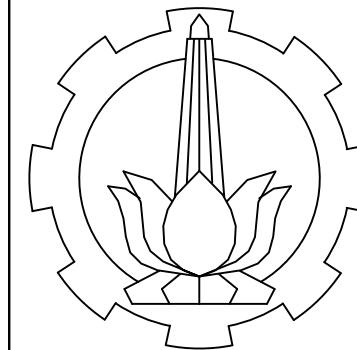
Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Balok Lt. Dasar

Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
11	27
Approved	Mark



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

**Gambar Denah Balok
 Typical Lt. 1, Lt. 2, Lt. 3**

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
----------------	------------

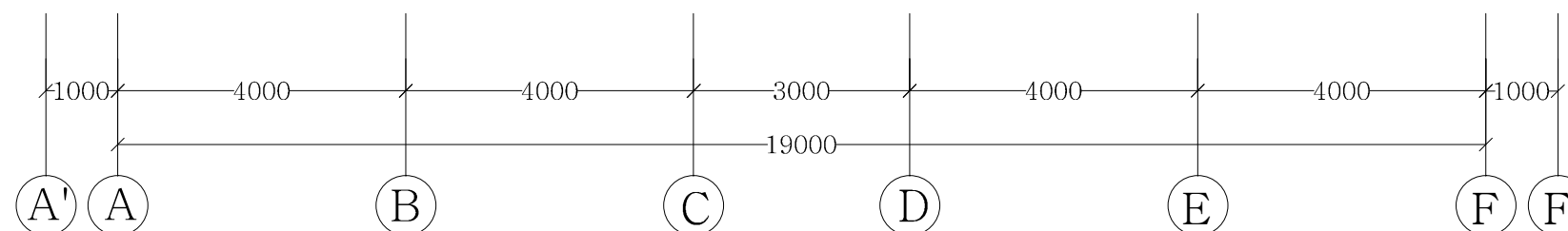
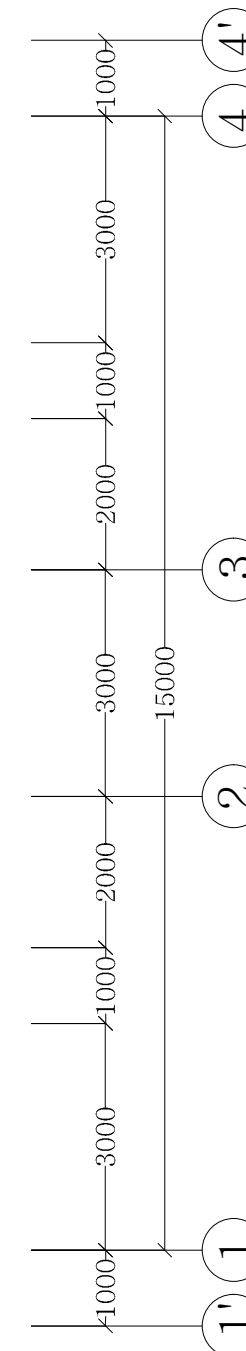
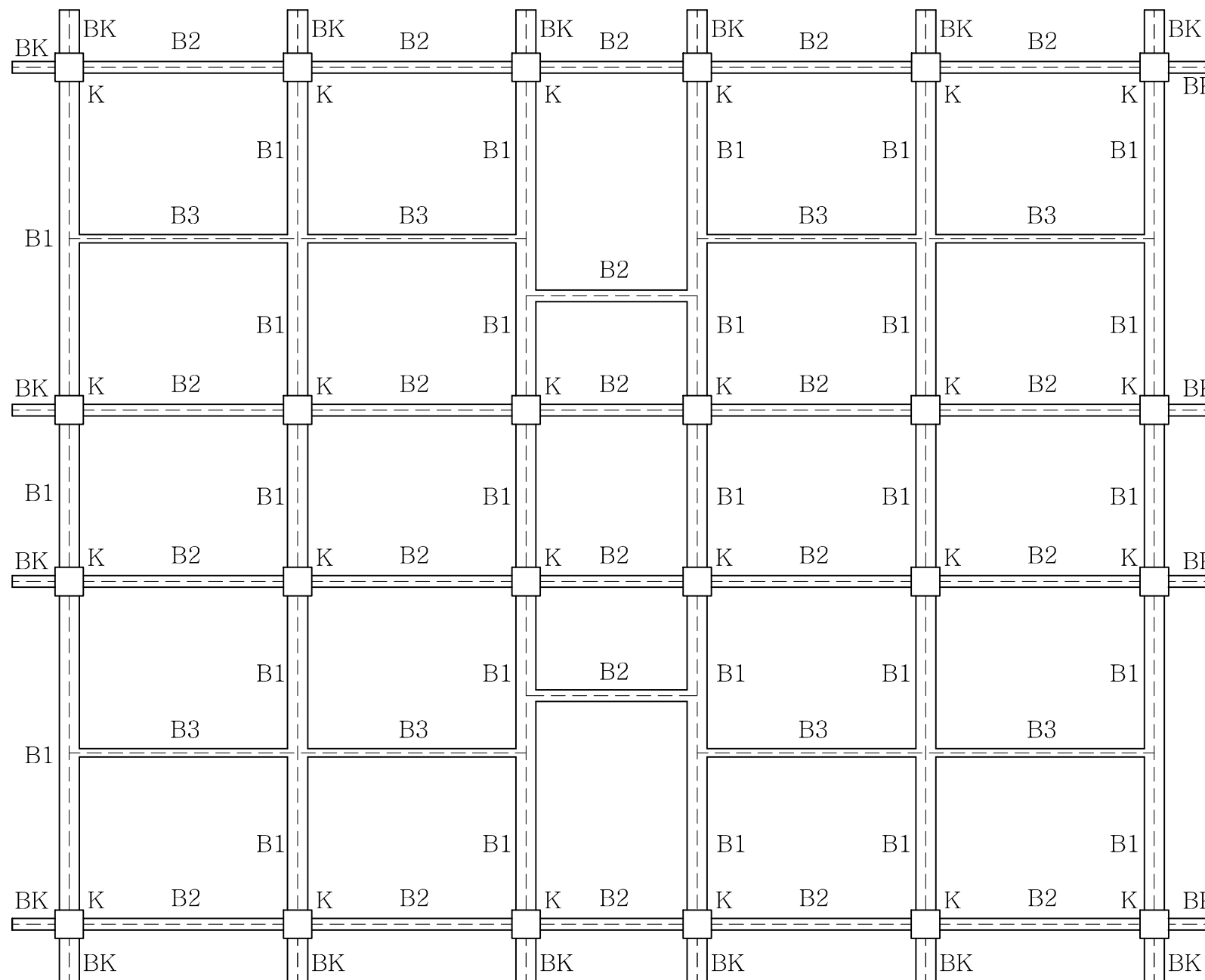
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

12	27
-----------	-----------

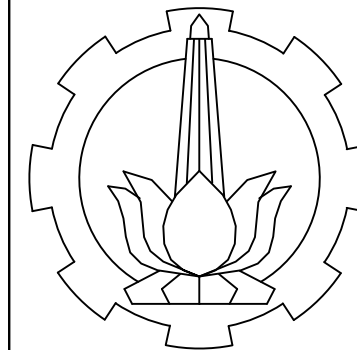
Approved	Mark
----------	------

No	Tipe Balok	Dimensi Balok
1	B1	350 x 450
2	B2	200 x 250
3	B3	150 x 200

No	Tipe Kolom	Dimensi Kolom
1	K	500 x 500



Gambar Denah Balok Typical Lt. 1, Lt. 2, Lt. 3
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Balok Lt. 4

Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

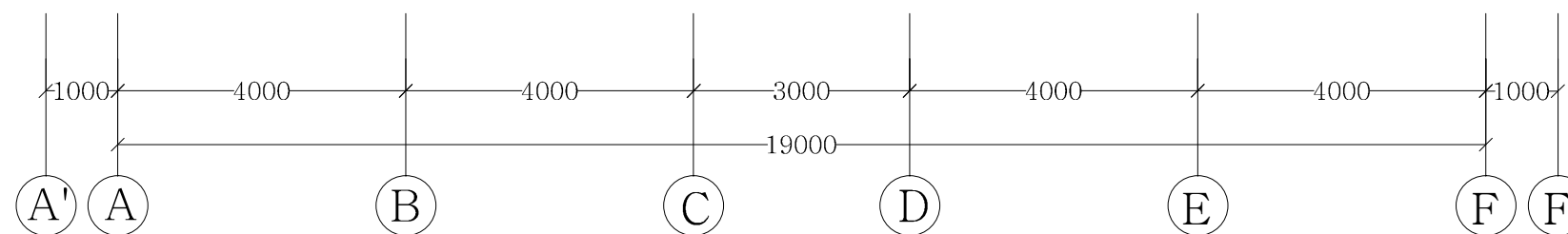
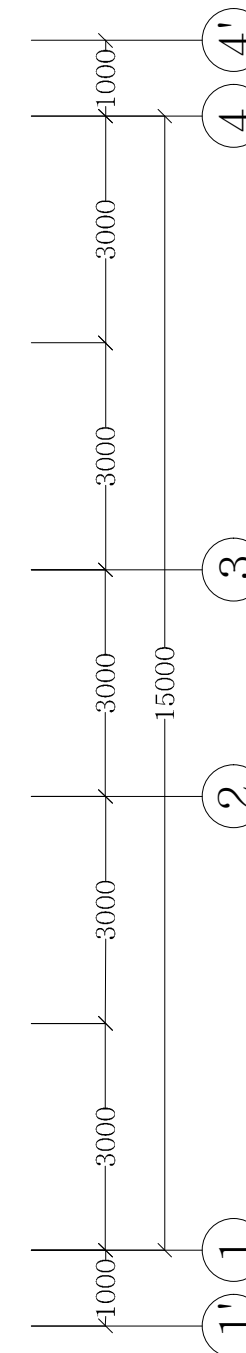
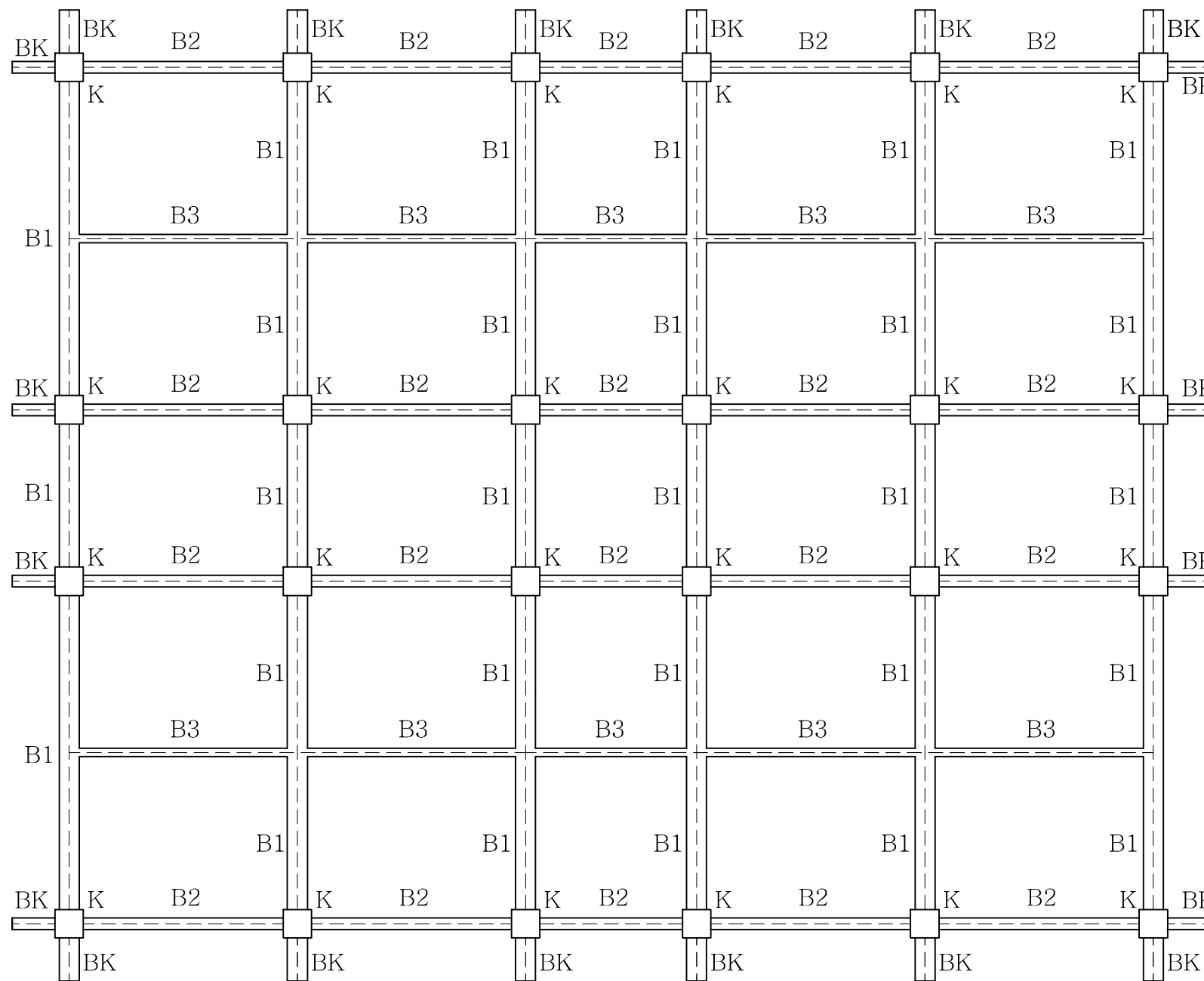
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

13	27
----	----

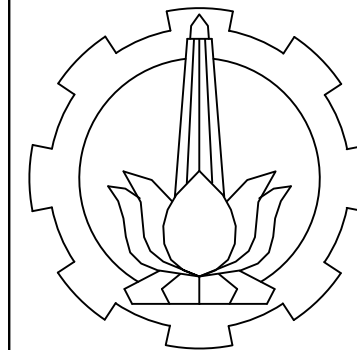
Approved	Mark
----------	------

No	Tipe Balok	Dimensi Balok
1	B1	350 x 450
2	B2	200 x 250
3	B3	150 x 200

No	Tipe Kolom	Dimensi Kolom
1	K	500 x 500



Gambar Denah Balok Lt.4
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Gambar Denah Plat Lt. 4

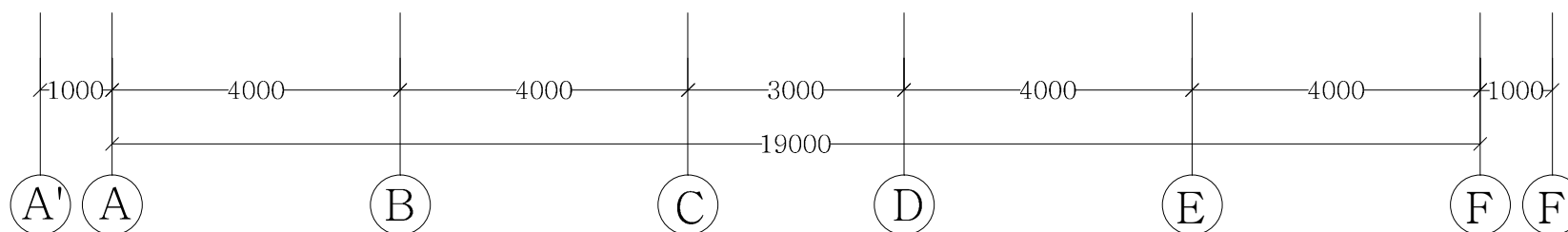
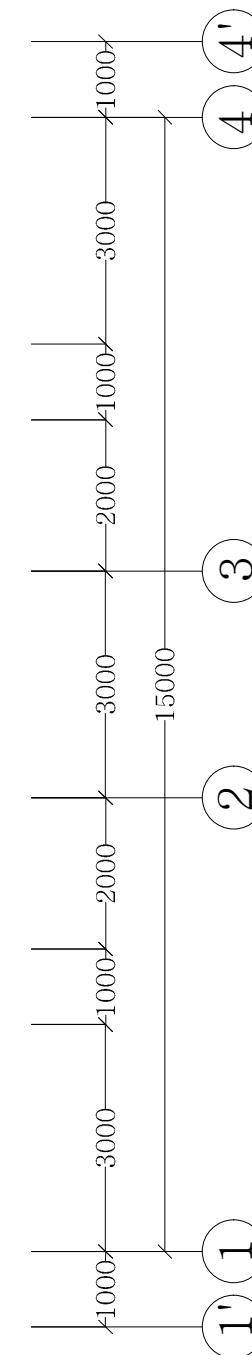
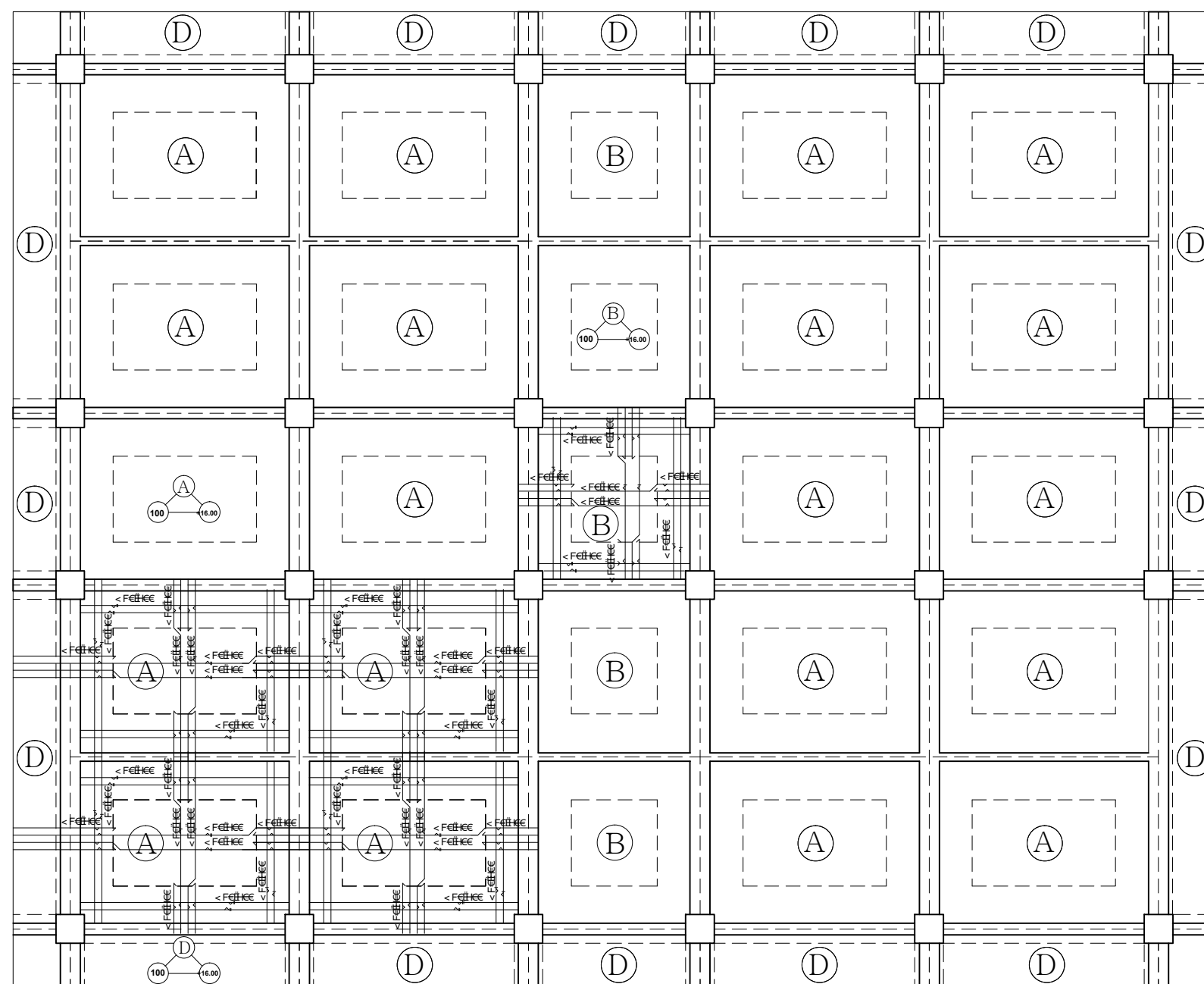
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 100	STR
---------	-----

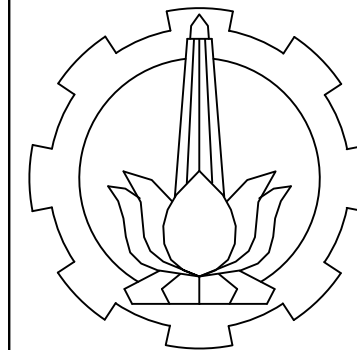
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

15	27
----	----

Approved	Mark
----------	------



Gambar Denah Penulangan Pelat Lt.
 4
 Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

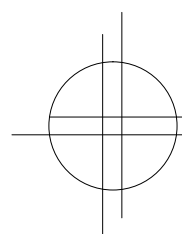
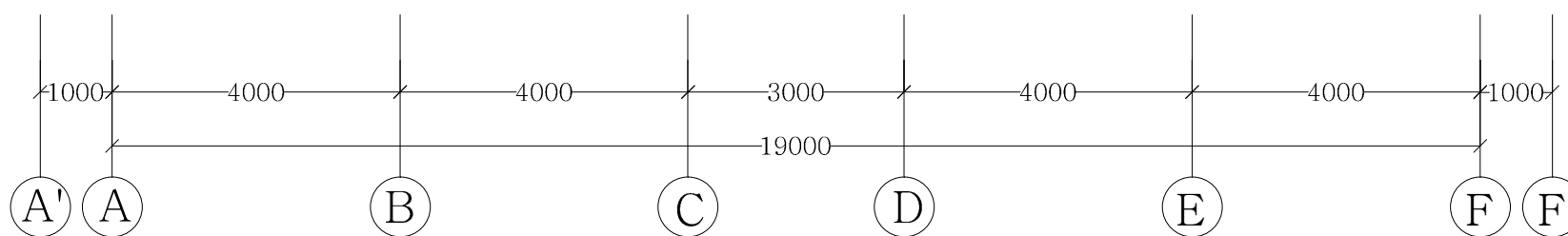
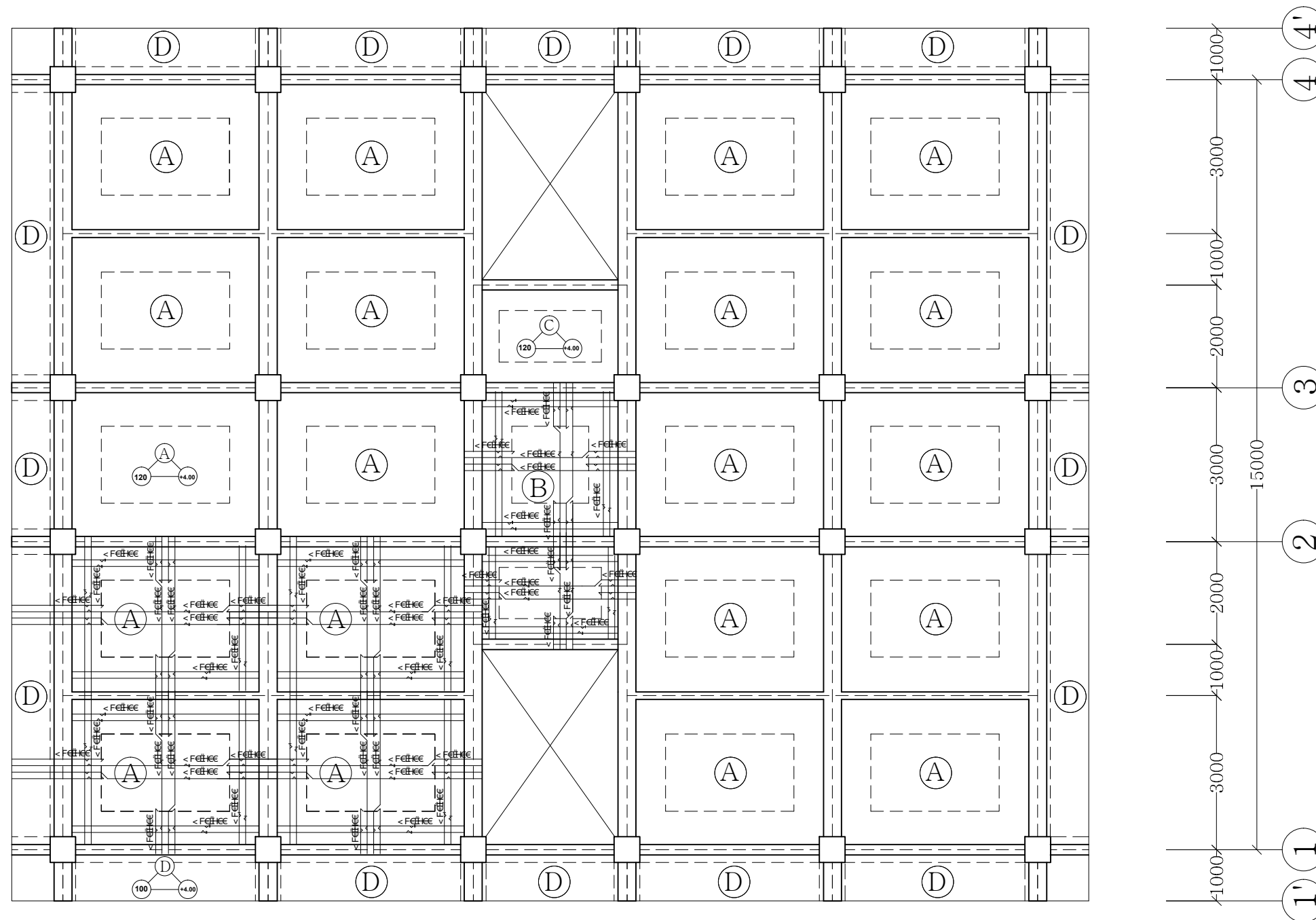
Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

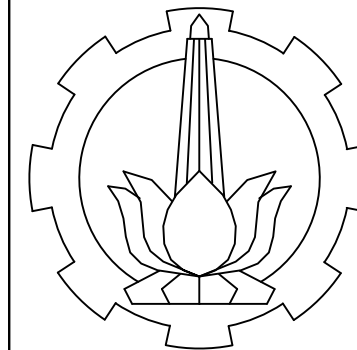
Gambar Penulangan Pelat
 Typical Lt. 1, Lt. 2, Lt. 3

Skala	Kode Gambar
1 : 100	STR
No. Gambar	Jml. Gambar
14	27
Approved	Mark



Gambar Penulangan pelat Typical Lt. 1, Lt. 2, Lt. 3

Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA
 STRUKTUR BANGUNAN BETON
 BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN
 GEMPA ANTARA METODE SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN
 MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM
 RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 1 SRPMM & SRPMK

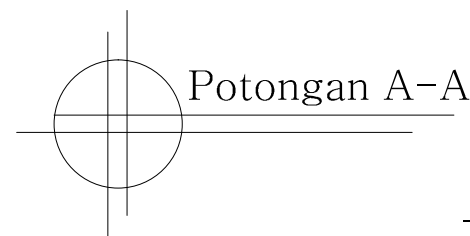
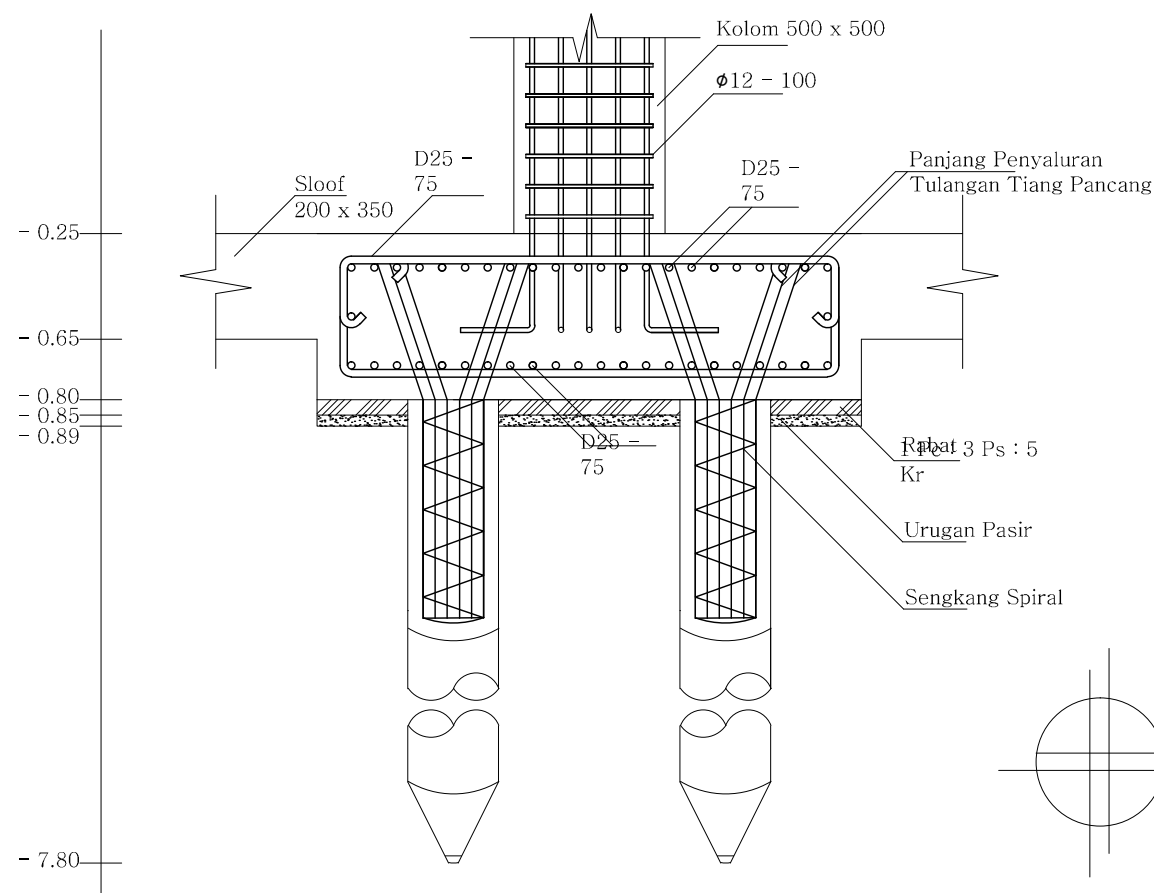
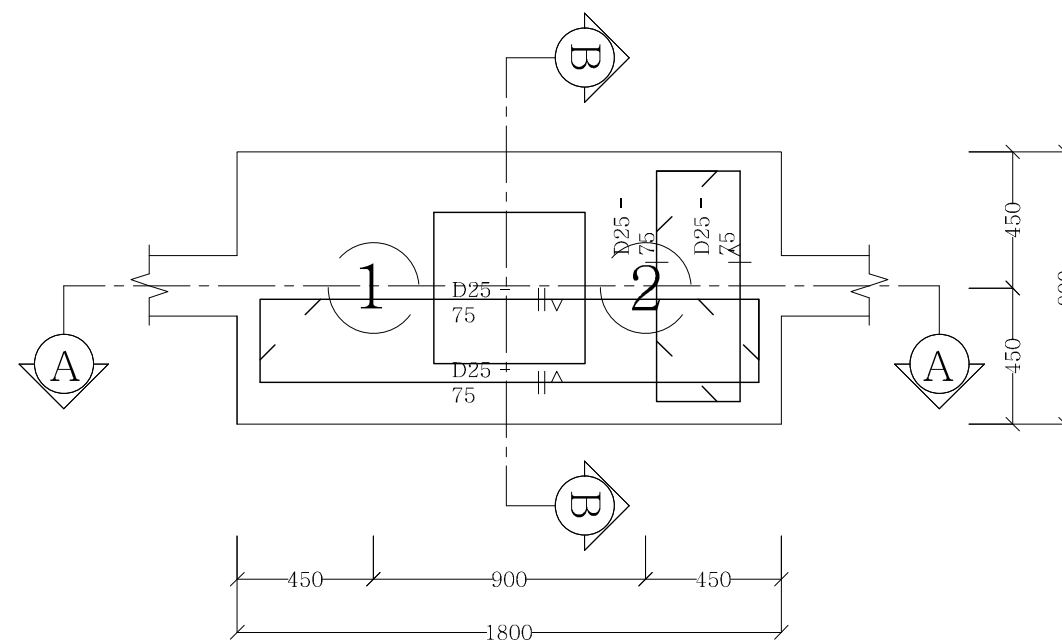
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 25	STR
--------	-----

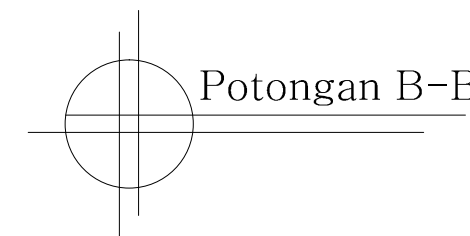
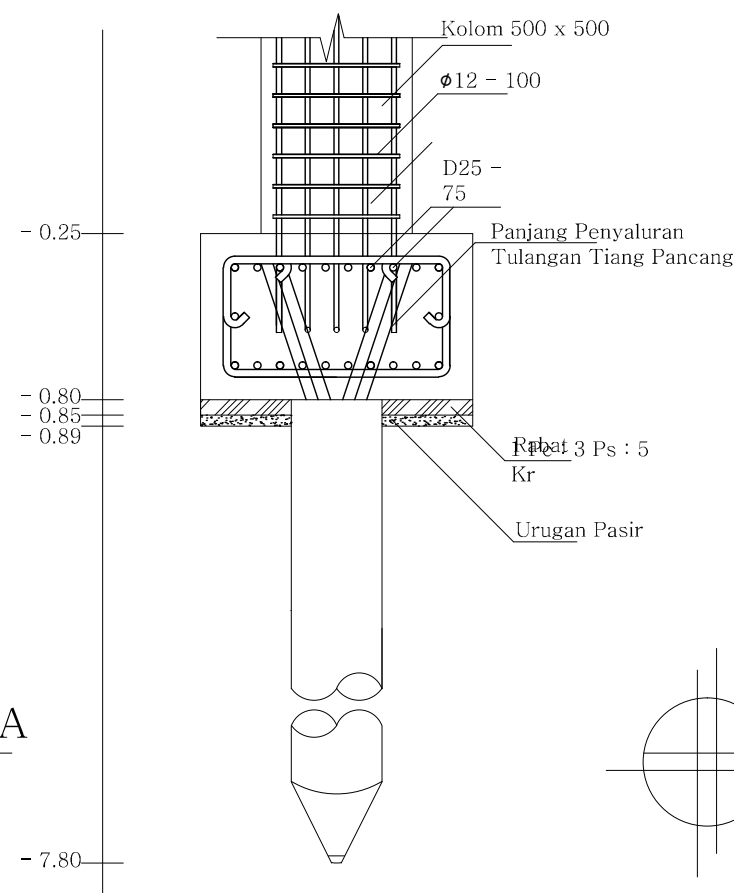
No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

16	27
----	----

Approved	Mark
----------	------

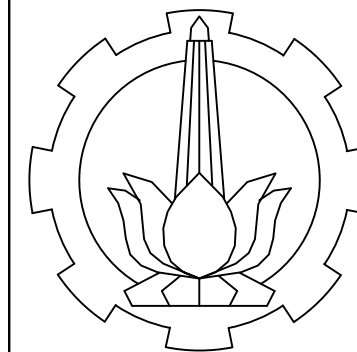


Potongan A-A



Potongan B-B

Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 1 SRPMM & SRPMK
 Skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK SIPIL
 BANGUNAN GEDUNG

Judul Proyek Akhir

STUDI PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR BANGUNAN BETON BERTULANG BERTINGKAT 4 TAHAN GEMPA ANTARA METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN MENENGAH (SRPMM) DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)

Dosen Pembimbing

Yuyun Tajunnisa, ST.MT
 NIP. 19780201 2006042 002

Nama Mahasiswa

Dafid Purnama Wijaya
 3111030067
 Vicky Tri Setya Sumartono
 3111030084

Judul Gambar

Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 2 SRPMM & SRPMK

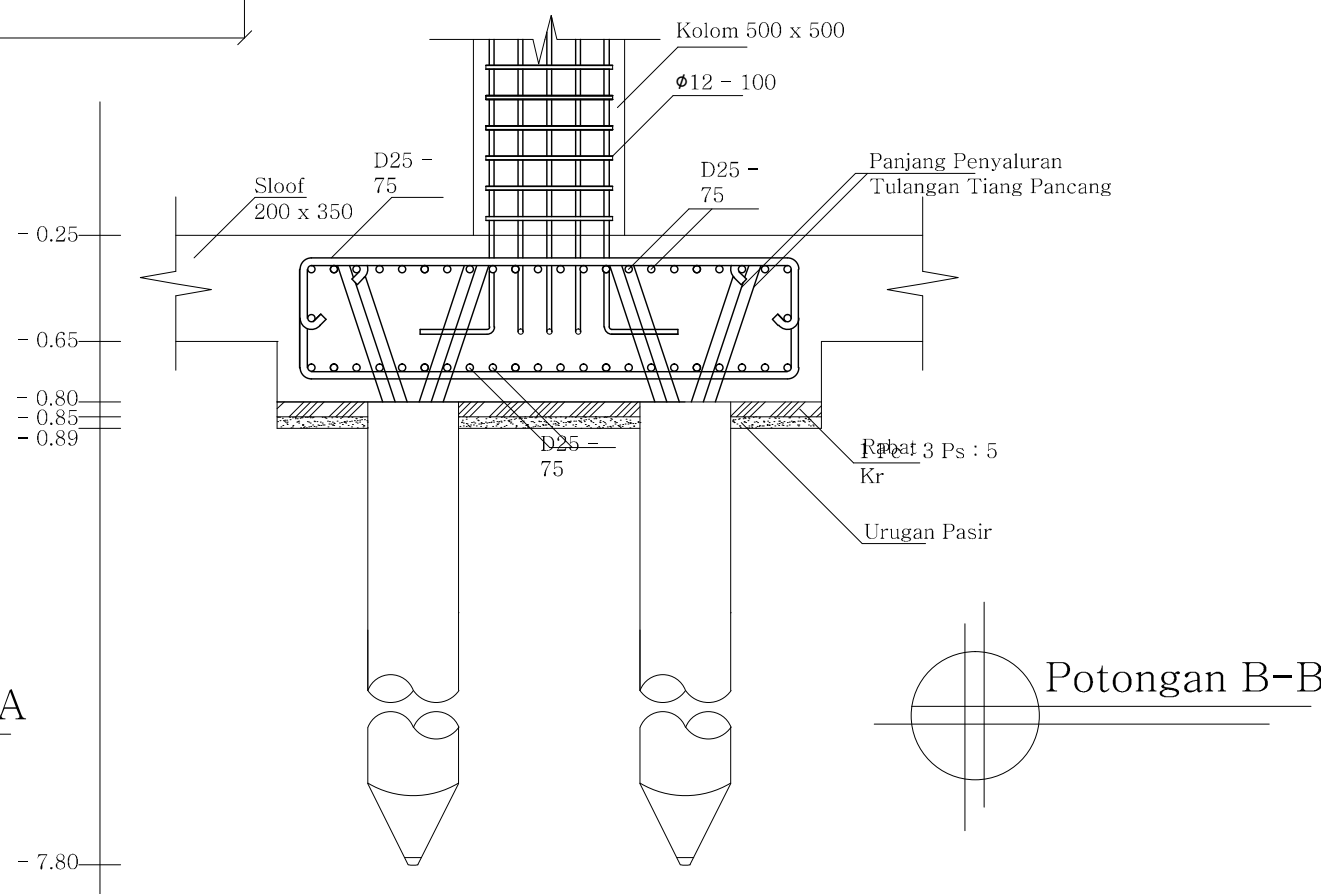
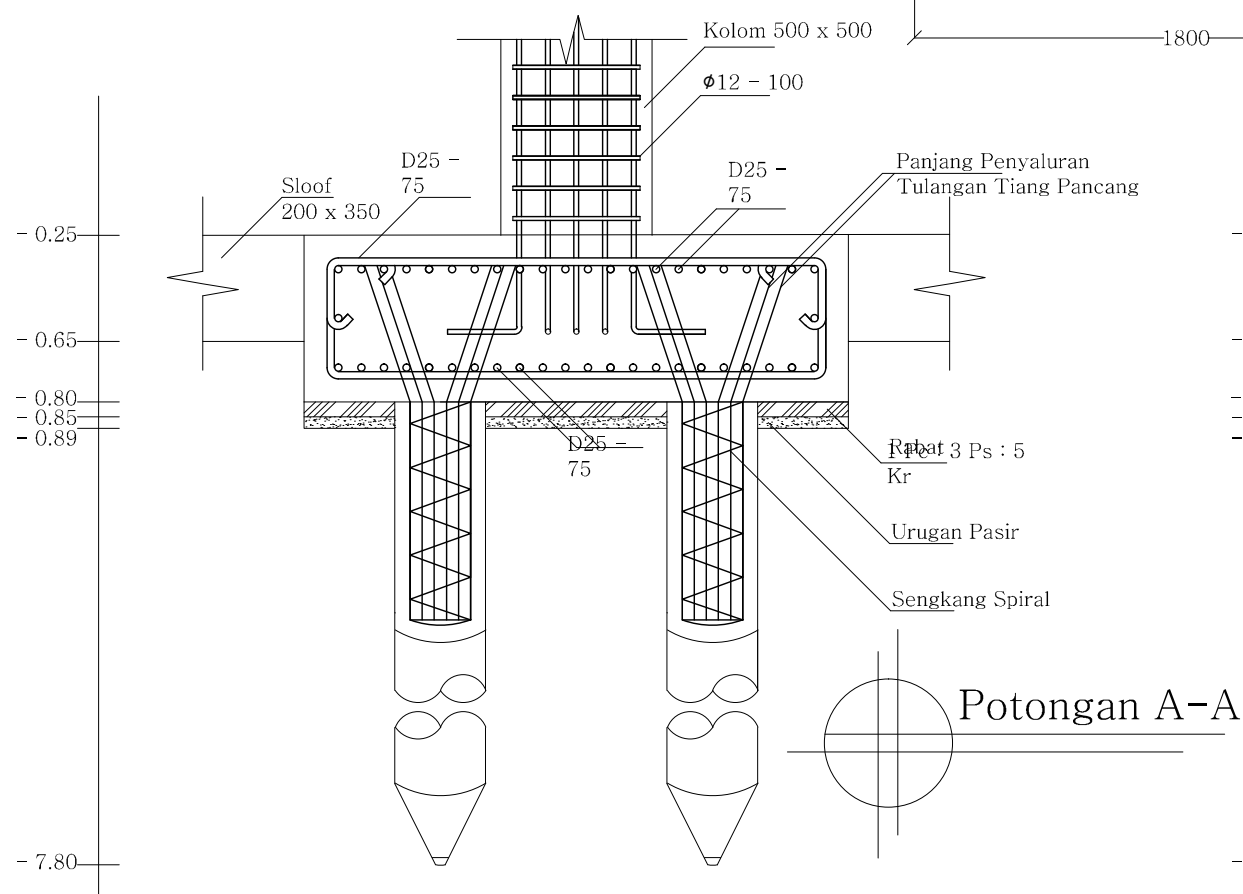
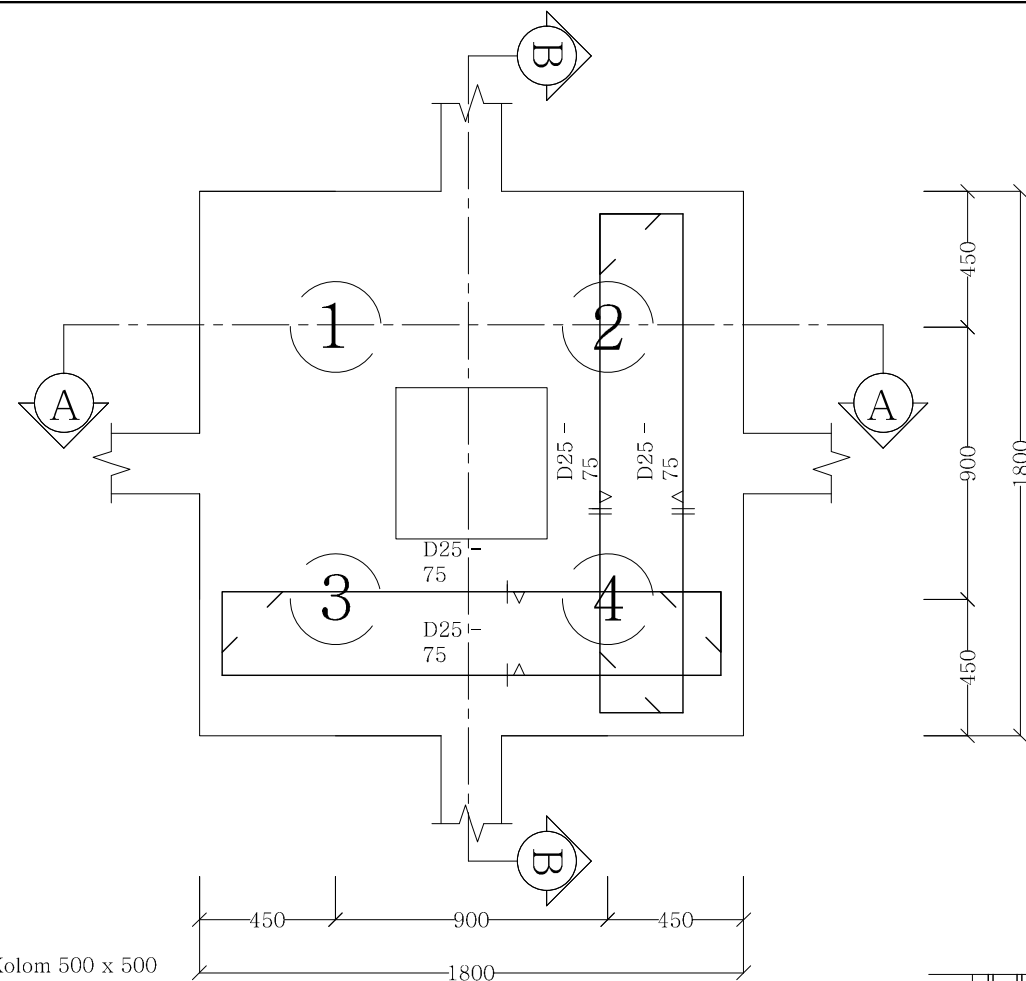
Skala	Kode Gambar
-------	-------------

1 : 25	STR
--------	-----

No. Gambar	Jml. Gambar
------------	-------------

17	27
----	----

Approved	Mark
----------	------



Detail Pondasi Tiang Pancang Tipe 2 SRPMM & SRPMK
 Skala 1 : 25

BIODATA PENULIS



Penulis lahir pada tanggal 14 Juli tahun 1992 dan merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Penulis bernama lengkap Dafid Purnama Wijaya ini, merupakan lulusan dari SDN Purwotengah 2 Mojokerto, juga pernah bersekolah di SMP Negeri 2 Mojokerto, dan SMA Negeri 1 Puri Mojokerto. Sejak SMA penulis aktif dalam kegiatan SKI (Sie Kerohanian Islam) yang mana diteruskan hingga menempuh jenjang kuliah, dengan mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa Jama'ah Masjid Al-Azhar. Selain mengisi waktu dengan kegiatan akademik dan organisasi, di waktu senggangnya penulis sering menghabiskan waktu untuk mendalami hobinya yaitu membaca dan mendengarkan kajian ilmiah.

BIODATA PENULIS



Remaja). Alamat rumah
Surabaya.

Penulis lahir pada tanggal 10 Januari tahun 1992 dan merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis bernama lengkap Vicky Tri Setya Sumartono ini, merupakan lulusan dari SDN dr. Soetomo VII Surabaya, juga pernah bersekolah di SMP Negeri 10 Surabaya, dan SMK Negeri 5 Surabaya. Sejak SMK penulis aktif dalam kegiatan PMR (Palang Merah penulis yaitu Jl. Pakis gelora 1/23