



TUGAS AKHIR – RC 184803

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS NEGERI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN BALOK
PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN KHUSUS**

FIERLY AMALIA
NRP. 03111745000045

Dosen Pembimbing I
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

Dosen Pembimbing II
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



TUGAS AKHIR – RC 184803

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS NEGERI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN BALOK
PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN KHUSUS**

FIERLY AMALIA
NRP. 03111745000045

Dosen Pembimbing I
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

Dosen Pembimbing II
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT – RC 184803

***STRUCTURE MODIFICATION DESIGN OF FACULTY
OF SOSIAL SCIENCES MALANG STATE
UNIVERSITY BUILDING USING PRESTRESSING
BEAMS AND SPECIAL MOMENT RESISTING FRAME
SYSTEM***

FIERLY AMALIA
NRP. 03111745000045

Advisor I
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.

Advisor II
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering, Enviroment and Earth
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS NEGERI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN BALOK
PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN KHUSUS**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

FIERLY AMALIA
NRP. 03111745000045

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Tavio, S.T., M.T. (.....)



2. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka (.....)

**SURABAYA
JULI, 2019**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS NEGERI
MALANG DENGAN MENGGUNAKAN BALOK
PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL
MOMEN KHUSUS**

Nama Mahasiswa : Fierly Amalia
NRP : 03111745000045
Departemen : Teknik Sipil ITS
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Tavio, ST., MT., Ph.D
2. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

ABSTRAK

Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang merupakan gedung dengan konstruksi balok dan kolom beton bertulang konvensional yang terdiri dari 7 lantai dengan tinggi bangunan 28 m, dimana pada lantai 7 terdapat convention hall tanpa kolom dengan panjang bentang 18 m yang menggunakan struktur baja. Konstruksi baja merupakan salah satu alternatif yang digunakan untuk struktur bentang panjang, namun penggunaan struktur baja memiliki kelemahan yaitu mudah korosi. Sebagai solusi dari permasalahan tersebut, penggunaan beton pratekan untuk balok bentang panjang merupakan solusi yang tepat.

Selain menggunakan balok pratekan, gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang juga akan dimodifikasi menjadi 13 lantai dengan tinggi bangunan 51 m. Dalam Tugas Akhir ini, gedung akan direncanakan dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) mengingat resiko kegempaan wilayah Malang yang cukup tinggi dengan kondisi bangunan yang masuk ke dalam kategori desain seismik D.

Desain struktur gedung ini meliputi perhitungan struktur atas dan struktur bawah. Material dalam perencanaan struktur

menggunakan mutu bahan : $f'c$ kolom = 35 Mpa, $f'c$ balok dan pelat = 30 Mpa, $f'c$ balok pratekan = 40 Mpa, $f'c$ poer = 35 Mpa, f_y tulangan lentur=420 Mpa dan f_y tulangan geser = 280 Mpa. Dari hasil analisa didapatkan dimensi balok pratekan 600 x 900 mm dan gaya prategang sebesar 2500 kN dengan kehilangan gaya prategang yang dialami balok sebesar 15,8%.

Perhitungan yang dilakukan dalam tugas akhir ini mengacu pada peraturan yang ditetapkan pada SNI 2847-2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 1726-2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa, dan SNI 1727-2013 untuk beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain.

Kata kunci : Balok Pratekan, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Desain Struktur, Gedung.

**STRUCTURE MODIFICATION DESIGN OF FACULTY
OF SOSIAL SCIENCES MALANG STATE
UNIVERSITY BUILDING USING PRESTRESSING
BEAMS AND SPECIAL MOMENT RESISTING FRAME
SYSTEM**

Student Name : Fierly Amalia
NRP : 03111745000045
Department : Civil Engineering ITS
Advisor : 1. Prof. Tavio, ST., MT., Ph.D
2. Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka

ABSTRACT

The Faculty of Sosial Sciences of Malang State University building is a beam and column conventional concrete structure building which consists of 7 floors with 28 m high building. Where on the 7th floor there is a conventional hall without column along 18 m using steel construction. Steel construction is one of alternative for long span structure but has disadvantage such as corrosion. As a solution of this problem, using prestressed beams for long span beam is the right decision.

Not only using prestressed beams as planning, this building is modified by adding 5 floors to become 13 floors with 51 m high building as well. In this thesis, this building is designed by using Special Moment Resisting Frame System as Malang has high risk in earthquake which condition of the building includes in the Seismic Design Category D.

The structural design of this building includes the calculation of upper and lower structures. Material in structural planning use the material quality: f'_c column = 35 Mpa, f'_c beam and plate = 30 Mpa, f'_c prestressed beam = 40 Mpa, f'_c foundation = 35 Mpa, f_y main reinforcement = 420 Mpa and f_y sehar reinforcement = 280 Mpa. From the result of analysis, it is concluded that prestressed beam have a dimension 600 x 900 mm

and prestress force beam is 2500 kN with loss of prestressing force 15,8%.

The calculations performs in this thesis refers to the regulations set in SNI 2847-2013 on the requirements of structural concrete for building structures, SNI 1726-2012 on earthquake resistance planning procedures, and SNI 1727-2013 for minimum loads for the planning of buildings and structures other.

Keywords : Prestressed Beam, Special Momen Resisting Frame, Structure Design, Building.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis diberi kesehatan dan kekuatan untuk menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini. Penyusunan Tugas Akhir ini diajukan oleh penulis dalam rangka memenuhi persyaratan akademik untuk memenuhi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik. Adapun judul dari Tugas Akhir ini adalah **“Desain Modifikasi Struktur Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang dengan Menggunakan Balok Pratekan dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus”**

Terselesainya Tugas Akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah sangat banyak membantu dan memberi masukan serta arahan. Untuk itu Penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Ali Muhdhor, Ibu Maghfiroh S.AP., Dewi Ayu Masitah dan M. Arif Tirtana A., sebagai keluarga yang selalu memberikan semangat, dukungan, motivasi dan doa.
2. Bapak Prof. Tavio S.T., M.T., P.hD. dan Bapak Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka selaku dosen konsultasi Tugas Akhir yang dengan sabar membimbing dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., P.hD., selaku kepala departemen Teknik Sipil, FTSLK-ITS.
4. Bapak Dr. Tech. Umboro L, S.T., M.Sc., selaku kepala program studi S1 Teknik Sipil, FTSLK-ITS.
5. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu bermanfaat.
6. Achmad Fauzi Primabella S.T, yang telah memberikan bantuan dan dukungan.
7. Teman-teman Lintas Jalur 2017 dan semua pihak yang turut memberikan bantuan selma proses pengerjaan Tugas Akhir.

Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini terdapat beberapa kekurangan sehingga penulis mengharap kritik dan saran demi evaluasi bagi penulis kedepannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2019

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penulisan	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Beton Pratekan	5
2.1.1 Sistem Beton Pratekan dan Pengangkeran	5
2.1.2 Tahap Pembebanan.....	8
2.1.3 Kehilangan Prategang.....	9
2.1.4 Momen Retak	14
2.1.5 Momen Nominal.....	14
2.1.6 Lendutan Ijin	14
2.2 Sistem Struktur.....	14
2.2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen	15

2.2.2 Persyaratan Struktural Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	16
BAB III METODOLOGI	17
3.1 Umum	17
3.2 Pembahasan Metodologi.....	18
3.2.1 Pengumpulan Data Bangunan	18
3.2.2 Studi Literatur.....	19
3.2.3 Preliminary Desain	19
3.2.4 Penulangan Struktur Sekunder	22
3.2.5 Pemodelan Struktur	23
3.2.6 Pembebanan.....	23
3.2.7 Analisis Struktur Utama	32
3.2.8 Perencanaan Struktur Utama	33
3.2.9 Perhitungan Balok Pratekan	42
3.2.10 Hubungan Balok Kolom.....	52
3.2.11 Perencanaan Pondasi	53
3.2.12 Gambar Output AutoCad.....	56
BAB IV DESAIN DAN ANALISA STRUKTUR.....	57
4.1 Data Perencanaan	57
4.2 Preliminary Design.....	57
4.2.1 Balok.....	57
4.2.2 Pelat	61
4.2.3 Kolom.....	67
4.3 Perhitungan Struktur Sekunder.....	73
4.3.1 Desain Pelat Lantai.....	73
4.3.2 Desain Stuktur Tangga	81

4.3.3 Desain Struktur Balok Bordes	93
4.3.4 Desain Stuktur Balok Anak BA	98
4.3.5 Desain Stuktur Balok Lift.....	105
4.4 Permodelan Struktur.....	110
4.4.1 Pembebanan.....	111
4.4.2 Kontrol Hasil Analisa Struktur	137
4.5 Desain Balok Pratekan	147
4.5.1 Data Perencanaan	148
4.5.2 Dimensi Balok Sebelum Komposit	148
4.5.3 Dimensi Balok Setelah Komposit	149
4.5.4 Tegangan Ijin.....	150
4.5.5 Pembebanan.....	151
4.5.6 Analisa Gaya Pratekan	152
4.5.7 Desain Pendahuluan Gaya Prategang Awal (F_0).....	153
4.5.8 Penentuan Jumlah <i>Strand</i>	158
4.5.9 Perhitungan Kehilangan Pratekan	159
4.5.10 Kontrol Tegangan Setelah Kehilangan.....	166
4.5.11 Kontrol Daerah Limit Kabel.....	168
4.5.12 Kontrol Lendutan	169
4.5.13 Perhitungan Momen Retak	171
4.5.14 Perhitungan Tulangan Torsi	171
4.5.15 Perhitungan Tulangan Lentur	172
4.5.16 Perhitungan Tulangan Geser	178
4.5.17 Kontrol Momen Nominal dan Momen Retak.....	183
4.5.18 Kontrol SNI 2847-2013 Pasal 21.5.2.5	187

4.5.19	Perhitungan Angkur Ujung.....	188
4.5.20	Perhitungan Panjang Penyaluran	189
4.5.21	Metode Pelaksanaan	191
4.6	Desain Balok Induk	194
4.6.1	Data Perencanaan Balok Induk.....	195
4.6.2	Cek Persyaratan Struktur Tahan Gempa.....	195
4.6.3	Perhitungan Tulangan Torsi	196
4.6.4	Perhitungan Tulangan Lentur	198
4.6.5	Perhitungan Tulangan Geser	207
4.6.7	Perhitungan Panjang Penyaluran	212
4.7	Desain Kolom.....	215
4.7.1	Data Perencanaan Kolom	215
4.7.2	Cek Persyaratan Struktur Tahan Gempa.....	218
4.7.3	Konfigurasi Penulangan Lentur.....	218
4.7.4	Kontrol Spasi Tulangan	220
4.7.5	Cek Kapasitas Kolom Terhadap Beban Aksial	221
4.7.6	Persyaratan Strong Column Weak Beam	221
4.7.7	Perhitungan Tulangan Geser	224
4.7.8	Perhitungan Panjang Penyaluran	231
4.8	Hubungan Balok Kolom.....	232
4.8.1	Data Perencanaan HBK.....	232
4.8.2	Cek Syarat Panjang Joint.....	233
4.8.3	Luas Efektif Joint.....	233
4.8.4	Penulangan Transveral HBK	233
4.8.5	Kuat Geser Hubungan Balok Kolom.....	234

4.9 Desain Sloof.....	236
4.10.1 Data Perencanaan Sloof.....	237
4.10.2 Pembebanan Sloof.....	237
4.10.3 Penulangan Lentur Sloof.....	238
4.10.3 Penulangan Geser Sloof	239
4.10 Desain Pondasi	240
4.10.1 Data Perencanaan Tiang Pancang	241
4.10.2 Beban Struktur.....	241
4.10.3 Daya Dukung Satu Tiang Pancang.....	243
4.10.4 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok	246
4.10.5 Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang	248
4.10.6 Kontrol Kekuatan Tiang terhadap Gaya Lateral.....	251
4.10.7 Kontrol Geser Pons pada <i>Pile cap</i>	255
4.10.8 Desain Penulangan <i>Poer</i>	258
4.10.9 Desain Tulangan Tusuk Konde pada Tiang Pancang	262
BAB V KESIMPULAN	269
5.1 Ringkasan	269
5.2 Saran.....	274
DAFTAR PUSTAKA.....	275
LAMPIRAN	277

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Beton Pratekan Pratarik	6
Gambar 2. 2 Ilustrasi Beton Pratekan Pasca Tarik	7
Gambar 2. 3 Skema Kehilangan Akibat Kekangan Kolom.....	12
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pelaksanaan	17
Gambar 3. 2 Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 Detik (S_s)	26
Gambar 3. 3 Peta Respon Spektra Percepatan 1,0 detik (S_1)	26
Gambar 3. 4 Persyaratan Tulangan Lentur Balok	34
Gambar 3. 5 Senggang Tertutup (hoops)	36
Gambar 3. 6 Kuat Gaya Geser Desain Balok	37
Gambar 3. 7 Tulangan Transversal Kolom	41
Gambar 3. 8 Kuat Geser Kolom.....	42
Gambar 3. 9 Daerah Limit Tendon	44
Gambar 3. 10 Luas Join Efektif HBK	53
Gambar 3. 11 Sketsa Jarak Antar Pondasi dan Tepi Poer	55
Gambar 4. 1 Denah Balok Lantai 2-3.....	57
Gambar 4. 2 Denah Balok Lantai 12.....	58
Gambar 4. 3 Denah Balok Rooftop.....	58
Gambar 4. 4 Denah Pelat Lantai Join F-E.3-4.....	62
Gambar 4. 5 Balok As F Joint 3-4.....	62
Gambar 4. 6 Balok As E Joint 3-4.....	63
Gambar 4. 7 Balok As 3 Joint E-F	64
Gambar 4. 8 Balok As 4 Joint E-F	65
Gambar 4. 9 Denah Kolom yang Ditinjau.....	67
Gambar 4. 10 Denah Pelat Lantai Tipe A	73
Gambar 4. 11 Detail Pelat Tipe A	73
Gambar 4. 12 Dimensi Pelat Tipe A	75
Gambar 4. 13 Denah Tangga yang Ditinjau.....	81
Gambar 4. 14 Ilustrasi Tebal Pelat Tangga	83
Gambar 4. 15 Desain Tangga Tampak Atas.....	83
Gambar 4. 16 Desain Tangga Tampak Samping.....	84
Gambar 4. 17 Pembebanan Struktur Tangga.....	85

Gambar 4. 18 Gaya Lintang pada Tangga dan Bordes	87
Gambar 4. 19 Momen pada Tangga	88
Gambar 4. 20 Denah Balok Bordes Tipe 1	93
Gambar 4. 21 Denah Balok Anak BA yang Ditinjau	98
Gambar 4. 22 Momen Tumpuan dan Gaya Geser Balok Anak ...	99
Gambar 4. 23 Momen Lapangan Balok Anak	99
Gambar 4. 24 Denah Balok Lift yang Ditinjau	105
Gambar 4. 25 Denah Lift	106
Gambar 4. 26 Tampak Samping Struktur Lift	106
Gambar 4. 27 Pembebanan Balok Pengantung Lift	107
Gambar 4. 28 Permodelan Struktur dengan ETABS	111
Gambar 4. 29 Kecepatan Angin Dasar Kota Malang	121
Gambar 4. 30 Grafik Respon Spektrum	136
Gambar 4. 31 Faktor Perbesaran Torsi	146
Gambar 4. 32 Denah Balok Pratekan yang Ditinjau	148
Gambar 4. 33 Penampang Balok T Pratekan	150
Gambar 4. 34 Momen Tumpuan BP untuk Beban Sendiri	152
Gambar 4. 35 Momen Lapangan BP untuk Beban Sendiri	152
Gambar 4. 36 Momen Tumpuan BP Kombinasi <i>Dead Load dan Live Load</i>	153
Gambar 4. 37 Momen Lapangan BP Kombinasi <i>Dead Load dan Live Load</i>	153
Gambar 4. 38 Diagram Tegangan pada Penamang Lapangan Balok Akibat Beban Mati	155
Gambar 4. 39 Diagram Tegangan pada Penamang Tumpuan Balok Akibat Beban Mati	156
Gambar 4. 40 Diagram Tegangan pada Penamang Lapangan Balok Akibat Beban <i>Dead Load dan Live Load</i>	157
Gambar 4. 41 Diagram Tegangan pada Penamang Tumpuan Balok Akibat Beban <i>Dead Load dan Live Load</i>	158
Gambar 4. 42 Diagram Tegangan pada Penampang Lapangan Balok Akibat Beban <i>Dead Load + Live Load</i> Setelah Kehilangan Prategang	167

Gambar 4. 43 Diagram Tegangan pada Penamang Tumpuan Balok Akibat Beban <i>Dead Load + Live Load</i> Setelah Kehilangan Prategang.....	168
Gambar 4. 44 Lokasi Kolom Sebagai Tumpuan Balok Pratekan	191
Gambar 4. 45 Pengecoran Kolom	192
Gambar 4. 46 Pemasangan Scaffolding untuk Mempermudah Pemasangan Bekisiting.....	192
Gambar 4. 47 Pemasangan Bekisting Balok Pratekan	192
Gambar 4. 48 Pemasangan Tulangan Lunak.....	193
Gambar 4. 49 Pemasangan Selongsong Tendon	193
Gambar 4. 50 Penarikan Tendon (Jacking)	194
Gambar 4. 51 Denah Balok Induk yang Ditinjau	194
Gambar 4. 52 Panjang Penyaluran Kait Beton Balok Induk	213
Gambar 4. 53 Denah Kolom yang Ditinjau	215
Gambar 4. 54 Diagram Interaksi Kolom Tipe K1 (P dan Mx)..	218
Gambar 4. 55 Diagram Interaksi Kolom Tipe K1 (P dan My)..	219
Gambar 4. 56 Konfigurasi Penulangan Memanjang Kolom	219
Gambar 4. 57 Jarak Tulangan Lentur pada Penampang Kolom	220
Gambar 4. 58 Output Nilai Kapasitas Momen Kolom Atas Lt.1	223
Gambar 4. 59 Output Nilai Kapasitas Momen Kolom Bawah Lt.2	223
Gambar 4. 60 Output Nilai Kapasitas Momen Kolom Bawah Lt. 1	225
Gambar 4. 61 Output Nilai Kapasitas Momen Kolom Atas Lt. 1	225
Gambar 4. 62 Denah Join Balok Kolom yang Ditinjau.....	232
Gambar 4. 63 Sketsa Gaya Dalam yang Bekerja	234
Gambar 4. 64 Denah Sloof yang Ditinjau	236
Gambar 4. 65 Diagram Interaksi P-M Sloof	238
Gambar 4. 66 Hasil Penulangan dengan Program Bantu PCA Col	239

Gambar 4. 67 Denah Pondasi yang Ditinjau	241
Gambar 4. 68 Grafik Daya Dukung Ijin Aksial Tekan Tiang Tunggal Berdasarkan Harga SPT dengan Formula <i>Mayererhof</i> dan <i>Bazaraa</i>	245
Gambar 4. 69 Rencana Dimensi <i>Poer</i> Tipe P1	247
Gambar 4. 70 Jarak Tiang Terhadap Titik Berat <i>Poer</i>	249
Gambar 4. 71 Diagram Gaya Lateral Tiang	252
Gambar 4. 72 Grafik <i>Immediate Settlement of Isolate Footing</i> ..	253
Gambar 4. 73 <i>Influence Value for Laterally Loaded Pile (Fd)</i> ..	254
Gambar 4. 74 <i>Influence Value for Laterally Loaded Pile (Fm)</i>	255
Gambar 4. 75 Lengan Momen pada <i>Poer</i> dan Tiang Pancang ..	259
Gambar 4. 76 Momen yang Terjadi pada <i>Poer</i>	260
Gambar 4. 77 Diagram Interaksi P dengan Mx	264
Gambar 4. 78 Konfigurasi Tulangan Tusuk Konde.....	264
Gambar 4. 79 Jarak Tulangan Lentur pada Penampang <i>Spun Pile</i>	265

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Klasifikasi Situs.....	24
Tabel 3. 2 Koefisien Situs, Fa	27
Tabel 3. 3 Koefisien Situs, Fv	27
Tabel 3. 4 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa	29
Tabel 3. 5 Faktor Keutamaan	30
Tabel 3. 6 Faktor R, Cd, untuk Sistem Penahan Gaya Gempa....	30
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Preliminary Dimensi Balok	61
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Tebal Pelat.....	67
Tabel 4. 3 Perhitungan Pembebanan Lantai 1-3 (K1)	69
Tabel 4. 4 Perhitungan Pembebanan Lantai 4-6 (K2)	70
Tabel 4. 5 Perhitungan Pembebanan Lantai 7-12 (K3)	71
Tabel 4. 6 Perhitungan Pembebanan Lantai Atap (K3).....	72
Tabel 4. 7 Rekapitulasi Dimensi Kolom	73
Tabel 4. 8 Momen pada Pelat Menurut PBI 1971	75
Tabel 4. 9 Rekapitulasi Lendutan yang Terjadi.....	81
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Penulangan Pelat	81
Tabel 4. 11 Rekapitulasi Penulangan Pelat Tangga dan Bordes .	92
Tabel 4. 12 Rekapitulasi Penulangan Balok Bordes	97
Tabel 4. 13 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak	104
Tabel 4. 14 Beban Struktur Manual Lantai 1	112
Tabel 4. 15 Beban Struktur Manual Lantai 2-3	113
Tabel 4. 16 Beban Struktur Manual Lantai 4-6	114
Tabel 4. 17 Beban Struktur Manual Lantai 7-11	115
Tabel 4. 18 Beban Struktur Manual Lantai 12	116
Tabel 4. 19 Beban Struktur Manual Lantai 13	117
Tabel 4. 20 Total Beban Output ETABS.....	118
Tabel 4. 21 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa	121
Tabel 4. 22 Nilai Faktor Arah Angin (Kd).....	122
Tabel 4. 23 Klasifikasi Ketertutupan Bangunan.....	123
Tabel 4. 24 Koefisien Ekspourr Tekan Velositas	124
Tabel 4. 25 Koefisien Tekanan Dinding, Cp.....	124

Tabel 4. 26 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa	126
Tabel 4. 27 Faktor Keutamaan	126
Tabel 4. 28 Parameter Percepatan Respon Spectral	126
Tabel 4. 29 Nilai Penetrasi Rata-Rata Titik 1	127
Tabel 4. 30 Nilai Penetrasi Rata-Rata Titik 2	127
Tabel 4. 31 Nilai Penetrasi Rata-Rata Titik 2 (Lanjutan)	128
Tabel 4. 32 Koefisien Situs, F_a	128
Tabel 4. 33 Koefisien Situs, F_v	129
Tabel 4. 34 Kategori Desain Seismik berdasarkan S_{DS}	130
Tabel 4. 35 Kategori Desain Seismik berdasarkan S_{D1}	130
Tabel 4. 36 Faktor R, Cd, untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	130
Tabel 4. 37 Nilai Ct dan α Berdasarkan Tipe Struktur	131
Tabel 4. 38 Koefisien C_u Berdasarkan Nilai S_{D1}	131
Tabel 4. 39 Distribusi Gaya Gempa (F_x) pada tiap Lantai	133
Tabel 4. 40 Distribusi Gaya Gempa (F_y) pada tiap Lantai	134
Tabel 4. 41 Perhitungan Spektrum Desain	135
Tabel 4. 42 Modal Periods and Frequencies	138
Tabel 4. 43 <i>Base Reaction</i>	139
Tabel 4. 44 <i>Base Reaction</i> Setelah <i>Running</i> Ulang	140
Tabel 4. 45 <i>Modal Participating Mass Ratio</i>	140
Tabel 4. 46 <i>Modal Participating Mass Ratio</i> (Lanjutan)	141
Tabel 4. 47 Kontrol Simpangan Arah X	142
Tabel 4. 48 Kontrol Simpangan Arah Y	143
Tabel 4. 49 Perhitungan Stabilitas Arah X	144
Tabel 4. 50 Perhitungan Stabilitas Arah Y	145
Tabel 4. 51 Perhitungan Perbesaran Torsi Arah X	147
Tabel 4. 52 Perhitungan Perbesaran Torsi Arah Y	147
Tabel 4. 53 Kekuatan Tekan Beton pada Berbagai Umur	150
Tabel 4. 54 Total Kehilangan Gaya Prategang	166
Tabel 4. 55 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Pratekan	183
Tabel 4. 56 Rekapitulasi Tulangan Geser Balok Pratekan	183
Tabel 4. 57 Rekapitulasi Penulangan Lentur Balok Induk	214
Tabel 4. 58 Rekapitulasi Penulangan Torsi dan Geser Balok Induk	214

Tabel 4. 59 Gaya Dalam Kolom Bawah.....	216
Tabel 4. 60 Gaya Dalam Kolom Atas	217
Tabel 4. 61 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Mn balok Induk....	222
Tabel 4. 62 Rekapitulasi Kontrol " <i>Strong Column Weak Beam</i> " Arah X.....	224
Tabel 4. 63 Rekapitulasi Kontrol " <i>Strong Column Weak Beam</i> " Arah Y	224
Tabel 4. 64 Rekapitulasi Penulangan Kolom	230
Tabel 4. 65 Rekapitulasi Penulangan <i>Sloof</i>	240
Tabel 4. 66 Gaya-Gaya Dalam yang Bekerja pada Joint 23.....	242
Tabel 4. 68 Jarak Tiang Pancang Terhadap Sumbu Y	249
Tabel 4. 69 Jarak Tiang Pancang Terhadap Sumbu X	249
Tabel 4. 70 Rekapitulasi Penulangan <i>Poer</i>	262

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gedung yang ditinjau untuk Tugas Akhir ini adalah gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang. Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang merupakan gedung dengan konstruksi balok dan kolom beton bertulang konvensional yang terdiri dari 7 lantai dengan tinggi bangunan 28 m, dimana pada lantai 7 terdapat *convention hall* tanpa kolom dengan panjang bentang 18 m yang menggunakan konstruksi baja. Konstruksi baja pada gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang merupakan salah satu alternatif yang digunakan untuk struktur bentang panjang, namun penggunaan struktur baja memiliki kelemahan, diantaranya adalah mudah korosi, lemah terhadap tekuk, dan pelaksanaan sambungan yang lebih rumit dibandingkan beton. Sebagai solusi dari permasalahan tersebut, penggunaan beton pratekan untuk balok bentang panjang merupakan solusi yang tepat. Selain bebas dari korosi, balok pratekan dipilih karena lebih efektif digunakan pada struktur bentang panjang serta dapat menghindari penggunaan kolom di bagian tengah *convention hall* sehingga pengguna dapat menggunakannya lebih nyaman tanpa adanya penghalang.

Selain menggunakan balok pratekan, Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang akan dimodifikasi menjadi 13 lantai dengan tinggi bangunan 51 m. Semakin tinggi bangunan maka semakin tinggi pula efek gempa yang akan diterima oleh gedung sehingga pemilihan sistem struktur tahan gempa sangat diperlukan. Sistem pemikul gempa direncanakan berdasarkan klasifikasi kelas situs tanah. Salah satu sistem struktur tahan gempa adalah sistem rangka pemikul momen (SRPM). Sistem rangka pemikul momen terbagi menjadi tiga yaitu sistem rangka pemikul momen biasa

(SRPMB), sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) dan sistem rangka pemikul momen khusus (SRMPK). Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dapat direncanakan untuk bangunan pada wilayah resiko ke gempa tinggi dengan kategori desain seismik B, C, D, E dan F. Dalam Tugas Akhir ini, Gedung Kuliah Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang akan direncanakan dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus mengingat resiko ke gempa wilayah Malang yang cukup tinggi dengan kondisi bangunan yang termasuk ke dalam kategori desain seismik D.

Desain modifikasi ini mengacu pada peraturan yang terbaru, yaitu SNI 2847-2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan non gedung, SNI 1727-2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain, peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung 1983 (PPIUG 1983), serta peraturan mengenai desain beton pratekan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dibuat perumusan masalah utama sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang dengan struktur balok pratekan dan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK)?

Detail permasalahan untuk menunjang permasalahan umum adalah :

1. Bagaimana menentukan dimensi dan jumlah tulangan pada struktur utama yang meliputi balok induk, kolom dan balok pratekan serta struktur sekunder yang meliputi tangga, pelat lantai, balok anak dan balok lift dengan menggunakan metode SRPMK?
2. Bagaimana cara mendesain pondasi yang mampu menyalurkan beban yang terjadi pada struktur?

3. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan ke dalam gambar teknik?

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Menentukan dimensi dan jumlah tulangan pada struktur utama yaitu balok induk, kolom dan balok pratekan serta struktur sekunder yang meliputi tangga, pelat lantai, balok anak dan balok lift dengan metode SRPMK.
2. Mendesain pondasi yang mampu menyalurkan beban yang terjadi pada struktur.
3. Menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan ke dalam gambar teknik.

1.4 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak melebar, maka dalam Tugas Akhir ini penulis membatasi permasalahan pada:

1. Perencanaan ini hanya membahas struktural dan tidak membahas analisis biaya, utilitas gedung serta segi arsitektural.

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang diperoleh dari penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Mendapatkan suatu desain struktur gedung tahan gempa berdasarkan peraturan SNI 1726-2012 dan peraturan beton bertulang SNI 2847-2013.
2. Mendapatkan suatu desain balok pratekan pada bangunan gedung yang mampu memikul beban rencana.
3. Menjadi literatur tambahan bagi akademisi dan praktisi dalam merencanakan dan menerapkan penggunaan balok pratekan pada pembangunan gedung bertingkat.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Pratekan

Beton adalah material yang kuat dalam kondisi tekan, tetapi lemah dalam kondisi tarik, kuat tariknya bervariasi dari 8 sampai 14 persen dari kuat tekannya. Karena rendahnya kapasitas tarik tersebut, maka retak lentur terjadi pada taraf pembebanan yang masih rendah. Untuk mengurangi atau mencegah berkembangnya retak tersebut, gaya konsentris atau eksentris diberikan dalam arah longitudinal elemen struktural. Gaya ini mencegah berkembangnya retak dengan mengeliminasi atau sangat mengurangi tegangan tarik di bagian tumpuan atau daerah kritis pada kondisi beban kerja sehingga dapat meningkatkan kapasitas lentur, geser, dan torsional penampang tersebut. Gaya longitudinal yang diterapkan di atas disebut gaya prategang, yaitu gaya tekan yang memberikan prategang pada penampang disepanjang bentang suatu elemen struktural sebelum bekerjanya beban mati dan beban hidup transversal atau beban hidup (Nawy, 2001).

Beton Prategang adalah beton yang mengalami tegangan internal dengan besar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi tegangan yang terjadi akibat beban eksternal sampai batas tertentu (T.Y Lin, 1996).

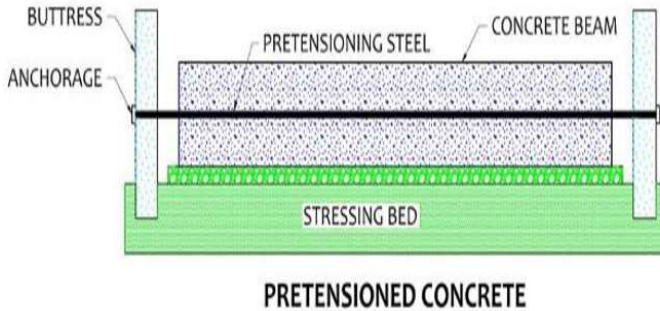
2.1.1 Sistem Beton Pratekan dan Pengangkeran

Beton prategang pada dasarnya dibagi menjadi dua menurut cara penarikan (Nawy, 2001) yaitu:

a. Pemberian Pratarik

Sistem pemberian pratarik adalah pemberian gaya prategang pada beton pratekan dengan menarik baja prategang (tendon) terlebih dahulu sebelum

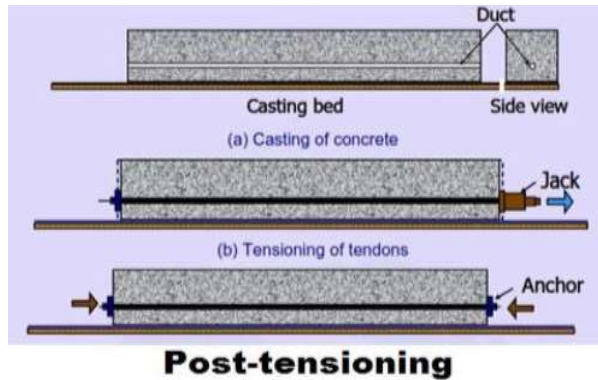
dilakukannya pengecoran. Cara ini sering digunakan di pabrik beton pracetak (*Precast Prestressed Concrete*) dimana terdapat lantai penahan tarikan yang tetap dan blok angkur sebagai alat untuk menarik tendon Gambar di bawah ini merupakan ilustrasi beton pratekan pra-tarik



Gambar 2. 1 Ilustrasi Beton Pratekan Pratarik
(Sumber : *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, Veerat Srilaxmi, 2018)

b. Pemberian Pasca Tarik

Sistem pemberian gaya pasca tarik adalah pemberian gaya prategang setelah beton kering dicor atau setelah kekuatannya mencapai sesuai yang ditentukan. Pemberian beton prategang pasca tarik sering disebut dengan beton prategang *post-tension*. Penarikan beton pascatarik biasanya dilakukan di proyek. Gambar di bawah ini merupakan ilustrasi beton pratekan pasca tarik:



Gambar 2. 2 Ilustrasi Beton Patekan Pasca Tarik
(Sumber : *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, Veerat Srilaxmi, 2018)

Pada perencanaan Tugas Akhir ini, jenis beton prategang parsial yang akan digunakan adalah jenis *post-tension* yang akan dicor monolit dengan kolom. Karena dicor monolit dengan kolom, maka beton pratekan akan mengalami kehilangan prategang akibat kekangan kolom sehingga kehilangan prategang akibat kekangan kolom perlu diperhitungkan. Dalam bukunya, Park dan Paulay (1975) menyatakan bahwa beton yang diberi pengekang lateral akan memiliki daktilitas lebih tinggi daripada yang tidak memiliki pengekang.

Sejumlah penelitian tentang kinerja beton pratekan parsial telah dilakukan dalam dekade terakhir. Salah satunya penelitian yang dilakukan Eric, Tavio, Raka (2015), dengan judul “Studi Pengaruh Pengekangan dan Tata Letak Tendon Prategang Pada Daktilitas Balok Beton Prategang Parsial dengan Variasi Nilai PPR Menggunakan Aplikasi Bahasa Pemograman”. Dalam penelitian tersebut didapatkan beberapa kesimpulan diantaranya:

1. Variasi nilai mutu baja : semakin tinggi nilai mutu baja, maka daktilitas akan berkurang.
2. Variasi nilai jarak sengkang : semakin rapat/kecil jarak sengkang, maka daktilitas akan bertambah.
3. Variasi nilai diameter sengkang : semakin besar diameter sengkang, maka daktilitas akan bertambah.
4. Variasi eksentrisitas : semakin kecil nilai eksentrisitas, maka daktilitas akan berkurang.
5. Variasi nilai PPR : persentasi PPR yang semakin besar akan mengurangi daktilitas, dengan penambahan luasan tendon prategang.

Sehingga berdasarkan penelitian-penelitian tersebut diharapkan dapat menjadi pedoman dalam perencanaan balok beton prategang yang dapat memenuhi persyaratan elemen struktur yang tidak hanya kuat, tetapi memiliki sifat daktil.

2.1.2 Tahap Pembebanan

Tidak seperti pada beton bertulang biasa, beton pratekan mempunyai dua tahap pembebanan. Pada setiap tahap pembebanan harus selalu diadakan pengecekan atas kondisi pada bagian yang tertekan maupun bagian yang tertarik untuk setiap penampang. Dua tahap pembebanan pada beton pratekan adalah Tahap Transfer dan Tahap Service.

1. Tahap Transfer

Pada beton pratekan pratarik, tahap transfer terjadi saat anker dilepas dan gaya prategang ditransfer ke beton. Sedangkan untuk beton pratekan pasca tarik, tahap transfer terjadi pada saat beton sudah cukup umur dan dilakukan penarikan kabel prategang. Pada saat ini beban yang bekerja hanya berat sendiri struktur, beban pekerja dan peralatan, sedangkan beban hidup belum bekerja sepenuhnya, jadi beban yang bekerja sangat minimum.

2. Tahap Servis

Tahap service dimulai setelah beton pratekan difungsikan sebagai komponen struktur. Pada tahap ini beban luar seperti live load mulai bekerja. Pada tahap ini semua kehilangan gaya prategang sudah harus dipertimbangkan di dalam analisa strukturnya.

2.1.3 Kehilangan Prategang

Kehilangan prategang adalah proses reduksi gaya prategang yang progresif pada elemen beton selama kurang lebih lima tahun (Nawy, 2001). Reduksi gaya prategang dapat dikelompokkan ke dalam dua kategori, yaitu:

1. Kehilangan langsung

Kehilangan langsung adalah kehilangan gaya awal prategang sesaat setelah pemberian gaya prategang pada komponen balok prategang. Kehilangan secara langsung terdiri dari :

- a. Kehilangan akibat perpendekan elastis
- b. Kehilangan akibat pengangkuran
- c. Kehilangan akibat gesekan (*Woble efect*)
- d. Kehilangan akibat kekangan kolom

2. Kehilangan yang bergantung pada waktu (kehilangan tidak langsung)

Kehilangan prategang yang bergantung pada waktu disebut sebagai kehilangan prategang secara tidak langsung hal ini dikarenakan hilangnya gaya awal yang ada terjadi secara bertahap dan dalam waktu yang relatif lama (tidak secara langsung seketika saat *jacking*), adapun macam kehilangan tidak langsung adalah sebagai berikut:

- a. Kehilangan akibat susut
- b. Kehilangan akibat rangkai
- c. Kehilangan akibat relaksasi baja

Berikut ini penjelasan dari masing - masing kehilangan prategang :

1. Kehilangan Prategang Langsung:

a. Kehilangan Akibat Perpendekan Elastis

Akibat gaya *jacking* yang terjadi oleh tendon prategang maka beton akan mengalami perpendekan elastis (karena tekanan gaya *prestress* yang cukup besar), struktur balok akan memendek dan kabel juga ikut mengalami perpendekan yang menyebabkan berkurangnya gaya prategang awal. Namun pada konstruksi pascatarik dengan satu tendon saja kehilangan akibat elastisitas beton sangatlah kecil dan cenderung diabaikan, karena penarikan kabel hanya terjadi satu kali dan tidak ada tendon awal yang mengalami perpendekan dan kehilangan akibat tarikan tendon terakhir (Nawy, 2001).

b. Kehilangan Akibat *Woble Effect* dan gesekan

Kehilangan prategang akibat gesekan terjadi di antara tendon dan bahan-bahan disekelilingnya. Besarnya kehilangan ini merupakan fungsi dari alinemen tendon yang disebut sebagai efek kelengkungan dan deviasi lokal dalam alinyemen yang disebut efek tendon yang biasa disebut sebagai *woble effect*. Pada saat tendon ditarik dengan gaya F_0 di ujung pendongkrakan, maka tendon tersebut akan mengalami gesekan sehingga tegangan pada tendon akan bervariasi dari bidang pendongkrakan ke jarak L di sepanjang bentang. Sedangkan efek *wobble* mengakibatkan gesekan antara beton dan tendon baja yang dapat menyebabkan kehilangan oleh ketidaksempurnaan dalam alinyemen di sepanjang tendon (Nawy, 2001).

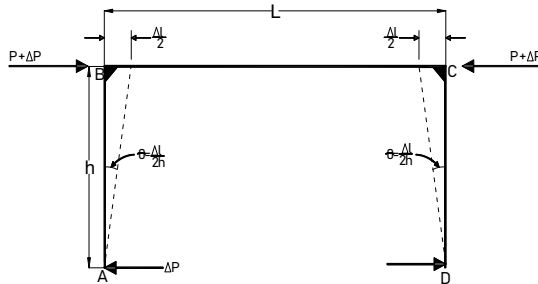
c. Kehilangan Akibat Slip Angkur

Kehilangan ini terjadi pada saat tendon ditarik sampai nilai gaya prategang penuh kemudian dongkrak dilepas sehingga gaya prategang teralihkan ke ankur. Pada metode pascatarik setelah pemberian gaya prategang dan dongkrak dilepas gaya *jacking* dialihkan ke ankur. Perlengkapan dalam ankur yang mengalami tegangan pada saat peralihan cenderung mengalami deformasi, sehingga tendon dapat tergelincir sedikit (Nawy, 2000).

d. Kehilangan Prategang Akibat Kekangan Kolom

Konstruksi beton prategang dengan desain cor monolit perlu diperhitungkan kehilangan prategang akibat kekangan kolom. Hal ini dapat terjadi karena saat dilakukan *jacking* beton terkekang oleh kekakuan kolom, gaya perlawanan yang diberikan oleh kolom menahan reaksi perpendekan beton akibat gaya *jacking* yang terjadi. Gaya perlawanan kolom ini menyebabkan berkurangnya gaya prategang karena sebagian gaya prategang digunakan untuk mengatasi perlawanan gaya kolom.

Semakin kaku komponen kolom yang mengekang balok prategang maka semakin besar gaya prategang yang hilang untuk melawan kolom agar mengikuti lenturan balok akibat gaya *jacking*. Hal ini juga menyebabkan semakin besarnya momen yang diterima kolom sebagai kontribusi dari *jacking* yang terjadi, demikian pula jika kolom didesain tidak kaku maka semakin kecil gaya kehilangan prategang balok akibat kekangan dan semakin kecil momen yang diterima kolom akibat gaya *jacking* yang terjadi (Nawy, 2000). Berikut merupakan ilustrasi kehilangan gaya prategang akibat kekangan kolom.



Gambar 2. 3 Skema Kehilangan Akibat Kekangan Kolom

$$\Delta P = \frac{M_B - M_A}{h}$$

Berdasar Gambar 2.3 besarnya gaya yang hilang akibat kekangan dapat dihitung sebagai ΔP dengan persamaan di atas dimana M_B dan M_A adalah momen muka kolom pada titik A dan titik B akibat gaya P yang bekerja.

2. Kehilangan Prategang Tidak Langsung:
 - a. Kehilangan Prategang Akibat Relaksasi Baja

Tendon *low relaxation* mengalami kehilangan pada gaya prategang sebagai akibat dari perpanjangan konstan terhadap waktu dengan kehilangan yang lebih kecil dibanding dengan tendon *strand relieved*. Besarnya pengurangan gaya prategang tidak hanya pada durasi gaya prategang yang ditahan, melainkan juga pada ratio antara prategang awal dan tegangan leleh tendon prategang $\frac{f_{ci}}{f_{py}}$ dimana f_{ci} adalah tegangan

prategang awal setelah *jacking* dan kehilangan langsung dengan nilai yang sesuai dengan tegangan ijin tendon, sedangkan nilai $f_{py} = 0.9 f_{pu}$ untuk tendon *low relaxation* (Nawy, 2001). Jika nilai rasio tegangan antara prategang awal dengan tegangan leleh tendon

prategang kurang dari 0,55 maka kehilangan akibat relaksasi baja sangat bahkan tidak terjadi.

b. Kehilangan Prategag Akibat Rangkak (*Creep*)

Rangkak merupakan deformasi lateral akibat tegangan longitudinal yang dapat menyebabkan hilangnya sebagian gaya prategang. Tegangan tersebut hanya terjadi akibat beban yang terus – menerus selama riwayat pembebanan elemen beton prategang (Nawy, 2001).

c. Kehilangan Prategang Akibat Susut (*Shrinkage*)

Pada dasarnya, ada dua jenis susut yaitu susut plastis dan susut pengeringan. Susut plastis terjadi selama beberapa jam pertama sesudah pengecoran beton segar di cetakan. Permukaan yang diekspos seperti slab lantai akan lebih dipengaruhi oleh udara kering karena besarnya permukaan kontak. Dalam kasus seperti itu, kandungan air akan menguap lebih cepat dari permukaan beton dibandingkan dengan air yang mengalir dari lapisan bawah elemen beton. Di pihak lain, susut pengeringan terjadi sesudah beton mengering dan sebagian besar proses hidrasi kimiawi di pasta semen telah terjadi. Susut pengeringan adalah berkurangnya volum elemen beton apabila terjadi kehilangan kandungan air akibat penguapan. Fenomena sebaliknya, yaitu penambahan volum karena penyerapan air, disebut membengkak. Dengan perkataan lain penyusutan dan pembengkakan menunjukkan perpindahan air ke luar dan ke dalam struktur gel benda uji beton akibat perbedaan level kelembaban atau kejenuhan antara benda uji dan sekelilingnya, dalam hal ini tidak tergantung pada beban eksternal (Nawy, 2001).

2.1.4 Momen Retak

Momen retak adalah momen yang menghasilkan retak-retak rambut pertama pada balok pratekan dihitung dengan teori elastik dengan dianggap bahwa retak mulai terjadi saat tegangan tarik pada serat terluar beton mencapai modulus keruntuhannya. Sehingga kuat ultimate beton pratekan harus memenuhi SNI 2847:2013 pasal 18.8.2.

2.1.5 Momen Nominal

Kontrol penampang dilakukan untuk mengetahui kekuatan batas penampang rencana apakah mampu menahan momen ultimate yang terjadi. Nilai momen nominal yang terjadi bergantung desain penampang dan jumlah tulangan yang di rencanakan.

2.1.6 Lendutan Ijin

Kemampuan layan struktur beton prategang ditinjau dari perilaku defleksi komponen tersebut. Elemen beton prategang memiliki dimensi yang lebih langsing dibanding beton bertulang biasa sehingga kontrol lendutan sangat diperlukan untuk memenuhi batas layan yang disyaratkan. Kontrol lendutan dilakukan dengan lendutan izin seperti yang disyaratkan pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.4.

2.2 Sistem Struktur

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan dalam SNI 1726-2012 Tabel 9. Pembagian setiap tipe berdasarkan pada elemen vertikal yang digunakan untuk menahan gaya gempa lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur yang ditunjukkan dalam Tabel 9. Koefisien modifikasi respons yang sesuai, R , faktor kuat lebih sistem dan koefisien amplifikasi defleksi, sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 9 harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar lantai tingkat

desain. Setiap sistem penahan gaya gempa yang dipilih harus dirancang dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus bagi sistem tersebut yang ditetapkan dalam dokumen acuan yang berlaku seperti terdaftar dalam Tabel 9 dan persyaratan tambahan yang ditetapkan dalam pasal 7.14.

Dalam Tugas Akhir ini, kondisi *existing* gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang yang terdiri dari 7 lantai dengan menggunakan dinding geser beton bertulang sebagai sistem penahan gaya lateral yang berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 9 memiliki nilai koefisien modifikasi respons, R sebesar 5. Gedung ini akan dimodifikasi menjadi 12 lantai dengan sistem penahan gempa berupa rangka beton bertulang pemikul momen khusus dengan menghilangkan dinding geser (*shear wall*), yang memiliki nilai koefisien modifikasi respons adalah 8 dengan faktor kekuatan lebih sistem sebesar 3.

2.2.1 Sistem Rangka Pemikul Momen

Menurut SNI 1726-2012 sistem rangka pemikul momen adalah sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. Sistem ini terbagi menjadi 3, yaitu SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah), dan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus).

Berdasarkan SNI 2847-2013, perencanaan pembangunan gedung bertingkat untuk daerah dengan resiko gempa tinggi menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Struktur beton bertulang yang berada pada wilayah gempa dan resiko gempa kuat (kerusakan merupakan resiko utama), maka komponen struktur harus memenuhi syarat perencanaan dan pendetailan dari SNI 2847-2013 pasal 21.5.

Bangunan yang tergolong dalam Kategori Desain Seismik (KDS) tipe D perlu didesain dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

2.2.2 Persyaratan Struktural Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Syarat-syarat dan perumusan yang dipakai pada perencanaan komponen struktur dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus mengacu pada SNI 2847:2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung.

1. Desain Balok

Desain balok sistem rangka pemikul momen khusus mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 21.5. Komponen struktur rangka ini juga harus memenuhi kondisi-kondisi dari 21.5.1.1 hingga 21.5.1.4. Kondisi tersebut meliputi persyaratan penulangan longitudinal, penulangan transversal, dan persyaratan kekuatan geser.

2. Desain Kolom

Desain komponen kolom struktur sistem rangka pemikul momen khusus harus memenuhi pasal 21.6.2.2 atau 21.6.2.3. persyaratan tersebut meliputi penulangan memanjang, tulangan transversal, dan persyaratan kekuatan geser. Selain itu, kolom kuat balok lemah (*strong column weak beam*) harus dicapai sesuai SNI 2847-2013 Pasal 21.6.2.1, yaitu

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 M_{nb}$$

Dimana $\sum M_{nc}$ adalah jumlah kuat momen nominal dari kolom di muka sisi atas dan bawah hubungan balok kolom, dan M_{nb} adalah jumlah kuat momen nominal dari balok di muka sisi kanan dan kiri hubungan balok kolom.

3. Hubungan Balok Kolom

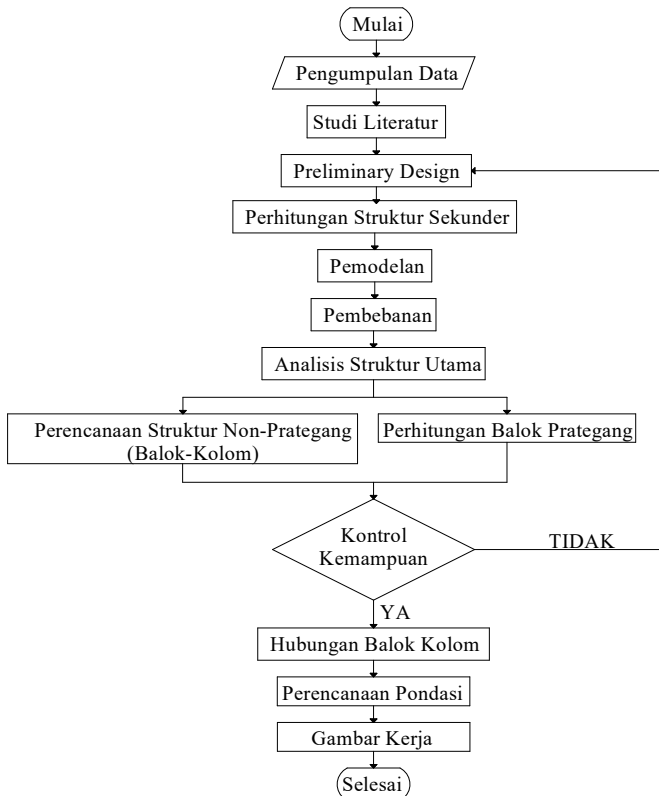
Keutuhan seluruh komponen sistem rangka pemikul momen khusus ditentukan oleh perilaku hubungan balok kolom pada saat struktur terkena beban gempa. Di dalam SNI 2847:2013 pasal 21.7 mengatur tentang joint balok-kolom rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Umum

Metodologi menjelaskan urutan pelaksanaan dalam penyusunan Tugas Akhir. Urutan penyusunan pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada alur di bawah ini, selanjutnya akan diikuti dengan penjelasan dari alur tersebut.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Pelaksanaan

3.2 Pembahasan Metodologi

Diagram alir pada gambar 3.1 merupakan acuan untuk merencanakan struktur gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang menggunakan balok pratekan pada lantai atapnya dengan metode sistem rangka pemikul momen khusus.

3.2.1 Pengumpulan Data Bangunan

Data-data yang diperlukan dalam perencanaan gedung adalah sebagai berikut :

- a. Gambar Struktur
- b. Data tanah

Data umum gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang sebelum dimodifikasi terdiri dari 7 lantai. Berikut merupakan data gedung setelah dimodifikasi:

- a. Nama Gedung : Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang
- b. Fungsi : Gedung Sekolah atau Fasilitas Pendidikan
- c. Jumlah lantai : 13 lantai
- d. Struktur utama : Beton Bertulang
- e. Panjang Bangunan : 60 meter
- f. Lebar Bangunan : 18 meter
- g. Tinggi Bangunan : 51 meter
- h. Jenis Atap : Pelat Beton

Spesifikasi dan mutu material yang akan digunakan dalam perencanaan adalah sebagai berikut:

- a. Mutu beton balok ($f'c$) = 30 Mpa
- b. Mutu beton kolom ($f'c$) = 35 Mpa
- c. Mutu beton pratekan ($f'c$) = 40 Mpa
- d. Mutu Baja Tul. Pelat ($f'y$) = 280 Mpa
- e. Mutu Baja Tul. lentur ($f'y$) = 420 Mpa
- f. Mutu Baja Tul. geser ($f'y$) = 420 Mpa

3.2.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan mencari referensi atau teori yang berkaitan dengan kasus pada Tugas Akhir ini. Studi literatur dapat berupa peraturan SNI dan buku mengenai perencanaan struktur beton prategang seperti yang sudah dijelaskan pada Bab II.

3.2.3 Preliminary Desain

Preliminary desain merupakan tahapan awal untuk menentukan dimensi awal dari suatu komponen struktur yang mengacu pada ketentuan SNI 2847-2013. Beberapa komponen struktur tersebut antara lain:

- a. Balok
- b. Pelat
- c. Kolom
- d. Tangga

a. Preliminary Balok

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 9.5.2 dalam menentukan dimensi awal balok dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut:

1. Menentukan data desain yang meliputi:
 - Panjang Balok
 - Data properties material
2. Merencanakan lebar balok (b) adalah $2/3 h$.
3. Bila f_y sama dengan 400 Mpa gunakan pers. 3.1. Bila f_y selain 420 Mpa gunakan rumus di bawah ini:

$$h_{\min} = L/16$$

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \left(0,4 + \left(\frac{f_y}{700} \right) \right)$$

Keterangan:

h_{\min} = Tinggi minimum balok (mm).

L = Panjang balok (mm).

f_y = Tegangan leleh baja (MPa).

b. Preliminary Plat Lantai

Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 9.5.3.2 dalam menentukan dimensi awal pelat lantai dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut:

1. Menentukan data desain yang meliputi:
 - Bentang bersih sumbu panjang dan pendek.
 - Dimensi balok yang menjepitnya.
2. Menentukan lebar sayap efektif dari balok T (be).
3. Menghitung α_m yang didapatkan dari rumus di bawah ini:

$$\alpha_m = \frac{\sum \alpha_n}{n}$$

Keterangan:

α_m = Nilai rata-rata α yang menjepit pelat tersebut.

α = Rasio kekakuan balok terhadap plat yang ditentukan rumus di bawah ini:

$$\alpha = \frac{E_{cb} I_b}{E_{cp} I_p}$$

$E_{cb} = E_{cp}$ = Elastisitas beton.

I_p = Momen Inersia plat (mm^4)

I_b = Momen Inersia balok (mm^4)

Bila $\alpha_m \leq 0,2$, maka tebal plat adalah 125 mm, namun bila $0,2 \leq \alpha_m \leq 2$. Tebal plat ditentukan dengan rumus di bawah ini:

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \leq 125 \text{ mm}$$

Keterangan :

ln = Bentang bersih arah memanjang panel pelat (mm).

h = Tebal pelat (mm).

β = Rasio bentang bersih arah memanjang terhadap arah memendek pelat.

f_y = Tegangan leleh baja (MPa).

Bila $\alpha_m \geq 0,2$, maka tebal pelat ditentukan dengan rumus di bawah ini:

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \leq 90 \text{ mm}$$

Keterangan :

ln = Bentang bersih arah memanjang panel pelat (mm).

h = Tebal pelat (mm).

β = Rasio bentang bersih arah memanjang terhadap arah memendek pelat.

f_y = Tegangan leleh baja (MPa).

c. Preliminary Kolom

Dalam menentukan dimensi awal kolom dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut:

1. Kolom yang akan dianalisis dipilih berdasarkan yang memikul beban terbesar lalu menentukan data desain yang meliputi:
 - Dimensi balok yang menumpu kolom yang akan dianalisis.
 - Mutu Beton yang digunakan (f'_c).
2. Mendefinisikan beban-beban yang akan menumpu pada kolom sesuai dengan SNI 1727-2013.
3. Menghitung A_{perlu} dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$A = \frac{3xP}{f'_c}$$

Keterangan:

A = Luas kolom yang dibutuhkan (mm^2)

P = Total beban yang menumpu kolom

d. Preliminary Tangga

Dalam menentukan dimensi awal tangga dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut:

1. Menentukan data perencanaan seperti:
 - Elevasi tangga
 - Tinggi antara lantai dengan plat bordes
2. Merencanakan lebar anak tangga (i) dan tinggi anak tangga (t).
3. Menghitung jumlah tanjakan dan injakan.
4. Kontrol batasan α , yaitu $25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$.
5. Menentukan tebal efektif pelat dan bordes tangga.

3.2.4 Penulangan Struktur Sekunder

Desain struktur sekunder dilakukan dengan cara mengambil output gaya-gaya dalam dari hasil proses analisis struktur sekunder. Gaya-gaya dalam tersebut menjadi acuan untuk desain dalam struktur sekunder. Beberapa elemen struktur sekunder yang akan di rencanakan antara lain:

1. Pelat Lantai
2. Tangga
3. Balok Anak

a. Penulangan Pelat Lantai

Berikut merupakan langkah-langkah dalam penulangan pelat:

1. Menetapkan batas-batas harga-harga perbandingan tulangan yang dipilih yaitu ρ balance, ρ min, ρ max .
2. Menghitung A_s sesuai ρ yang dipakai dan memilih tulangan serta jarak tulangan.
 $A_s = \rho \cdot b \cdot d$; tul susut = 0,002 b x d

b. Perencanaan Struktur Tangga

Pada perencanaan struktur tangga, lebar injakan dan tinggi injakan harus memenuhi persyaratan. Syarat perencanaan tangga diantaranya adalah :

$$2 \cdot t + i = 64 - 67$$

t = tinggi injakan

i = lebar injakan

c. **Perencanaan Balok Anak**

Langkah-langkah dalam menentukan balok sekunder antara lain :

1. Menentukan data desain yang meliputi:
 - Data properti material.
 - Dimensi balok.
2. Menentukan pembebanan yang akan dipikul oleh balok sekunder.
3. Menganalisis struktur secara manual sehingga didapatkan gaya-gaya dalam yang dibutuhkan dalam desain.
4. Menghitung rasio tulangan
5. Menghitung kapasitas momen nominal (M_n)
6. Hitung Kapasitas Geser
7. Kontrol Lendutan
8. Kontrol terhadap retak

3.2.5 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur untuk gedung yang ditinjau menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus yang dimodelkan dalam bentuk tiga dimensi menggunakan bantuan program ETABS.

3.2.6 Pembebanan

Penentuan dan penggunaan beban yang sesuai dengan peraturan SNI 1727:2013 :

a. **Beban Mati**

Terdiri dari beban struktur sendiri dan beban tambahan, seperti, spesi, keramik, dinding, aspal, plafond dan penggantung plafond.

b. **Beban Hidup**

Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban

konstruksi dan beban lingkungan. Beban hidup dibagi beberapa jenis, meliputi: lantai atap, ruang kelas, lantai koridor, ruang pertemuan, pelat tangga dan bordes.

c. Beban Gempa

Berikut merupakan langkah untuk menganalisa beban gempa berdasarkan SNI 1726:2012:

1. Menganalisis nilai \dot{N}_{SPT} dari data tanah lokasi gedung untuk menentukan kelas situs tanah dengan tabel berikut :

Tabel 3. 1 Klasifikasi Situs

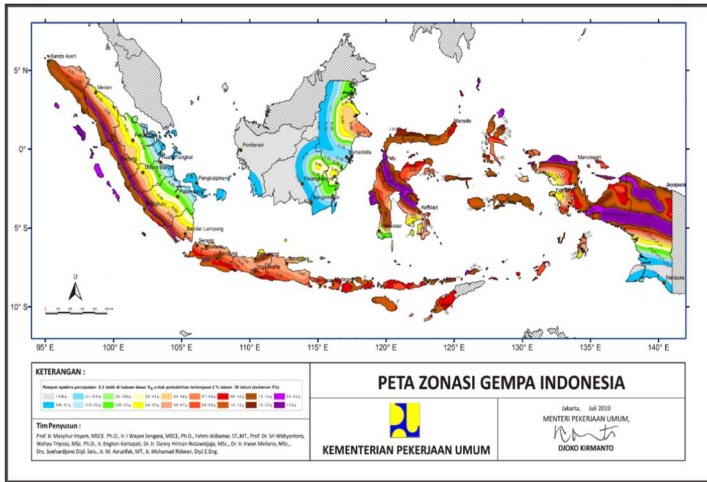
Kelas Situs	\tilde{v}_s (m/detik)	\dot{N} atau \dot{N}_{ch}	\dot{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat keras dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (Tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (Tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : <ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\dot{s}_u < 25$ kPa 		

Tabel 3.2 Klasifikasi Situs (Lanjutan)

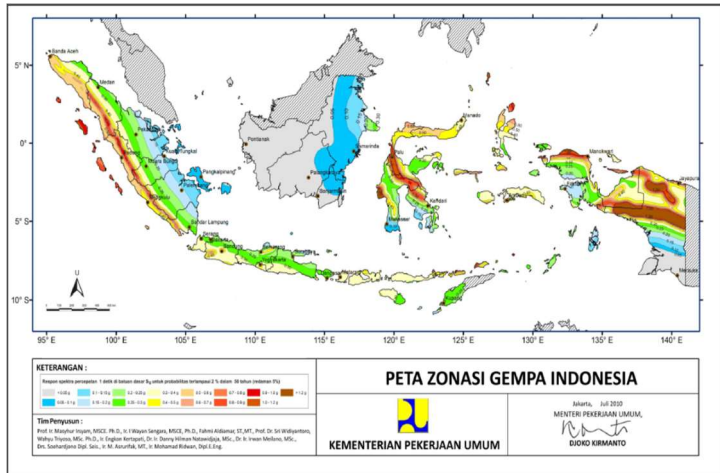
Kelas Situs	\tilde{v}_s (m/detik)	\dot{N} atau \dot{N}_{ch}	\dot{s}_u (kPa)
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisis respon spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut :		
	- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitive, tanah tersementasi lemah.		
	- Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		
	- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7.5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$)		
	- Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\dot{s}_u < 50$ kPa		

Catatan : N/A = tidak dapat dipakai
(Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 3)

2. Mencari nilai respon spektra percepatan 0,2 detik (S_s) dan respon spektra percepatan 1,0 detik (S_1) berdasarkan peta Hazard Gempa Indonesia 2010. Berikut merupakan peta Hazard Gempa Indonesia 2010:



Gambar 3. 2 Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 Detik (Ss)



Gambar 3. 3 Peta Respon Spektra Percepatan 1,0 detik (S1)

3. Menentukan Koefisien Situs Periode 0,2 detik (Fa) dan Koefisien Situs Periode 1 detik (Fv) berdasarkan tabel berikut :

Tabel 3. 2 Koefisien Situs, Fa

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,0	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				

(Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 4)

Tabel 3. 3 Koefisien Situs, Fv

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 1$ detik, S_1				
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s = 0,4$	$S_s \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^b				

(Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 5)

4. Menentukan parameter spectrum respons percepatan pada perioda 0,2 detik (S_{MS})

$$S_{MS} = F_a \times S_s$$

(Sumber : SNI 1726:2012 Pasal 6.2 pers. 5)

5. Menentukan parameter spectrum respons percepatan pada perioda 1 detik (S_{M1})

$$S_{M1} = F_v \times S_1$$

(Sumber : SNI 1726:2012 Pasal 6.2 pers. 6)

6. Menentukan parameter percepatan spectral desain untuk perioda 0,2 detik.

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS}$$

(Sumber : SNI 1726:2012 Pasal 6.2 pers. 7)

7. Menentukan parameter percepatan spectral desain untuk perioda 1 detik.

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1}$$

(Sumber : SNI 1726:2012 Pasal 6.2 pers. 8)

8. Menentukan besar periode (T) pada suatu bangunan.

$$T = C_t \times h_n^x$$

hn = Tinggi bangunan (m)

$$C_t = 0,0466$$

$$x = 0,9$$

(Sumber : SNI 1726-2012 Tabel 15)

9. Membuat Respon Spektrum Gempa

- Untuk perioda lebih kecil T_0 , spectrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

(Sumber : SNI 1726:2012 Pasal 6.4 pers.9)

- Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spectrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS}$$

- Untuk perioda lebih besar T_s , spectrum respons percepatan desain :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

(Sumber : SNI 1726:2012 Pasal 6.4 pers.10)

10. Menentukan Kategori Resik dan Faktor Keutamaan Gempa (I) struktur bangunan berdasarkan tabe di bawah ini:

Tabel 3. 4 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energy dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan(termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang diisyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat. <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.</p>	IV

untuk Beban Gempa
(Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 1)

Tabel 3. 5 Faktor Keutamaan

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

(Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 2)

11. Menentukan nilai Koefisien Modifikasi Respon (R) berdasarkan tabel di bawah ini:

Tabel 3. 6 Faktor R , C_d , untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien modifikasi respons	Faktor kuatlebih sistem	Faktor pembesaran defleksi	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n , (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				R^a	Ω_0^g	C_d^b	B	C
A. Sistem rangka pemikul momen	7.1.1	7.1.2	7.1.3	7.1.4	7.1.5	7.1.6	7.1.7	7.1.8
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja pemikul momen menengah	4 ½	3	4	TB	TB	10 ^{h,i}	TI^h	TI^i
3. Rangka baja pemikul momen biasa	3 ½	3	3	TB	TB	TI^h	TI^i	TI^i
4. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB
5. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4 ½	TB	TB	TI	TI	TI

TabL 3.7 Faktor R, Cd, untuk Sistem Penahan Gaya Gempa
(Lanjutan)

Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien modifikasi respons	Faktor kuatlebih sistem	Faktor pembesaran defleksi	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n , (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				R^a	Ω_0^g	C_d^b	B	C
6 Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2 ½	TB	TI	TI	TI	TI
7 Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB
8 Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4 ½	TB	TB	TI	TI	TI
9 Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5 ½	48	48	30	TI	TI
10 Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2 ½	TB	TI	TI	TI	TI
11 Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dgn pembautan	3 ½	3	3 ½	10	10	10	10	10

(Sumber : SNI 1726:2012, Tabel 9)

12. Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik (V)

$$V = C_s \times W$$

(Sumber : SNI 1726:2012, Pasal 7.8.1 pers. 21)

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{T}\right)}$$

(Sumber : SNI 1726:2012, Pasal 7.8.1.1 pers. 22)

Sehingga, $V = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{T}\right)} \times W$

13. Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik per Lantai (F)

$$F_x = C_s \times V \quad (\text{Sumber : SNI 1726:2012, Pasal 7.8.3 pers. 30})$$

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_t h_i^k}$$

(Sumber : SNI 1726:2012, Pasal 7.8.3 pers. 31)

Sehingga, $F_x = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_t h_i^k} \times V$

d. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan diambil berdasarkan SNI 2847:2013 yaitu:

- $U=1,4D$
- $U=1,2D+1,6L+0,5(Lr \text{ atau } R)$
- $U=1,2D+1,6(Lr \text{ atau } R) +(L \text{ atau } 0,5W)$
- $U=1,2D+W+L+0,5(Lr \text{ atau } R)$
- $U=1,2D+E+L$
- $U=0,9D+W$
- $U=0,9D+E$

3.2.7 Analisis Struktur Utama

Pada tahap ini, analisis struktur utama menggunakan ETABS yang telah di modelkan ke dalam bentuk tiga dimensi.

3.2.8 Perencanaan Struktur Utama

Perencanaan struktur utama meliputi desain penulangan balok dan kolom.

1. Desain Balok

Desain balok sistem rangka pemikul momen khusus mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 21.5. Komponen struktur rangka ini juga harus memenuhi kondisi-kondisi dari 21.5.1.1 hingga 21.5.1.4. Kondisi tersebut diantaranya:

- Gaya tekan aksial terfaktor pada struktur (P_u) tidak boleh melebihi $\frac{A_g \times f'_c}{10}$.
- Bentang bersih untuk komponen struktur, l_n tidak boleh kurang dari $4x$ tinggi efektif.
- Lebar komponen struktur, b_w tidak boleh melebihi lebar komponen penumpu, c_2 , ditambah suatu jarak pada masing-masing sisi komponen struktur penumpu yang sama dengan yang lebih kecil dari (a) dan (b).
 - a. Lebar komponen struktur penumpu, c_2 .
 - b. $0,75$ kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu, c_1 .

Desain balok meliputi penulangan longitudinal, penulangan transversal, kuat geser balok, panjang penyaluran balok dan desain tulangan torsi sistem rangka pemikul momen khusus.

a. Penulangan Longitudinal Balok Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Penulangan longitudinal balok terdiri dari penulangan di bagian tumpuan dan lapangan. Langkah-langkah penulangan longitudinal untuk daerah lapangan dan tumpuan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan rasio tulangan; ρ_{min} , β_1 , $\rho_{balance}$, ρ_{max} , dan m .
2. Menentukan momen terbesar akibat kombinasi di daerah tumpuan dan lapangan.

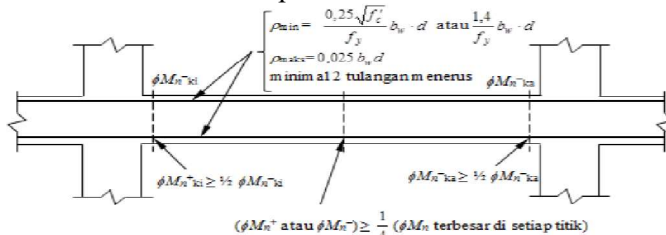
3. Menentukan momen nominal dengan menghitung garis netral rencana.
4. Mengontrol momen nominal pada balok untuk daerah tumpuan dan lapangan.
5. Mendesain tulangan lentur tarik dan tekan dengan data ρ balance yang sudah dihitung sebelumnya.

Luas tulangan pokok minimal pada komponen struktur lentur menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1 tidak boleh kurang dari sebagai berikut:

$$A_{S_{\min}} = \frac{1,4b}{f_y} \frac{x d}{d}, \text{ (untuk mutu beton } f'c \leq 31 \text{ Mpa)}$$

$$A_{S_{\min}} = \frac{f'c}{4 f_y} b_w \times d, \text{ (untuk mutu beton } f'c \geq 31 \text{ Mpa)}$$

Berikut merupakan ilustrasi kuat momen sepanjang balok berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.3:



Gambar 3. 4 Persyaratan Tulangan Lentur Balok

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.3.4.(1) syarat kekuatan lentur pada balok adalah:

- M lentur lapangan + (-) $\geq 1/4 \times M$ lentur terbesar
6. Mengontrol jarak spasi tulangan S maks ≥ 25 mm
7. Mengecek momen nominal penampang

b. Penulangan Transversal Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

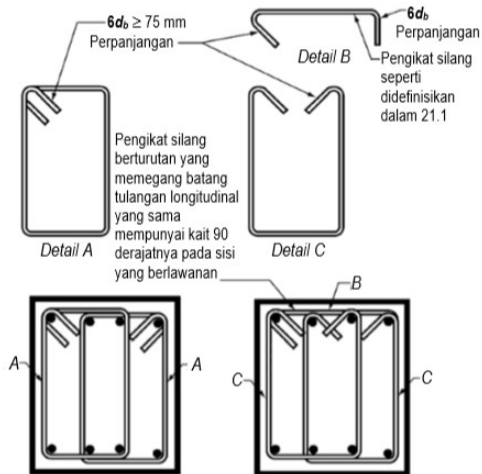
Berikut merupakan langkah-langkah penulangan tulangan geser:

1. Menentukan momen nominal untuk daerah tumpuan dan lapangan.

2. Menentukan gaya geser dengan menggunakan persamaan berikut berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.3.2.3:

$$V_u = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} + \frac{W_u + L_n}{2}$$

3. Menentukan kuat geser beton (V_c) dan kuat geser tulangan geser ($V_{s_{min}}$)
4. Cek kondisi penulangan geser balok:
- Kondisi 1
 $V_u \leq 0,5 \times \emptyset \times V_c \rightarrow$ Tidak perlu tulangan geser
 - Kondisi 2
 $0,5 \times \emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset \times V_c \rightarrow$ Tulangan geser minimum
 - Kondisi 3
 $\emptyset \times V_c \leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s_{min}}) \rightarrow$ Tulangan geser minimum
 - Kondisi 4
 $\emptyset(V_c + V_{s_{min}}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + V_{s_{max}}) \rightarrow$ Perlu tulangan geser
 - Kondisi 5
 $\emptyset(V_c + V_{s_{max}}) \leq V_u \leq \emptyset(V_c + 2V_{s_{max}}) \rightarrow$ Perlu tulangan geser
5. Menentukan luas tulangan transversal yang dibutuhkan.
 Tulangan transversal dibutuhkan untuk mengekang beton dan menahan agar tulangan memanjang tidak menekuk keluar di daerah tulangan yang mencapai f_y . Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3 contoh tulangan tertutup sebagai berikut:

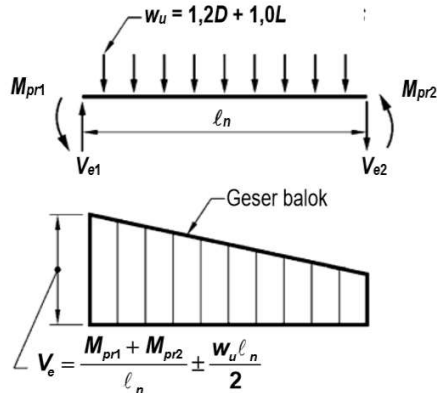


Gambar 3. 5 Senggang Tertutup (*hoops*)

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.1, *hoops* ini harus dipasang sepanjang $2h$ dari sisi muka kolom terdekat. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2, *hoops* pertama dipasang pada jarak 50 mm dari muka kolom terdekat dan berikutnya dipasang dengan spasi terkecil dari $d/4$; $6 \times$ diameter tulangan; dan 150 mm.

c. Kuat Geser Balok Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Kuat geser desain (V_e) untuk komponen lentur harus didesain dengan gaya geser hasil momen maksimum yang terjadi (M_{pr}) yang bekerja pada ujung balok. V_e harus dicari dari nilai terbesar akibat gempa arah kanan dan kiri. Kondisi tersebut diuraikan dalam gambar berikut :



Gambar 3. 6 Kuat Gaya Geser Desain Balok

Gaya geser pada ujung perletakan sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.3.2.3 :

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} + \frac{W_u + L_n}{2}$$

d. Panjang Penyaluran Balok Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Panjang penyaluran tulangan tarik:

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.12.3, diambil paling sedikit sepertiga tulangan tarik total yang dipasang untuk momen negatif pada tumpuan harus mempunyai panjang melewati titik belok tidak kurang dari d , $12d_b$, atau $l_n/16$, yang mana yang terbesar. Selanjutnya dibandingkan dengan rumus berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2.1 dan diambil yang terbesar.

$$l_d = d_b \times \frac{f_y \times \psi_t \times \psi_e}{2,1\lambda \sqrt{f'c}}, \text{ untuk D 19}$$

Syarat

- $l_d > 300 \text{ mm}$

Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik:

Menurut SNI 2847:2013 Ps.12.5.1, panjang penyaluran l_{dh} untuk tulangan tarik dengan kait standar 90° dalam beton berat normal adalah sebagai berikut:

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times f_y \times d_b}{\sqrt{f'c}}$$

Syarat :

- $l_{dh} \geq 8d_b$
- $l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$

Untuk perhitungan panjang kait adalah $12d_b$.

Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan diambil terbesar dari berikut:

$$l_{dh1} = \frac{0,24 \times f_y \times d_b}{\sqrt{f'c}}$$

$$l_{dh2} = 0,43 \times f_y \times d_b$$

Syarat

- $l_{dh} > 200 \text{ mm}$

e. Desain Tulangan Torsi

Desain untuk torsi harus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.5.1 sampai 11.5.6, atau 11.5.7.

- Torsi Terkecil yang Terdeteksi (*threshold*)
Pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor T_u kurang dari:

(a) Untuk komponen struktur non-prategang dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini:

$$\leq 0,083\lambda\sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

(b) Untuk komponen struktur non-prategang yang dikenai gaya tarik atau tekan aksial dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini:

$$\leq 0,083\lambda \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{N_u}{0,33A_g\lambda\sqrt{f'c}}}$$

Untuk komponen struktur yang dicor secara monolit dengan slab, lebar sayap menggantung yang digunakan untuk menghitung A_{cp} dan P_{cp}

harus memenuhi 13.2.4. Untuk penampang berongga, A_g harus digunakan sebagai pengganti $c_p A$ dalam 11.5.1, dan batas luar penampang harus memenuhi 13.2.4.

Berdasarkan pasal 11.5.1.1, untuk komponen struktur yang terpisah dengan sayap dan untuk komponen struktur yang dicor monolit dengan slab, lebar sayap menggantung yang digunakan untuk menghitung A_{cp} dan P_{cp} harus memenuhi 13.2.4, kecuali bahwa sayap menggantung harus diabaikan dalam kasus dimana parameter A_{cp}^2/P_{cp} yang dihitung untuk balok dengan sayap kurang dari yang dihitung untuk balok yang sama yang mengabaikan sayapnya.

- Kekuatan Momen Torsi
Pasal 11.5.3 menjelaskan tentang perhitungan kekuatan momen torsi adalah sebagai berikut:

a. Untuk penampang solid

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'c}\right)$$

b. Untuk penampang berongga

$$\left(\frac{V_u}{b_w d}\right) + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A_{oh}^2}\right) \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'c}\right)$$

2. Desain Kolom

Berikut ini merupakan hal yang harus diperhatikan dalam mendesain kolom agar memenuhi syarat sistem rangka pemikul momen khusus:

- Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom tidak melebihi $\frac{A_g f'c}{10}$ (SNI 2847:2013 pasal 21.3.2).
- Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm.

- Rasio lebar dan tinggi balok tidak kurang dari 0,4.

Desain kolom sistem rangka pemikul momen khusus meliputi persyaratan “strong column weak beam”, penulangan longitudinal, penulangan geser, kuat geser, dan panjang penyaluran kolom.

a. Persyaratan “Strong Column Weak Beam”

Sesuai dengan filosofi desain Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), disyaratkan dalam SNI 2847:2013 pasal 21.6.2.2 bahwa :

$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$$

Dimana:

ΣM_{nc} = momen kapasitas kolom

ΣM_{nb} = momen kapasitas balok

Perlu dipahami bahwa M_{nc} harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat “*strong column weak beam*”.

b. Penulangan Longitudinal Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.3.1, luas tulangan longitudinal dibatasi tidak boleh kurang dari 0,01 A_g atau lebih dari 0,06 A_g .

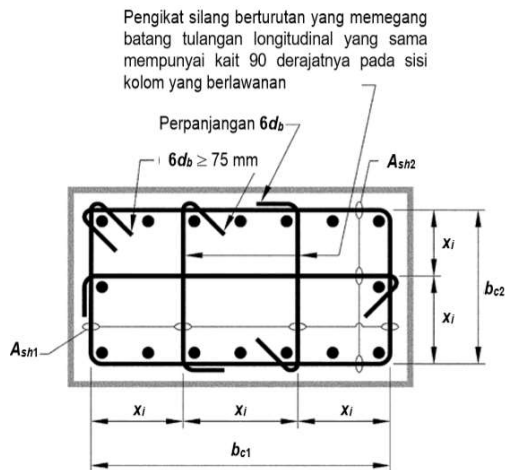
Menurut SNI 2847:2013 Pasal 10.3.6.2, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\phi P_n \text{ maks} = 0,8 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st})) + (f_y \cdot A_s)$$

$$\phi P_n \text{ maks} \geq \phi P_n$$

c. Penulangan Geser Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

- Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.1 daerah sendi plastis atau sepanjang l_o yang diukur dari muka joint tidak boleh kurang dari yang terbesar dari tinggi komponen struktur pada muka joint; $1/6$ bentang bersih; dan 450 mm.
- Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.2 Bentuk tulangan transversal bisa berupa sengkang tertutup tunggal dan rangkap. Kemudian menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3, ujung-ujung kolom sepanjang l_o harus dikekang oleh tulangan transversal (A_{sh}) dengan spasi sengkang (s_1) diambil yang terkecil dari $1/4$ dimensi terkecil kolom; $6d_b$; dan nilai s_o tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.
- Jarak spasi sengkang pertama (s_2) di l_o dipasang 50 mm. Ketentuan ini diilustrasikan dalam gambar berikut:



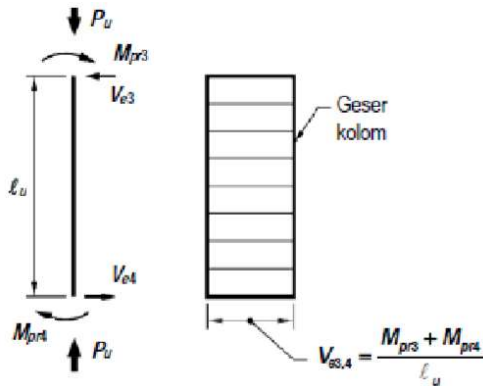
Gambar 3. 7 Tulangan Transversal Kolom

- Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4, untuk total luas penulangan *hoops* persegi (A_{sh}) tidak boleh kurang dari nilai terbesar berikut :

$$A_{sh1} = 0,3 \left(\frac{s \times b_c \times f'c}{f_{yt}} \right) \times \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right)$$

$$A_{sh2} = 0,09 \left(\frac{s \times b_c \times f'c}{f_{yt}} \right)$$

- Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5, jarak spasi sengkang di luar l_0 yaitu (s_3) harus diambil yang terkecil dari nilai 6 db dan 150 mm.
- d. **Kuat Geser Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus**
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1, gaya geser rencana V_e , untuk menentukan kebutuhan geser kolom tidak boleh gagal mendahului kekuatan momen kolom dan harus ditentukan dari kuat kedua ujung kolom. Ketentuan ini diilustrasikan dalam gambar berikut :



Gambar 3. 8 Kuat Geser Kolom

e. **Panjang Penyaluran Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus**

Panjang penyaluran disalurkan pada lokasi yang sama menurut SNI 2847:2013 pasal 12.15.1, panjang minimum penyaluran adalah $1,3l_d$.

Perhitungan panjang penyaluran tulangan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2.

$$l_d = \left[\frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \times \frac{\psi_t \times \psi_e \times \psi_s}{\left(\frac{c_b}{d_b} - \frac{K_{tr}}{d_b}\right)} \right] d_b$$

3.2.9 Perhitungan Balok Pratekan

Langkah-langkah dalam perencanaan balok pratekan

adalah sebagai berikut :

3.2.9.1 Pemilihan Jenis Beton Prategang

Pada perencanaan ini dipilih beton pratekan pasca tarik (*post tension*) dimaksudkan agar pengecoran langsung dilapangan dan dapat dikontrol untuk *jacking*.

3.2.9.2 Penentuan Dimensi Balok Pratekan Prategang

Perencanaan dimensi balok pratekan pada umumnya, tinggi komponen (h) struktur

beton pratekan berkisar antara 65 % - 80 % dari tinggi komponen struktur beton

bertulang biasa (Nawy, 2001)

3.2.9.3 Tegangan Ijin Beton

Beton Pratekan diklasifikasikan sebagai kelas U dan T, Tegangan ijin pada beton tidak boleh melebihi nilai-nilai berikut :

- Tegangan ijin beton sesaat sesudah penyaluran gaya pratekan (saat *jacking*) sesuai SNI 2847:2013 Ps. 18.4.1:

- Tegangan tekan : $f_{ci} = 0,60f'_{ci}$

- Tegangan tarik : $f_{ti} = \frac{1}{4} \sqrt{f'_{ci}}$

- Tegangan ijin beton sesaat sesudah kehilangan pratekan (saat beban bekerja) sesuai SNI 2847:2013 Ps. 18.4.2:

- Tegangan tekan akibat pratekan ditambah beban total:

$$f_c = 0,6 f'_c$$

- Tegangan tarik sesuai SNI 2847:2013 Ps. 18.3.3

$$f_t = 0,62 \sqrt{f'_c}$$

3.2.9.4 Gaya Prategang

Penentuan gaya prategang awal, dimana momen total sangat mempengaruhi. Gaya prategang ini yang kemudian disalurkan ke penampang yang direncanakan sesuai dengan pemilihan penampang (Lin and Burn, 1996). Gaya prategang dapat dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini:

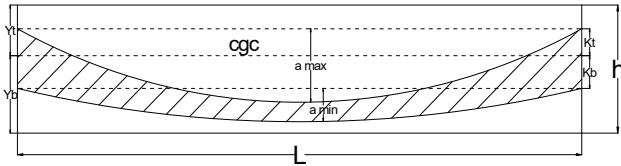
$$F = \frac{M_T}{0,65h}$$

Dimana M_T adalah momen akibat beban mati tambahan, berat sendiri dan beban hidup dan h adalah tinggi balok.

3.2.9.5 Daerah Limit

Pemilihan letak tendon harus memperhatikan batas-batas yang dipersyaratkan. Berikut batasan daerah limit di lapangan dan tumpuan :

$a_{\max} - K_t < e_o$ lapangan $< K_B + a_{\min}$ – selisih syarat e_o tumpuan $< K_t$. Di bawah ini merupakan ilustrasi tata letak daerah limit tendon:



Gambar 3. 9 Daerah Limit Tendon

3.2.9.6 Kehilangan Prategang

Kehilangan prategang terjadi pada saat transfer tegangan dan secara menerus menurut fungsi waktu. Perhitungan kehilangan gaya prategang meliputi:

a. Akibat perpendekan elastis beton

Untuk tendon yang lebih dari satu maka kehilangan akibat perpendekan elastis dapat dihitung sebagai berikut:

$$\Delta f_{pES} = \frac{1}{n} \Sigma (\Delta f_{pES})$$

dengan nilai f_{cir} sebagai berikut

$$f_{cs} = -\frac{P_i}{A_c} \left(1 + \frac{e^2}{r^2} \right) + \frac{M_D \times e}{I_c}$$

Keterangan:

P_i = Gaya prategang awal sebelum terjadi kehilangan

e = Eksentrisitas Tendon

M_D = Momen akibat berat sendiri beton

A_c = Luas penampang balok
 r^2 = kuadrat dari jari-jari girasi
 I_c = momen inersia beton

b. Akibat Rangkak

perhitungan rangkak didasarkan pada perhitungan untuk bonded tendon (tendon terekat) sebagai berikut.

$$\Delta f_{pCr} = nK_{re}(f_{cs} - f_{csd})$$

Dimana :

Δf_{pCr} = Tegangan yang hilang akibat rangkak.

n = Ratio modulus (perbandingan E_s dan E_c).

K_{cr} = Koefisien creep 1.6 untuk post tension dan 2 untuk pretension.

f_{cs} = Tegangan beton pada daerah cgs akibat gaya prategang sesaat setelah transfer.

f_{csd} = Tegangan beton di daerah cgs setelah beban mati tambahan bekerja.

c. Akibat Susut

Besarnya nilai kehilangan akibat susut dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\Delta f_{pSH} = 8.2 \times 10^{-6} K_{SH} E_s \left(1 - 0.0236 \frac{V}{S} \right) \times (100 - RH)$$

Keterangan :

Δf_{pSH} = Tegangan yang hilang akibat susut

E_s = Modulus elastisitas batang prategang $= 2 \times 10^5$.

K_{SH} = Koefisien susut sebesar 1 untuk pre tension dan sesuai Tabel 3.1 untuk post tension.

RH = Kelembaban udara relatif sekitar diambil 78%.

$\frac{V}{S}$ = Ratio volume-permukaan (dalam satuan centimeter).

d. Akibat Relaksasi Baja

Besarnya nilai kehilangan akibat relaksasi baja dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta f_{pRe} = f_{ci} \left(\frac{\log t_2 - \log t_1}{45} \right) \left(\frac{f_{ci}}{f_{py}} - 0.55 \right)$$

$$RET_1 = \Delta f_{pRe} \times A_{ps}$$

Keterangan :

Δf_{pRe} = Tegangan yang hilang akibat relaksasi baja

RET_1 = Kehilangan gaya prategang akibat relaksasi baja

tahap I

A_{ps} = Luas penampang tendon prestress

f_{ci} = Tegangan prategang awal setelah *jacking* dan kehilangan langsung

f_{py} = Tegangan leleh tendon prategang

t_1 = Waktu awal interval tahapan yang dihitung

t_2 = Waktu akhir interval tahapan yang dihitung

e. Akibat Gesekan dan *Wobble Effect*

Besarnya nilai kehilangan tersebut dapat dihitung sebagai berikut :

$$F_2 = F_1 \times e^{-((\mu \times \alpha) + (K \times L))}$$

$$\Delta F_{pF} = F_1 - F_2$$

$$\alpha = \frac{8f}{L}$$

Keterangan:

F_2 = Gaya prategang setelah terjadi kehilangan akibat friction

ΔF_{pF} = Besarnya gaya kehilangan prategang akibat friksi

F_1 = Gaya awal prategang

α = Sudut Kelengkungan

μ = Koefisien friksi (gesekan)

- K = Koefisien *woble*
 L = Panjang bersih balok
 f = Fokus tendon (eksentrisitas dari cgs)

f. Akibat Dudukan Angker

Besarnya nilai kehilangan prategang akibat slip ankur dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$F_{pA} = \Delta f_{pA} \times A_{ps}$$

$$\Delta f_{pA} = 2f_{st} \times \left(\frac{\mu \times \alpha}{L} + K \right) \times x$$

Keterangan:

- F_{pA} = Kehilangan gaya prategang akibat slip ankur
 A_{ps} = Luas penampang tendon
 Δf_{pA} = Jumlah hilangnya tegangan prategang akibat ankur
 f_{st} = Besarnya tegangan ijin baja tendon minimum yang disyaratkan SNI 2847:2013
 α = Sudut Kelengkungan
 μ = Koefisien friksi (gesekan)
 K = Koefisien *woble*
 L = Panjang bersih balok
 X = Koefisien slip ankur berdasarkan bentuk profil tendon (digunakan profil tendon berbentuk parabola).

$$X = \sqrt{\frac{E_{ps} \times g}{f_{st} \left(\frac{\mu \times \alpha}{L} + K \right)}} < \frac{L}{2}$$

3.2.9.7 Kekuatan Batas Balok Prategang

Perhitungan kuat ultimate dari balok prategang harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 18.8.2 mengenai jumlah total baja tulangan non prategang dan prategang harus cukup untuk menghasilkan beban

terfaktor paling sedikit 1,2 beban retak yang terjadi berdasarkan nilai modulus retak sebesar $0,62\lambda\sqrt{f_c}$ (SNI 2847:2013 ps. 9.5.2.3) sehingga didapat $\phi M_n \geq 1,2 M_{Cr}$ dengan nilai $\phi = 0,9$ (SNI 2847:2013 ps. 9.3). Kekuatan batas balok prategang yang diakibatkan oleh beban luar berfaktor harus memiliki nilai-nilai berikut :

$$1,2 M_{Cr} \leq Mu \leq \phi Mn$$

Keterangan :

M_{Cr} = momen retak balok prategang

Mu = momen ultimate balok prategang

ϕMn = kapasitas penampang balok prategang

Nilai momen retak dapat dihitung sebagai berikut (dengan asumsi tanda (+) adalah serat yang mengalami tekan) :

$$-f_r = \frac{F_e}{A} + \frac{F_e \times e}{I} \times Y - \frac{M_{Cr} \times Y}{I}$$

$$M_{Cr} = \left(\frac{F_e}{A} \times \frac{I}{Y} \right) + \left(\frac{F_e \times e \times Y}{I} \times \frac{I}{Y} \right) + \left(f_r \times \frac{I}{Y} \right)$$

Keterangan :

F_e = Gaya prategang efektif setelah kehilangan

I = Inertia balok

e = Eksentrisitas dari cgc

A = Luas penampang balok

y = Garis netral balok

f_r = Modulus keruntuhan = $0,62\sqrt{f_c}$

3.2.9.8 Kontrol Lendutan

Kemampuan layan struktur beton prategang ditinjau dari perilaku defleksi komponen tersebut. Elemen beton prategang memiliki dimensi yang lebih langsing dibanding beton bertulang biasa sehingga kontrol lendutan sangat diperlukan untuk memenuhi batas layan yang disyaratkan. Lendutan yang bekerja antara lain :

- Lendutan Akibat Tekanan Tendon

Tekanan tendon menyebabkan balok tertekuk keatas sehingga lendutan yang terjadi berupa lendutan ke arah atas. Sedangkan syarat ijin lendutan mengarah ke bawah, sehingga lendutan akibat tendon dapat melawan lendutan kebawah yang diakibatkan oleh beban dan berat sendiri.

$$\Delta l_{PO} = \frac{5}{384} \times \frac{P_o \times l^4}{E_C \times I} \quad (\uparrow)$$

dengan nilai P sebesar

$$P_o = \frac{8 \times F_o \times f}{l^2}$$

Keterangan :

F_o = Gaya Prategang (N)

f = Fokus tendon (eksentrisitas dari cgs, mm)

l = Panjang Efektif (dalam mm)

E_C = Modulus Elastisitas Beton (MPa)

I = Inertia Balok (dalam mm)

- Lendutan Akibat Eksentrisitas Tepi Balok

Eksentrisitas tepi balok terhadap cgc pada letak tendon menyebabkan lendutan ke arah bawah (karena menyebabkan momen negatif). Besarnya lendutan ini dipengaruhi oleh momen akibat gaya dan eksentrisitas tepi balok terhadap cgc. Besarnya nilai lendutan yang diakibatkan oleh eksentrisitas adalah:

$$\Delta l_{me} = \frac{F_o \times e \times l^2}{8E_C \times I} \quad (\downarrow)$$

Keterangan :

F_o = Gaya Prategang (N)

e = eksentrisitas terhadap cgc pada tepi balok

l = Panjang Efektif (dalam mm)

E_C = Modulus Elastisitas Beton (MPa)

I = Inertia Balok (dalam mm)

- Lendutan Akibat Berat Sendiri

Berat sendiri balok menyebabkan balok tertekuk ke bawah sehingga lendutan yang terjadi berupa lendutan ke bawah. Besarnya lendutan ke bawah akibat berat sendiri adalah:

$$\Delta l_{qo} = \frac{5}{384} \times \frac{q_o \times l^4}{E_c \times I} \quad (\downarrow)$$

Keterangan :

q_o = Berat sendiri saat *jacking* (N/mm)

f = Fokus tendon (eksentrisitas dari cgs, mm)

l = Panjang Efektif (dalam mm)

E_c = Modulus Elastisitas Beton (MPa)

I = Inertia Balok (mm)

Total lendutan yang terjadi dibagi menjadi dua pada saat awal transfer gaya prategang dan setelah terjadi kehilangan, dimana terdapat perbedaan besar nilai gaya prategang yang bekerja.

3.2.9.9 Perhitungan Geser

Besarnya kebutuhan tulangan geser yang diperlukan oleh balok adalah $V_s = V_u - \phi V_c$ dimana V_u adalah gaya geser ultimate yang terjadi sedangkan ϕV_c adalah kuat geser yang disumbangkan oleh beton. Untuk komponen balok prategang nilai ϕV_c diambil nilai terkecil antara V_{ci} dan V_{cw} sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.3.3

1. Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton pada saat terjadinya keretakan diagonal akibat kombinasi momen dan geser (V_{ci})

$$V_{ci} = 0,05\lambda\sqrt{f'c} \times b_w \times d_p + V_d + \frac{V_i \times M_{cre}}{M_{max}}$$

Dimana:

V_i : Gaya geser terfaktor akibat beban luar yang terjadi bersamaan dengan M_{max}

M_{cre} : Momen yang menyebabkan retak lentur penampang

M_{max} : Momen terfaktor maksimum

V_d : Gaya geser penampang akibat beban mati tidak

terfaktor

d_p : Jarak serat tekan terluar ke titik berat tendon

b_w : Lebar penampang balok

2. Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton pada saat terjadinya keretakan diagonal akibat tegangan tarik utama yang berlebihan pada badan penampang (V_{cw})

$$V_{cw} = (0,3 f_{pc} + 0,29 \lambda \sqrt{f'_c}) \times b_w \times d + V_p$$

Dimana:

V_p : Komponen vertikal gaya prategang efektif pada penampang

f_{pc} : Tegangan tekan pada beton setelah mengalami kehilangan pada titik berat penampang

f_c : Kuat tekan beton yang disyaratkan

d : Jarak serat tekan terluar ke titik berat tendon

b_w : Lebar penampang balok

3.2.9.9 Pengankuran

Pada balok Pratekan Pratekan pasca tarik, kegagalan bisa disebabkan oleh hancurnya bantalan beton pada daerah tepat dibelakang angkur tendon akibat tekanan yang sangat besar. Kegagalan ini diperhitungkan pada kondisi ekstrim saat transfer, yaitu saat gaya Pratekan maksimum dan kekuatan beton minimum. Metode perhitungan perencanaan daerah pengankuran global sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 18.13.3. Metode perhitungan yang dapat digunakan untuk perencanaan daerah pengankuran global yaitu :

$$T_{pencar} = 0,25 \cdot \Sigma P_u \cdot \left(1 - \frac{a}{h}\right)$$

$$d_{pencar} = 0,5 \cdot (h - 2e)$$

Dimana :

ΣP_u = Jumlah gaya tendon terfaktor total untuk pengaturan penarikan tendon yang ditinjau

- a = Tinggi angkur atau kelompok angkur yang berdekatan pada arah yang ditinjau
 e = eksentrisitas angkur atau kelompok angkur yang berdekatan terhadap sumbu berat penampang (selalu diambil sebagai nilai positif) h = tinggi arah penampang pada arah yang ditinjau

3.2.10 Hubungan Balok Kolom

Sesuai dalam ketentuan yang telah diatur oleh SNI bahwa suatu joint telah diatur secara lengkap dalam SNI 2847:2013 pasal 21.7 yaitu mengenai joint rangka momen khusus. Dimana dalam suatu joint telah dijelaskan dalam pasal 21.7.3.2 telah dijelaskan bahwa komponen struktur merangka kedalam semua empat sisi joint bilamana setiap lebar komponen struktur adalah paling sedikit (3/4) lebar kolom harus dipasang tulangan transversal sedikitnya setengah dari yang diisyaratkan oleh SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4(a) dan (b) dan s lebih kecil dari 150 mm.

Kekuatan geser nominal (V_n) untuk beton berat normal dalam SNI 2847:2013 pasal 21.7.4 telah disebutkan bahwa V_n joint tidak boleh diambil lebih besar dari nilai yang ditetapkan sebagai berikut :

- Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada semua empat muka,

$$V_n = 1.7 \times \sqrt{f'_c} \times A_j$$

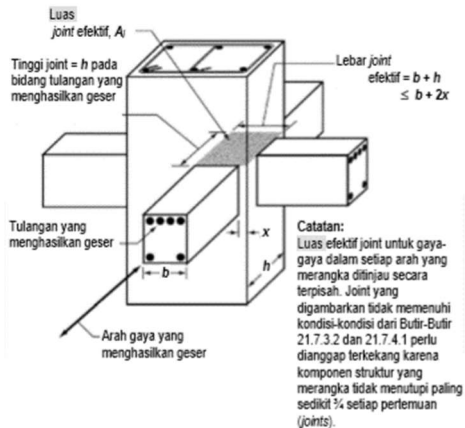
- Untuk joint yang terkekang oleh balok-balok pada tiga muka atau pada dua muka yang berlawanan,

$$V_n = 1.2 \times \sqrt{f'_c} \times A_j$$

- Untuk kasus-kasus lainnya,

$$V_n = 1 \times \sqrt{f'_c} \times A_j$$

Di bawah ini merupakan ilustrasi luas joint efektif hubungan balok kolom:



Gambar 3. 10 Luas Join Efektif HBK

3.2.11 Perencanaan Pondasi

Desain Pondasi dilakukan dengan cara mengambil output gaya-gaya dalam dari hasil proses analisis struktur dengan menggunakan program. Gaya-gaya dalam tersebut menjadi acuan untuk desain pondasi. Berikut merupakan tahapan yang akan dilakukan untuk merencanakan pondasi antara lain :

1. Menghitung beban total dari struktur atas
2. Menghitung daya dukung tanah

Daya dukung tanah dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_L = Q_p + Q_s$$

Dimana:

Q_L = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

Q_p = Resistance ultimit di dasar pondasi

Q_s = Resistance ultimit akibat lekatan lateral

Untuk mencari Q_p dan Q_s digunakan persamaan berikut:

$$Q_p = q_p \cdot A_p \cdot \alpha = (N_p \cdot K) \cdot A_p \cdot \alpha$$

Dimana: N_p = Harga rata-rata SPT sekitar 4B diatas hingga 4B dibawah dasar tiang. (B = diameter dasar pondasi).

A_p = Luas penampang dasar tiang

q_p = Tegangan diujung tiang

$$Q_s = q_s \cdot A_s \cdot \beta = \left(\frac{N_s}{a} + 1 \right) \cdot A_s \cdot \beta$$

Dimana:

q_s = Tegangan akibat lekatan lateral t/m^2

s = harga rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan $3 \leq N_s \leq 50$

A_s = Luas selimut tiang

α = *Base coefficient*

β = *Shaft coefficient*

$$Q_{ijin} = \frac{QL}{SF}$$

Dimana:

Q_{ijin} = Daya dukung tanah ijin

SF = Angka keamanan

3. Merencanakan kebutuhan tiang pancang

Mengetahui gaya dalam aksial dari output program ETABS, kombinasi yang digunakan merupakan kombinasi ijin, yaitu:

- D
- D + L
- D + (Lr atau R)
- D + 0,75L + 0,75(Lr atau R)
- D + (0,6W atau 0,7E)
- D + 0,75 (0,6W atau 0,7E) + 0,75L + 0,75 (Lr atau R)
- 0,6D + 0,6W
- 0,6D + 0,7W

Kemudian dipakai gaya aksial terbesar (P_{max}) dari kombinasi - kombinasi pembebanan ijin diatas yang belum ditambahkan dengan berat sendiri *poer*, maka jumlah tiang pancang (n):

$$n = \frac{\sum P}{Q_{ijin}}$$

4. Merencanakan Jarak antar Pondasi dan Dimensi *Poer*
Berdasarkan buku karangan Karl Terzaghi dan Ralp B. Peck dalam bukunya Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid 2 disebutkan bahwa:

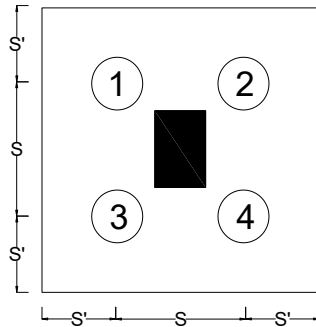
- Perhitungan jarak antar pondasi (s):

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

- Perhitungan jarak pondasi ke tepi *poer* (s'):

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

Dari perhitungan diatas dapat disimpulkan dimensi pada *poer* yaitu panjang dan lebarnya. Berikut merupakan sketsa jarak antar pondasi dan tepi *poer*:



Gambar 3. 11 Sketsa Jarak Antar Pondasi dan Tepi *Poer*

5. Menentukan Daya Dukung Group Pondasi

Daya dukung pondasi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$QL(\text{group}) = QL(1 \text{ tiang}) \times n \times \eta$$

Efisiensi daya dukung tiang pancang kelompok dihitung dengan rumus:

$$\eta = 1 - \frac{D}{\pi \times s \times m} [m(n-1) + (m-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)}]$$

Dimana :

D = Diameter sebuah tiang pondasi

S = Jarak as ke as tiang dalam grup

- m = Jumlah baris tiang dalam grup
 n = Jumlah kolom tiang dalam grup

Syarat :
 $\Sigma P < QL(\text{group})$

6. Menentukan Beban Maksimum Tiang (Pmax) Kolom
 Beban maksimum tiang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P_i = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_{xo} y_{max}}{\Sigma y^2} \pm \frac{M_{yo} x_{max}}{\Sigma x^2}$$

7. Mengontrol Kekuatan Tiang Pancang Kolom Terhadap Kekuatan Aksial

Tiang Pancang Berdasarkan spesifikasinya tidak diperkenankan menerima gaya aksial sebagai berikut:

Syarat 1:

$$P_{max} < P_{ijin} \text{ produk}$$

Syarat 2:

$$P_{max} < \eta \times Q_{ijin}$$

8. Merencanakan Tebal *Poer*
 Reaksi perlawanan tanah (qt) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$q_t = \frac{P \text{ ijin tanah}}{\text{total luasan } poer}$$

9. Merencanakan penulangan *Poer*

3.2.12 Gambar Output AutoCad

Apabila analisa dan kontrol desain baik pada beton bertulang biasa maupun pada balok prategang sudah selesai, maka untuk mengetahui hasil akhir perhitungan perlu dibuat gambar teknik yang representative dari hasil analisa dan perhitungan dengan menggunakan alat bantu AutoCad.

BAB IV DESAIN DAN ANALISA STRUKTUR

4.1 Data Perencanaan

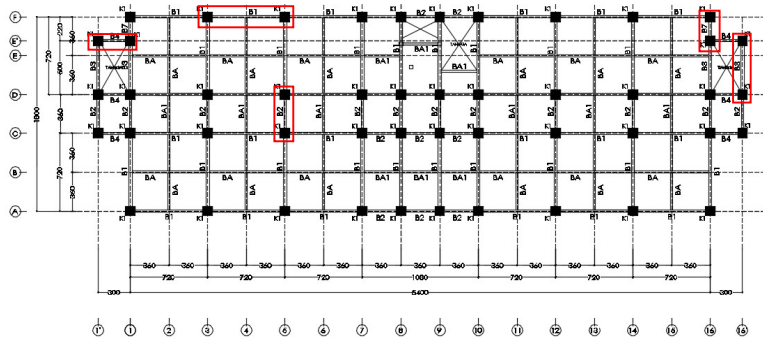
Material yang digunakan untuk perencanaan struktur gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang adalah beton bertulang dengan data-data sebagai berikut:

- Tipe bangunan = Fasilitas Pendidikan
- Tinggi bangunan = 51 meter
- Luas bangunan = 60 m x 18 m
- Mutu beton (f'_c) kolom dan *pilecap* = 35 Mpa
- Mutu beton (f'_c) balok dan plat = 30 Mpa
- Mutu beton (f'_c) pratekan = 40 Mpa
- Mutu baja ulir (f_y) = 420 Mpa
- Mutu baja ulir pelat (f_y) = 280 Mpa
- Mutu baja sengkang ulir (f_y) = 420 Mpa
- Mutu baja sengkang ulir (f_y) = 280 Mpa

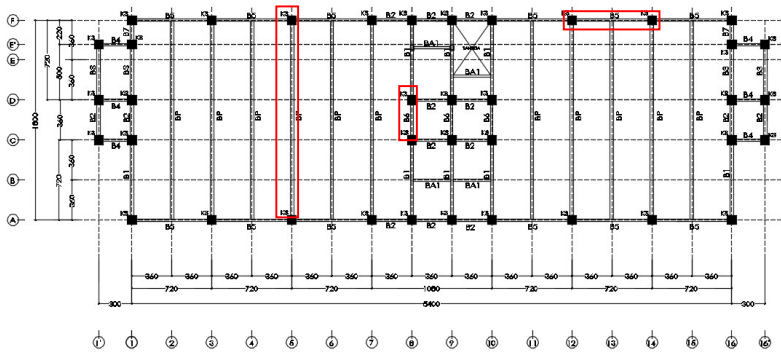
4.2 Preliminary Design

4.2.1 Balok

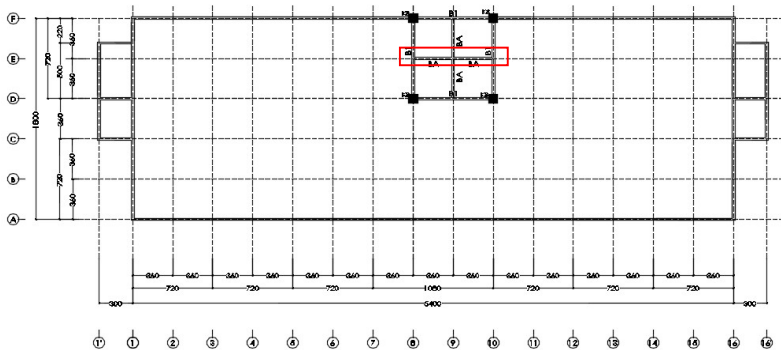
Desain dimensi balok sesuai dengan SNI 2847-2013 tabel 9.5(a) adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Denah Balok Lantai 2-3



Gambar 4. 2 Denah Balok Lantai 12



Gambar 4. 3 Denah Balok Rooftop

Dimensi Balok Induk B1

Bentang = 7,2 m

$$h = \frac{1}{16} L = \frac{720}{16} = 45 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 60 = 40 \text{ cm} \approx 45 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok induk B1 adalah 45/60

Dimensi Balok Induk B2

Bentang = 3,6 m

$$h = \frac{1}{16} L = \frac{360}{16} = 22,5 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 40 = 36,67 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok induk B2 adalah 30/40

Dimensi Balok Induk B3

Bentang = 5 m

$$h = \frac{1}{16} L = \frac{500}{16} = 31,32 \text{ cm} \approx 55 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 55 = 36,67 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok induk B3 adalah 40/55

Dimensi Balok Induk B4

Bentang = 3 m

$$h = \frac{1}{16} L = \frac{300}{16} = 18,75 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 40 = 26,67 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok induk B4 adalah 30/40

Dimensi Balok Induk B5

Bentang = 7,2 m

$$h = \frac{1}{16} L = \frac{720}{16} = 45 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 70 = 46,67 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok induk B5 adalah 50/70

Dimensi Balok Induk B6

Bentang = 3,6 m

$$h = \frac{1}{16} L = \frac{360}{16} = 22,5 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 50 = 33,33 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok induk B6 adalah 35/50

Dimensi Balok Induk B7

Bentang = 2,2 m

$$h = \frac{1}{16} L = \frac{220}{16} = 13,75 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 35 = 23,33 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok induk B7 adalah 30/35

Dimensi Balok Anak BA

Bentang = 7,2 m

$$h = \frac{1}{21} L = \frac{720}{21} = 34,29 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 40 = 26,67 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok anak BA adalah 30/40

Dimensi Balok Anak BA1

Bentang = 3,6 m

$$h = \frac{1}{21} L = \frac{360}{21} = 17,14 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 30 = 20 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok anak BA1 adalah 25/30

Dimensi Balok Pratekan BP

Bentang = 18 m

$$h = \frac{1}{16} L \times 80\% = \frac{1800}{16} \times 80\% = 90 \text{ cm} \approx 90 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 90 = 60 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok pratekan BP adalah 60/90

Dimensi Balok Bordes 1

Bentang = 3,6 m

$$h = \frac{1}{16} L = \frac{360}{16} = 22,5 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 35 = 23,33 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok induk bordes 1 adalah 25/35

Dimensi Balok Bordes 2

Bentang = 3 m

$$h = \frac{1}{16} L = \frac{300}{16} = 18,75 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 35 = 23,33 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

Jadi, dimensi balok induk bordes 2 adalah 25/35

Berikut ini merupakan rekapitulasi preliminary dimensi balok:

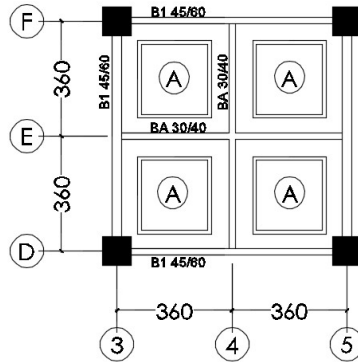
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Preliminary Dimensi Balok

Tipe Balok	Dimensi (cm)	
	b	h
B1	45	60
B2	30	40
B3	40	55
B4	30	40
B5	50	70
B6	35	50
B7	30	35
BA	30	40
BA1	25	30
BP	60	90
B Bordes 1	25	35
B Bordes 2	25	35

4.2.2 Pelat

Desain tebal pelat lantai

Perhitungan pelat lantai tipe A pada join F-E.3-4 adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 4 Denah Pelat Lantai Join F-E.3-4

$$L_y = 360 \text{ cm}$$

$$L_x = 360 \text{ cm}$$

$$L_n = 360 - \left(\frac{45}{2} + \frac{30}{2} \right) = 322,5 \text{ cm}$$

$$S_n = 360 - \left(\frac{45}{2} + \frac{30}{2} \right) = 322,5 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{322,5}{322,5} = 1 < 2 \rightarrow \text{Pelat Dua Arah}$$

Direncanakan :

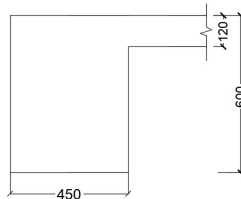
Tebal pelat = 12 cm

f'_c = 30 Mpa

f_y = 280 Mpa

- Balok As F Join 3-4

Dimensi potongan balok As F joint 3-4 adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 5 Balok As F Joint 3-4

Menentukan lebar efektif lens (Pasal 13.2.4 SNI 2847-2013)

$$\begin{aligned} b_e &= h_w < 4h_f \\ b_e &= (60-12) \leq 4(12) \\ &= 48 \text{ cm} = 48 \text{ cm} \end{aligned}$$

Diambil nilai yang terkecil = 141 cm

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{48}{45} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{48}{45} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)^2\right]}{1 + \left(\frac{48}{45} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$k = 1,026$$

Momen Inersia Penampang

$$I_b = k \frac{b_w h^3}{12} = 1,026 \frac{45 \cdot 60^3}{12} = 830895,2 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Lajur Pelat

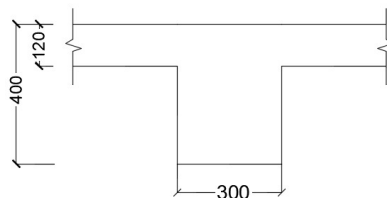
$$I_p = 0,5 \frac{b_p t^3}{12} = 0,5 \frac{(360) 12^3}{12} = 25920 \text{ cm}^4$$

Rasio Kekuatan Balok terhadap Pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{830895,2}{25920} = 32,05$$

- Balok As E Joint 3-4

Dimensi potongan balok As E joint 3-4 adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 6 Balok As E Joint 3-4

Menentukan lebar efektif lens (Pasal 13.2.4 SNI 2847-2013)

$$\begin{aligned} b_e &= b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f \\ b_e &= 30 + 2(40-12) \leq 30 + 8(12) \end{aligned}$$

$$= 86 \text{ cm} < 126 \text{ cm}$$

Diambil nilai yang terkecil = 86 cm

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{86}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{40}\right) + 4 \left(\frac{12}{40}\right)^2 + \left(\frac{86}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right)^2\right]}{1 + \left(\frac{86}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right)}$$

$$k = 1,578$$

Momen Inersia Penampang

$$I_b = k \frac{b_w h^3}{12} = 1,578 \frac{30 \cdot 40^3}{12} = 253494,8 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Lajur Pelat

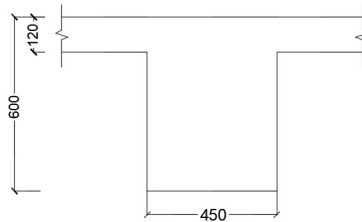
$$I_p = 0,5 \frac{b_p t^3}{12} = 0,5 \frac{(360 + 360) \cdot 12}{12} = 51840 \text{ cm}^4$$

Rasio Kekuatan Balok terhadap Pelat

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{253494,8}{51840} = 4,87$$

- Balok As 3 Joint E-F

Dimensi potongan balok As 3 joint E-F adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 7 Balok As 3 Joint E-F

Menentukan lebar efektif lens (Pasal 13.2.4 SNI 2847-2013)

$$b_e = b_w + 2hw \leq b_w + 8hf$$

$$b_e = 45 + 2(60-12) \leq 45 + 8(12)$$

$$= 141 \text{ cm} = 141 \text{ cm}$$

Diambil nilai yang terkecil = 141 cm

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{141}{45} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{141}{45} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)^2\right]}{1 + \left(\frac{141}{45} - 1\right) \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$k = 1,591$$

Momen Inersia Penampang

$$I_b = k \frac{b_w h^3}{12} = 1,569 \frac{45 \cdot 60^3}{12} = 1288931 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Lajur Pelat

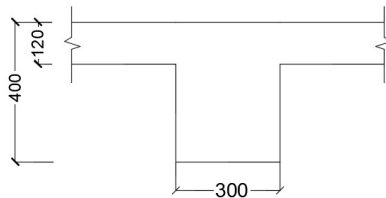
$$I_p = 0,5 \frac{b_p t^3}{12} = 0,5 \frac{(360 + 360) 12^3}{12} = 51840 \text{ cm}^4$$

Rasio Kekuatan Balok terhadap Pelat

$$\alpha_3 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{1288931}{51840} = 24,86$$

- Balok As 4 Joint E-F

Dimensi potongan balok As 4 joint E-F adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 8 Balok As 4 Joint E-F

Menentukan lebar efektif lens (Pasal 13.2.4 SNI 2847-2013)

$$b_e = b_w + 2h_w \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 30 + 2(40-12) \leq 30 + 8(12)$$

$$= 86 \text{ cm} < 126 \text{ cm}$$

Diambil nilai yang terkecil = 86 cm

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{86}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{12}{40}\right) + 4 \left(\frac{12}{40}\right)^2 + \left(\frac{86}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right)^2\right]}{1 + \left(\frac{86}{30} - 1\right) \left(\frac{12}{40}\right)}$$

$$k = 1,578$$

Momen Inersia Penampang

$$I_b = k \frac{b_w h^3}{12} = 1,578 \frac{30 \cdot 40^3}{12} = 253494,8 \text{ cm}^4$$

Momen Inersia Lajur Pelat

$$I_p = 0,5 \frac{b_p t^3}{12} = 0,5 \frac{(360 + 360) \cdot 12}{12} = 51840 \text{ cm}^4$$

Rasio Kekuatan Balok terhadap Pelat

$$\alpha_4 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{253494,8}{51840} = 4,87$$

Dari perhitungan di atas sehingga di peroleh nilai α_{fm} sebagai berikut

$$\alpha_{fm} = \frac{1}{n} (\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n)$$

$$\alpha_{fm} = \frac{1}{4} (32,05 + 4,87 + 24,86 + 4,87)$$

$$\alpha_{fm} = 16,665$$

Karena nilai $\alpha_{fm} > 2$ maka dipakai persamaan (9-13), SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3 dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

Sehingga tebal pelat dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{fy}{1400})}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm}$$

$$h = \frac{3225(0,8 + \frac{280}{1400})}{36 + 9 \times 1} \geq 90 \text{ mm}$$

$$h = 71,667 \approx 120 \text{ mm} < 90 \text{ mm}$$

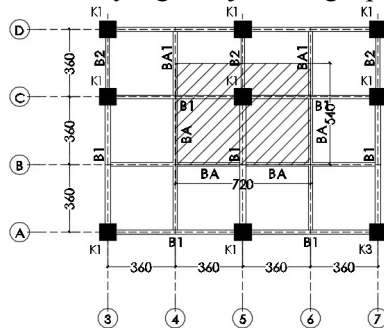
nilai h lebih kecil dari 90 mm, maka digunakan tebal pelat lantai untuk tipe A adalah 120 mm.

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Tebal Pelat

Type Pelat	Tebal (mm)
A	120
B	120
C	120
D	120
E	120
F	120

4.2.3 Kolom

Kolom adalah komponen struktur yang direncanakan untuk memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. Berikut merupakan denah kolom yang ditinjau sebagai perhtingan dimensi:



Gambar 4. 9 Denah Kolom yang Ditinjau

Direncanakan:

Beban hidup (SNI 1727-2013 Tabel 4.1):

- Beban hidup lantai = $4,79 \text{ kN/m}^2$ (ruang publik)
- Beban hidup atap = $0,96 \text{ kN/m}^2$
- Beban hujan = $0,196 \text{ kN/m}^2$

Beban mati tambahan (brosur):

- Beton bertulang = 2400 kg/m^3
- Spesi = 21 kg/m^2

- Keramik = 22 kg/m²
- Dinding = 100,04 kg/m²
- Aspal = 14 kg/m²
- Plafond = 6,4 kg/m²
- Pengantung Plafond = 8,7 kg/m²
- Pemipaan air = 25 kg/m²
- AC dan Instalasi Listrik = 40 kg/m²

Berikut merupakan perhitungan pembebanan yang disajikan dalam tabel.

Tabel 4. 3 Perhitungan Pembebanan Lantai 1-3 (K1)

Beban Mati	BJ (kg/m ³) atau (kg/m ²)	B (m)	H (m)	L (m)	Jumlah Tingkat	Beban (kg)
BI B1 as 5 45/60	2400	0,45	0,6	3,6	3	6998,4
BI B2 as 5 30/40 mel	2400	0,3	0,4	1,8	3	1555,2
BA1 as 4 25/30	2400	0,25	0,3	1,8	3	972
BA as 4 30/40	2400	0,3	0,4	3,6	3	3110,4
BA as B 30/40	2400	0,3	0,4	7,2	3	6220,8
BI B1 as C 40/50	2400	0,45	0,6	7,2	3	13996,8
Pelat Lantai	2400	7,2	5,4	0,12	3	33592,32
Keramik	22	7,2	5,4	1	3	2566,08
Spesi (t=2cm)	21	7,2	5,4	2	3	4898,88
Dinding	100,04			12,6	3	3781,512
Plafon	6,4	7,2	5,4		3	746,496
Penggantung	8,7	7,2	5,4		3	1014,768
Pemipaan Air	25	7,2	5,4		3	2916
AC dan Instalasi Listrik	40	7,2	5,4		3	4665,6
Kolom asumsi 90/90	2400	0,9	0,9	4	3	23328
Total Beban Mati						110363,256
Beban Hidup	BJ (kg/m ³) atau (kg/m ²)	B (m)	H (m)	L (m)	Tingkat	Beban (kg)
Koridor	497	7,2	5,4		3	57970,08
Total Beban Hidup						57970,08

Tabel 4. 4 Perhitungan Pembebanan Lantai 4-6 (K2)

Beban Mati	BJ (kg/m ³) atau (kg/m ²)	B (m)	H (m)	L (m)	Jumlah Tingkat	Beban (kg)
BI B1 as 5 45/60	2400	0,45	0,6	3,6	3	6998,4
BI B2 as 5 30/40 mel	2400	0,3	0,4	1,8	3	1555,2
BA1 as 4 25/30	2400	0,25	0,3	1,8	3	972
BA as 4 30/40	2400	0,3	0,4	3,6	3	3110,4
BA as B 30/40	2400	0,3	0,4	7,2	3	6220,8
BI B1 as C 40/50	2400	0,45	0,6	7,2	3	13996,8
Pelat Lantai	2400	7,2	5,4	0,12	3	33592,32
Keramik	22	7,2	5,4	1	3	2566,08
Spesi (t=2cm)	21	7,2	5,4	2	3	4898,88
Dinding	100,04			12,6	3	3781,512
Plafon	6,4	7,2	5,4		3	746,496
Penggantung	8,7	7,2	5,4		3	1014,768
Pemipaan Air	25	7,2	5,4		3	2916
AC dan Instalasi Listrik	40	7,2	5,4		3	4665,6
Kolom asumsi 85/85	2400	0,85	0,85	4	3	20808
Total Beban Mati						87035,256
Beban Hidup	BJ (kg/m ³) atau (kg/m ²)	B (m)	H (m)	L (m)	Tingkat	Beban (kg)
Koridor	497	7,2	5,4		3	57970,08
Total Beban Hidup						57970,08

Tabel 4. 5 Perhitungan Pembebanan Lantai 7-12 (K3)

Beban Mati	BJ (kg/m ³) atau (kg/m ²)	B (m)	H (m)	L (m)	Jumlah Tingkat	Beban (kg)
BI B1 as 5 45/60	2400	0,45	0,6	3,6	6	13996,8
BI B2 as 5 30/40 mel	2400	0,3	0,4	1,8	6	3110,4
BA1 as 4 25/30	2400	0,25	0,3	1,8	6	1944
BA as 4 30/40	2400	0,3	0,4	3,6	6	6220,8
BA as B 30/40	2400	0,3	0,4	7,2	6	12441,6
BI B1 as C 40/50	2400	0,45	0,6	7,2	6	27993,6
Pelat Lantai	2400	7,2	5,4	0,12	6	67184,64
Keramik	22	7,2	5,4	1	6	5132,16
Spesi (t=2cm)	21	7,2	5,4	2	6	9797,76
Dinding	100,04			12,6	6	1260,504
Plafon	6,4	7,2	5,4		6	1492,992
Penggantung	8,7	7,2	5,4		6	2029,536
Pemipaan Air	25	7,2	5,4		6	5832
AC dan Instalasi Listrik	40	7,2	5,4		6	9331,2
Kolom asumsi 80/80	2400	0,8	0,8	4	6	36864
Total Beban Mati						204631,992
Beban Hidup	BJ (kg/m ³) atau (kg/m ²)	B (m)	H (m)	L (m)	Tingkat	Beban (kg)
Koridor	497	7,2	5,4		3	57970,08
Total Beban Hidup						57970,08

Tabel 4. 6 Perhitungan Pembebanan Lantai Atap (K3)

Beban Mati	BJ (kg/m ³) atau (kg/m ²)	B (m)	H (m)	L (m)	Jumlah Tingkat	Beban (kg)
BP as 4,5,6 60/90	2400	0,6	0,9	5,4	3	6998,4
Pelat Atap	2400	5,4	7,2	0,12		11197,44
Aspal	14	5,4	7,2			544,32
Plafon	6,4	5,4	7,2			248,832
Penggantung	8,7	5,4	7,2			338,256
Pemipaan Air	25	5,4	7,2			972
AC dan Instalasi Listrik	40	5,4	7,2			1555,2
Total Beban Mati						21854,448
Beban Hidup	BJ (kg/m ³) atau (kg/m ²)	B (m)	H (m)	L (m)	Tingkat	Beban (kg)
Lantai Atap	96	5,4	7,2			3732,48
Hujan	19,6	5,4	7,2			762,048
Total Beban Hidup						4494,528

Kombinasi Beban

$$P_u = 1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$$

$$D = 423885 \text{ kg}$$

$$L = 178405 \text{ kg}$$

$$L_r = 3732,48 \text{ kg}$$

$$P_u = 1,2D + 1,6L + 0,5L_r$$

$$= 1,2(423885) + 1,6(178405) + 0,5(3732,48)$$

$$= 795976 \text{ kg}$$

$$\text{Mutu beton } (f'_c) = 35 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensi (A)} = \frac{3 \times P_u}{f'_c} = \frac{3 \times 795976 \text{ kg}}{350 \text{ kg/cm}^2} = 6822,65 \text{ cm}^2$$

$$S = \sqrt{6822,65} = 82,60 \text{ cm} \approx 90 \text{ cm}$$

Jadi, dipakai dimensi kolom (K1) = 90 cm x 90 cm
Berikut ini merupakan rekapitulasi dimensi kolom :

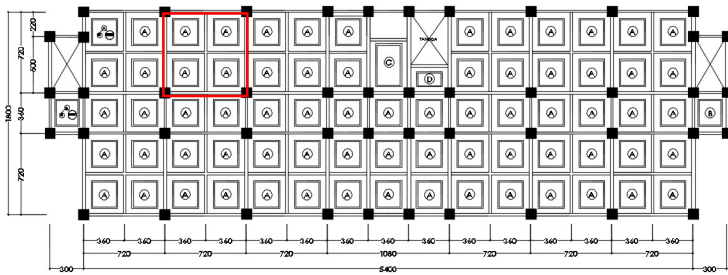
Tabel 4. 7 Rekapitulasi Dimensi Kolom

Tipe Kolom	Dimensi (cm)	
	b	H
K1	90	90
K2	85	85
K3	80	80

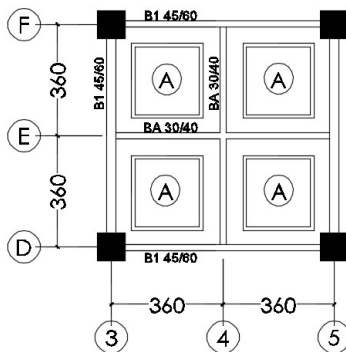
4.3 Perhitungan Struktur Sekunder

4.3.1 Desain Pelat Lantai

Berikut ini merupakan letak pelat lantai yang akan didesain:



Gambar 4. 10 Denah Pelat Lantai Tipe A



Gambar 4. 11 Detail Pelat Tipe A

4.3.1.1 Data Perencanaan Pelat

Data yang dibutuhkan dalam perhitungan penulangan pelat lantai adalah sebagai berikut:

- Tipe Pelat = A
- Mutu beton (f'_c) = 30 Mpa
- Tebal pelat = 120 mm
- Selimut beton = 20 mm
- Kuat tarik tulangan (f_y) = 280 Mpa
- Diameter tul. Lentur = 13 mm

4.3.1.2 Perhitungan Pembebanan

Berikut merupakan beban yang diterima oleh pelat:

1. Beban Mati

Berat pelat sendiri	= 0,12 m x 2400kg/m ³	= 288 kg/m ²
Spesi (t=2 cm)	= 2 x 21 kg/m ²	= 42 kg/m ²
Keramik (t=1cm)	= 22 kg/m ²	= 22 kg/m ²
Plafond	= 6,4 kg/m ²	= 6,4 kg/m ²
Pengantung	= 8,7 kg/m ²	= 8,7 kg/m ²
Pemipaan air	= 25 kg/m ²	= 25 kg/m ²
Total beban mati		= 432,1 kg/m ²

2. Beban Hidup

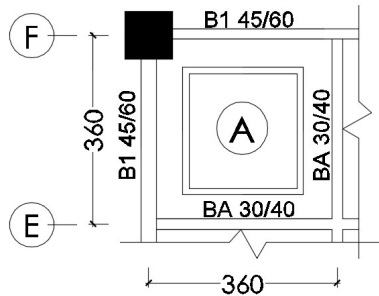
Beban hidup = 479 kg/m² (SNI 1727-2013 Tabel 4-1)

3. Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R) \\
 &= 1,2(432,1) + 1,6(479) + 0,5(0) \\
 &= 1284,92 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

4.3.1.3 Penulangan Lentur

Di bawah ini merupakan dimensi pelat lantai tipe A :



Gambar 4. 12 Dimensi Pelat Tipe A

Perhitungan gaya dalam pada pelat tipe A adalah sebagai berikut:

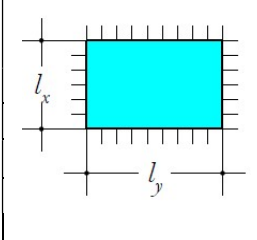
$$L_y = 360 \text{ cm}$$

$$L_x = 360 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{360}{360} = 1 < 2 \rightarrow \text{Pelat Dua Arah}$$

Nilai koefisien (X) untuk menghitung momen pada pelat menggunakan tabel PBI 1971 sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Momen pada Pelat Menurut PBI 1971

	Momen	L_y/L_x (X)	
		1	1,1
	$Ml_x = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	21	25
	$Ml_y = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	21	21
	$Mt_x = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	52	59
	$Mt_y = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	52	54

Dimana :

Ml_x = Momen lapangan arah X

Ml_y = Momen lapangan arah Y

Mt_x = Momen tumpuan arah X

Mt_y = Momen tumpuan arah Y

$$\begin{aligned} Ml_x &= +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= +0,001 \cdot (1284,92) \cdot (3,6)^2 \cdot 21 \\ &= 349,704 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$Ml_y = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$= +0,001 \cdot (1284,92) \cdot (3,6)^2 \cdot 21$$

$$= 349,704 \text{ kgm}$$

$$M_{t_x} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$= +0,001 \cdot (1284,92) \cdot (3,6)^2 \cdot 52$$

$$= 865,933 \text{ kgm}$$

$$M_{t_y} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$= +0,001 \cdot (1284,92) \cdot (3,6)^2 \cdot 52$$

$$= 865,933 \text{ kgm}$$

Tebal manfaat pelat:

$$dx = \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} D$$

$$= 120 - 20 - \left(\frac{1}{2} (13)\right)$$

$$= 95,5 \text{ mm}$$

$$dy = \text{tebal pelat} - \text{decking} - D - \frac{1}{2} D$$

$$= 120 - 20 - 13 - \left(\frac{1}{2} (13)\right)$$

$$= 80,5 \text{ mm}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,002 \text{ (SNI 2847-2013 pasal 7.12.2.1 (a))}$$

Menentukan ρ_{perlu} :

$$\beta = 0,85 - 0,05 \times \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

$$\beta = 0,85 - 0,05 \times \frac{(30 - 28)}{7}$$

$$\beta = 0,836$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 0,836 \times 30}{280} \times \frac{600}{(600 + 280)}$$

$$= 0,0519$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \times 0,0519$$

$$= 0,0389$$

Penulangan Arah X (Tumpuan)

$$M_u = M_{t_x} = 865,933 \text{ kgm} = 8659330 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{280}{0,85 \times 30} = 10,98 \\
 R_n &= \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{8659330}{0,9 \times 1000 \times 95,3^2} = 1,100 \text{ N/mm} \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{10,98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(10,98) \times 1,100}{280}} \right) \\
 &= 0,00402
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$0,002 < 0,00402 < 0,0389$ sehingga digunakan ρ_{perlu}

Luas Tulangan yang Dibutuhkan:

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\
 &= 0,00402 \times 1000 \times 93,5 \\
 &= 375,805 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak antar Tulangan :

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{tul}}} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 132,665 \text{ mm}^2 \\
 \text{Jarak} &= \frac{1000}{\frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S_{\text{tul}}}}} = \frac{1000}{\frac{375,805}{132,665}} = 353,015 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan D13-200 mm

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{1000}{\text{jarak}} \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1000}{200} \times \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \\
 &= 928,665 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak antar Tulangan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &\leq 2h \\
 200 &\leq 2 \times 120 = 240 \text{ mm (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Jadi, dipakai tulangan **D 13 – 200**

Penulangan Arah X (Lapangan)

$$\begin{aligned}
 Mu &= Ml_x = 349,704 \text{ kgm} = 3497040 \text{ Nmm} \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{280}{0,85 \times 30} = 10,98
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mu}{\emptyset x b x d^2} = \frac{3497040}{0,9 x 1000 x 95,3^2} = 0,427 \text{ N/mm} \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m x Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{10,98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(10,98) x 0,427}{280}} \right) \\
 &= 0,001537
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

0,002 > 0,001537 < 0,0389 sehingga digunakan ρ_{min}

Luas Tulangan yang Dibutuhkan:

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} x b x d \\
 &= 0,002 x 1000 x 93,5 \\
 &= 187 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak antar Tulangan :

$$A_{S_{\text{tul}}} = \frac{1}{4} x \pi x d^2 = \frac{1}{4} x \pi x 13^2 = 132,665 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak} = \frac{1000}{\frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S_{\text{tul}}}}} = \frac{1000}{\frac{187}{132,665}} = 709,438 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan D13-200 mm

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{1000}{\text{jarak}} x \frac{1}{4} x \pi x d^2 \\
 &= \frac{1000}{200} x \frac{1}{4} x \pi x 13^2 \\
 &= 928,665 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak antar Tulangan

$$S_{\text{max}} \leq 2h$$

$$200 \leq 2 x 120 = 240 \text{ mm (Memenuhi)}$$

Jadi, dipakai tulangan **D 13 – 200**

Penulangan Arah Y (Tumpuan)

Direncanakan tulangan D13-200 mm

Penulangan Arah Y (Lapangan)

Direncanakan tulangan D13-200 mm

Penulangan Susut

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,002 \text{ (SNI pasal 7.12.2.1(a))}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{Sperlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,002 \times 1000 \times 80,5 \\ &= 161 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak antar Tulangan :

$$A_{\text{Stul}} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak} = \frac{1000}{\frac{A_{\text{Sperlu}}}{A_{\text{Stul}}}} = \frac{1000}{\frac{162}{78,5}} = 487,58 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan D10-200 mm

$$\begin{aligned} A_{\text{Spakai}} &= \frac{1000}{\text{jarak}} \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1000}{200} \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 392,5 \text{ mm}^2 > A_{\text{Sperlu}} \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, dipakai tulangan **D 10 – 200**

4.3.1.4 Kontrol Lendutan

$$q_D = 432,1 \text{ kg/m}^2$$

$$q_L = 479 \text{ kg/m}^2$$

Momen yang terjadi:

$$M_{\text{tx}} = M_{\text{ty}} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$$

$$\begin{aligned} M_{\text{DL}} &= 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= 0,001 \cdot 432,1 \text{ kg/m}^2 \cdot (3,6\text{m})^2 \cdot 62 \\ &= 291,2 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{LL}} &= 0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= 0,001 \cdot 479 \text{ kg/m}^2 \cdot (3,6\text{m})^2 \cdot 62 \\ &= 322,81 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_a &= M_{\text{DL}} + M_{\text{LL}} = 291,2 \text{ kgm} + 322,81 \text{ kgm} \\ &= 614,009 \text{ kgm} = 6140085 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Momen Inersia Penampang Kotor (I_g):

$$I_g = \frac{b \times t^3}{12} = \frac{1000 \times 120^3}{12} = 144000000 \text{ mm}^4$$

$$f_r = 0,62 \sqrt{f'_c} = 0,62 \sqrt{30} = 3,396 \text{ Mpa}$$

$$M_{\text{cr}} = \frac{2 f_r \times I_g}{t} = \frac{2 \times 3,396 \times 14,4 \times 10^7}{120} = 8150111,66 \text{ Nmm}$$

Karena $M_a < M_{cr}$, maka inersia yang digunakan adalah inersia penampang kotor (I_g).

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} = 4700\sqrt{30} = 25742,96 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} (\Delta i)_{DL+LL} &= \frac{5 m_a l^2}{48 c I_g} \\ &= \frac{5 \times 6140085 \text{ Nmm} \times (3600\text{m})^2}{48 \times 25742,96 \text{ Mpa} \times 14,4 \times 10^7 \text{ mm}^4} \\ &= 2,236 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\Delta i)_{DL} &= \frac{M_{DL}}{M_{DL} + M_{LL}} (\Delta i)_{DL+LL} \\ &= \frac{291,2 \text{ kgm}}{291,2 \text{ kgm} + 322,81 \text{ kgm}} 2,236 \text{ mm} \\ &= 1,06 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\Delta i)_{LL} &= \frac{M_{LL}}{M_{DL} + M_{LL}} (\Delta i)_{DL+LL} \\ &= \frac{322,81 \text{ kgm}}{291,2 \text{ kgm} + 322,81 \text{ kgm}} 2,236 \text{ mm} \\ &= 1,176 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.5.2.5 untuk durasi lebih dari 5 tahun digunakan $\xi = 2$

$$\lambda = \frac{\xi}{1 + 1,5\rho} = \frac{2}{1 + 1,5 \times 0,00402} = 1,665$$

Lendutan yang terjadi:

$$\begin{aligned} \Delta_{LT} &= (\Delta i)_{LL} + \lambda [(\Delta i)_{DL} + 0,2(\Delta i)_{LL}] \\ &= 1,176 \text{ mm} + 1,665 [1,06 \text{ mm} + 0,2(1,176 \text{ mm})] \\ &= 3,33 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 tabel 9.5 (b) batasan lendutan untuk pelat lantai adalah $\frac{l}{240}$

$$\Delta_{ijin} = \frac{l}{240} = \frac{3600}{240} = 15 \text{ mm}$$

$$\Delta_{LT} \leq \Delta_{ijin}$$

$3,33 \text{ mm} < 15 \text{ mm} \rightarrow$ Memenuhi

Berikut rekapitulasi lendutan yang terjadi pada masing-masing pelat:

Tabel 4. 9 Rekapitulasi Lendutan yang Terjadi

Tipe Pelat	Δ ijin	ΔLT
	(mm)	(mm)
A	15	3,33
B	15	2,71
C	19,58	6,52
D	15	1,81
E	20,83	5,78
F	15	3,41

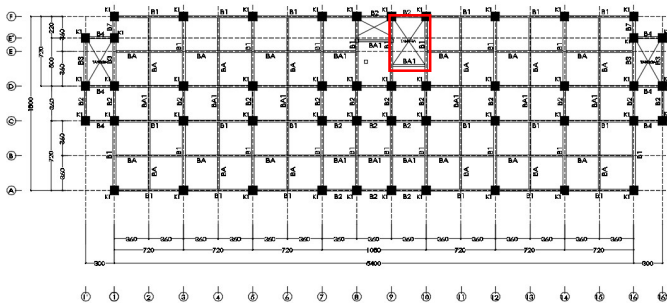
Berikut merupakan tabel rekapitulasi penulangan pelat:

Tabel 4. 10 Rekapitulasi Penulangan Pelat

Tipe Pelat	Penulangan Tumpuan		Penulangan Lapangan		Penulangan Susut	
	X	Y	X	Y	X	Y
A	D13-200	D13-200	D13-200	D13-200	D10-200	D10-200
B	D13-200	D13-200	D13-200	D13-200	D10-200	D10-200
C	D13-200	D13-150	D13-200	D13-150	D10-200	D10-150
D	D13-200	D13-200	D13-200	D13-200	D10-200	D10-200
E	D13-200	D13-100	D13-200	D13-100	D10-200	D10-200
F	D13-200	-	D13-200	-	D10-100	D10-100

4.3.2 Desain Struktur Tangga

Berikut merupakan letak tangga tipe 1 yang akan didesain:



Gambar 4. 13 Denah Tangga yang Ditinjau

4.3.2.1 Data Perencanaan

Data –data perencanaan yang akan dibutuhkan dalam perhitungan tangga adalah sebagai berikut :

- Tinggi antar lantai = 4 m
- Tinggi bordes = 2 m
- Lebar tangga = 1,4 m
- Panjang Bordes = 3,6 m
- Panjang Tangga = 3,6 m
- Lebar injakan (i) = 0,3 m
- Tanjakan (t) = 0,167 m
- Tebal pelat tangga = 0,15 m
- Tebal pelat bordes = 0,15 m
- Jumlah tanjakan =

$$- n.t = \frac{2}{0,167} = 11,976 \approx 12 \text{ buah}$$

$$- n.i = n.t-1 = 12-1 = 11 \text{ buah (tanpa pelat bordes)}$$

Syarat desain tangga:

1. $60 \leq 2t+i \leq 65$
 $60 \leq 2 \times 16,7 \text{ cm} + 30 \text{ cm} \leq 65$
 $60 \leq 63,4 \leq 65 \rightarrow \text{Memenuhi}$

$$2. \alpha = \tan^{-1} \left(\frac{\text{tinggi bordes}}{\text{panjang tangga}} \right)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{2}{3,6} \right)$$

$$\alpha = 29,055^\circ$$

$$25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$$

$$25^\circ \leq 29,055^\circ \leq 40^\circ \rightarrow \text{Memenuhi}$$

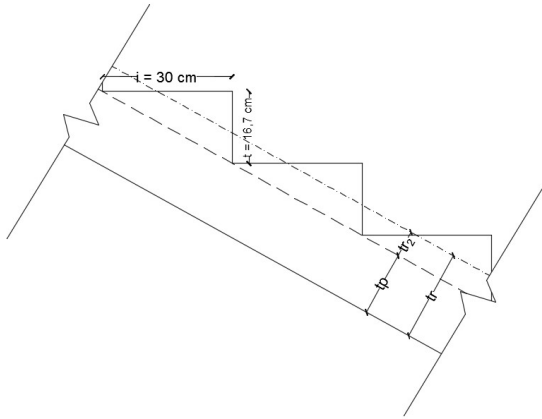
Tebal pelat anak tangga rata-rata (tr_2):

$$tr_2 = \left(\frac{i}{2} \right) \times \sin \alpha = \left(\frac{0,3}{2} \right) \times \sin 29,055^\circ = 0,073 \text{ m}$$

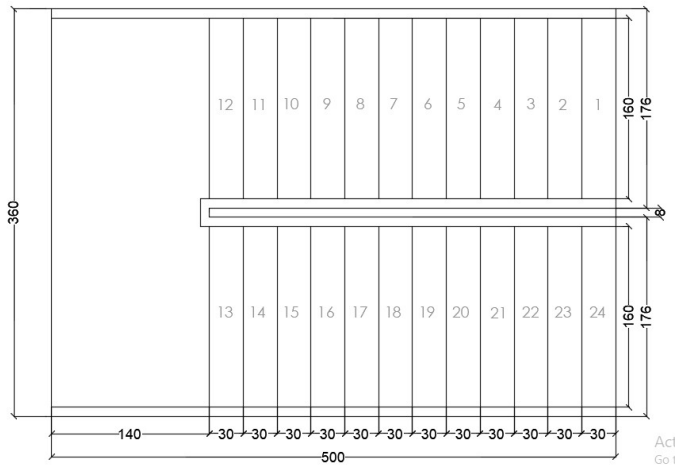
Tebal pelat rata-rata (tr):

$$tr = tr_2 + tp = 0,073 \text{ m} + 0,15 \text{ m} = 0,223 \text{ m}$$

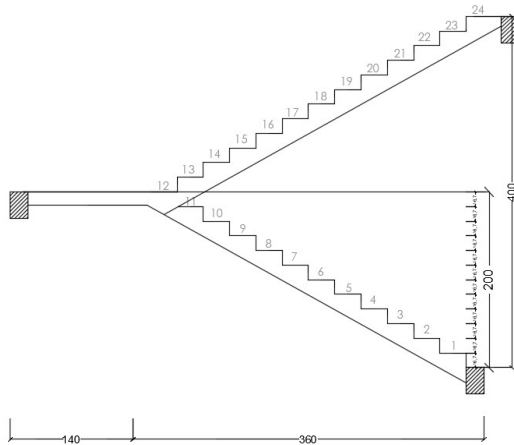
Desain tangga dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4. 14 Ilustrasi Tebal Pelat Tangga



Gambar 4. 15 Desain Tangga Tampak Atas



Gambar 4. 16 Desain Tangga Tampak Samping

4.3.2.2 Pembebanan Pelat Tangga dan Bordes

Pembebanan Tangga

1. Beban Mati

$$\text{Berat sendiri} = \frac{0,223 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3}{\cos 29,055^\circ} = 612,357 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Railing} = 20 \text{ kg/m}^2 = 20 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Keramik Tanjakan} = 22 \text{ kg/m}^2 = 22 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Keramik Injakan} = 22 \text{ kg/m}^2 = 22 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi Tanjakan} = 2 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi Injakan} = 2 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total beban mati} = 760,357 \text{ kg/m}^2$$

2. Beban Hidup = 479 kg/m² (SNI 1727-2013 Tabel 4-1)

3. Beban Ultimate

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2D + 1,6L \\ &= 1,2(760,357) + 1,6(479) \\ &= 1678,828 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Pembebanan Pelat Bordes

1. Beban Mati

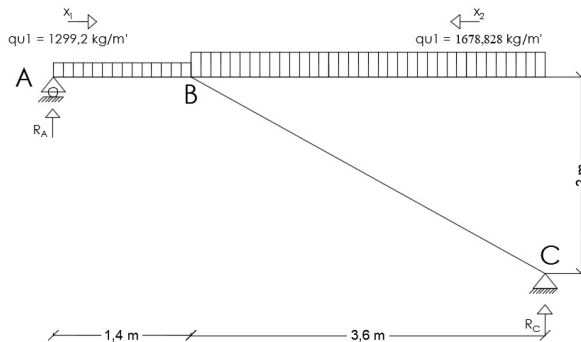
$$\text{Berat sendiri} = 0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 360 \text{ kg/m}^2$$

- | | | |
|------------------|----------------------------|-------------------------|
| Railing | = 20 kg/m ² | = 20 kg/m ² |
| Keramik | = 22 kg/m ² | = 22 kg/m ² |
| Spesi | = 2 x 21 kg/m ² | = 42 kg/m ² |
| Total beban mati | | = 444 kg/m ² |
2. Beban Hidup = 479 kg/m² (SNI 1727-2013 Tabel 4-1)
 3. Beban Ultimate

Qu	= 1,2D + 1,6L
	= 1,2(444) + 1,6(479) + 0,5(0)
	= 1299,2 kg/m ²

4.3.2.3 Analisis Struktur

Analisis struktur pada tangga menggunakan perhitungan statis tertentu dengan perletakan berupa sendi-rol, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4. 17 Pembebanan Struktur Tangga

Analisis Gaya Dalam

- Reaksi Perletakan

$$\sum MA = 0$$

$$-R_c \times 5 \text{ m} + \left[1678,828 \frac{\text{kg}}{\text{m}^1} \times 3,6 \text{ m} \times \left(\frac{3,6 \text{ m}}{2} + 1,4 \text{ m} \right) \right] +$$

$$1299,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^1} \times \frac{(1,4 \text{ m})^2}{2} = 0$$

$$R_c = \frac{20613,319 \text{ kgm}}{5 \text{ m}} = 4122,66 \text{ kg}$$

$$\sum MC = 0$$

$$R_A \times 5 \text{ m} - \left[1678,828 \frac{\text{kg}}{\text{m}^1} \times 3,6 \text{ m} \times \left(\frac{3,6 \text{ m}}{2} \right) \right] -$$

$$1299,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^1} \times 1,4 \text{ m} \times \left(\frac{1,4 \text{ m}}{2} + 3,6 \text{ m} \right) = 0$$

$$R_A = \frac{18699,992 \text{ kgm}}{5 \text{ m}} = 3739,998 \text{ kg}$$

$$\sum V = 0$$

$$4122,66 \text{ kg} + 3739,998 \text{ kg} - \left(1678,828 \frac{\text{kg}}{\text{m}^1} \times 3,6 \text{ m} \right) -$$

$$\left(1299,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^1} \times 3,6 \text{ m} \right) = 0$$

- Perhitungan Gaya Lintang

Potongan X1

$$D_{X1} = R_A - q_1 \times X1 = 3739,998 \text{ kg} - 11299,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^1} X1$$

$$\text{Untuk } X1 = 0 \text{ m} \rightarrow 3739,998 \text{ kg} - 11299,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^1} (0) \rightarrow D_A = 3740 \text{ kg}$$

$$\text{Untuk } X1 = 1,4 \text{ m} \rightarrow 3739,998 \text{ kg} - 11299,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^1} (1,4 \text{ m}) \rightarrow D_B = 1921,12 \text{ kg}$$

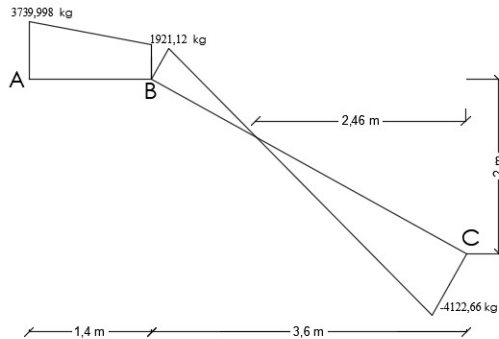
Potongan X2

$$D_{X1} = -R_C + q_2 \times X2 = -4122,66 \text{ kg} + 1678,828 \frac{\text{kg}}{\text{m}^1} X2$$

$$\text{Untuk } X2 = 0 \text{ m} \rightarrow -4122,66 \text{ kg} + 1678,828 \frac{\text{kg}}{\text{m}^1} (0) \rightarrow D_C = -4122,66 \text{ kg}$$

$$\text{Untuk } X2 = 3,6 \text{ m} \rightarrow -4122,66 \text{ kg} + 11299,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^1} (3,6 \text{ m}) \rightarrow D_B = 1921,12 \text{ kg}$$

Gambar gaya lintang pada struktur tangga ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4. 18 Gaya Lintang pada Tangga dan Bordes

- Perhitungan Momen

Potongan X1

$$M_{x1} = R_A \times X1 - \left(\frac{q1 X1^2}{2} \right) = 3739,998 X1 - \left(\frac{1299,2 X1^2}{2} \right)$$

$$\text{Untuk } X1 = 0 \text{ m} \rightarrow M_A = 3739,998 (0) - \left(\frac{1299,2 \cdot 0^2}{2} \right) = 0 \text{ kgm}$$

$$\text{Untuk } X1 = 1,4 \text{ m} \rightarrow M_B = 3739,998 (1,4 \text{ m}) - \left(\frac{1299,2 \cdot 1,4^2}{2} \right) = 3962,78 \text{ kgm}$$

Potongan X2

$$M_{x2} = R_C \times X2 - \left(\frac{q2 X2^2}{2} \right) = 4122,66 X2 - \left(\frac{1678,828 X2^2}{2} \right)$$

$$\text{Untuk } X2 = 0 \text{ m} \rightarrow M_C = 4122,66 (0) - \left(\frac{1678,828 \cdot 0^2}{2} \right) = 0 \text{ kgm}$$

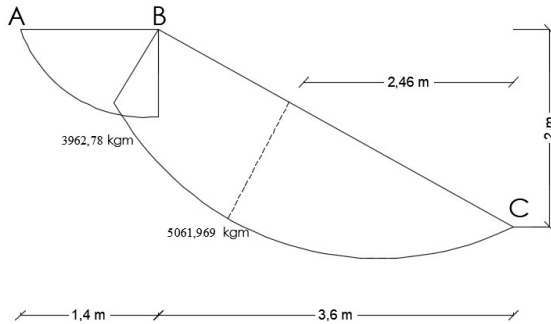
$$\text{Untuk } X2 = 3,6 \text{ m} \rightarrow M_B = 4122,66 (3,6 \text{ m}) - \left(\frac{1678,828 \cdot 3,6^2}{2} \right) = 3962,78 \text{ kgm}$$

Momen Maksimum pada Tangga

$$X = 2,46 \text{ m}$$

$$M_{\max} = R_c \times X - \left(\frac{q2 X^2}{2} \right) = 3945,717 \times 2,46 \text{ m} - \left(\frac{1678,828 \cdot 2,46^2}{2} \right) = 5061,969 \text{ kgm}$$

Ilustrasi momen pada tangga ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4. 19 Momen pada Tangga

4.3.2.4 Perhitungan Penulangan Pelat Tangga

Data Perencanaan :

- Mutu beton (f'_c) = 30 Mpa
- Tebal pelat = 150 mm
- Selimut beton = 20 mm
- Kuat tarik tulangan = 280 Mpa
- Diameter tul. Lentur = 16 mm
- Mu = 5061,969 kgm = 50619690 Nmm
- $dx = t \text{ pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} D = 150 - 20 - (\frac{1}{2} 16) = 122 \text{ mm}$

Menentukan ρ_{perlu} :

$$\beta = 0,85 - 0,05 \times \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

$$\beta = 0,85 - 0,05 \times \frac{(30 - 28)}{7}$$

$$\beta = 0,836$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 0,836 \times 30}{280} \times \frac{600}{(600 + 280)}$$

$$= 0,0519$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \times 0,0519$$

$$= 0,0389$$

$$\begin{aligned}
 Mu &= 4859,052 \text{ kgm} = 48590520 \text{ Nmm} \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{280}{0,85 \times 30} = 10,98 \\
 R_n &= \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{50619690}{0,9 \times 1000 \times 122^2} = 3,77 \text{ N/mm} \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{10,98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(10,98) \times 3,77}{280}} \right) \\
 &= 0,0147
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$0,002 < 0,0147 < 0,0389$ sehingga digunakan ρ_{perlu}

Luas Tulangan yang Dibutuhkan:

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\
 &= 0,0147 \times 1000 \times 122 \\
 &= 1790,81 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak antar Tulangan :

$$A_{S_{\text{tul}}} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak} = \frac{1000}{\frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S_{\text{tul}}}}} = \frac{1000}{\frac{1790,81}{200,96}} = 112,217 \text{ mm} \rightarrow \text{dipakai } 100 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan D16-100 mm

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{1000}{\text{jarak}} \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\
 &= \frac{1000}{100} \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\
 &= 2009,6 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak antar Tulangan

$$S_{\text{max}} \leq 2h$$

$$100 \leq 2 \times 150 = 300 \text{ mm (Memenuhi)}$$

Jadi, dipakai tulangan **D 16 – 100**

Penulangan Bagi :

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,002$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 122$$

$$= 244 \text{ mm}^2$$

Jarak antar Tulangan :

$$A_{S_{tul}} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 = 50,24 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak} = \frac{1000}{\frac{A_{S_{perlu}}}{A_{S_{tul}}}} = \frac{1000}{\frac{244}{50,24}} = 205,901 \text{ mm} \rightarrow \text{dipakai } 200 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan D10-200 mm

$$A_{S_{pakai}} = \frac{1000}{\text{jarak}} \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1000}{200} \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$$

$$= 392,5 \text{ mm}^2 > A_{S_{perlu}} \text{ (Memenuhi)}$$

Jadi, dipakai tulangan **D10 – 200**

4.3.2.5 Perhitungan Penulangan Pelat Bordes

Data Perencanaan :

- Mutu beton (f'_c) = 30 Mpa
- Tebal pelat = 150 mm
- Selimut beton = 20 mm
- Kuat tarik tulangan = 280 Mpa
- Diameter tul. Lentur = 16 mm
- Mu = 3962,78 kgm = 39627800 Nmm
- dx = t pelat – decking - $\frac{1}{2} D = 150 - 20 - (\frac{1}{2} 16) = 122 \text{ mm}$

Menentukan ρ_{perlu} :

$$\beta = 0,85 - 0,05 \times \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

$$\beta = 0,85 - 0,05 \times \frac{(30 - 28)}{7}$$

$$\beta = 0,836$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 0,836 \times 3}{280} \times \frac{600}{(600 + 2)}$$

$$= 0,0519$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance}$$

$$= 0,75 \times 0,0519$$

$$= 0,0389$$

$$Mu = 3962,78 \text{ kgm} = 39627800 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{280}{0,85 \times 30} = 10,98$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{39627800}{0,9 \times 1000 \times 122^2} = 2,958 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{10,98} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(10,98) \times 2,958}{280}} \right)$$

$$= 0,0113$$

Syarat :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,002 < 0,0113 < 0,0389 \text{ sehingga digunakan } \rho_{\text{perlu}}$$

Luas Tulangan yang Dibutuhkan:

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$= 0,0113 \times 1000 \times 122$$

$$= 1373,907 \text{ mm}^2$$

Jarak antar Tulangan :

$$A_{S_{\text{tul}}} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak} = \frac{1000}{\frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S_{\text{tul}}}}} = \frac{1000}{\frac{1373,907}{200,96}} = 146,269 \text{ mm} \rightarrow \text{dipakai } 100 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan D16-100 mm

$$A_{S_{\text{pakai}}} = \frac{1000}{\text{jarak}} \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1000}{100} \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2$$

$$= 2009,6 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} = 1373,907 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Jarak antar Tulangan

$$S_{\text{max}} \leq 2h$$

$$150 \leq 2 \times 150 = 300 \text{ mm (Memenuhi)}$$

Jadi, dipakai tulangan **D 16 – 100**

Penulangan Bagi :

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,002$$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,002 \times 1000 \times 122 \\ &= 244 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak antar Tulangan :

$$A_{S_{\text{tul}}} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak} = \frac{1000}{\frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S_{\text{tul}}}}} = \frac{1000}{\frac{244}{78,5}} = 321,72 \text{ mm} \rightarrow \text{dipakai } 200 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan D10-200 mm

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{pakai}}} &= \frac{1000}{\text{jarak}} \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1000}{200} \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 \\ &= 392,5 \text{ mm}^2 > A_{S_{\text{perlu}}} \text{ (Memenuhi)} \end{aligned}$$

Jadi, dipakai tulangan **D10 – 200**

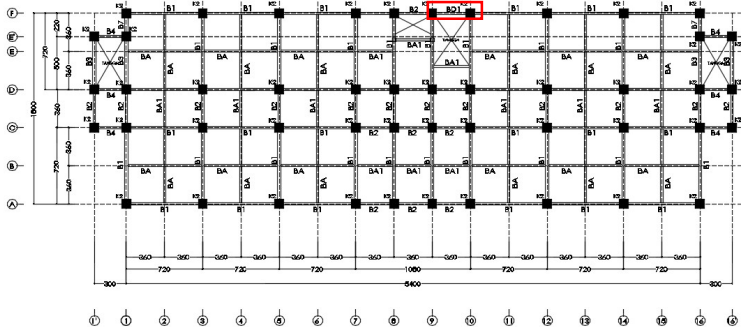
Berikut merupakan rekapitulasi penulangan pelat tangga dan bordes :

Tabel 4. 11 Rekapitulasi Penulangan Pelat Tangga dan Bordes

Jenis Tangga	Jenis Pelat	Penulangan Lentur	Penulangan Susut
T1	Tangga	D 16 - 100	D 10 - 200
	Bordes	D 16 - 100	D 10 - 200
T2	Tangga	D 16 - 100	D 10 - 200
	Bordes	D 16 - 100	D 10 - 200

4.3.3 Desain Struktur Balok Bordes

Berikut letak balok bordes tipe 1 yang akan direncanakan :



Gambar 4. 20 Denah Balok Bordes Tipe 1

4.3.3.1 Data Perencanaan

Data perencanaan yang dibutuhkan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

- Dimensi Balok Bordes = 250/350
- Mutu Beton ($f'c$) = 30 Mpa
- Selimut beton = 40 mm
- Diameter tul. Lentur = 16 mm
- Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa
- Diameter tul. Geser = 10 mm
- Mutu Baja (f_y) = 280 Mpa

4.3.3.2 Pembebanan

Berdasarkan analisis gaya dalam pada tangga di dapat reaksi di titik A sebesar:

$$R_A = \frac{37,40 \text{ kN}}{3,6 \text{ m}} = 10,389 \text{ kN/m}$$

Beban Mati

Berat Sendiri Balok	= 0,25 x 0,35 x 2400	= 210 kg/m
Dinding	= 2 x 100,4	= 200,08 kg/m
Total		= 410,08 kg/m
		= 4,1008 kN/m

$$q_d = 1,2 q_{d1} + R_A = (1,2 \times 4,1008 \text{ kN/m}) + 10,389 \text{ kN/m} \\ = 15,309 \text{ kN/m}$$

Perhitungan Tulangan Lentur

Tinggi Manfaat Rencana

$$d = h - \text{decking} - \text{sengkang} - \frac{1}{2} D \\ = 300 - 40 - 10 - \left(\frac{1}{2} 16\right) = 292 \text{ mm}$$

$$d' = \text{decking} + \text{sengkang} + \frac{1}{2} D \\ = 40 + 10 + \frac{1}{2} 10 = 58 \text{ mm}$$

Rasio Tulangan

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033 \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\beta = 0,85 - 0,05 \times \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

$$\beta = 0,85 - 0,05 \times \frac{(30 - 28)}{7}$$

$$\beta = 0,836$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ = \frac{0,85 \times 0,836 \times 30}{420} \times \frac{600}{(600 + 420)} \\ = 0,0298$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ = 0,75 \times 0,0298 \\ = 0,0224$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,470$$

4.3.3.3 Penulangan Balok Bordes

Berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 8.3.3 dimana momen pada balok bordes diasumsikan sebagai momen negatif.

$$M_u = \frac{1}{11} q_d \times l^2 = \frac{1}{11} \times 15,309 \text{ kN/m} \times 3,6 \text{ m}^2 = 17,712 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{17,712 \text{ kNm}}{0,9} = 20,042 \text{ kNm} = 20042000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b x d^2} = \frac{20042000 \text{ Nmm}}{250 x 292^2} = 0,940 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m x Rn}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{16,470} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(16,470) x 0,940}{420}} \right)$$

$$= 0,00228$$

Syarat :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

0,0033 > 0,00224 < 0,0224 sehingga digunakan ρ_{min}

Direncanakan D16

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho x b x d$$

$$= 0,0033 x 250 x 292$$

$$= 243,33 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{S_{\text{tarik}}}}{\frac{1}{4} x \pi x d^2} = \frac{243,33}{\frac{1}{4} x \pi x 16^2} = 1,21 \approx 2 \text{ buah}$$

Sehingga dipasang tulangan 2 D-16 untuk tulangan tarik

$$A_{S_{\text{tarik}}} = n x \frac{1}{4} x \pi x d^2 = 2 x \frac{1}{4} x \pi x 16^2 = 401,92 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{tekan}}} = 0,5 x A_{S_{\text{tarik}}} = 0,5 x 401,92 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{S_{\text{tekan}}}}{\frac{1}{4} x \pi x d^2} = \frac{200,96}{\frac{1}{4} x \pi x 16^2} = 1,0 \approx 2 \text{ buah}$$

Sehingga dipasang tulangan 2 D-16 untuk tulangan tekan.

Kontrol Jarak antar Tulangan

$$s = \frac{bw - (2x \text{ decking}) - (2x \text{ sengkang}) - (n x D \text{ lentur})}{n-1}$$

$$= \frac{250 - (2x 40) - (2x 10) - (2x 16)}{2-1} = 118 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

Kontrol kemampuan tulangan akibat terpasang tulangan tunggal (akibat tulangan tarik):

$$a = \frac{A_{S_{\text{pasang}}} x f_y}{0,85 x f'_c x bw} = \frac{401,92 x 420}{0,85 x 30 x 250} = 26,479 \text{ mm}$$

$$Mn = A_s x f_y x \left(d - \frac{a}{2} \right) = 401,92 x 420 x \left(292 - \frac{26,479}{2} \right)$$

$$= 47056519,73 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \text{Mn Kapasitas} &> \text{Mn yang terjadi} \\ 47056519,73 \text{ Nmm} &> 20042000 \text{ Nmm} \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

Penulangan Geser

Direncanakan tulangan geser 2 kaki D 10 ($A_s = 157 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times l = \frac{1}{2} \times 15,309 \text{ kN/m} \times 3,6 \text{ m} \\ &= 27,56 \text{ kN} = 27560 \text{ N} \end{aligned}$$

Sumbangan kekuatan geser :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \sqrt{f'c} \times b_w \times d = 0,17 \times \sqrt{30} \times 250 \times 292 \\ &= 67972,36 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 67972,36 \text{ N} = 50979,27 \text{ N}$$

$$0,5\emptyset V_c = 0,5 \times 50979,27 \text{ N} = 25489,639 \text{ N}$$

$$V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times 250 \times 292 = 24333,33 \text{ N}$$

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ min}) = 0,75 (67972,36 + 24333,33) = 69229,27 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \emptyset (V_c + \frac{1}{3} \times b_w \times d \times \sqrt{f'c}) &= 0,75 (67972,36 + 24333,33 \times \sqrt{30}) \\ &= 150938,64 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s \text{ max} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f'c} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 250 \times 292 \\ &= 133279,156 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ max}) = 0,75 (67972,36 + 133279,156) = 150938,64 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \emptyset (V_c + 2V_s \text{ max}) &= 0,75 (67972,36 + 2 \times 133279,156) \\ &= 250898,01 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Kondisi Perencanaan Geser

(SNI 2847-2013 pasal 11.1)

Kondisi 1

$$\begin{aligned} V_u &\leq 0,5\emptyset V_c \quad (\text{Tidak perlu tulangan geser}) \\ 27560 \text{ N} &> 25489,639 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak Memenuhi} \end{aligned}$$

Kondisi 2

$$\begin{aligned} 0,5\emptyset V_c &\leq V_u \leq \emptyset V_c \quad (\text{Tulangan geser minimum}) \\ 25489,639 \text{ N} &< 27560 \text{ N} < 50979,27 \text{ N} \rightarrow \text{Memenuhi} \end{aligned}$$

Kondisi 3

$\emptyset V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ min})$ (Perlu penulangan geser)

$50979,27 \text{ N} > 27560 \text{ N} < 69229,27 \text{ N} \rightarrow$ Tidak Memenuhi

Kondisi 4

$(V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ max})$ (Perlu tulangan geser)

$69229,27 \text{ N} > 27560 \text{ N} < 150938,64 \text{ N} \rightarrow$ Tidak memenuhi

Kondisi 5

$\emptyset (V_c + V_s \text{ max}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2V_s \text{ max})$ (Perlu tulangan geser)

$150938,64 \text{ N} > 27560 \text{ N} > 250898,01 \text{ N} \rightarrow$ Tidak Memenuhi

Sehingga dipasang tulangan sengkang minimum

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 157 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \times 3 \times f_y}{b \times w} = \frac{157 \times 3 \times 280}{250} = 527,52 \text{ mm}$$

Syarat :

$$s \text{ maks} \leq \frac{d}{2} = \frac{292}{2} = 146 \text{ mm}$$

$$s \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang D 10 -100

Gaya Geser perlawanan sengkang

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{157 \times 280 \times 292}{100} = 128363,2 \text{ N}$$

$$\emptyset V_s = 0,75 \times 128363,2 \text{ N} = 89854,24 \text{ N}$$

$$\emptyset V_s + \emptyset V_c = 89854,24 \text{ N} + 50979,27 \text{ N}$$

$$= 140833,517 \text{ N} > V_u = 27560 \text{ N} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Jadi dipasang sengkang D 10 -100

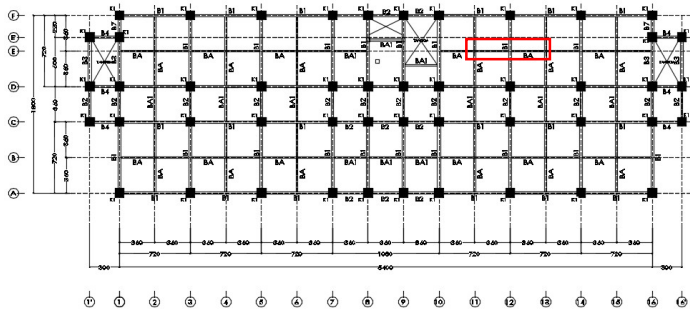
Berikut ini merupakan rekapitulasi penulangan balok bordes:

Tabel 4. 12 Rekapitulasi Penulangan Balok Bordes

Jenis Tangga	Jenis Balok		Penulangan Lentur	Penulangan Susut
T1	Bordes 1	Tekan	2 D - 16	D 10 - 100
		Tarik	2 D - 16	D 10 - 100
T2	Bordes 2	Tekan	3 D - 16	D 10 - 250
		Tarik	2 D - 16	D 10 - 250

4.3.4 Desain Stuktur Balok Anak BA

Berikut merupakan letak balok anak yang akan didesain:



Gambar 4. 21 Denah Balok Anak BA yang Ditinjau

4.3.4.1 Data Perencanaan

Data perencanaan yang dibutuhkan dalam perhitungan adalah sebagai berikut:

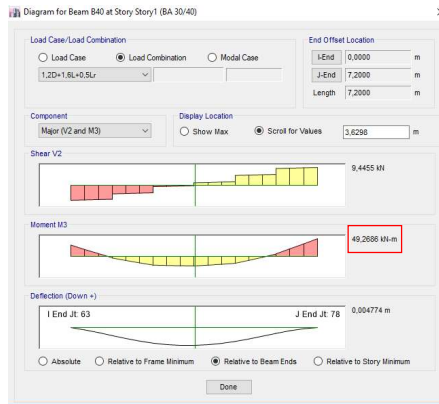
- Tipe balok anak = BA
- Dimensi Balok = 300/400
- Bentang Balok = 7200 mm
- Mutu Beton ($f'c$) = 30 Mpa
- Selimut beton = 40 mm
- Diameter tul. Lentur = 16 mm
- Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa
- Diameter tul. Lentur = 10 mm
- Mutu Baja (f_y) = 280 Mpa

4.3.4.2 Analisa Gaya Dalam

Berikut output gaya dalam balok anak dari program bantu ETABS dengan kombinasi pembebanan $1,2D+1,6L+0,5Lr$:



Gambar 4. 22 Nilai Momen Tumpuan dan Gaya Geser Balok Anak



Gambar 4. 23 Nilai Momen Lapangan Balok Anak

4.3.4.3 Penulangan Balok Anak

Perhitungan Tulangan Lentur

Tinggi Manfaat Rencana

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \text{sengkang} - \frac{1}{2} D \\
 &= 450 - 40 - 10 - \left(\frac{1}{2} 16\right) = 342 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{decking} + \text{senggang} + \frac{1}{2} D \\
 &= 40 + 10 + \frac{1}{2} 16 = 58 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Rasio Tulangan

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033 \text{ (SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)}$$

$$\beta = 0,85 - 0,05 x \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

$$\beta = 0,85 - 0,05 x \frac{(30 - 28)}{7}$$

$$\beta = 0,836$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 x \beta_1 x f'_c}{f_y} x \frac{600}{600 + f_y} \\
 &= \frac{0,85 x 0,836 x 30}{420} x \frac{600}{(600 + 420)} \\
 &= 0,0298
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 x \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0,75 x 0,0298 \\
 &= 0,0224
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 x f'_c} = \frac{420}{0,85 x 30} = 16,470$$

Perhitungan Daerah Tumpuan

$$Mu = 93,5 \text{ kN} = 93500000 \text{ Nmm (Output ETABS)}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,9} = \frac{93500000}{0,9} = 103888888,9 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b x d^2} = \frac{103888888,9 \text{ Nmm}}{300 x 342^2} = 2,96 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m x R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,470} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(16,470)x2,96}{420}} \right) \\
 &= 0,0075
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0033 < 0,0075 < 0,0224 \text{ sehingga digunakan } \rho_{\text{perlu}}$$

Direncanakan D16

$$\begin{aligned} A_{Sperlu} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0075 \times 300 \times 342 \\ &= 770,97 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_{Starik}}{\frac{1}{4}x\pi \times d^2} = \frac{770,97}{\frac{1}{4}x\pi \times 16^2} = 3,83 \approx 4 \text{ buah}$$

Sehingga dipasang tulangan 4 D-16 untuk tulangan tarik

$$A_{Starik} = n \times \frac{1}{4}x\pi \times d^2 = 4 \times \frac{1}{4}x\pi \times 16^2 = 803,84 \text{ mm}^2$$

$$A_{Stekan} = 0,5 \times A_{Starik} = 0,5 \times 803,84 = 401,92 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{Stekan}}{\frac{1}{4}x\pi \times d^2} = \frac{401,92}{\frac{1}{4}x\pi \times 16^2} = 2,0 \approx 2 \text{ buah}$$

Sehingga dipasang tulangan 2 D-16 untuk tulangan tekan

Kontrol Jarak antar Tulangan

$$\begin{aligned} s &= \frac{bw - (2x \text{ decking}) - (2x \text{ sengkang}) - (n \times D \text{ lentur})}{n-1} \\ &= \frac{300 - (2x 40) - (2x 10) - (4x 16)}{4-1} = 45,33 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

Kontrol kemampuan tulangan akibat terpasang tulangan tunggal (akibat tulangan tarik):

$$a = \frac{A_{spasang} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times bw} = \frac{803,84 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 44,13 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 803,84 \times 420 \times \left(342 - \frac{44,13}{2} \right) \\ &= 108013747,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Kontrol :

Mn Kapasitas > Mn yang terjadi

108013747,4 Nmm > 103888888,9 Nmm \rightarrow Ok

Jadi dipasang tulangan lentur pada daerah tumpuan 4D16 dan 2D16.

Perhitungan Daerah Lapangan

Perhitungan momen daerah lapangan sesuai perletakan.

$$M_u = 49,27 \text{ kN} = 49270000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{Mu}{0,9} = \frac{49270000}{0,9} = 54744444,4 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{54744444,4 \text{ Nmm}}{300 \times 342^2} = 1,56 \text{ N/mm} \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,470} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(16,470) \times 1,56}{420}} \right) \\
 &= 0,00384
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$$0,0033 < 0,00384 < 0,0224 \text{ sehingga digunakan } \rho_{\text{perlu}}$$

Direncanakan D16

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00384 \times 300 \times 342 \\
 &= 393,554 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_{S_{\text{tarik}}}}{\frac{1}{4} \pi x d^2} = \frac{393,554}{\frac{1}{4} \pi x 16^2} = 1,95 \approx 2 \text{ buah}$$

Sehingga dipasang tulangan 2 D-16 untuk tulangan tarik

$$A_{S_{\text{tarik}}} = n \times \frac{1}{4} \pi x d^2 = 2 \times \frac{1}{4} \pi x 16^2 = 401,92 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{tekan}}} = 0,5 \times A_{S_{\text{tarik}}} = 0,5 \times 401,92 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{S_{\text{tekan}}}}{\frac{1}{4} \pi x d^2} = \frac{200,96}{\frac{1}{4} \pi x 16^2} = 1,0 \approx 2 \text{ buah}$$

Sehingga dipasang tulangan 2 D-16 untuk tulangan tekan

Kontrol Jarak antar Tulangan

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{bw - (2x \text{ decking}) - (2x \text{ sengkang}) - (n \times D \text{ lentur})}{n-1} \\
 &= \frac{300 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (4 \times 16)}{2-1} = 168 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}
 \end{aligned}$$

Kontrol kemampuan tulangan akibat terpasang tulangan tunggal (akibat tulangan tarik):

$$a = \frac{A_{S_{\text{pasang}}} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b \times bw} = \frac{401,92 \times 420}{0,85 \times 30 \times 300} = 22,07 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 401,92 \times 420 \times \left(342 - \frac{22,07}{2} \right)$$

$$= 55869331,24 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

Mn Kapasitas > Mn yang terjadi

$$55869331,24 \text{ Nmm} > 54744444,4 \text{ Nmm} \rightarrow \text{Ok}$$

Jadi dipasang tulangan lentur pada daerah lapangan 2D16 dan 2D16.

Penulangan Geser

Direncanakan tulangan geser 2 kaki $\emptyset = 10$ ($A_s = 157 \text{ mm}^2$)

$$V_u = 68,49 \text{ kN} = 68490 \text{ N (output ETABS)}$$

Sumbangan kekuatan geser :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \sqrt{f'c} \times b_w \times d = 0,17 \times \sqrt{30} \times 300 \times 342 \\ &= 95533,77 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 95533,77 \text{ N} = 71650,32 \text{ N}$$

$$0,5\emptyset V_c = 0,5 \times 71650,32 \text{ N} = 35825,16 \text{ N}$$

$$V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times 300 \times 342 = 34200 \text{ N}$$

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ min}) = 0,75 (71650,32 \text{ N} + 34200 \text{ N}) = 97300,32 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \emptyset (V_c + \frac{1}{3} \times b_w \times d \times \sqrt{f'c}) &= 0,75 (71650,32 + 34200 \times \sqrt{30}) \\ &= 212141,16 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s \text{ max} &= \frac{1}{3} \times \sqrt{f'c} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 300 \times 342 \\ &= 219089,02 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ max}) = 0,75 (71650,32 + 219089,02) = 235967,09 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \emptyset (V_c + 2V_s \text{ max}) &= 0,75 (71650,32 + 2 \times 219089,02) \\ &= 400283,86 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Kondisi Perencanaan Geser

(SNI 2847:2013 pasal 11.1)

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5\emptyset V_c \quad (\text{Tidak perlu tulangan geser})$$

$$68490 \text{ N} > 35825,16 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

Kondisi 2

$$0,5\phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c \text{ (Tulangan geser minimum)}$$

$$35825,16 \text{ N} < 68490 \text{ N} < 71650,32 \text{ N} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Kondisi 3

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_s \text{ min}) \text{ (Perlu penulangan geser)}$$

$$71650,32 \text{ N} > 68490 \text{ N} < 97300,32 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

Kondisi 4

$$(V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_s \text{ max}) \text{ (Perlu tulangan geser)}$$

$$97300,32 \text{ N} > 68490 \text{ N} < 235967,09 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

Kondisi 5

$$\phi (V_c + V_s \text{ max}) \leq V_u \leq \phi (V_c + 2V_s \text{ max}) \text{ (Perlu tulangan geser)}$$

$$235967,09 \text{ N} > 68490 \text{ N} < 400283,86 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

Sehingga dipasang tulangan geser minimum

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 157 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v \times 3 \times f_y}{b_w} = \frac{157 \times 3 \times 280}{300} = 439,6 \text{ mm}$$

Syarat :

$$s \text{ maks} \leq \frac{d}{2} = \frac{342}{2} = 171 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang D10 -150

Gaya Geser perlawanan sengkang

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{157 \times 280 \times 342}{150} = 100228 \text{ N}$$

$$\phi V_s = 0,75 \times 100228 \text{ N} = 70160,16 \text{ N}$$

$$\phi V_s + \phi V_c = 70160,16 \text{ N} + 71650,32 \text{ N}$$

$$= 141810,48 \text{ N} > V_u = 68490 \text{ N} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Jadi dipasang sengkang D 10 -150

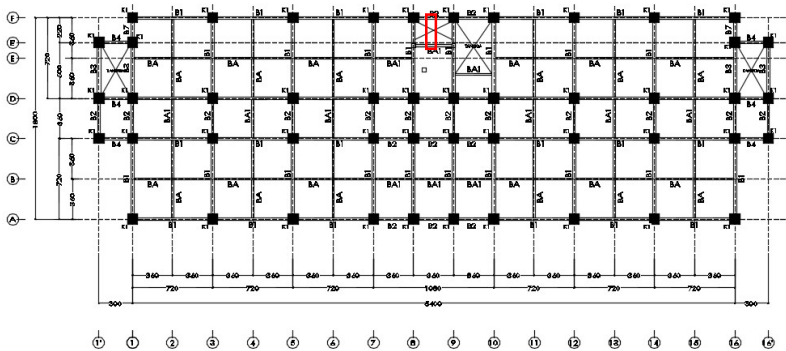
Berikut rekapitulasi penulangan balok anak:

Tabel 4. 13 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak

Jenis Balok	Penulangan lentur				Penulangan Geser
	Tumpuan		Lapangan		
	Atas	Bawah	Atas	Bawah	
BA	4D16	2D16	2D16	2D16	D 10-150
BA1	2D16	2D16	2D16	2D16	D 10-100

4.3.5 Desain Struktur Balok Lift

Berikut merupakan letak balok lift yang akan didesain:



Gambar 4. 24 Denah Balok Lift yang Ditinjau

4.3.5.1 Data Perencanaan

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 350x250x9x14 dengan BJ 41, dengan data-data sebagai berikut:

$$\begin{array}{lll}
 W = 79,7 \text{ kg/m} & r = 20 \text{ mm} & S_x = 1280 \text{ cm}^3 \\
 A = 101,5 \text{ cm}^2 & Z_x = 1360 \text{ cm}^3 & S_y = 292 \text{ cm}^3 \\
 d = 340 \text{ mm} & i_x = 14,6 \text{ cm} & f_y = 250 \text{ Mpa} \\
 b_f = 250 \text{ mm} & i_y = 6 \text{ cm} & f_u = 410 \text{ Mpa} \\
 t_w = 9 \text{ mm} & I_x = 21700 \text{ cm}^4 & E = 200000 \text{ Mpa} \\
 t_f = 14 \text{ mm} & I_y = 36350 \text{ cm}^4 & \\
 h = d - 2(t_f + r) = 272 \text{ cm} & &
 \end{array}$$

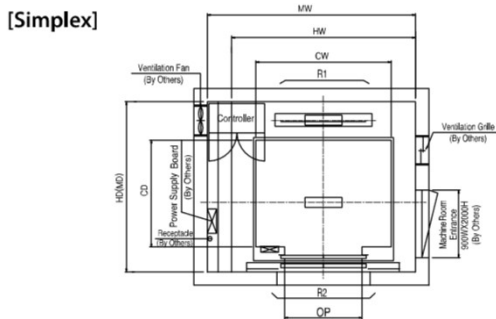
4.3.6.2 Spesifikasi Lift

Lift yang digunakan dalam perencanaan ini adalah lift yang diproduksi oleh Sigma Elevator Company dengan data sebagai berikut:

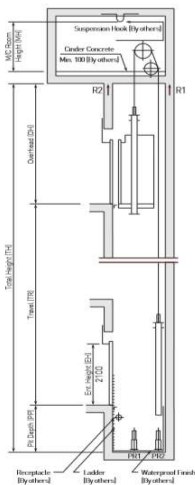
- Tipe Lift = General Simplex (*Standard*)
- Merek = Sigma
- Kapasitas = 13 orang
- Lebar Pintu = 900 mm
- Car size = 1600 x 1350

- Hoistway size = 2000 x 2000
- Beban reaksi ruang mesin =
 - R1 = 5100 kg
 - R2 = 3800 kg

Berikut merupakan denah lift:



Gambar 4. 25 Denah Lift



Gambar 4. 26 Tampak Samping Struktur Lift

4.3.5.3 Pembebanan

Pembebanan pada balok lift terbagi menjadi beban merata akibat balok dan beban terpusat akibat beban mesin lift.

1. Beban Mati (qD)

Berat profil balok penggantung lift	= 79,7 kg/m
Berat sambungan (10%)	= 7,97 kg/m
Total berat (qD)	= 87,67 kg/m
2. Beban Hidup (qL)

Beban hidup terpusat untuk *maintenance* = 100 Kg

Total beban hidup = $\frac{\text{Beban terpusat}}{\text{Panjang Balok}} = \frac{100 \text{ kg}}{2,5 \text{ m}} = 40 \text{ kg/m}$
3. Beban Berfaktor (qu)

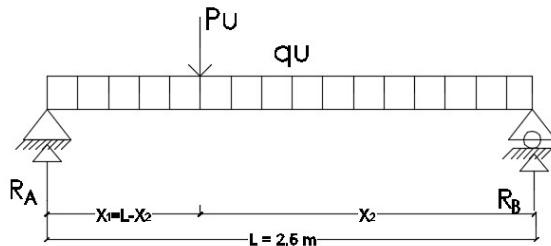
qu	= 1,2 qD + 1,6 qL
	= 1,2 (87,67) + 1,6(40)
	= 169,204 kg/m
4. Beban Terpusat Lift

Pada pasal 4.6 SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan gedung dan struktur lain menyatakan bahwa semua beban mesin harus ditingkatkan 50% untuk unit mesin yang bergerak maju mundur atau unit tenaga driven.

$$R_A = R_1 (1+50\%) = 5100 \times (1+50\%) = 7650 \text{ kg}$$

$$R_B = R_2 (1+50\%) = 3800 \times (1+50\%) = 5700 \text{ kg}$$

Berikut merupakan ilustrasi pembebanan pada balok lift:



Gambar 4. 27 Pembebanan Balok Pengantung Lift

1. Reaksi Perletakan

$$\sum V = 0$$

$$R_A + R_B - Pu - qu \cdot L = 0$$

$$7650 \text{ kg} + 5700 \text{ kg} - Pu - 169,204 \text{ kg/m} \cdot 2,5 \text{ m} = 0$$

$$Pu = 12926,99 \text{ kg}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A \cdot L - \frac{1}{2} qu \cdot L^2 - Pu \cdot X_2 = 0$$

$$Pu \cdot X_2 = R_A \cdot L - \frac{1}{2} qu \cdot L^2$$

$$12926,99 \text{ kg} \cdot X_2 = 7650 \text{ kg} \cdot 2,5 \text{ m} - \frac{1}{2} (169,204 \text{ kg/m}) \cdot$$

$$(2,5 \text{ m})^2$$

$$X_2 = 1,438 \text{ m}$$

$$X_1 = L - X_2 = 2,5 \text{ m} - 1,438 \text{ m} = 1,061 \text{ m}$$

2. Momen Maksimum

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1}{8} \times qu \times L^2 + \frac{Pu \cdot x_1 \cdot x_2}{L} \\ &= \frac{1}{8} \times 169,204 \text{ kg/m} \times 2,5^2 + \frac{12926,99 \text{ kg} \cdot 1,438 \text{ m} \cdot 1,061 \text{ m}}{2,5 \text{ m}} \\ &= 8021,37 \text{ kgm} \end{aligned}$$

3. Gaya Geser Maksimum

$$\begin{aligned} Vu &= \frac{1}{2} \times qu \times L + R_A \\ &= \frac{1}{2} \times 169,204 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 2,5 \text{ m} + 7650 \text{ kg} \\ &= 7861,51 \text{ kg} \end{aligned}$$

4.3.5.4 Kontrol Profil

1. Kontrol Tekuk Lokal (SNI 1729-2015 Tabel B4. 1b)

- Pelat Sayap

$$\lambda < \lambda_p$$

$$\frac{bf}{2tf} < 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$\frac{250 \text{ mm}}{2(15 \text{ mm})} < 0,38 \sqrt{\frac{2000000 \text{ kg/cm}^2}{2500 \text{ kg/cm}^2}}$$

$$8,93 < 22,988 \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Pelat Badan

$$\lambda < \lambda_p$$

$$\frac{h}{tw} < 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$\frac{272 \text{ mm}}{9 \text{ mm}} < 3,76 \sqrt{\frac{2000000 \text{ kg/cm}^2}{2500 \text{ kg/cm}^2}}$$

$$30,22 < 336,305 \rightarrow \text{Penampang Kompak}$$

- Momen Lentur Nominal

$$M_n = M_p = Z_x \cdot fy = \frac{1360 \text{ cm}^3 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2}{100} = 34000 \text{ kgm}$$

- Cek Kekuatan Penampang

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0,9 M_n \geq M_u$$

$$0,9 \cdot 34000 \text{ kgm} \geq 8021,37 \text{ kgm}$$

$$30600 \text{ kgm} > 8021,37 \text{ kgm} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

2. Kontrol Tekuk Lateral (SNI 1729-2015 Pasal F2)

- Jarak Penahan Lateral :

$$L_b = 250 \text{ cm}$$

$$L_p = 298,682 \text{ cm}$$

$$L_r = 936,682 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p \rightarrow \text{Bentang Pendek}$$

- Momen Lentur Nominal

$$M_n = M_p = Z_x \cdot fy = \frac{1360 \text{ cm}^3 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2}{100} = 34000 \text{ kgm}$$

- Cek Kekuatan Penampang

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0,9 M_n \geq M_u$$

$$0,9 \cdot 34000 \text{ kgm} \geq 8021,37 \text{ kgm}$$

$$30600 \text{ kgm} > 8021,37 \text{ kgm} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

3. Kontrol Geser (SNI 1729-2015 Pasal G2)

$$\frac{h}{tw} = \frac{272 \text{ mm}}{9 \text{ mm}} = 30,22 < 260 \text{ maka } Kv = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{Kv \cdot E}{fy}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2000000 \text{ kg/cm}^2}{2500 \text{ kg/cm}^2}} = 69,57$$

$$\text{Karena } \frac{h}{tw} < 1,1 \sqrt{\frac{Kv \cdot E}{fy}} \text{ maka } Cv = 1$$

- Cek Kekuatan Penampang

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot fy \cdot Aw \cdot Cv \\ &= 0,6 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot \frac{(340 \text{ mm} \cdot 9 \text{ mm})}{100} \cdot 1 \\ &= 45900 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_n \geq Vu$$

$$0,9 V_n \geq Vu$$

$$0,9 \cdot 45900 \text{ kg} \geq 7861,51 \text{ kg}$$

$$41310 \text{ kg} > 7861,51 \text{ kg} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

3. Kontrol Lentutan (SNI 1729-2002 Tabel 6.4-1)

$$f_{\text{ijin}} = \frac{L}{360} = \frac{250 \text{ cm}}{360} = 0,69 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f_{\text{terjadi}} &= \frac{5}{384} x \frac{(qd+q) \cdot L^4}{E \cdot Ix} + \frac{Pu \cdot a}{24 \cdot Ix} (3L^2 - 4a^2) \\ &= \frac{5}{384} x \frac{(87,67 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 40 \text{ kg/m}) \cdot (250 \text{ cm})^4}{2 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot (21700 \text{ cm})^4 \cdot 100} \\ &\quad + \frac{12926,99 \text{ kg} \cdot 143,8 \text{ cm} \cdot 100}{24 \left(\frac{2 \times 10^6 \text{ kg}}{\text{m}^2} \right) (11300 \text{ cm}^4)} x [3 \cdot (250 \text{ cm})^2 - 4 \cdot (143,8 \text{ cm})^2] \\ &= 0,361 \text{ cm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$f_{\text{terjadi}} < f_{\text{ijin}}$$

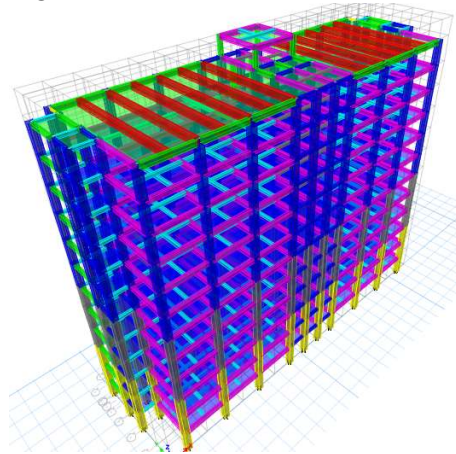
$$0,361 \text{ cm} < 0,69 \text{ cm} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Jadi, profil WF 350x250x9x14 dapat digunakan sebagai balok pengantung *lift*.

4.4 Permodelan Struktur

Dalam perencanaan gedung perlu dilakukan pembebanan gravitasi maupun gempa. Pebebanan gravitasi mengacu pada ketentuan SNI 2847-2013 sedangkan pembebanan gempa mengacu pada SNI

1726-2012. Berikut merupakan permodelan struktur yang telah dimodelkan dengan ETABS:



Gambar 4. 28 Permodelan Struktur dengan ETABS

4.4.1 Pembebanan

Beban –beban yang terjadi meliputi beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa.

4.4.1.1 Beban Mati dan Hidup

Beban mati terdiri dari berat sendiri elemen struktur dan berat tambahan. Beban mati pada perencanaan gedung ini adalah:

Beban Mati (PPIUG 1983 dan Brosur)

- Beton bertulang = 2400 kg/m³
- Spesi = 21 kg/m²
- Keramik = 22 kg/m²
- Dinding = 100,04 kg/m²
- Aspal = 14 kg/m²
- Plafond = 6,4 kg/m²
- Pengantung Plafond = 8,7 kg/m²
- Pemipaan Air = 25 kg/m²
- AC & Instalasi Listrik = 40 kg/m²

Beban Hidup (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

- Lantai Atap = 96 kg/m²
- Ruang Pertemuan = 479 kg/m²
- Koridor = 192 kg/m²
- Pelat Tangga, Bordes = 479 kg/m²

Berikut rekapitan perhitungan beban struktur manual :

Tabel 4. 14 Beban Struktur Manual Lantai 1

Lantai	Jenis Beban	Komponen	Berat (kg)	Total (kg)
1	Mati Struktur	Kolom	373248	946862,4
		Pelat A	265006,1	
		Pelat B	6220,8	
		Pelat C	4872,96	
		Pelat D	2280,96	
		Balok B1	195955,2	
		Balok B2	24883,2	
		Balok B3	10560	
		Balok B4	5184	
		Balok BA1	7776	
		Balok BA	49766,4	
		Balok B7	1108,8	
	Mati Tambahan	Spesi (t=2 cm)	40597,2	139287,1
		Keramik (t=1 cm)	21265,2	
		Plafond	6186,24	
		Penggantung Plafond	8409,42	
		AC dan Instalasi Listrik	38664	
		Pemipaan Air	24165	
	Hidup	Dinding		463001,4
Pelat		463001,4		

Tabel 4. 15 Beban Struktur Manual Lantai 2-3

Lantai	Jenis Beban	Komponen	Berat (kg)	Total (kg)
2-3	Mati Struktur	Kolom	746496	1893725
		Pelat A	530012,2	
		Pelat B	12441,6	
		Pelat C	9745,92	
		Pelat D	4561,92	
		Balok B1	391910,4	
		Balok B2	49766,4	
		Balok B3	21120	
		Balok B4	10368	
		Balok BA1	15552	
		Balok BA	99532,8	
		Balok B7	2217,6	
	Mati Tambahan	Spesi (t=2 cm)	81194,4	549722,5
		Keramik (t=1 cm)	42530,4	
		Plafond	12372,48	
		Penggantung Plafond	16818,84	
		AC dan Instalasi Listrik	77328	
		Pemipaan Air	48330	
		Dinding	271148,4	
Hidup	Pelat	926002,8	926002,8	

Tabel 4. 16 Beban Struktur Manual Lantai 4-6

Lantai	Jenis Beban	Komponen	Berat (kg)	Total (kg)
4-6	Mati Struktur	Kolom	998784	2719627
		Pelat A	795018,2	
		Pelat B	18662,4	
		Pelat C	14618,88	
		Pelat D	6842,88	
		Balok B1	587865,6	
		Balok B2	74649,6	
		Balok B3	31680	
		Balok B4	15552	
		Balok BA1	23328	
		Balok BA	149299,2	
		Balok B7	3326,4	
	Mati Tambahan	Spesi (t=2 cm)	121791,6	824583,8
		Keramik (t=1 cm)	63795,6	
		Plafond	18558,72	
		Penggantung Plafond	25228,26	
		AC dan Instalasi Listrik	115992	
		Pemipaan Air	72495	
	Dinding	406722,6		
Hidup	Pelat	1389004	1389004	

Tabel 4. 17 Beban Struktur Manual Lantai 7-11

Lantai	Jenis Beban	Komponen	Berat (kg)	Total (kg)
7-11	Mati Struktur	Kolom	1474560	4342632
		Pelat A	1325030	
		Pelat B	31104	
		Pelat C	24364,8	
		Pelat D	11404,8	
		Balok B1	979776	
		Balok B2	124416	
		Balok B3	52800	
		Balok B4	25920	
		Balok BA1	38880	
		Balok BA	248832	
		Balok B7	5544	
	Mati Tambahan	Spesi (t=2 cm)	202986	1374306
		Keramik (t=1 cm)	106326	
		Plafond	30931,2	
		Penggantung Plafond	42047,1	
		AC dan Instalasi Listrik	193320	
		Pemipaan Air	120825	
		Dinding	677871	
Hidup	Pelat	2315007	2315007	

Tabel 4. 18 Beban Struktur Manual Lantai 12

Lantai	Jenis Beban	Komponen	Berat (kg)	Total (kg)
12	Mati Struktur	Kolom	233472	893784
		Pelat A	22394,88	
		Pelat B	6220,8	
		Pelat C	4872,96	
		Pelat D	2280,96	
		Pelat E	8640	
		Pelat F	242611,2	
		Balok B1	37324,8	
		Balok B2	14515,2	
		Balok B3	15206,4	
		Balok B4	5184	
		Balok B5	36288	
		Balok B6	4536	
		Balok B7	1108,8	
		Balok BA1	2520	
	Balok BP	256608		
	Mati Tambahan	Aspal	13952,4	160206,6
		Plafond	6378,24	
		Penggantung Plafond	8670,42	
		AC dan Instalasi Listrik	39864	
		Pemipaan Air	24915	
		Dinding	66426,56	
	Hidup	Pelat	95673,6	114720,1
Hujan		19046,5		

Tabel 4. 19 Beban Struktur Manual Lantai 13

Lantai	Jenis Beban	Komponen	Berat (kg)	Total (kg)
13	Mati Struktur	Kolom	4800	42539,52
		Balok B1	18662,4	
		Balok BA	4147,2	
		Pelat A	14929,92	
	Mati Tambahan	Dinding	5762,304	10640,45
		Aspal	725,76	
		Plafond	331,776	
		Penggantung Plafond	451,008	
		AC dan Instalasi Listrik	2073,6	
		Pemipaan Air	1296	
	Hidup	Pelat	4976,64	5992,704
		Hujan	1016,064	
	Total Beban			
Beban Mati				13897917
Beban Hidup				5213728

W manual = 19111645 Kg

Berdasarkan tabel di atas, maka didapatkan beban seismik efektif struktur (W) sebagai berikut:

$$D = 13897917 \text{ Kg}$$

$$L = 5213728 \text{ Kg}$$

$$W = D + (0,3 \times L)$$

$$= 13897917 + (0,3 \times 5213728)$$

$$= 15462035 \text{ Kg}$$

Kontrol perhitungan manual beban struktur dengan beban dari permodelan struktur ETABS:

Tabel 4. 20 Total Beban Output ETABS

Load Case/Combo	FZ
	kN
Dead	104910,175
Aspal	146,7816
Plafond	747,5866
Pengantung Plafond	1016,2505
Hujan	200,6256
Hidup Atap	1006,5024
Hidup Lantai	50930,154
Dinding	14280,42
Spesi	4465,692
Keramik	2339,172
AC & Instalasi Listrik	4672,416
Pemipaan Air	2920,26
Total Beban	187636,036

$$\begin{aligned}
 \% \text{Selisih} &= \frac{W_{\text{manual}} - W_{\text{ETABS}}}{W_{\text{manual}}} \times 100\% < 5\% \\
 &= \frac{19111645 \text{ Kg} - 18763603,6 \text{ Kg}}{19111645 \text{ Kg}} \times 100\% < 5\% \\
 &= 1,82 \% < 5 \% \rightarrow \text{Ok}
 \end{aligned}$$

4.4.1.2 Beban Angin

Perhitungan beban angin menggunakan SNI 1727-2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Dalam peraturan tersebut beban angin didesain untuk bangunan gedung dan struktur lain, termasuk sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) harus ditentukan dengan menggunakan salah satu dari empat prosedur yaitu prosedur

pengarah untuk bangunan gedung seluruh ketinggian, prosedur amplop untuk bangunan gedung bertingkat rendah, prosedur pengarah untuk perlengkapan bangunan gedung, dan prosedur terowongan angin.

Berikut perhitungan pembebanan angin bangunan gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang.

1. Data Bangunan

Fungsi bangunan	= Fasilitas pendidikan
Tinggi bangunan (h)	= 51 m
Lebar bangunan	= 18 m
Panjang bangunan	= 60 m
Jumlah Lantai	= 13 Lantai
H1 s/d H12	= 4 m
H13	= 2 m
Jenis atap	= Datar ($\alpha = 0$)

2. Kategori Bangunan

- Bangunan Tertutup
Berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 26.2 bangunan gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang termasuk ke dalam kategori bangunan gedung tertutup. Hal ini karena bangunan tidak memiliki luas bukaan dinding yang menerima tekanan positif lebih dari 10%.
- Bangunan Bertingkat Tinggi
Berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 26.2 bangunan gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang termasuk ke dalam kategori bangunan bertingkat tinggi, karena bangunan adalah bangunan tertutup yang memenuhi ketentuan berikut:
 1. Tinggi rata-rata $\leq 60 \text{ ft} \approx 18 \text{ meter}$
51 meter > 18 Meter \rightarrow Bangunan bertingkat tinggi.
 2. Tinggi rata-rata \leq Dimensi horizontal terkecil
51 meter > 18 meter \rightarrow Bangunan Bertingkat tinggi

- Bangunan Kaku

Berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 26.2 bangunan gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang termasuk ke dalam kategori bangunan kaku karena bangunan memiliki frekuensi fundamental atau frekuensi alami (n_a) lebih besar atau sama dengan 1 Hz. $n_a = \frac{43,5}{h^{0,9}}$ (untuk beton bangunan rangka penahan momen). Rumus n_a tersebut dapat dipakai jika memenuhi persyaratan berikut:

1. Tinggi rata-rata $\leq 300 \text{ ft} \approx 91 \text{ meter}$
51 meter $< 91 \text{ meter} \rightarrow$ Memenuhi
2. Tinggi bangunan $\leq 4L_{\text{eff}}$

$$L_{\text{eff}} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i L_i}{\sum_{i=1}^n h_i} = \frac{18 \times (4 \times 12) + (2 \times 1)}{(4 \times 12) + (2 \times 1)} = 18 \text{ meter}$$

Syarat :

- Tinggi bangunan $< 4L_{\text{eff}}$
51 meter $< 4 \times 18 \text{ meter}$
51 meter $< 72 \text{ meter} \rightarrow$ Memenuhi

Mengingat 2 persyaratan diatas memenuhi, maka untuk menghitung nilai frekuensi fundamental alami dapat menggunakan rumus berikut:

$$n_a = \frac{43,5}{h^{0,9}} = \frac{43,5}{51^{0,9}} = 1,264 > 1 \text{ Hz} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Berdasarkan informasi data dan kategori bangunan, maka prosedur perhitungan yang dipakai adalah prosedur pengarah. Hal ini karena prosedur pengarah dapat dipakai untuk bangunan gedung seluruh ketinggian

3. Perhitungan Beban Angin Prosedur Pengarah

Perhitungan beban angin prosedur pengarah diatur dalam SNI 1727-2013 pasal 27. Berikut ini langkah-langkah perhitungannya:

1. Menentukan Katgori Resiko Banngunan

Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang termasuk gedung sekolah atau fasilitas pendidikan, sehingga memiliki kategori resiko IV.

Tabel 4. 21 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan 	IV

untuk Beban Gempa

(Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 1)

2. Menentukan Kecepatan Angin Dasar

Data kecepatan angin dasar untuk kota Malang yang diperoleh dari website bmg adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 29 Kecepatan Angin Dasar Kota Malang

(Sumber : <http://www.bmkg.go.id/cuaca/prakiraan-cuaca.bmkg?Kota=Kota%20Malang&AreaID=501290&Prov=12>)

Sehingga Nilai kecepatan angin dasar = 28 km/jam = 7,78 m/s

3. Menentukan Parameter Beban Angin

Faktor Arah Angin (Kd)

Nilai faktor arah angin dapat dilihat dalam SNI 1727-2013 pasal 26.6 tabel 26.6-1:

Tabel 4. 22 Nilai Faktor Arah Angin (Kd)

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d^*
Bangunan Gedung Sistem Penahan Beban Angin Utama Komponen dan KladingBangunan Gedung	0,85 0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebasdan papan reklame terikat	0,85 0,85
papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

Sehingga nilai $K_d = 0,85$

Kategori Ekspour

Menurut SNI 1727-2013 pasal 26.7.3, gedung Fakultas Universitas Negeri Malang termasuk ke dalam kategori ekspour B.

Faktor Topografi (Kzt)

Sesuai SNI 1727-2013 pasal 26.8.2, nilai faktor topografi untuk gedung Fakultas Universitas Negeri Malang adalah 1 karena kondisi gedung tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan dalam pasal tersebut.

Faktor Tiupan Angin (G)

Menurut SNI 1727-2013 pasal 26.9.1 untuk bangunan gedung dan struktur lain yang kaku memiliki nilai faktor efek tiup angin (G) sebesar 0,85.

Klasifikasi Ketertutupan Bangunan

Berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 26.2 Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang termasuk ke dalam klasifikasi bangunan tertutup karena tidak memiliki luas bukaan dinding yang menerima tekan eksternal positif lebih

dari 10% (Syarat dari bangunan tertutup sebagian) dan 80% (syarat dari bangunan terbuka).

Koefisien Tekanan Internal

Sesuai dengan SNI 1727-2013 tabel 26.11-1 nilai koefisien tekanan internal untuk bangunan gedung tertutup adalah +0,18 dan -0,18. Berikut merupakan tabel klasifikasi ketertutupan gedung:

Tabel 4. 23 Klasifikasi Ketertutupan Bangunan

Klasifikasi Ketertutupan	(GC _{pi})
Bangunan gedung terbuka	0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian	+ 0,55 - 0,55
Bangunan gedung tertutup	+ 0,18 - 0,18

4. Menentukan Koefisien Ekspour Tekan Velositas (Kz atau Kh)

Menurut SNI 1727-2013 pasal 27.3.1 koefisien ekspour tekanan vilositas (Kz atau Kh) dapat ditentukan dari formula berikut:

$$\text{Untuk } 15 \text{ ft} \leq z \leq Z_g \rightarrow K_z = 2,01 \left(\frac{z}{Z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

$$\text{Untuk } z \leq 15 \text{ ft} \rightarrow K_z = 2,01 \left(\frac{15}{Z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

z = tinggi bangunan di atas tanah

$$z = 51 \text{ m} = 167,32 \text{ ft}$$

Kategori ekspour = B

Berikut merupakan tabel koefisien ekspour tekan velositas SNI 1727-2013 tabel 26.9.1:

Tabel 4. 24 Koefisien Eksporr Tekan Velocitas

Eksposur	α	Z_g (ft)	\hat{a}	\hat{b}	$\bar{\alpha}$	\bar{b}	c	ℓ (ft)	$\bar{\epsilon}$	Z_{min} (ft)*
B	7,0	1200	1/7	0,84	1/4,0	0,45	0,30	320	1/3,0	30
C	9,5	900	1/9,5	1,00	1/6,5	0,65	0,20	500	1/5,0	15
D	11,5	700	1/11,5	1,07	1/9,0	0,80	0,15	650	1/8,0	7

Sehingga:

$$\alpha = 7,0$$

$$Z_g = 1200 \text{ ft}$$

Maka berlaku rumus 1:

$$15 \text{ ft} < 167,232 \text{ ft} < 1200 \text{ ft} \quad \rightarrow K_z = 2,01 \left(\frac{Z}{Z_g} \right)^\alpha$$

$$\rightarrow K_z = 2,01 \left(\frac{167,232}{1200} \right)^{7,0} = 1,145$$

Mengingat atap bangunan adalah datar, maka nilai $K_z = K_h$

5. Menentukan Koefisien Tekanan Velocitas (q_z atau q_h)

$$q_z = 0,613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2$$

$$= 0,613 \times 1,145 \times 1 \times 0,85 \times 7,78^2$$

$$= 36,084 \text{ N/m}^2$$

Mengingat atap bangunan adalah datar, maka nilai $q_z = q_h$ (SNI 1727-2013 pasal 27.3.2).

6. Menentukan Koefisien Tekanan Eksternal (C_p)

Sesuai dengan SNI 1727-2013 gambar 27.4-1 untuk dinding dan atap rata.

Berikut merupakan tabel koefisien tekanan dinding, C_p :

Tabel 4. 25 Koefisien Tekanan Dinding, C_p

Koefisien tekanan dinding, C_p			
Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	q_z
	0 – 1	- 0,5	
Dinding di sisi angin pergi	2	- 0,3	q_n
	≥ 4	- 0,2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	- 0,7	q_n

Dinding di sisi angin datang (q_z) $\rightarrow C_p = 0,8$

Dinding di sisi angin pergi (q_h) $\rightarrow \frac{L}{B} = \frac{18 \text{ m}}{60 \text{ m}} = 0,3$ maka $C_p = -0,5$

Dinding di sisi angin tepi (qh) $\rightarrow C_p = -0,7$

7. Tekanan Angin pada setiap Permukaan Bangunan Gedung Kaku
 Sesuai dengan SNI 1727-2013, persamaan 27.4-1, maka didapatkan nilai berikut:

Dinding di sisi angin datang

$$\begin{aligned} P &= q \times G \times C_{pi} \times - q_i \times GC_{pi} \\ &= 36,084 \times 0,85 \times 0,8 \times - 0 \times 0,18 \\ &= 24,537 \text{ N/mm}^2 \\ &= 2,45 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Dinding di sisi angin pergi

$$\begin{aligned} P &= q \times G \times C_{pi} \times - q_i \times GC_{pi} \\ &= 36,084 \times 0,85 \times (-0,5) \times - 0 \times 0,18 \\ &= -15,336 \text{ N/mm}^2 \\ &= -1,533 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Dinding tepi

$$\begin{aligned} P &= q \times G \times C_{pi} \times - q_i \times GC_{pi} \\ &= 36,084 \times 0,85 \times (-0,7) \times - 0 \times 0,18 \\ &= -21,470 \text{ N/mm}^2 \\ &= -2,147 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

4.4.1.3 Beban Gempa

Perhitungan beban gempa untuk gedung mengacu pada SNI 1726-2012. Berikut merupakan tahapan dalam menentukan beban gempa dinamik:

1. Menentukan Kategori Resiko Bangunan

Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang termasuk gedung sekolah atau fasilitas pendidikan, sehingga memiliki kategori resiko IV.

Tabel 4. 26 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan	IV

untuk Beban Gempa

(Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 1)

2. Menentukan Faktor Keutamaan Gempa

Faktor keutamaan gempa ditentukan berdasarkan kategori resiko gedung. Berikut tabel faktor keutamaan gempa:

Tabel 4. 27 Faktor Keutamaan

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

(Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 2)

Sehingga gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang memiliki nilai faktor keutamaan gempa =1,5.

3. Menentukan Parameter Percepatan Tanah

Berikut parameter percepatan tanah yang didapat dari Peta Hazard Gempa Indonesia 2010 dan *puskim.pu.go.id* untuk wilayah kota Malang:

Tabel 4. 28 Parameter Percepatan Respon Spectral

Parameter Percepatan Respon Spectral	Peta Gempa SNI 1726-2012	Puskim
S _s	(0.2-0.7)g	0,781
S ₁	(0.2-0.3)g	0,33

4. Menentukan Klasifikasi Situs

Penentuan klasifikasi situs dilakukan dengan menentukan tahanan penetrasi rata-rata (\bar{N}). Berikut nilai penetrasi rata-rata untuk 2 titik pengujian:

Tabel 4. 29 Nilai Penetrasi Rata-Rata Titik 1

Nspt	Depth (m)	di/Ni
10	2	0,2
36	4	0,111111111
19	6	0,315789474
10	8	0,8
20	10	0,5
28	12	0,428571429
19	14	0,736842105
27	16	0,592592593
12	18	1,5
50	20	0,4
50	22	0,44
50	24	0,48
50	26	0,52
50	28	0,56
50	30	0,6
Total	240	8,184906711
rata-rata(\bar{N})		29,32226456

Tabel 4. 30 Nilai Penetrasi Rata-Rata Titik 2

Nspt	Depth (m)	di/Ni
33	2	0,060606
12	4	0,333333
8	6	0,75
15	8	0,533333
13	10	0,769231
15	12	0,8

Tabel 4. 31 Nilai Penetrasi Rata-Rata Titik 2 (Lanjutan)

Nspt	Depth (m)	di/Ni
37	14	0,378378
19	16	0,842105
50	18	0,36
50	20	0,4
50	22	0,44
50	24	0,48
50	26	0,52
50	28	0,56
50	30	0,6
Total	110	7,826987
rata-rata(\bar{N})		14,05394

Sehingga nilai rata-rata(\bar{N}) dari kedua titik = $\frac{29,32+14,053}{2} = 21,69$

Menurut SNI 1726-2012 tabel 3, nilai rata-rata(\bar{N}) 15-50 termasuk kedalam kelas situs tanah SD (Tanah Sedang).

- Menentukan Koefisien Situs Periode 0,2 detik (F_a) dan Koefisien Situs Periode 1 detik (F_v) berdasarkan tabel berikut :

Tabel 4. 32 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,0	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS^b				

(Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 4)

$S_s = 0,781$ (puskim.go.id) , sehingga nilai koefisien situs F_a setelah dilakukan interpolasi = 1,1876.

Tabel 4. 33 Koefisien Situs, Fv

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa (MCE _R) terpetakan pada perioda pendek, T = 1 detik, S ₁				
	S ₁ ≤ 0,1	S ₁ = 0,2	S ₁ = 0,3	S ₁ = 0,4	S ₁ ≥ 0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

(Sumber : SNI 1726:2012 Tabel 5)

S₁ = 0,33 (puskim.go.id), sehingga nilai koefisien situs F_v setelah dilakukan interpolasi = 1,74.

6. Menentukan parameter spectrum respons percepatan pada perioda 0,2 detik (S_{MS})
 $S_{MS} = F_a \times S_s = 0,781 \times 1,1876 = 0,9275$
7. Menentukan parameter spectrum respons percepatan pada perioda 1 detik (S_{M1})
 $S_{M1} = F_v \times S_1 = 1,74 \times 0,33 = 0,5742$
8. Menentukan parameter percepatan spectral desain untuk perioda 0,2 detik.
 $S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,9275 = 0,618$
9. Menentukan parameter percepatan spectral desain untuk perioda 1 detik.
 $S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,5742 = 0,3828$
10. Menentukan Kategori Desain Seismik
 Kategori desain seismik ditentukan berdasarkan nilai S_{DS} = 0,618 dan S_{D1} = 0,3828 pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 34 Kategori Desain Seismik berdasarkan S_{DS}

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 4. 35 Kategori Desain Seismik berdasarkan S_{D1}

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Berdasarkan tabel di atas, dapat disimpulkan gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang masuk ke dalam kategori desain D.

11. Menentukan nilai Koefisien Modifikasi Respon (R) berdasarkan tabel di bawah ini:

Tabel 4. 36 Faktor R, C_d , untuk Sistem Penahan Gaya Gempa

Sistem Penahan Gaya Seismik	Koefisien modifikasi respons	Faktor kuatlebih sistem	Faktor pembesaran defleksi	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n , (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				R^a	Ω_0^g	C_d^b	B	C
C. Sistem Rangka Pemikul Momen	7.1.1	7.1.2	7.1.3	7.1.4	7.1.5	7.1.6	7.1.7	7.1.8
5. Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus	8	3	5 ½	TB	TB	TB	TB	TB

Berdasarkan data di atas, didapat nilai $R=8$; $C_d^b=5,5$ dan $\Omega_0^g=3$.

12. Menentukan Perkiraan Periode Alami Fundamental Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.2 penentuan perioda alami funamental (T_a) harus ditentukan dari persamaan 26 pada SNI 1726-2012. Dengan parameter C_t dan x yang diambil dari SNI 1726-2012 pasal 7.8.2 tabel 15:

Tabel 4. 37 Nilai C_t dan x Berdasarkan Tipe Struktur

Tipe Struktur	C_t	x
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9

h_n = Tinggi bangunan (m) = 51 m

C_t = 0,0466

x = 0,9

sehingga:

$T_a = C_t \times h_n^x = 0,0466 \times 51^{0,9} = 1,603$ detik

Batas atas perioda struktur didapatkan dengan mengalikan nilai periode fundamental perkiraan dengan koefisien C_u berdasarkan nilai S_{D1} yang didapat dari perhitungan sebelumnya. $S_{D1} = 0,3828$. Berikut merupakan tabel koefisien C_u (SNI 1726-2012 tabel 14):

Tabel 4. 38 Koefisien C_u Berdasarkan Nilai S_{D1}

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sehingga didapat nilai $C_u = 1,4$ detik

$T_a = 1,603$ detik

$T_c = 1,685$ detik (dari permodelan struktur ETABS)

Maka $C_u \times T_a = 1,4 \times 1,603 = 2,245$ detik.

Jika $T_c > C_u \times T_a$ maka $T = C_u \times T_a$

$1,685 < 2,245$ detik \rightarrow tidak memenuhi

Jika $T_a < T_c < C_u \times T_a$ maka $T = T_c$

$1,603 < 1,685 < 2,245$ detik \rightarrow memenuhi
 Jika $T_c < T_a$ maka $T = T_a$
 $1,685 > 1,603$ detik \rightarrow tidak memenuhi
 Jadi nilai $T = T_c = 1,685$ detik (X) dan $1,593$ detik (Y).

13. Perhitungan Gaya Dasar Seismik

Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.8.1.1 koefisien repon seismik (C_s) ditentukan dengan rumus berikut :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{T}\right)} = \frac{0,6183}{\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,1159$$

Dan C_s tidak boleh lebih dari :

$$C_{sx} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,3828}{1,685\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,0426$$

$$C_{sy} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,3828}{1,593\left(\frac{8}{1,5}\right)} = 0,0450$$

Dan C_s tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned}
 C_s &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e && \geq 0,01 \\
 &= 0,044 \times 0,6183 \times 1,5 && \geq 0,01 \\
 &= 0,0408 && \geq 0,01
 \end{aligned}$$

Maka dipakai $C_{sx} = 0,0437$ $C_{sy} = 0,0450$

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.1 penentuan gaya dasar seismik (V) dihitung berdasarkan persamaan 21 pasal 7.8.1 SNI 1726-2012. Sebagaimana ditunjukkan rumus di bawah ini:

$$\begin{aligned}
 V_x &= C_s \times W \\
 &= 0,0426 \times 15462035 \text{ kg} \\
 &= 658627,641 \text{ kg} \\
 &= 6586,276 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_y &= C_s \times W \\
 &= 0,045 \times 15462035 \text{ kg} \\
 &= 696665,145 \text{ kg} \\
 &= 6966,651 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

14. Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Gaya gempa lateral yang timbul pada semua tingkat harus ditentukan berdasarkan persamaan 30 pada SNI 1726-2012.

$$F_x = C_s \times V$$

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n W_t h_i^k}$$

Untuk $T < 0,5s$ maka $k=1$

$T > 0,25s$ maka $k=2$

$0,5s < T < 2,5s$ maka k diperoleh dengan cara interpolasi dari kedua nilai k diatas.

$$T = 1,685 \rightarrow k = 1 + \left(\frac{1,685 - 0,5}{2,5 - 0,5} \right) \times (2 - 1) = 1,592$$

Maka besarnya distribusi gaya vertikal gaya gempa dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 39 Distribusi Gaya Gempa (Fx) pada tiap Lantai

Lantai	hi	hi ^k	Wi	Wi x hi ^k	Cvx	Fix
	(m)	(m)	(kN)			(kN)
13	51	523,97	591,7267	310046,3951	0,01	54,17
12	48	475,75	11687,11	5560114,007	0,15	971,40
11	44	414,19	16063,89	6653484,16	0,18	1162,42
10	40	355,86	16063,89	5716514,062	0,15	998,72
9	36	300,89	16063,89	4833508,342	0,13	844,45
8	32	249,43	16063,89	4006840,736	0,11	700,03
7	28	201,65	16063,89	3239290,556	0,09	565,93
6	24	157,76	16444,05	2594150,744	0,07	453,22
5	20	118,00	16444,05	1940434,889	0,05	339,01
4	16	82,71	16444,05	1360096,988	0,04	237,62
3	12	52,31	16847,25	881302,8455	0,02	153,97
2	8	27,43	16847,25	462061,5624	0,01	80,73
1	4	9,09	15491,51	140888,0793	0,00	24,61
				37698733,37	1	6586,27641

Tabel 4. 40 Distribusi Gaya Gempa (Fy) pada tiap Lantai

Lantai	hi	hi ^k	Wi	Wi x hi ^k	Cvx	Fiy
	(m)	(m)	(kN)			(kN)
13	51	523,97	591,7267	310046,3951	0,01	57,30
12	48	475,75	11687,11	5560114,007	0,15	1027,50
11	44	414,19	16063,89	6653484,16	0,18	1229,55
10	40	355,86	16063,89	5716514,062	0,15	1056,40
9	36	300,89	16063,89	4833508,342	0,13	893,22
8	32	249,43	16063,89	4006840,736	0,11	740,46
7	28	201,65	16063,89	3239290,556	0,09	598,61
6	24	157,76	16444,05	2594150,744	0,07	479,39
5	20	118,00	16444,05	1940434,889	0,05	358,59
4	16	82,71	16444,05	1360096,988	0,04	251,34
3	12	52,31	16847,25	881302,8455	0,02	162,86
2	8	27,43	16847,25	462061,5624	0,01	85,39
1	4	9,09	15491,51	140888,0793	0,00	26,04
				37698733,37	1	6966,65145

15. Membuat Respon Spektrum Gempa

Kurva respon spektrum harus mengikuti ketentuan SNI 1726 pasal 6.4 di bawah ini:

$$T_0 = \frac{0,2 S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,2 \times 0,6182}{0,3828} = 0,1238 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,6182}{0,3828} = 0,6190 \text{ detik}$$

Untuk periode lebih kecil T_0 , spectrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) = 0,3828 \left(0,4 + 0,6 \frac{0}{0,1238} \right) = 0,2473s$$

Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spectrum respons percepatan desain :

$$S_a = S_{DS} = 0,6183 s$$

Untuk periode lebih besar T_s , spectrum respons percepatan seperti berikut. Untuk $T > T_s \rightarrow 0,719 > 0,619 s$ maka:

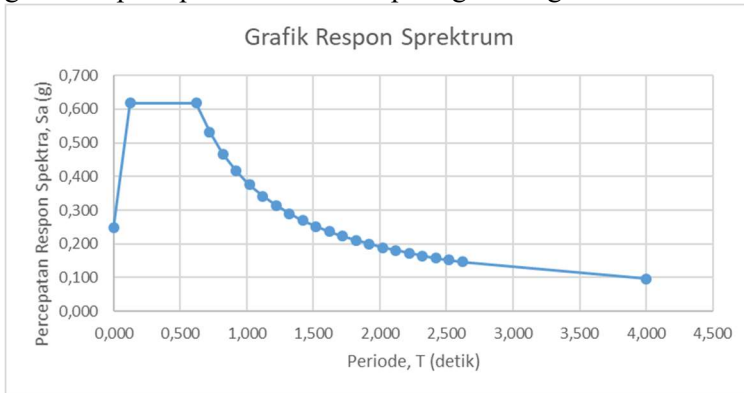
$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} = \frac{0,6182}{0,719} = 0,5352s$$

Perhitungan tersebut jika diperlihatkan pada tabel berikut dengan interval data sebesar 1 detik:

Tabel 4. 41 Perhitungan Spektrum Desain

T (Detik)	T (Detik)	Sa
0	0	0,247
To	0,124	0,618
Ts	0,619	0,618
Ts+0,1	0,719	0,532
Ts+0,2	0,819	0,467
Ts+0,3	0,919	0,417
Ts+0,4	1,019	0,376
Ts+0,5	1,119	0,342
Ts+0,6	1,219	0,314
Ts+0,7	1,319	0,290
Ts+0,8	1,419	0,270
Ts+0,9	1,519	0,252
Ts+1	1,619	0,236
Ts+1,1	1,719	0,223
Ts+1,2	1,819	0,210
Ts+1,3	1,919	0,199
Ts+1,4	2,019	0,190
Ts+1,5	2,119	0,181
Ts+1,6	2,219	0,173
Ts+1,7	2,319	0,165
Ts+1,8	2,419	0,158
Ts+1,9	2,519	0,152
Ts+2	2,619	0,146
4,0	4,0	0,096

Dengan menggunakan interval perioda sebesar 0,1 detik didapatkan grafik respon spektrum desain seperti gambar grafik berikut :



Gambar 4. 30 Grafik Respon Spektrum

4.4.1.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi yang digunakan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.2.1 adalah sebagai berikut:

1. $U=1,4D$
2. $U=1,2D+1,6L+0,5R$
3. $U= 1,2D+1,6L+0,5Lr$
4. $U= 1,2D+1,6R+1L$
5. $U= 1,2D+1,6R+0,5W$
6. $U= 1,2D+1,6L+L$
7. $U= 1,2D+1,6Lr+0,5W$
8. $U= 1,2D+1W+1L+0,5R$
9. $U= 1,2D+1W+1L+0,5Lr$
10. $U= 1,2D+1,6L+0,3Ex+1Ey$
11. $U= 1,2D+1,6L+0,3Ey+1Ex$
12. $U= 0,9D+1W$
13. $U= 0,9D+1Ex+0,3Ey$
14. $U= 0,9D+0,3Ex+1Ey$

Untuk kombinasi beban gempa vertikal berdasarkan dan faktor redundansi maka kombinasi nomor 10,11,13, dan 14

dimodifikasi. Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.4.2.2 besarnya beban gempa vertikal ditentukan sebesar $E_v = 0,2S_d s D$, kemudian faktor redudansi berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.3.4.2 didapatkan nilai $\rho = 1,3$. Modifikasi kombinasi pembebanan setelah mendapat pengaruh beban vertikal dan faktor redudansi adalah sebagai berikut (SNI 1726:2012 pasal 7.4.2.3):

$$15. U = (1,2 + 0,2SD_s)D + 1,3E_x + 0,39E_y$$

$$16. U = (1,2 + 0,2SD_s)D + 0,39E_x + 1,3E_y$$

$$17. U = (0,9 + 0,2SD_s)D + 1,3E_x + 0,39E_y$$

$$18. U = (0,9 + 0,2SD_s)D + 0,39E_x + 1,3E_y$$

Untuk beban gempa, analisa terhadap arah gaya gempa yang berbalik arah maka ditambah kombinasi pembebanan sebagai berikut :

$$19. U = (1,2 + 0,2SD_s)D - 1,3E_x - 0,39E_y$$

$$20. U = (1,2 + 0,2SD_s)D - 0,39E_x - 1,3E_y$$

$$21. U = (0,9 + 0,2SD_s)D - 1,3E_x - 0,39E_y$$

$$22. U = (0,9 + 0,2SD_s)D - 0,39E_x - 1,3E_y$$

4.4.2 Kontrol Hasil Analisa Struktur

Berdasarkan SNI 1726-2012, hasil analisis struktur harus dikontrol melalui suatu batasan tertentu. Hal tersebut dilakukan untuk meninjau kelayakan struktur dalam memikul beban – beban yang bekerja. Kontrol – kontrol tersebut antara lain :

- Waktu Getar Alami
- Kontrol Akhir *Base Reaction*
- Jumlah Respon Ragam
- Kontrol Simpangan
- Kontrol Pengaruh P – Delta
- Pembesaran Momen Torsi Tak Terduga

4.4.2.1 Kontrol Waktu Getar Alami

Berikut hasil dari ETABS untuk tabel modal *periods and frequencies*:

Tabel 4. 42 *Modal Periods and Ferquencies*

Case	Mode	Period	Frequency
		sec	cyc/sec
Modal	1	1,685	0,594
Modal	2	1,593	0,628
Modal	3	1,555	0,643
Modal	4	0,531	1,882
Modal	5	0,509	1,965
Modal	6	0,492	2,031
Modal	7	0,288	3,478
Modal	8	0,28	3,572
Modal	9	0,266	3,755
Modal	10	0,184	5,439
Modal	11	0,18	5,542
Modal	12	0,169	5,904

Perioda fundamental struktur yang digunakan harus memenuhi syarat:

$$H_n = \text{Tinggi bangunan (m)} = 51 \text{ m}$$

$$C_t = 0,0466$$

$$x = 0,9$$

sehingga:

$$T_a = C_t \times h_n^x = 0,0466 \times 51^{0,9} = 1,603 \text{ detik}$$

$$T_a = 1,603 \text{ detik}$$

$$T_c = 1,685 \text{ detik (dari permodelan struktur ETABS)}$$

$$\text{Maka } C_u \times T_a = 1,4 \times 1,603 = 2,245 \text{ detik.}$$

$$\text{Jika } T_c > C_u \times T_a \text{ maka } T = C_u \times T_a$$

$$1,685 < 2,245 \text{ detik} \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

$$\text{Jika } T_a < T_c < C_u \times T_a \text{ maka } T = T_c$$

$$1,603 < 1,685 < 2,245 \text{ detik} \rightarrow \text{memenuhi}$$

$$\text{Jika } T_c < T_a \text{ maka } T = T_a$$

$$1,685 > 1,603 \text{ dan } 2,245 \text{ detik} \rightarrow \text{tidak memenuhi}$$

Jadi nilai $T = T_c = 1,685$ detik (X) dan $1,593$ detik (Y).

4.4.2.2 Kontrol *Base Reaction*

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.4, nilai akhir $V_{dinamik}$ harus lebih besar sama dengan 85% V_{statik} . Maka persyaratan tersebut dapat dinyatakan sbb: $V_{dinamik} \geq 0,85 V_{statik}$ Maka nilai akhir base reaction respon spectrum hasil analisis menggunakan program bantu analisis struktur dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 43 *Base Reaction*

Load Case/Combo	FX	FY
	kN	kN
RS X Max	3831,849	3657,168
RS Y Max	3831,849	3657,168

$$V_x \text{ statik} = 6586,276 \text{ kN}$$

$$V_y \text{ statik} = 6966,651 \text{ kN}$$

Cek base shear terhadap V_{statik} :

$$\text{Arah X} = \frac{V_{Respons}}{V_{Statik}} \times 100\% = \frac{3831,849}{6586,276} \times 100\% = 58,179\% < 85\%$$

$$\text{Arah Y} = \frac{V_{Respons}}{V_{Statik}} \times 100\% = \frac{3657,168}{6966,651} \times 100\% = 52,495\% < 85\%$$

Karena $V_{Respons} < 0,85 V_{statik}$ maka perlu faktor pengali untuk masing-masing arah gempa. Faktor pengali tersebut dihitung sebagai berikut :

$$\text{Arah X} = \frac{V_{Statik}}{V_{Respons}} \times 85\% = \frac{6586,276}{3831,849} \times 85\% = 1,461$$

$$\text{Arah Y} = \frac{V_{Statik}}{V_{Respons}} \times 85\% = \frac{6966,651}{3657,168} \times 85\% = 1,61$$

Faktor di atas dikalikan pada skala gempa pada *Load Case*. Setelah *Running* ulang maka didapat $V_{respons}$ sebagai berikut :

Tabel 4. 44 *Base Reaction* Setelah *Running* Ulang

Load Case/Combo	FX	FY
	kN	kN
RS X Max	6207,596	5924,613
RS Y Max	6207,596	5924,613

Cek ulang *base shear* terhadap V_{statik} :

$$\text{Arah X} = \frac{V_{Respons}}{V_{Statik}} \times 100\% = \frac{6207,596}{6586,276} \times 100\% = 94,25\% > 85\%$$

$$\text{Arah Y} = \frac{V_{Respons}}{V_{Statik}} \times 100\% = \frac{5924,61}{6966,651} \times 100\% = 85,04\% > 85\%$$

Dari perhitungan di atas diketahui $V_{respons} > 0,85 V_{statik}$ maka pembebanan gempa telah memenuhi syarat.

4.4.2.3 Kontrol Jumlah Respon Ragam

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.9.1 bahwa analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit 90 % dari *massa actual* dalam masing-masing arah horizontal orthogonal dari respon yang ditinjau oleh model. Berdasarkan uraian tersebut didapatkan hasil jumlah respon ragam yang diperlihatkan pada tabel berikut :

Tabel 4. 45 *Modal Participating Mass Ratio*

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
		sec					
Modal	1	1,685	0	0,7596	0	0	0,7596
Modal	2	1,593	0,7651	0	0	0,7651	0,7596
Modal	3	1,555	1,12E-05	0	0	0,7651	0,7596
Modal	4	0,531	0	0,1081	0	0,7651	0,8677
Modal	5	0,509	0,1042	0	0	0,8693	0,8677
Modal	6	0,492	0,0001	0	0	0,8694	0,8677

Tabel 4. 46 Modal *Participating Mass Ratio* (Lanjutan)

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY
		sec					
Modal	7	0,288	0	0,0447	0	0,8694	0,9124
Modal	8	0,28	0,0438	0	0	0,9131	0,9124
Modal	9	0,266	0,0001	5,38E-07	0	0,9132	0,9124
Modal	10	0,184	0	0,0258	0	0,9132	0,9382
Modal	11	0,18	0,0255	0	0	0,9387	0,9382
Modal	12	0,169	1,77E-05	0	0	0,9387	0,9382

Berdasarkan tabel di atas menunjukkan bahwa pada mode shape 7, syarat partisipasi massa telah terpenuhi.

4.4.2.4 Kontrol Simpangan

Berdasarkan SNI 1726:2012 kontrol simpangan dan syarat simpangan harus ditentukan berdasarkan perumusan 34 pada SNI 1726-2012 Pasal 7.8.6 yaitu sebagai berikut :

$$\delta x = \frac{\delta e \times Cd}{I}$$

Dimana :

δx = Defleksi pada lantai ke-x

δe = Simpangan antar lantai

Cd = Faktor pembesaran defleksi

I = Faktor keutamaan gempa

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

$$\Delta < \Delta a$$

Dimana :

Δ = Simpangan yang terjadi

Δa = Simpangan ijin antar lantai ($\Delta_{ijin}=0,015hsx$)

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.12.1.1 untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri hanya rangka momen pada struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E, atau F, simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi $\Delta a / \rho$. Dimana ρ untuk desain seismik D adalah 1,3.

Hasil dari kontrol simpangan pada analisis struktur akibat gempa dinamik pada masing-masing arah diperlihatkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 47 Kontrol Simpangan Arah X

Lantai	Elevasi	Tinggi Antar Lantai	Simpangan	Cd	Perbesaran Simpangan	Simpangan Antar Lantai	Simpangan Ijin Antar Lantai	Kontrol
	hi	hsx	δe		$\delta = \delta e \cdot Cd / I$	$\Delta = \Delta i - \Delta(i-1)$	$\Delta a = 0.015 h_{sx} / \rho$	
	(m)	(m)	(m)		(m)		(m)	
Story13	51	2	0,0619	5,5	0,2268	0,0039	0,023	Ok
Story12	48	4	0,0608	5,5	0,2229	0,0075	0,046	Ok
Story11	44	4	0,0587	5,5	0,2154	0,0100	0,046	Ok
Story10	40	4	0,0560	5,5	0,2053	0,0131	0,046	Ok
Story9	36	4	0,0524	5,5	0,1922	0,0163	0,046	Ok
Story8	32	4	0,0480	5,5	0,1759	0,0193	0,046	Ok
Story7	28	4	0,0427	5,5	0,1565	0,0222	0,046	Ok
Story6	24	4	0,0366	5,5	0,1344	0,0242	0,046	Ok
Story5	20	4	0,0301	5,5	0,1102	0,0260	0,046	Ok
Story4	16	4	0,0230	5,5	0,0842	0,0269	0,046	Ok
Story3	12	4	0,0156	5,5	0,0573	0,0257	0,046	Ok
Story2	8	4	0,0086	5,5	0,0316	0,0215	0,046	Ok
Story1	4	4	0,0028	5,5	0,0101	0,0101	0,046	Ok

Tabel 4. 48 Kontrol Simpangan Arah Y

Lantai	Elevasi	Tinggi Antar Lantai	Simpangan	Cd	Perbesaran Simpangan	Simpangan Antar Lantai	Simpangan Ijin Antar Lantai	Kontrol
	hi	hsx	δe		$\delta = \delta e \cdot Cd$	$\Delta = \Delta i - \Delta(i-1)$	$\Delta a = 0.015 \cdot h_{sx} / \rho$	
	(m)	(m)	(m)		(m)		(m)	
Story13	51	2	0,0660	5,5	0,3630	0,0066	0,023	Ok
Story12	48	4	0,0648	5,5	0,3565	0,0126	0,046	Ok
Story11	44	4	0,0625	5,5	0,3438	0,0171	0,046	Ok
Story10	40	4	0,0594	5,5	0,3268	0,0220	0,046	Ok
Story9	36	4	0,0554	5,5	0,3048	0,0269	0,046	Ok
Story8	32	4	0,0505	5,5	0,2778	0,0314	0,046	Ok
Story7	28	4	0,0448	5,5	0,2464	0,0357	0,046	Ok
Story6	24	4	0,0383	5,5	0,2108	0,0386	0,046	Ok
Story5	20	4	0,0313	5,5	0,1722	0,0412	0,046	Ok
Story4	16	4	0,0238	5,5	0,1310	0,0423	0,046	Ok
Story3	12	4	0,0161	5,5	0,0886	0,0401	0,046	Ok
Story2	8	4	0,0088	5,5	0,0485	0,0331	0,046	Ok
Story1	4	4	0,0028	5,5	0,0154	0,0154	0,046	Ok

4.4.2.4 Kontrol P-delta

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.7 pengaruh P-delta harus diperhitungkan dengan menggunakan persamaan 35 pada SNI 1726-2012. Pengaruh P-delta tidak disyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) $\leq 0,1$.

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d}$$

Dimana :

P_x = Beban vertikal total pada dan diatas tingkat-x, tanpa faktor beban (kN)

Δ = Simpangan antar lantai (mm)

I_e = Faktor keutamaan gempa

V_x = Gaya geser seismik yang bekerja antar(kN)

h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x, (mm)

Cd = Faktor pembesaran defleksi

Berdasarkan persamaan diatas didapatkan hasil perhitungan koefisien stabilitas yang diperlihatkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 49 Perhitungan Stabilitas Arah X

Story	Story Drft	Ie	hsx	Cd	Vx	Beban Px	Stability Ratio	Cek
	(mm)		(mm)		(kN)	(kN)	(θ)	
Story13	3,875667	1,5	2000	5,5	54,17	591,73	0,006	Ok
Story12	7,542333	1,5	4000	5,5	1025,56	12278,83	0,006	Ok
Story11	10,043	1,5	4000	5,5	2187,98	28342,72	0,009	Ok
Story10	13,13033	1,5	4000	5,5	3186,70	44406,62	0,012	Ok
Story9	16,33133	1,5	4000	5,5	4031,16	60470,51	0,017	Ok
Story8	19,34533	1,5	4000	5,5	4731,19	76534,40	0,021	Ok
Story7	22,18333	1,5	4000	5,5	5297,12	92598,29	0,026	Ok
Story6	24,156	1,5	4000	5,5	5750,34	109042,34	0,031	Ok
Story5	25,971	1,5	4000	5,5	6089,35	125486,39	0,036	Ok
Story4	26,93533	1,5	4000	5,5	6326,97	141930,44	0,041	Ok
Story3	25,69233	1,5	4000	5,5	6480,94	158777,69	0,043	Ok
Story2	21,461	1,5	4000	5,5	6561,66	175624,94	0,039	Ok
Story1	10,13467	1,5	4000	5,5	6586,28	191116,45	0,020	Ok

Tabel 4. 50 Perhitungan Stabilitas Arah Y

Story	Story Drft	Ie	hsx	Cd	Vy	Beban Px	Stability Ratio	Cek
	(mm)		(mm)		(kN)	(kN)	(θ)	
Story13	6,556	1,5	2000	5,5	57,30	591,73	0,009	Ok
Story12	12,628	1,5	4000	5,5	1084,79	12278,83	0,010	Ok
Story11	17,05	1,5	4000	5,5	2314,34	28342,72	0,014	Ok
Story10	22,044	1,5	4000	5,5	3370,75	44406,62	0,020	Ok
Story9	26,906	1,5	4000	5,5	4263,97	60470,51	0,026	Ok
Story8	31,4215	1,5	4000	5,5	5004,42	76534,40	0,033	Ok
Story7	35,6675	1,5	4000	5,5	5603,04	92598,29	0,040	Ok
Story6	38,5935	1,5	4000	5,5	6082,43	109042,34	0,047	Ok
Story5	41,1785	1,5	4000	5,5	6441,02	125486,39	0,055	Ok
Story4	42,339	1,5	4000	5,5	6692,36	141930,44	0,061	Ok
Story3	40,106	1,5	4000	5,5	6855,23	158777,69	0,063	Ok
Story2	33,143	1,5	4000	5,5	6940,62	175624,94	0,057	Ok
Story1	15,4	1,5	4000	5,5	6966,65	191116,45	0,029	Ok

4.4.2.5 Kontrol Perbesaran Torsi

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.8.4.3, struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik C,D,E atau F, dimana ketidakberaturan torsi tipe 1a atau 1b terjadi seperti didefinisikan dalam Tabel 10 SNI 1726:2012 harus mempunyai pengaruh yang diperhitungkan. Struktur gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang termasuk dalam kategori desain seismik D sehingga diperlukan kontrol terhadap ketidakberaturan torsi 1a atau 1b seperti yang didefinisikan dalam tabel 10 SNI 1726:2012. Faktor perbesaran A dapat dihitung sebagai berikut:

$$A = \left(\frac{\delta_{max}}{1,2 \Delta_{avg}} \right)^2 \geq 1$$

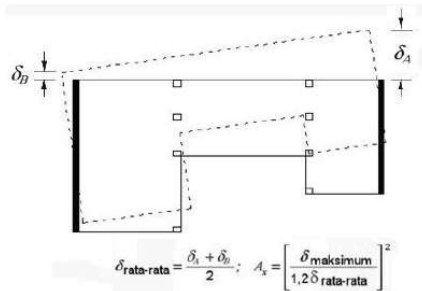
Dimana :

Δmax = Simpangan maksimal pada lantai yang ditinjau

Δavg = Nilai rata-rata simpangan max dan simpangan min

$$\Delta avg = \left(\frac{\delta max + \delta min}{2} \right)$$

Berikut merupakan ilustrasi perbesaran torsi:



Gambar 4. 31 Faktor Perbesaran Torsi

Data yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk mengecek ketidakberaturan torsi berdasarkan ketentuan berikut:

$\delta max < 1,2 \delta avg$ → Tanpa Ketidakberaturan Torsi

$1,2 \delta avg \leq \delta max \leq 1,4 \delta avg$ → Ketidakberaturan Torsi 1a

$\delta max > 1,4 \delta avg$ → Ketidakberaturan Torsi 1b

Di bawah ini merupakan hasil perhitungan perbesaran torsi akibat arah X dan arah Y:

Tabel 4. 51 Perhitungan Perbesaran Torsi Arah X

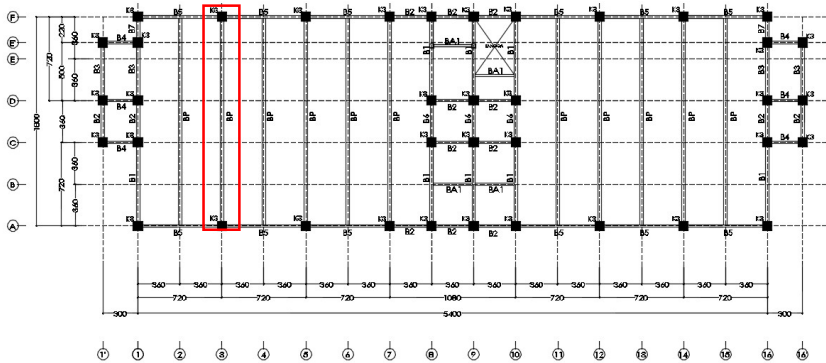
Lantai	δ min	δ max	δ avg	1,2 δ avg	1,4 δ avg	Ax	Keterangan
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
Lantai 13	61,819	61,855	61,837	74,204	86,572	0,695	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 12	60,727	60,798	60,763	72,915	85,068	0,695	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 11	58,697	58,741	58,719	70,463	82,207	0,695	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 10	55,982	56,002	55,992	67,190	78,389	0,695	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 9	52,378	52,421	52,400	62,879	73,359	0,695	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 8	47,906	47,967	47,937	57,524	67,111	0,695	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 7	42,615	42,691	42,653	51,184	59,714	0,696	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 6	36,554	36,641	36,598	43,917	51,237	0,696	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 5	29,959	30,053	30,006	36,007	42,008	0,697	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 4	22,875	22,970	22,923	27,507	32,092	0,697	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 3	15,541	15,624	15,583	18,699	21,816	0,698	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 2	8,519	8,617	8,568	10,282	11,995	0,702	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 1	2,679	2,764	2,722	3,266	3,810	0,716	Tanpa Ketidakberaturan Torsi

Tabel 4. 52 Perhitungan Perbesaran Torsi Arah Y

Lantai	δ min	δ max	δ avg	1,2 δ avg	1,4 δ avg	Ax	Keterangan
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
Lantai 13	61,819	61,855	61,837	74,204	86,572	0,695	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 12	60,727	60,798	60,763	72,915	85,068	0,695	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 11	58,697	58,741	58,719	70,463	82,207	0,695	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 10	55,982	56,002	55,992	67,190	78,389	0,695	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 9	52,378	52,421	52,400	62,879	73,359	0,695	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 8	47,906	47,967	47,937	57,524	67,111	0,695	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 7	42,615	42,691	42,653	51,184	59,714	0,696	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 6	36,554	36,641	36,598	43,917	51,237	0,696	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 5	29,959	30,053	30,006	36,007	42,008	0,697	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 4	22,875	22,970	22,923	27,507	32,092	0,697	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 3	15,541	15,624	15,583	18,699	21,816	0,698	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 2	8,519	8,617	8,568	10,282	11,995	0,702	Tanpa Ketidakberaturan Torsi
Lantai 1	2,679	2,764	2,722	3,266	3,810	0,716	Tanpa Ketidakberaturan Torsi

4.5 Desain Balok Pratekan

Balok pratekan yang direncanakan menggunakan sistem pascatarik dengan dimensi 60/90. Berikut letak balok pratekan yang direncanakan:



Gambar 4. 32 Denah Balok Pratekan yang Ditinjau

4.5.1 Data Perencanaan

Berikut data-data yang akan dibutuhkan dalam perhitungan balok pratekan:

- Dimensi Balok = 600/900
- Bentang Balok = 18000 mm
- Tebal Pelat = 120 mm
- Mutu Beton ($f'c$) = 40 Mpa
- Selimut beton = 40 mm
- Diameter tul. Lentur = 25 mm
- Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa
- Diameter tul. Senggang = 13 mm
- Mutu Baja (f_y) = 280 Mpa

4.5.2 Dimensi Balok Sebelum Komposit

$$I_b = \frac{1}{12} b w x h^3 = \frac{1}{12} 600 x 900^3 = 3,64 x 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$Y_t = \frac{1}{2} h = \frac{1}{2} 900 = 450 \text{ mm}$$

$$Y_b = \frac{1}{2} h = \frac{1}{2} 900 = 450 \text{ mm}$$

$$W_t = \frac{I_b}{Y_t} = \frac{3,64 x 10^{10}}{450} = 8,1 x 10^7 \text{ mm}^3$$

$$W_b = \frac{I_b}{Y_b} = \frac{3,64 x 10^{10}}{450} = 8,1 x 10^7 \text{ mm}^3$$

$$A_b = b \times h = 600 \times 900 = 5,4 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

4.5.3 Dimensi Balok Setelah Komposit

Menentukan Lebar Efektif Sayap Balok (SNI 2847:2013 pasal 13.2.4)

$$b_{e1} = \frac{1}{4} L_n = \frac{1}{4} 18000 = 4500 \text{ mm}$$

$$b_{e2} = b_w \times (8xt) = 600 \times (8 \times 120) = 1560 \text{ mm}$$

$$b_{e3} = b_w \times \left(\frac{1}{2} (l_{x1} + l_{x2}) \right) = 600 \times \left(\frac{1}{2} (3000 + 3000) \right) = 3600 \text{ m}$$

dipakai be yang terkecil = 1560 mm

Sesuai SNI 2847-2013 pasal 8.5.1 maka nilai modulus elastisitas beton untuk pelat dan balok adalah sebagai berikut:

$$E_c \text{ pelat} = 4700 \times \sqrt{f'c} = 4700 \times \sqrt{30} = 25742,96 \text{ Mpa}$$

$$E_c \text{ balok} = 4700 \times \sqrt{f'c} = 4700 \times \sqrt{40} = 29725,41 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{E_c \text{ balok}}{E_c \text{ pelat}} = \frac{29725,4}{25742,96} = 1,154$$

$$\text{schigga } b_e = \frac{b_e \text{ terkecil}}{n} = \frac{1560}{1,154} = 1350,00 \approx 1400 \text{ mm}$$

$$A_{\text{pelat}} = t_p \times b_e = 120 \times 1400 = 16800 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{balok}} = b \times (h - t_p) = 600 \times (900 - 120) = 468000 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{total}} = A_{\text{pelat}} + A_{\text{balok}} = 16800 + 468000 = 6360000 \text{ mm}^2$$

Garis netral penampang balok pratekan:

$$Y_t = \frac{\left[\left(A_{\text{pelat}} \times \frac{\text{Tebal pelat}}{2} \right) + \left(A_{\text{balok}} \times \left(\frac{h \text{ balok} - t \text{ pelat}}{2} + t \text{ pelat} \right) \right) \right]}{A_{\text{total}}}$$

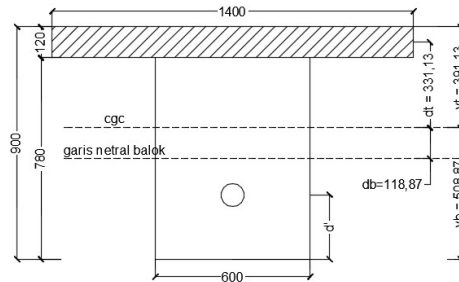
$$= \frac{\left[\left(16800 \times \frac{120}{2} \right) + \left(468000 \times \left(\frac{900 - 120}{2} + 120 \right) \right) \right]}{6360000} = 391,13 \text{ mm}$$

$$Y_b = h \text{ balok} - y_t = 900 - 391,13 = 508,87 \text{ mm}$$

$$d_t = y_t - \frac{t \text{ pelat}}{2} = 391,13 - \frac{120}{2} = 331,13 \text{ mm}$$

$$d_b = y_b - \frac{h \text{ balok} - t \text{ pelat}}{2} = 508,87 - \frac{900 - 120}{2} = 118,87 \text{ mm}$$

Berikut merupakan penampang balok T (Balok setelah komposit):



Gambar 4. 33 Penampang Balok T Pratekan

Menentukan Kern pada balok:

$$\begin{aligned}
 I_c &= \frac{1}{12} b h^3 \times (A_{balok} \times d_b^2) + \frac{1}{12} b_e t^3 + A_{pelat} x d_t^2 \\
 &= \frac{1}{12} 600 900^3 \times (468000 \times 118,87^2) + \frac{1}{12} 1400 120^3 + \\
 &16800 \times 331,13^2 \\
 &= 48962784905,66 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$W_t = \frac{I_c}{y_t} = \frac{48962784905,66}{391,13} = 125182228,65 \text{ mm}^3$$

$$W_b = \frac{I_c}{y_b} = \frac{48962784905,66}{508,87} = 96219043,38 \text{ mm}^3$$

$$K_t = \frac{W_b}{A_{total}} = \frac{96219043,38}{6360000} = 151,29 \text{ mm}$$

$$K_b = \frac{W_t}{A_{total}} = \frac{125182228,65}{6360000} = 196,83 \text{ mm}$$

Keterangan:

Kt = Kern Atas

Kb = Kern Bawah

4.5.4 Tegangan Ijin

Jacking dilakukan pada beton saat umur tertentu dan belum mencapai kekuatan maksimum. Ketentuan kuat tekan beton pada berbagai umur mengacu pada Tabel 4.1.4 PBI 1971:

Tabel 4. 53 Kekuatan Tekan Beton pada Berbagai Umur

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland Biasa	0,40	0,75	0,88	0,95	1,00	1,15	1,35

Nilai kuat tekan beton pada saat beton belum keras digunakan kuat tekan beton pada umur 14 hari.

$$f'_{ci}(\text{curing 14 hari}) = 0,88 \times f'_c = 0,88 \times 40 = 35,2 \text{ Mpa}$$

Tegangan ijin pada beton tidak boleh melebihi nilai nilai berikut:

- a. Tegangan ijin beton segera setelah peralihan gaya pratekan (sebelum kehilangan) sesuai SNI 2847-2013 pasal 18.4.1:

- Tegangan tekan (SNI 2847:2013 pasal 18.4.1):

$$f_{ci} = 0,6 f'_{ci} = 0,6 \times 35,2 = 21,12 \text{ Mpa}$$

- Tegangan tarik terluar direncanakan untuk dapat terjadi nilai retak, sehingga diklasifikasikan sebagai kelas T:

$$f_{ti} = 0,5 \sqrt{f'_{ci}} = 0,5 \sqrt{35,2} = 2,97 \text{ Mpa}$$

- Tegangan tekan terluar pada ujung-ujung komponen struktur di atas perletakan sederhana (SNI 2847:2013 pasal 18.4.1 b):

$$f_{ci} = 0,7 f'_{ci} = 0,7 \times 35,2 = 24,64 \text{ Mpa}$$

- Tegangan tarik terluar pada ujung-ujung kompoen struktur di atas perletakan sederhana (SNI 2847:2013 pasal 18.4.1 c):

$$f_{ti} = 0,5 \sqrt{f'_{ci}} = 0,5 \sqrt{35,2} = 2,97 \text{ Mpa}$$

- b. Tegangan ijin beton setelah terjadi kehilangan pratekan sesuai SNI 2847-2013 pasal 18.4.2:

- Tegangan Tekan akibat beban tetap:

$$f_{ci} = 0,45 f'_c = 0,45 \times 40 = 18 \text{ Mpa}$$

- Tegangan Tekan akibat beban total:

$$f_{ci} = 0,60 f'_c = 0,6 \times 40 = 24 \text{ Mpa}$$

- Tegangan Tarik (SNI 2847-2013 pasal 18.3.3) untuk kelas T

$$f_{ti} = 0,62 \sqrt{f'_c} = 0,62 \sqrt{40} = 3,92 \text{ Mpa}$$

4.5.5 Pembebanan

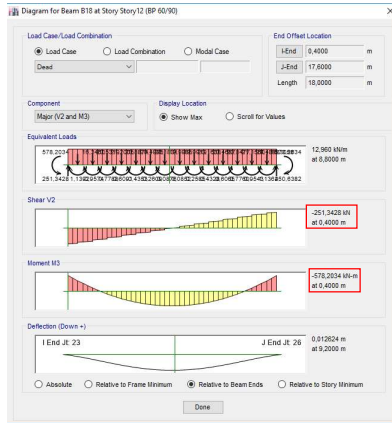
Perhitungan pembebanan dilakukan dalam 2 tahap, yaitu:

Tahap Awal (Transfer) → Tahap dimana struktur diberi gaya pratekan sehingga hanya beban mati..

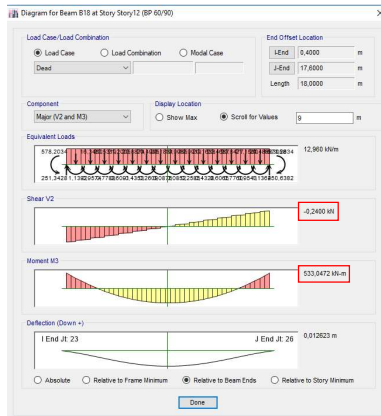
Tahap Akhir (Servis) → Tahap dimana beban mati, beban mati tambahan dan beban hidup telah bekerja pada struktur.

4.5.6 Analisa Gaya Pratekan

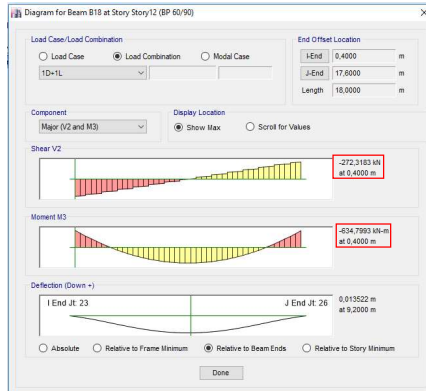
Berikut data output gaya dalam pada balok pratekan dari program bantu ETABS yaitu gaya geser, momen tumpuan dan momen lapangan pada saat kondisi balok dengan pembebanan *Dead Load* dan *Dead Load + Live Load*:



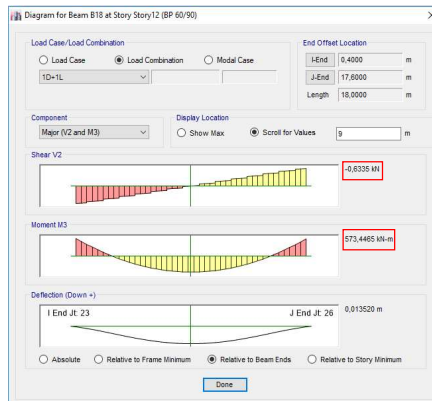
Gambar 4. 34 Nilai Momen Tumpuan BP untuk *Dead Load*



Gambar 4. 35 Nilai Momen Lapangan BP untuk *Dead Load*



Gambar 4. 36 Nilai Momen Tumpuan BP Kombinasi *Dead Load* + *Live Load*



Gambar 4. 37 Nilai Momen Lapangan BP Kombinasi *Dead Load* + *Live Load*

4.5.7 Desain Pendahuluan Gaya Prategang Awal (F_o)

Besar gaya prategang yang dibutuhkan harus memenuhi tegangan beton yang diijinkan.

Tegangan yang diijinkan

- Pada saat transfer

Tengah bentang : Tarik ijin = 2,97 Mpa
Tekan ijin = -21,12 Mpa

Tumpuan : Tarik ijin = 2,97 Mpa
Tekan ijin = -24,64 Mpa

- Pada saat beban layan

Tengah bentang : Tarik ijin = 3,92 Mpa
Tekan ijin = -18 Mpa

Tumpuan : Tarik ijin = 3,92 Mpa
Tekan ijin = -18 Mpa

Eksentrisitas Rencana:

$$\begin{aligned} \text{Eksentrisitas pada lapangan (e)} &= y_b - d' \\ &= 508,87 - 250 = 258,87 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Eksentrisitas pada tumpuan (e)} = 100 \text{ mm (di atas cgs)}$$

Misalkan F_0 yang digunakan sebesar 2500 kN maka perlu dilakukan kontrol tegangan yang terjadi pada balok saat keadaan transfer gaya prategang dan keadaan service.

Kondisi Tegangan pada Saat Transfer

Kombinasi *Dead Load* :

$$\text{Momen Tumpuan} = 578,20 \text{ kNm} = 57820 \text{ kgm} = 57820000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen Lapangan} = 533,05 \text{ kNm} = 53305 \text{ kgm} = 53330500 \text{ Nmm}$$

Tengah Bentang

Serat Atas:

$$\begin{aligned} f' &= -\frac{F_0}{A} + \frac{F_0 x e}{W_t} - \frac{M_D}{W_t} \\ &= -\frac{2500000}{636000} + \frac{2500000 \times 258,9}{125182228,65} - \frac{53330500}{125182228,65} \\ &= -3,93 + 5,17 - 4,26 \\ &= -3,02 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$-21,12 \text{ Mpa} < -3,02 \text{ Mpa} < 2,97 \text{ Mpa} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

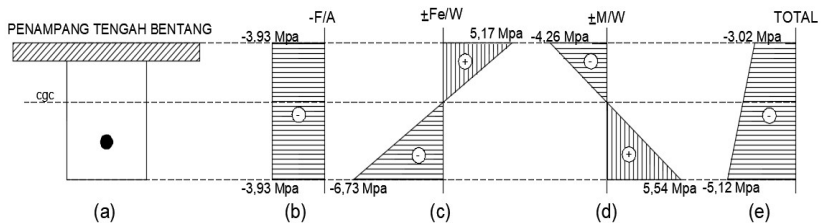
Serat Bawah:

$$f'' = -\frac{F_0}{A} - \frac{F_0 x e}{W_b} + \frac{M_D}{W_b}$$

$$\begin{aligned}
 &= -\frac{2500000}{636000} - \frac{2500000 \times 258,9}{96219043,38} + \frac{53330500}{125182228,65} \\
 &= -3,93 - 6,73 + 5,54 \\
 &= -5,12 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$-21,12 \text{ Mpa} < -5,12 \text{ Mpa} < 2,97 \text{ Mpa} \rightarrow$ Memenuhi

Berikut diagram tegangan pada penampang lapangan balok akibat beban mati:



Gambar 4. 38 (a) Penampang Tengah Bentang; (b) Tegangan Akibat Gaya Pratekan Terhadap Luas Penampang; (c) Tegangan Akibat Eksentrisitas; (d) Tegangan Akibat Momen; (e) Tegangan Total

Tumpuan

Serat Atas:

$$\begin{aligned}
 f &= -\frac{F_0}{A} - \frac{F_0 x e}{W_t} + \frac{M_D}{W_t} \\
 &= -\frac{2500000}{636000} - \frac{2500000 \times 100}{125182228,65} + \frac{57820000}{125182228,65} \\
 &= -3,93 - 1,99 + 4,62 \\
 &= -1,31 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

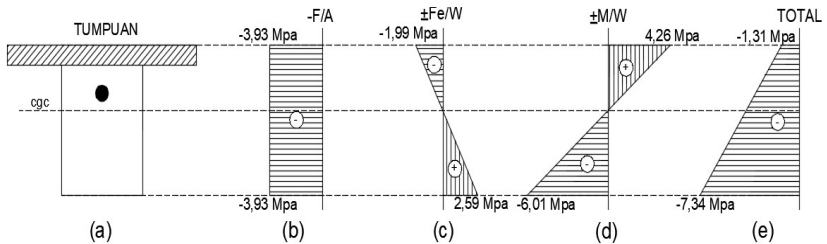
$-24,64 \text{ Mpa} < -1,31 \text{ Mpa} < 2,97 \text{ Mpa} \rightarrow$ Memenuhi

Serat Bawah:

$$\begin{aligned}
 f^b &= -\frac{F_0}{A} + \frac{F_0 x e}{W_b} - \frac{M_D}{W_b} \\
 &= -\frac{2500000}{636000} + \frac{2500000 \times 100}{96219043,38} - \frac{57820000}{125182228,65} \\
 &= -3,93 + 2,59 - 6,01 \\
 &= -7,34 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$-24,64 \text{ Mpa} < -7,34 \text{ Mpa} < 2,97 \text{ Mpa} \rightarrow$ Memenuhi

Berikut diagram tegangan pada penampang tumpuan balok akibat beban mati:



Gambar 4. 39 (a) Penampang Tumpuan; (b) Tegangan Akibat Gaya Pratekan Terhadap Luas Penampang; (c) Tegangan Akibat Eksentrisitas; (d) Tegangan Akibat Momen; (e) Tegangan Total

Kontrol Tegangan pada Saat Servis

Kombinasi *Dead Load + Live Load*:

Momen Tumpuan = 634,80 kNm = 63480 kgm = 634800000 Nmm

Momen Lapangan = 573,46 kNm = 573468 kgm = 573346000 Nmm

Tengah Bentang

Serat Atas:

$$\begin{aligned}
 f &= -\frac{F_0}{A} + \frac{F_0 x e}{W_t} - \frac{M_D}{W_t} \\
 &= -\frac{2500000}{636000} + \frac{2500000 \times 258,9}{125182228,65} - \frac{573346000}{125182228,65} \\
 &= -3,14 + 4,13 - 4,58 \\
 &= -3,59 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

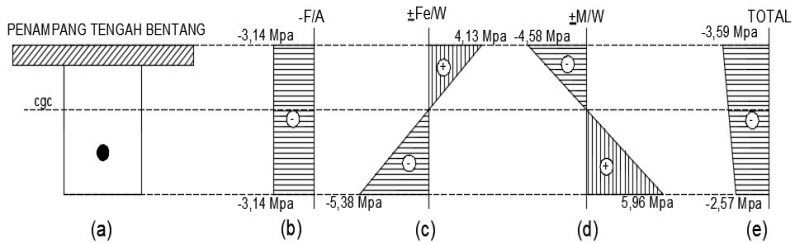
-18 Mpa < -3,59 Mpa < 3,92 Mpa → Memenuhi

Serat Bawah:

$$\begin{aligned}
 f' &= -\frac{F_0}{A} - \frac{F_0 x e}{W_b} + \frac{M_D}{W_b} \\
 &= -\frac{2500000}{636000} - \frac{2500000 \times 258,9}{96219043,38} + \frac{573346000}{96219043,38} \\
 &= -3,14 - 5,38 + 5,96 \\
 &= -2,57 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

-18 Mpa < -2,57 Mpa < 3,92 Mpa → Memenuhi

Berikut diagram tegangan pada penampang lapangan balok akibat beban *Dead Load* + *Live Load*:



Gambar 4. 40 (a) Penampang Lapangan; (b) Tegangan Akibat Gaya Pratekan Terhadap Luas Penampang; (c) Tegangan Akibat Eksentrisitas; (d) Tegangan Akibat Momen; (e) Tegangan Total

Tumpuan

Serat Atas:

$$\begin{aligned}
 f^t &= -\frac{F_0}{A} - \frac{F_0 x e}{W_t} + \frac{M_D}{W_t} \\
 &= -\frac{2500000}{636000} - \frac{2500000 x 100}{125182228,65} + \frac{634800000}{125182228,65} \\
 &= -3,14 - 1,6 + 5,07 \\
 &= 0,33 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

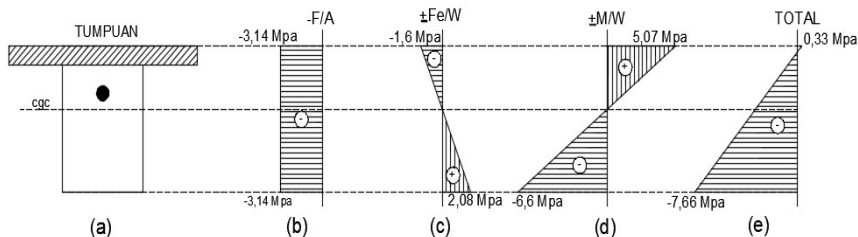
$-18 \text{ Mpa} < 0,33 \text{ Mpa} < 3,92 \text{ Mpa} \rightarrow$ Memenuhi

Serat Bawah:

$$\begin{aligned}
 f^b &= -\frac{F_0}{A} + \frac{F_0 x e}{W_b} - \frac{M_D}{W_b} \\
 &= -\frac{2500000}{636000} + \frac{2500000 x 100}{96219043,38} - \frac{634800000}{96219043,38} \\
 &= -3,14 + 2,08 - 6,60 \\
 &= -7,66 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$-18 \text{ Mpa} < -7,66 \text{ Mpa} < 3,92 \text{ Mpa} \rightarrow$ Memenuhi

Berikut diagram tegangan pada penampang tumpuan balok akibat beban *Dead Load* + *Live Load*:



Gambar 4. 41 (a) Penampang Lapangan; (b) Tegangan Akibat Gaya Pratekan Terhadap Luas Penampang; (c) Tegangan Akibat Eksentrisitas; (d) Tegangan Akibat Momen; (e) Tegangan Total

4.5.8 Penentuan Jumlah *Strand*

Data-data *strand* kabel diambil dari tabel VSL dengan menggunakan data dari tabel *prestressing strand 7 wire, uncoated* ASTM A416 untuk *post tensioning* dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Nominal diameter = 12,7 mm
- Luas nominal area kawat = 100,1 mm²
- Minimal *breaking load* = 184 kN

Sehingga penggunaan kabel *strand* untuk tendon pratekan:

$$f_{pu} = \frac{\text{minimum breaking load}}{A_s} = \frac{184000}{100,1} = 1838 \text{ Mpa}$$

Nilai f_{py} diambil 0,9 f_{pu} untuk tendon *low relaxation strand* (Nawy, 2001).

$$f_{py} = 0,9 f_{pu} = 0,9 \times 1838 \text{ Mpa} = 1654,35 \text{ Mpa}$$

Tegangan ijin tendon:

$$0,94 f_{py} = 0,94 \times 1654,35 \text{ Mpa} = 1555,08 \text{ Mpa}$$

$$0,8 f_{pu} = 0,8 \times 1838 \text{ Mpa} = 1470,53 \text{ Mpa}$$

$$0,7 f_{pu} = 0,7 \times 1838 \text{ Mpa} = 1286,71 \text{ Mpa}$$

Diambil nilai terkecil diantara ketiganya yaitu = 1286,71 Mpa

Dengan nilai tegangan ijin tendon yang didapat, dapat dihitung jumlah luasan *strand* yang dibutuhkan untuk menghasilkan gaya prategang $F = 2500 \text{ kN}$ yang diinginkan.

$$A_{ps} = \frac{F}{f_{st}} = \frac{2500000}{1286,71} = 1942,93 \text{ mm}^2$$

Jumlah *strand* :

$$n = \frac{A_{ps}}{A_s} = \frac{1942,93}{100,1} = 19,40 \approx 20 \text{ buah}$$

Jadi, dipasang *strand* berjumlah 20 buah, dengan tendon satu buah.

4.5.9 Perhitungan Kehilangan Pratekan

Kehilangan pratekan terbagi menjadi dua macam yaitu kehilangan pratekan langsung dan tidak langsung.

4.5.9.1 Kehilangan Pratekan Langsung

Kehilangan Akibat Perpendekan Elastis

Karena hanya ada satu tendon dan dongkrak yang ditarik secara simultan, maka perpendekan elastis akan berpresipitasi selama pendongkrakan. Dengan demikian tidak terjadi kehilangan tegangan akibat perendekan elastis tendon. $\Delta f_{pES} = 0$.

$$\% = \frac{0}{f_{st}} \times 100\% = \frac{0}{1286,71} \times 100\% = 0$$

Kehilangan Akibat Gesekan dan Wobble effect

Besarnya nilai kehilangan akibat gesekan dan *wobble effect* dapat dihitung sebagai berikut:

$$F_2 = F_1 x e^{-((\mu x \alpha) + (KxL))}$$

Atau jika dinyatakan dalam tegangan:

$$f_2 = f_1 x e^{-((\mu x \alpha) + (KxL))}$$

$$\Delta f_{pF} = f_1 - f_2 = f_1 (1 - e^{-((\mu x \alpha) + (KxL))})$$

Nilai sudut kelengkungan dengan asumsi bahwa tendon parabolik mendekati bentuk busur lingkaran sehingga didapat rumus sebagai berikut :

$$\alpha = \frac{8f}{L}, \text{ dengan } f \text{ adalah panjang fokus tendon (dari cgs)}$$

$$\alpha = \frac{8f}{L} = \frac{8 \times 258,87}{18000} = 0,115 \text{ rad}$$

$$f_i = \frac{F_i}{A_{ps}} = \frac{2700000}{2098,37} = 1286,71 \text{ Mpa}$$

sedangkan nilai K dan μ didapat dari Tabel 4 SNI 2847-2013 tentang friksi dan woble efect, untuk kawat *strand* dengan untaian

7 kawat didapat nilai $K = 0,0016-0,0066$ diambil $K = 0,0016/m$ dan $\mu = 0,15-0,25$ diambil $\mu = 0,15$. Sehingga nilai kehilangan akibat friksi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta f_{pF} &= f_1 - f_2 = f_1 (1 - e^{-((\mu x \alpha) + (K x L))}) \\ &= 1286,71 (1 - e^{-((0,15 \times 0,115) + (0,0016 \times 18))}) \\ &= 57,92 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Persentase kehilangan prategang akibat gesekan dan *wobble effect* adalah:

$$\% = \frac{\Delta f_{pF}}{f_{ji}} \times 100\% = \frac{57,92}{1286,71} \times 100\% = 4,5 \%$$

Jadi jumlah besarnya kehilangan prategang akibat *wobble effect* adalah sebesar 4,5 %.

Kehilangan Akibat Slip Angkur

Besarnya nilai prategang akibat slip angkur dapat dihitung dengan perumusan berikut:

$$\begin{aligned}\Delta f_{pA} &= 2f_{st} x \left(\frac{\mu x \alpha}{L} + K \right) x X \\ X &= \sqrt{\frac{E_{PS} x g}{f_{pi} \left(\frac{\mu x \alpha}{L} + K \right)}} \leq \frac{L}{2}\end{aligned}$$

Dimana :

E_{ps} = modulus elastisitas baja pategang = 200000 Mpa

g = 0,8 mm

f_{pi} = 1286,71 Mpa

dari perhitungan sebelumnya didapat $f_{pi} = f_{st} = \text{Mpa}$, sehingga:

$$X = \sqrt{\frac{E_{PS} x g}{f_{pi} \left(\frac{\mu x \alpha}{L} + K \right)}} \leq \frac{L}{2}$$

$$X = \sqrt{\frac{200000 \times 0,8}{1286,71 \left(\frac{0,15 \times 0,115}{18000} + 0,0016 \right)}} \leq \frac{18000}{2}$$

$$= 6971,13 \text{ mm} < 9000 \text{ mm}$$

Karena pengaruh tegangan belum mencapai tengah bentang, maka nilai kehilangan tekanan tidak terjadi pada tengah bentang sehingga:

$$\Delta f_{pA} = 0$$

Persentase kehilangan prategang akibat slip ankur adalah:

$$\% = \frac{\Delta f p A}{f p i} \times 100\% = \frac{0}{1286,71} \times 100\% = 0$$

Kehilangan Akibat Kekangan Kolom

Perhitungan kehilangan prategang akibat kekangan kolom dipengaruhi beberapa faktor diantaranya:

1. Perhitungan Kehilangan Akibat Elastisitas

$$l_k = 4000 \text{ mm}$$

$$l_b = 18000 \text{ mm}$$

$$I_b = 48962784906 \text{ mm}^4$$

$$I_k = \frac{1}{12} b \cdot h^3 = \frac{1}{12} 800 \cdot 800^3 = 34133333333 \text{ mm}^4$$

$$k = \frac{K_b}{K_k} = \frac{l_k \times I_b}{l_b \times I_k} = \frac{4000 \times 48962784906}{180 \times 34133333333} = 0,318$$

Displacement : node 1 = 0,267 mm (Output ETABS)

node 2 = 0,404 mm (Output ETABS)

$$\Delta l = 0,404 - 0,267 = 0,137 \text{ mm}$$

2. Perhitungan Momen Akibat Perpendekan Kolom

$\zeta_{BB} = \frac{\Delta l}{l}$ yang diakibatkan perpendekan, susut dan rangkai dari permodelan struktur ETABS.

$$\zeta_{BB} = \frac{\Delta l}{l} = \frac{0,137}{4000} = 0,000034$$

$$\begin{aligned} M_A &= \frac{3 \times (k+1)}{k \times (k+2)} \times \frac{E_c \times I_b}{I_k} \times \zeta_{BB} \\ &= \frac{3 \times (0,318+1)}{0,318 \times (0,318+2)} \times \frac{29725,41 \times 48962784906}{4000} \times 0,000034 \\ &= 66704023,26 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_B &= \frac{3}{(k+2)} \times \frac{E_c \times I_b}{I_k} \times \zeta_{BB} \\ &= \frac{3}{(0,318+2)} \times \frac{29725,41 \times 48962784906}{4000} \times 0,000034 \\ &= 16123468,80 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

3. Perhitungan Distribusi Momen Akibat Beban Merata

qD balok = $2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,78 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} = 1123,2 \text{ kg/m}$

qD pelat = $2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,12 \text{ m} \times 1,56 \text{ m} = 449,28 \text{ kg/m}$

Total qD (w) = 1572,48 kg/m

$$\begin{aligned}
 M_A &= \frac{1}{(k+2)} \times \frac{W \times l_b^2}{12} \\
 &= \frac{1}{(0,318+)} \times \frac{15,72 \times 18000^2}{12} \\
 &= 183101360,74 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_B &= \frac{-2}{(k+2)} \times \frac{W \times l_b^2}{12} \\
 &= \frac{-2}{(0,318+2)} \times \frac{15,72 \times 18000^2}{12} \\
 &= -366202721,47 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan Distribusi Momen Akibat Eksentrisitas

$$M_p = F_0 \times e = 2500 \times 258,87 = 647169811,3 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 M_A &= \frac{1}{(k+2)} \times M_p = \frac{1}{(0,318+2)} \times 647169811,3 \\
 &= 279100701,2 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$M_B = -2 \times M_A = -2 \times 279100701,2 = -558201402,5 \text{ Nmm}$$

Perhitungan Kehilangan Prategang Total Akibat Kekangan Kolom

Akibat perpendekan kolom

$$\Delta P = \frac{M_A - M_B}{l_b} = \frac{66704023,26 - 16123468,80}{18000} = 2810,03 \text{ N}$$

Akibat beban merata

$$\Delta P = \frac{M_A - M_B}{l_b} = \frac{183101360,74 - (-366202721,47)}{18000} = 30517 \text{ N}$$

Akibat Eksentrisitas

$$\Delta P = \frac{M_A - M_B}{l_b} = \frac{279100701,2 - (-558201402,5)}{18000} = 46517 \text{ N}$$

$$\Delta f_{pR} = \frac{2810,03 + 30517 + 46}{A_{ps}} = \frac{79844}{1942,93} = 41,09 \text{ Mpa}$$

$$\% = \frac{\Delta f_{pR}}{f_{pi}} = \frac{41,09}{1286,71} = 3,19 \%$$

Sehingga Total Kehilangan Akibat Proses Kehilangan Langsung:

$$\begin{aligned}
 \Delta f_H &= \Delta f_{pES} + \Delta f_{pF} + \Delta f_{pA} + \Delta f_{pA} \\
 &= 0 + 4,5 + 0 + 3,19 = 7,60 \%
 \end{aligned}$$

$$\text{Tegangan sisa} = 1286,7 \times (100\% - 7,60\%) = 1187,70 \text{ Mpa}$$

4.5.9.2 Kehilangan Pratekan Tidak Langsung

Kehilangan tidak langsung dibagi menjadi tiga tahap. Tahap pertama dihitung pada waktu sesaat setelah penyaluran gaya prategang yang mana pada perencanaan ini diasumsikan terjadi 18 jam setelah penarikan *strand*. Tahap kedua dihitung pada waktu 30 hari saat beban mati tambahan dan beban hidup mulai bekerja. Tahap terakhir dihitung saat dua tahun sesudah topping beton diletakkan.

Tahap 1

- Kehilangan Akibat Susut dan Rangkak

Tahap 1 terjadi sesaat setelah penyaluran gaya prategang sehingga kehilangan akibat susut dan rangkak sangat relatif kecil maka cenderung diabaikan. Jadi kehilangan akibat susut dan rangkak pada tahap 1 adalah nol.

- Kehilangan Akibat Relaksi Baja

$$f_{pi} = 0,7 \times f_{pu} = 0,7 \times 1838 = 1286,71 \text{ Mpa}$$

$$f_{py} = 0,9 \times f_{pu} = 0,9 \times 1838 = 1654,34 \text{ Mpa}$$

$$\frac{f_{pi}}{f_{py}} = \frac{1286,71}{1654,34} = 0,778 > 0,55 \rightarrow \text{terjadi relaksasi baja}$$

Besarnya nilai tegangan yang hilang akibat relaksasi baja:

Diasumsikan transfer pratekan terjadi setelah 18 jam sesudah penarikan *strand*.

$$\Delta f_{pR} = f_{pi} \left(\frac{\log t_2 - \log t_1}{45} \right) \left(\frac{f_{pi}}{f_{py}} - 0,55 \right)$$

$$\Delta f_{pR} = 1187,70 \left(\frac{\log(18)}{45} \right) \left(\frac{1286,71}{1654,34} - 0,55 \right) = 7,55 \text{ Mpa}$$

Total kehilangan prategang:

$$\begin{aligned} f_{pT} &= \Delta f_{pA} + \Delta f_{pR} + \Delta f_{cR} + \Delta f_{pSH} \\ &= 0 + 7,55 + 0 + 0 = 7,55 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

sehingga tegangan *strand* di akhir tahap:

$$f_{pe} = f_i - f_{pT} = 1187,70 - 7,55 = 1180,15 \text{ Mpa}$$

Tahap 2

- Kehilangan Akibat Relaksasi Baja

$$f_{pe} = 1180,15 \text{ Mpa}$$

$$f_{py} = 0,9 \times f_{pu} = 0,9 \times 1838 = 1654,34 \text{ Mpa}$$

$$\frac{f_{pi}}{f_{py}} = \frac{1180,15}{1654,34} = 0,713 > 0,55 \rightarrow \text{terjadi relaksasi baja}$$

Tahap kedua terjadi dari rentang waktu sesaat setelah gaya penyaluran prategang diberikan hingga beban mati tambahan dan beban hidup bekerja (30 hari). Besarnya nilai tegangan yang hilang akibat relaksasi baja:

$$\Delta f_{pR} = f_{pi} \left(\frac{\log t_2 - \log t_1}{45} \right) \left(\frac{f_{pi}}{f_{py}} - 0,55 \right)$$

$$\Delta f_{pR} = 1180,15 \left(\frac{\log(30 \times 24) - \log(18)}{45} \right) \left(\frac{1180,15}{1654,34} - 0,55 \right) = 6,86 \text{ Mpa}$$

- Kehilangan Akibat Susut

Luas penampang:

$$S_1 = 2 \times b_c \times L_b = 2 \times 1400 \times 18000 = 50400000 \text{ mm}^2$$

$$S_2 = 2 \times h_b \times L_b = 2 \times 900 \times 18000 = 32400000 \text{ mm}^2$$

$$S = S_1 + S_2 = 50400000 + 32400000 = 82800000 \text{ mm}^2$$

Volume penampang:

$$\begin{aligned} V &= (t_p \times b_c \times h_b \times b_b) \times L_b \\ &= (120 \times 1400 \times 780 \times 600) \times 18000 \\ &= 11448000000 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$K_{SH} = 0,58$$

$$E_{ps} = 200000 \text{ Mpa}$$

$$RH = 80\%$$

$$\text{Maka nilai } \frac{V}{S} = \frac{11448000000}{82800000} = 138,260 \text{ N}$$

Sehingga nilai kehilangan akibat susut:

$$\begin{aligned} \Delta f_{pSH} &= 8,2 \times 10^{-6} \cdot K_{SH} \times E_{ps} \left(1 - 0,0236 \frac{V}{S} \right) \times (100 - RH) \\ &= 8,2 \times 10^{-6} \cdot 0,58 \times 200000 (1 - 0,0236 \cdot 138,260) \times (100 - 80) \\ &= 43,05 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Kehilangan Akibat Rangkak

Nilai modulus ratio:

$$n = \frac{E_{ps}}{E_c} = \frac{200000}{29725,41} = 6,728$$

$$kcr = 1,6$$

Momen akibat beban mati sendiri:

$M_d = 573,46 \text{ kNm}$ (output ETABS)

Tegangan akibat beban mati:

$P_i = \text{tegangan sisa} \times \text{jumlah strand} \times \text{luas kawat}$

$$= 1187,70 \times 20 \times 100,1 = 2377774,79 \text{ N}$$

$$f_{cir} = \left(\frac{P_i}{A_c} + \frac{P_i \times e^2}{I_c} \right) + \frac{M_D \times e}{I_c}$$

$$= \left(\frac{2377774,79}{63600} + \frac{2377774,79 \times 258,86^2}{48962784906} \right) + \frac{5734600 \times 258,86}{48962784906}$$

$$= 6,96 \text{ Mpa}$$

Akibat beban mati sendiri dan tambahan:

$$f_{csd} = \frac{M_{SD} \times e}{I} = \frac{5734600 \times 258,86}{48962784906} = 3,03 \text{ Mpa}$$

Sehingga Nilai rangkak:

$$\Delta f_{pCr} = n \times K_{CR} (f_{cir} - f_{csd}) = 6,728 \times 1,6 (6,96 - 3,03) = 42,31 \text{ Mpa}$$

Total Kehilangan Pratekan:

$$f_{pT} = \Delta f_{pR} + \Delta f_{pCr} + \Delta f_{pSH} = 6,86 + 42,31 + 43,05 = 92,23 \text{ Mpa}$$

Peningkatan tegangan di *strand* akibat penambahan beban:

$$F_{SD} = n f_{csd} = 6,728 \times 3,03 = 20,4 \text{ Mpa}$$

Jadi tegangan *strand* di akhir tahap 2:

$$f_{pe} = f_{ps} - \Delta f_{pT} + f_{SD} = 1180,15 - 92,23 + 20,4 = 1108,32 \text{ Mpa}$$

Tahap 3

- Kehilangan Akibat Relaksasi Baja

$$f_{pi} = 1108,32 \text{ Mpa}$$

$$f_{py} = 0,9 \times f_{pi} = 0,9 \times 1838 = 1654,34 \text{ Mpa}$$

$$\frac{f_{pi}}{f_{py}} = \frac{1108,32}{1654,34} = 0,67 > 0,55 \rightarrow \text{terjadi relaksasi baja}$$

Rentang waktu :

$$t_1 = 30 \text{ hari} = 720 \text{ jam}$$

$$t_2 = 720 \text{ hari} = 1728 \text{ jam}$$

Besarnya nilai tegangan yang hilang akibat relaksasi baja:

$$\Delta f_{pR} = f_{pi} \left(\frac{\log t_2 - \log t_1}{45} \right) \left(\frac{f_{pi}}{f_{py}} - 0,55 \right)$$

$$\Delta f_{pR} = 1108,32 \left(\frac{\log(1728) - \log(720)}{45} \right) \left(\frac{1108,32}{1654,34} - 0,55 \right) = 4,08 \text{ Mpa}$$

Total kehilangan prategang:

$$f_{pT} = \Delta f_{pR} = 4,08 \text{ Mpa}$$

Jadi besarnya kehilangan prategang tahap 3 adalah 4,08 Mpa

Berikut rekapitulasi kehilangan gaya pratekan:

Tabel 4. 54 Total Kehilangan Gaya Prategang

Level tegangan tiap tahap	Tegangan baja	Persen
	Mpa	%
Tegangan efektif		
Sesudah penarikan 0,7 <i>fpu</i>	1286,713287	100%
Kehilangan langsung		
kehilangan perpedekan elastis	0	0%
Kehilangan angker slip	0,00	0 %
Kehilangan wobble effect	57,92	4,5%
Kehilangan Kekangan kolom	41,09	3,2%
Kehilangan tak langsung		
Kehilangan rangkai	42,32	3,3%
Kehilangan susut	43,05	3,3%
Kehilangan relaksasi baja	18,49	1,4%
<i>Total kehilangan</i>	202,87	15,8%
Penambahan		
Penambahan overtopping	20,40	1,6%
<i>Total penambahan</i>	20,40	1,6%
Tegangan efektif	1104,25	85,8191%

4.5.10 Kontrol Tegangan Setelah Kehilangan

$$f_e = 1104,25 \text{ Mpa}$$

$$\text{Jumlah strand} = 20 \text{ buah}$$

$$\text{Luasan kawat} = 100,1 \text{ mm}^2$$

$$F_{eff} = 1104,25 \times 20 \times 100,1 = 2210699,80 \text{ N}$$

Kontrol Tegangan pada daerah Lapangan Kondisi Servis

Kombinasi *Dead Load* + *Live Load*:

$$\text{Momen Tumpuan} = 634,80 \text{ kNm} = 63480 \text{ kgm} = 634800000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Momen Lapangan} = 573,46 \text{ kNm} = 573468 \text{ kgm} = 573346000 \text{ Nmm}$$

Tengah Bentang

Serat Atas:

$$\begin{aligned} f^t &= -\frac{F_{eff}}{A} + \frac{F_{eff} \times e}{W_t} - \frac{M_T}{W_t} \\ &= -\frac{2210699,80}{636000} + \frac{2210699,80 \times 258,87}{125182228,7} - \frac{573460000}{125182228,7} \\ &= -3,48 + 4,57 - 4,58 \\ &= -3,84 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

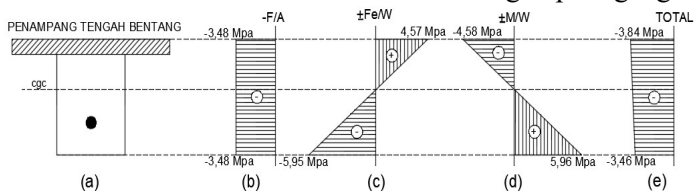
$$-18 \text{ Mpa} < -3,84 \text{ Mpa} < 3,92 \text{ Mpa} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Serat Bawah:

$$\begin{aligned} f^b &= -\frac{F_{eff}}{A} - \frac{F_{eff} \times e}{W_b} + \frac{M_T}{W_b} \\ &= -\frac{2210699,80}{636000} - \frac{2210699,80 \times 258,87}{96219043,38} + \frac{573460000}{96219043,38} \\ &= -3,47 - 5,95 + 5,96 \\ &= -3,46 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$-18 \text{ Mpa} < -3,46 \text{ Mpa} < 3,92 \text{ Mpa} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Berikut diagram tegangan pada penampang lapangan balok akibat beban *Dead Load* + *Live Load* setelah kehilangan prategang:



Gambar 4. 42 (a) Penampang Lapangan; (b) Tegangan Akibat Gaya Pratekan Terhadap Luas Penampang; (c) Tegangan Akibat Eksentrisitas; (d) Tegangan Akibat Momen; (e) Tegangan Total

Tumpuan

Serat Atas:

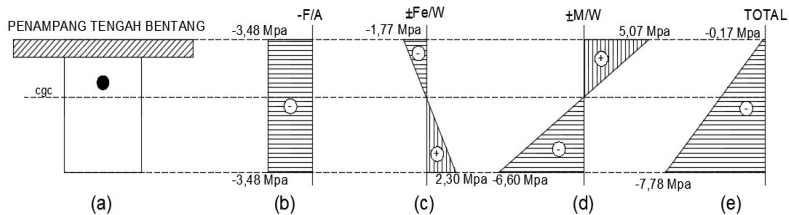
$$\begin{aligned}
 f' &= -\frac{F_{eff}}{A} - \frac{F_{eff} \times e}{W_t} + \frac{M_T}{W_t} \\
 &= -\frac{2210699,80}{636000} - \frac{2210699,80 \times 100}{125182228,7} + \frac{634800000}{125182228,7} \\
 &= -3,48 - 1,77 + 5,07 \\
 &= -0,17 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

-18 Mpa < -0,17 Mpa < 3,92 Mpa → Memenuhi

Serat Bawah:

$$\begin{aligned}
 f'' &= -\frac{F_{eff}}{A} + \frac{F_{eff} \times e}{W_b} - \frac{M_T}{W_b} \\
 &= -\frac{2210699,80}{636000} + \frac{2210699,80 \times 100}{96219043,38} - \frac{634800000}{96219043,38} \\
 &= -3,48 + 2,30 - 6,60 \\
 &= -7,78 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

-18 Mpa < -7,78 Mpa < 3,92 Mpa → Memenuhi

Berikut diagram tegangan pada penampang tumpuan balok akibat beban *Dead Load* + *Live Load* setelah kehilangan prategang:

Gambar 4. 43 (a) Penampang Tumpuan; (b) Tegangan Akibat Gaya Pratekan Terhadap Luas Penampang; (c) Tegangan Akibat Eksentrisitas; (d) Tegangan Akibat Momen; (e) Tegangan Total

4.5.11 Kontrol Daerah Limit Kabel

$$F_0 = 2500 \text{ kN}$$

$$F_{eff} = 2210,699 \text{ kN}$$

Daerah limit kabel selain dibatasi oleh kern pada balok juga dibatasi oleh nilai a_{min} dan a_{max} yang didapat dari perhitungan:

$$a_{\max} = \frac{M_d}{F_{eff}} = \frac{574360000}{2210699,80} = 259,402 \text{ mm}$$

$$d = h - \text{decking} - \text{sengkang} - \left(\frac{1}{2} \emptyset_{\text{lentur}}\right)$$

$$= 900 - 40 - 13 - \left(\frac{1}{2} 25\right) = 834,5 \text{ mm}$$

$$d' = h - d = 900 - 834 = 65,5 \text{ mm}$$

Syarat:

$$a_{\max} \leq (y_b + K_t - d')$$

$$259,402 \leq (508,86 + 151 - 65,5)$$

$$259,402 < 595 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

$$a_{\min} = \frac{M_d}{F_{eff}} = \frac{5330050000}{2210699,80} = 241,122 \text{ mm (akibat beban mati sendiri)}$$

$$\text{selisih syarat} = a_{\min} - (Y_b - K_b - d')$$

$$= 241,122 - (508,87 - 197 - 65,5) = -5,42 \text{ mm}$$

Sehingga :

e_0 lapangan :

$$a_{\max} - K_t < e_0 \text{ lapangan} < K_b + a_{\min} - \text{selisih syarat}$$

$$259,402 - 151 < 258,87 < 197 + 241,122 + 5,42$$

$$100 < 258,87 < 443,37 \rightarrow \text{Ok}$$

e_0 tumpuan

$$e_0 \text{ tumpuan} < K_t$$

$$100 < 151,29 \rightarrow \text{Ok}$$

Jadi :

$$e_0 \text{ lapangan} = 258,87 \text{ mm (terletak di bawah cgc)}$$

$$e_0 \text{ tumpuan} = 100 \text{ mm (atas cgc)}$$

4.5.12 Kontrol Lendutan

Lendutan ijin pada komponen prategang harus memenuhi syarat SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.1 tabel 9.5 (b) yaitu lendutan untuk konstruksi yang menahan atau yang disatukan oleh komponen non struktural sebesar :

$$\Delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{480} = \frac{18000}{480} = 37,5 \text{ mm}$$

Lendutan Awal Saat Jacking

- Lendutan Akibat Tekanan Tendon

$$\begin{aligned}\Delta l_{po} &= \frac{5}{384} \times \frac{P_o \times l^4}{E_c \times I} \\ P_o &= \frac{8 \times F_o \times x \times f}{l^2} = \frac{8 \times 2500000 \times 258,87}{18000^2} = 15,98 \text{ N/mm} \\ \Delta l_{po} &= \frac{5}{384} \times \frac{P_o \times l^4}{E_c \times I} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{15,98 \times 18000^4}{29725,41 \times 36455000000} \\ &= -20,16 \text{ mm (Lendutan ke atas)}\end{aligned}$$

- Lendutan Akibat Eksentrisitas Tepi Balok

$$\begin{aligned}\Delta l_{me} &= \frac{F_o \times e \times l^2}{8E_c \times I} \\ &= \frac{2500000 \times 100 \times 18000^2}{8 \cdot 29725,41 \times 36455000000} \\ &= 9,34 \text{ mm (Lendutan ke bawah)}\end{aligned}$$

- Lendutan Akibat Berat Sendiri

$$\begin{aligned}\Delta l_{qo} &= \frac{5}{384} \times \frac{q_o \times l^4}{E_c \times I} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{15,725 \times 18000^4}{29725,41 \times 36455000000} \\ &= 19,84 \text{ mm (Lendutan ke bawah)}\end{aligned}$$

Sehingga total lendutan pada saat awal transfer gaya prategang sebesar:

$$\Delta l_A = \Delta l_{po} + \Delta l_{me} + \Delta l_{qo} = -20,16 + 9,34 + 19,84 = 9,023 \text{ mm}$$

Lendutan Saat Beban Bekerja

- Lendutan Akibat Tekanan Tendon (F_{efektif})

$$\begin{aligned}P_o &= \frac{8 \times F_{\text{eff}} \times x \times f}{l^2} = \frac{8 \times 2210,80 \times 258,87}{18000^2} = 14,13 \text{ N/mm} \\ \Delta l_{po} &= \frac{5}{384} \times \frac{P_o \times l^4}{E_c \times I} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{14,13 \times 18000^4}{29725,41 \times 36455000000} \\ &= -17,83 \text{ mm (Lendutan ke atas)}\end{aligned}$$

- Lendutan Akibat Eksentrisitas Tepi Balok

$$\Delta l_{me} = \frac{F_{\text{eff}} \times e \times l^2}{8E_c \times I}$$

$$= \frac{2210699,80 \times 100 \times 18000^2}{8 \cdot 29725,41 \times 364550000000}$$

$$= 8,26 \text{ mm (Lendutan ke bawah)}$$

- Lendutan Akibat Berat Sendiri

Berat beban sendiri dan tambahan:

$$qD \text{ balok} = 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,78 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} = 1123,2 \text{ kg/m}$$

$$qD \text{ pelat} = 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,12 \text{ m} \times 1,56 \text{ m} = 449,28 \text{ kg/m}$$

$$qD \text{ aspal} = 14 \text{ kg/m}$$

$$qD \text{ apengantung plafond} = 8,7 \text{ kg/m}$$

$$qD \text{ plafod} = 6,4 \text{ kg/m}$$

$$qD \text{ instalasi listrik} = 40 \text{ kg/m}$$

$$qD \text{ perpipaan} = 25 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total } qD (w) = 1666,6 \text{ kg/m}$$

$$\Delta l_{qo} = \frac{5}{384} \times \frac{q_o \times l^4}{E_c \times I}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{16,66 \times 18000^4}{29725,41 \times 364550000000}$$

$$= 21,02 \text{ mm (Lendutan ke bawah)}$$

Sehingga total lendutan pada saat beban telah bekerja dengan gaya prategang efektif sebesar:

$$\Delta l_A = \Delta l_{po} + \Delta l_{me} + \Delta l_{qo} < \Delta l_{ijin}$$

$$= -17,83 + 8,26 + 21,02 < \Delta l_{ijin}$$

$$= 11,46 < 37,5 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

4.5.13 Perhitungan Momen Retak

$$M_{cr} = \left(\frac{F_e}{A} \times \frac{I}{y_b} \right) + \left(\frac{F_e \times e \times y_b}{I} \times \frac{I}{y_b} \right) + \left(f_r \times \frac{I}{y_b} \right)$$

$$= (F_e \times k_t) + (F_e \times e) + (f_r \times W_b)$$

$$= (2210699,80 \times 151,29) + (2210699,80 \times 258,87) + (3,92 \times 96219043,38)$$

$$= 1284027639 \text{ Nmm}$$

4.5.14 Perhitungan Tulangan Torsi

Cek kebutuhan torsi

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok} = 600 \times 900 = 540000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok}) = 2 \times (600 + 900) = 3000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_{oh} &= (b_{balok} - 2t_{decking} - D_{geser}) \times (h_{balok} - 2t_{decking} - D_{geser}) \\
 &= (600 - 2 \cdot 40 - 13) \times (900 - 2 \cdot 40 - 13) \\
 &= 409149 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_h &= 2x[(b_{balok} - 2t_{decking} - D_{geser}) + (h_{balok} - 2t_{decking} - D_{geser})] \\
 &= 2x[(600 - 2 \cdot 40 - 13) + (900 - 2 \cdot 40 - 13)] \\
 &= 2580 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Momen Puntir Ultimate:

$$T_u = 25940000 \text{ Nmm (output ETABS)}$$

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{25940 \text{ N}}{0,75} = 34586666,67 \text{ Nmm}$$

Cek apakah momen puntir dapat diabaikan (SNI 2847:2013 pasal 11.5.1):

$$\begin{aligned}
 T_{u \text{ min}} &= \phi 0,083 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) x \sqrt{1 + \frac{f_{pc}}{0,33 \sqrt{f'_c}}} \\
 &= \phi 0,083 x 1 \sqrt{40} \left(\frac{540000^2}{3000} \right) x \sqrt{1 + \frac{250000000}{0,33 \sqrt{40}}} \\
 &= 170427258,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{u \text{ max}} &= \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) x \sqrt{1 + \frac{f_{pc}}{0,33 \sqrt{f'_c}}} \\
 &= \phi 0,33 x 1 \sqrt{40} \left(\frac{540000^2}{3000} \right) x \sqrt{1 + \frac{250000000}{0,33 \sqrt{40}}} \\
 &= \frac{\phi \sqrt{f'_c}}{3} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) = \frac{0,75 \sqrt{40}}{3} \left(\frac{540000^2}{3000} \right) = 677602352,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$T_{u \text{ min}} > T_u \rightarrow$ Tidak memerlukan tulangan puntir

$T_{u \text{ min}} < T_u \rightarrow$ Memerlukan tulangan puntir

Karena $T_u < T_{u \text{ min}} = 25940000 \text{ Nmm} < 170427258,3 \text{ Nmm} \rightarrow$

Tidak memerlukan tulangan torsi

4.5.15 Perhitungan Tulangan Lentur

Tinggi Manfaat Rencana

$$d = h - \text{decking} - \text{sengkang} - \frac{1}{2} D$$

$$= 900 - 40 - 13 - \left(\frac{1}{2} \cdot 25\right) = 834,5 \text{ mm}$$

$$d' = h - d'$$

$$= 900 - 834,50 = 65,5 \text{ mm}$$

Rasio Tulangan

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$\beta = 0,85 - 0,05 \times \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

$$\beta = 0,85 - 0,05 \times \frac{(40 - 28)}{7}$$

$$\beta = 0,764$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$$

$$= \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{420} \times \frac{600}{(600 + 420)}$$

$$= 0,0364$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}}$$

$$= 0,75 \times 0,0364$$

$$= 0,0273$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 340} = 12,4$$

Penulangan Daerah Tumpuan Kiri

Momen terbesar yang terjadi pada tumpuan akibat kombinasi :
Envelope.

$$Mu = 1018410000 \text{ Nmm (Output ETABS)}$$

$$Mn = \frac{Mu}{0,9} = \frac{1018410000}{0,9} = 1131566667 \text{ Nmm}$$

$$X_b = \frac{600}{600 \times f_y} \times d = \frac{600}{600 \times 420} \times 834,5 = 490,88 \text{ mm}$$

$$X_{\max} = 0,75 X_b = 0,75 \times 490,88 = 368,16 \text{ mm}$$

$$X_{\min} = d' = 65,5 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times f'_c \times b \times \beta \times X_{\text{rencana}}$$

$$= 0,85 \times 40 \times 600 \times 0,764 \times 100 = 1559143 \text{ N}$$

$$A_{sc} = \frac{Cc'}{f_y} = \frac{1559143}{420} = 3712,24 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta \times X}{2} \right) \\ &= 3712,24 \times 420 \times \left(834,5 - \frac{0,764 \times 100}{2} \right) \\ &= 1241523184 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ns} &= M_n - M_{nc} = 1131566667 - 1241523184 \\ &= -109956517 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Kontrol:

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ Perlu Tulangan Lentur Tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ Tidak Perlu Tulangan Lentur Tekan

$M_{ns} = -109956517 \text{ Nmm} < 0 \rightarrow$ Tidak Perlu Tulangan Lentur Tekan

Maka selanjutnya perhitungan menggunakan tulangan tunggal.

Desain Tulangan Lentur Tarik

$$M_{n\text{perlu}} = \frac{Mu}{0,9} = \frac{1018410000}{0,9} = 1131566667 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{1131566667 \text{ Nmm}}{600 \times 834,5^2} = 2,71 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(12,4) \times 2,71}{420}} \right) \\ &= 0,0067 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$0,0033 < 0,0067 < 0,0273$ sehingga digunakan ρ_{perlu}

Direncanakan D25

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0067 \times 600 \times 834,5 \\ &= 3368,50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_{S_{\text{tarik}}}}{\frac{1}{4} \pi \times d^2} = \frac{3368,50}{\frac{1}{4} \pi \times 25^2} = 6,86 \approx 7 \text{ buah}$$

$$A_{S_{\text{pasang}}} = n \times \frac{1}{4} \pi x d^2 = 7 \times \frac{1}{4} \pi x 25^2 = 3436,11 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_{S_{\text{pasang}}} > A_{S_{\text{perlu}}} = 3436,11 > 3368,50 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ok}$$

Sehingga dipasang tulangan 7 D-25 untuk tulangan tarik.

Desain Tulangan Lentur Tekan

$$A_{S_{\text{tarik}}} = n \times \frac{1}{4} \pi x d^2 = 7 \times \frac{1}{4} \pi x 25^2 = 3436,11 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{tekan}}} = 0,5 \times 3436,11 = 1718,06 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{S_{\text{tekan}}}}{\frac{1}{4} \pi x d^2} = \frac{1718,06}{\frac{1}{4} \pi x 25^2} = 3,5 \approx 4 \text{ buah}$$

Sehingga dipasang tulangan 4D-25 untuk tulangan tekan.

Kontrol Jarak antar Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 2 lapis}$$

$$s = \frac{bw - (2x \text{ decking}) - (2x \text{ sengkang}) - (n \times D \text{ lentur})}{n-1} \\ = \frac{600 - (2x 40) - (2x 13) - (7x 25)}{7-1} = 53,17 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

Kontrol Jarak antar Tulangan Tekan

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 2 lapis}$$

$$s = \frac{bw - (2x \text{ decking}) - (2x \text{ sengkang}) - (n \times D \text{ lentur})}{n-1} \\ = \frac{600 - (2x 40) - (2x 13) - (4x 25)}{4-1} = 131,33 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

Cek Momen Nominal Penampang

$$a = \frac{A_{S_{\text{tarik}}} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b \times bw} = \frac{3436,11 \times 420}{0,85 \times 40 \times 600} = 70,74 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times f'_c \times b \times a = 0,85 \times 40 \times 600 \times 70,74 = 1443169,12 \text{ N}$$

$$Mn_{\text{pasang}} = Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ = 1443169,12 \times \left(834,5 - \frac{70,74}{2} \right) \\ = 1160934278 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$Mn_{\text{pasang}} > Mn_{\text{perlu}}$$

1160934278 Nmm > 1131566667 Nmm → Ok

Jadi, pada daerah tumpuan dipakai tulangan:

Tulangan Tarik Serat Atas : 7D-25

Tulangan Tekan Serat Bawah : 4D-25

Penulangan Daerah Lapangan

Momen terbesar yang terjadi pada tumpuan akibat kombinasi :
Envelope.

$M_u = 807580000$ Nmm (Output ETABS)

$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{807580000}{0,9} = 897311111,11$ Nmm

$X_b = \frac{600}{600 \times f_y} \times d = \frac{600}{600 \times 420} \times 834,5 = 490,88$ mm

$X_{max} = 0,75 X_b = 0,75 \times 490,88 = 368,16$ mm

$X_{min} = d' = 65,5$ mm

$X_{rencana} = 100$ mm

$Cc' = 0,85 \times f'_c \times b \times \beta \times X_{rencana}$
 $= 0,85 \times 40 \times 600 \times 0,764 \times 100 = 1559143$ N

$A_{sc} = \frac{Cc'}{f_y} = \frac{1559143}{420} = 3712,24$ mm²

$M_{nc} = A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta \times X}{2} \right)$
 $= 3712,24 \times 420 \times \left(834,5 - \frac{0,764 \times 100}{2} \right)$
 $= 1241523184$ Nmm

$M_{ns} = M_n - M_{nc} = 897311111,11 - 1241523184$
 $= -344212072,6$ Nmm

Kontrol:

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ Perlu Tulangan Lentur Tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ Tidak Perlu Tulangan Lentur Tekan

$M_{ns} = -344212072,6$ Nmm < 0 → Tidak Perlu Tulangan Lentur Tekan

Maka selanjutnya perhitungan menggunakan tulangan tunggal.

Desain Tulangan Lentur Tarik

$M_{n\text{perlu}} = \frac{M_u}{0,9} = \frac{807580000}{0,9} = 897311111,11$ Nmm

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{897311111,11 \text{ Nmm}}{600 \times 834,5^2} = 2,15 \text{ N/mm} \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,4} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(12,4) \times 2,15}{420}} \right) \\
 &= 0,0052
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

0,0033 > 0,0052 < 0,0273 sehingga digunakan ρ_{perlu}

Direncanakan D25

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0052 \times 600 \times 834,5 \\
 &= 2646,56 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_{S_{\text{tarik}}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} = \frac{2646,56}{\frac{1}{4} \times \pi \times 25^2} = 5,39 \approx 6 \text{ buah}$$

$$A_{S_{\text{spasang}}} = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = 6 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 2945,24 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_{S_{\text{spasang}}} > A_{S_{\text{perlu}}} = 2945,24 > 2646,56 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ok}$$

Sehingga dipasang tulangan 6 D-25 untuk tulangan tarik.

Desain Tulangan Lentur Tekan

$$A_{S_{\text{tarik}}} = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 2945,24 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{\text{tekan}}} = 0,5 \times 2945,24 = 1472,62 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{S_{\text{tekan}}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} = \frac{1472,62}{\frac{1}{4} \times \pi \times 25^2} = 3,1 \approx 4 \text{ buah}$$

Sehingga dipasang tulangan 4D-25 untuk tulangan tekan.

Kontrol Jarak antar Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 2 lapis}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{bw \text{ (2x decking)} - (2 \times \text{sengkang}) - (n \times D \text{ lentur})}{n-1} \\
 &= \frac{600 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (6 \times 25)}{6-1} = 68,8 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}
 \end{aligned}$$

Kontrol Jarak antar Tulangan Tekan

$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow$ susun 1 lapis

$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow$ susun 2 lapis

$$s = \frac{bw - (2x \text{ decking}) - (2x \text{ sengkang}) - (n \times D \text{ lentur})}{n-1}$$

$$= \frac{600 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (4 \times 25)}{4-1} = 131,33 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

Cek Momen Nominal Penampang

$$a = \frac{A_{starik} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b \times bw} = \frac{2945,24 \times 420}{0,85 \times 40 \times 600} = 60,64 \text{ mm}$$

$$Cc' = 0,85 \times f'_c \times b \times a = 0,85 \times 40 \times 600 \times 60,64 = 1237002,11 \text{ N}$$

$$Mn_{pasang} = Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 1237002,11 \times \left(834,5 - \frac{60,64}{2} \right)$$

$$= 10000399629 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$Mn_{pasang} > Mn_{perlu}$$

$$10000399629 \text{ Nmm} > 897311111,11 \text{ Nmm} \rightarrow \text{Ok}$$

Jadi, pada daerah lapangan dipakai tulangan:

Tulangan Tarik Serat Atas : 6D-25

Tulangan Tekan Serat Bawah : 4D-25

4.5.16 Perhitungan Tulangan Geser

Besarnya gaya yang mengakibatkan retak geser badan dekat tumpuan dan retak lentur geser miring dekat tengah bentang dalam SNI 2847-2013 pasal 11.3.3.1 dan 11.3.3.2 dengan syarat batas spasi sesuai pasal 11.4.5

Kuat Geser yang Disumbangkan Beton

Untuk komponen balok prategang nilai ϕV_c diambil dari nilai terkecil antara V_{ci} dan V_{cw} sesuai SNI 2847-2013 pasal 11.3.3

1. Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton pada saat terjadi keretakan diagonal akibat kombinasi momen dan geser (V_{ci}).

$$V_{ci} = 0,05 \lambda \sqrt{f'_c} b_w \cdot d_p + V_d + \frac{V_i \times M_{cre}}{M_{max}}$$

$$M_{cre} = \left(\frac{1}{Y_T}\right) \left(\frac{\sqrt{f_r c}}{2} + f_{pe} - f_d\right)$$

2. Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton pada saat terjadinya keretakan diagonal akibat tegangan tarik utama yang berlebihan pada badan penampang (V_{cw}).

$$V_{cw} = (0,29\lambda\sqrt{f_r c} + 0,3f_{pc}) \times b_w \times d_p + V_p$$

Kuat Geser Daerah Tumpuan

Output Gaya Dalam :

$$V_d = 251340 \text{ N}$$

$$V_l = 385420 \text{ N}$$

$$M_d \text{ tumpuan} = 578200000 \text{ Nmm}$$

$$M_d \text{ lapangan} = 533050000 \text{ Nmm}$$

$$M_{\max} \text{ lapangan} = 807580000 \text{ Nmm}$$

$$x = \text{diambil dari muka kolom} = 0,5 \times b_k = 0,5 \times 800 = 400 \text{ mm}$$

$$P' = \frac{8 \times F \times f}{L^2} = \frac{8 \times 2500000 \times 258,87}{18000^2} = 15,98 \text{ N/mm}^2$$

$$V_p' = \frac{L}{2} \times P = \frac{18000}{2} \times 15,98 = 143815,51 \text{ N}$$

Menghitung V_{cw} :

$$f_{pc} = \frac{F}{A_c} = \frac{250000000}{6360000} = 3,391 \text{ N/mm}^2$$

$$V_p = \frac{0,5L-x}{0,5L} \times V_p' = \frac{0,5(18000)-400}{0,5(18000)} \times 143815,51 = 148417,61 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_{cw} &= (0,29\lambda\sqrt{f_r c} + 0,3f_{pc}) \times b_w \times d_p + V_p \\ &= (0,29 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} + 0,3(4,245)) \times 600 \times 834,5 + 143815,51 \\ &= \mathbf{1646216,23 \text{ N}} \end{aligned}$$

Menghitung V_{ci} :

$$V_d = 251,34 \text{ kN (Output ETABS)}$$

$$V_i = 385,42 \text{ kN (Output ETABS)}$$

$$f_{pe} = \frac{F_e}{A} + \frac{F_e \times e}{W_b} = \frac{2210699,880}{6360000} + \frac{2210699,880 \times 100}{96219043,38} = 5,774 \text{ Mpa}$$

$$f_d = \frac{M_d}{W_b} = \frac{578200000}{96219043,38} = 6,009 \text{ Mpa}$$

$$M_{cre} = \left(\frac{1}{Y_T}\right) \left(\frac{\sqrt{f_r c}}{2} + f_{pe} - f_d\right)$$

$$= \left(\frac{I}{391,13} \right) \left(\frac{\sqrt{40}}{2} + 5,774 - 6,009 \right)$$

$$= 366356459,67 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} V_{ci} &= 0,05 \lambda \sqrt{f'_c} b_w \cdot d_p + V_d + \frac{V_i \times M_{cre}}{M_{max}} \\ &= 0,05 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot 600 \cdot 834,5 + 251340 + \frac{385420 \times 366356459,67}{1018410000} \\ &= 5548323,83 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{ci} > 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w \cdot d$$

$$V_{ci} > 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot 600 \cdot 834,5$$

$$V_{ci} > 538339,8 \text{ N}$$

Maka V_{ci} pakai = **548323,83 N**

Gaya geser beton yang diambil adalah nilai terkecil antara V_{cw} dan V_{ci} , maka $V_c = 548323,83 \text{ N}$

Gaya Geser Desain:

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{385420 - 0,75 \times 548323,83}{0,75} = -34430,5 \text{ N}$$

Karena V_s perlu < 0 , maka dipasang tulangan geser minimum.

$$V_s \text{ min} = \frac{b \times d}{3} = \frac{600 \times 834,5}{3} = 166900 \text{ N}$$

Direncanakan tulangan D13 dengan 2 kaki dengan $s = 150 \text{ mm}$.

$$A_v \text{ min} = \frac{b \times s}{3 \times f_y} = \frac{600 \times 150}{3 \times 280} = 107,143 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_v \text{ pakai} &= 0,25 \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\ &= 0,25 \times \pi \times 13^2 \times 2 \\ &= 265,46 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S \text{ perlu} = \frac{A_v \times 3 \times f_y}{b_w} = \frac{265,46 \times 3 \times 280}{600} = 371,65 \text{ mm}$$

Dipakai $s = 150 \text{ mm}$

Kontrol jarak spasi tulangan geser:

$$S_{max} < d/2 < 600 \text{ mm}$$

$$150 < 417,25 < 600 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

Spasi maksimum sengkang tidak boleh melebihi nilai yang terkecil dari (SNI 2847:2013 Pasal. 21.5.3.2):

- $d/4 = 834,5/4 = 208,62 \text{ mm}$

- $6 \times D_{lentur} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$
- 150 mm

Maka S pakai = 150 mm

Jadi, penulangan geser balok pratekan pada daerah tumpuan **2 kaki D 13-150 mm.**

Kuat Geser Daerah Lapangan

Output Gaya Dalam :

$$V_d = 251340 \text{ N}$$

$$V_i = 385420 \text{ N}$$

$$M_d \text{ tumpuan} = 578200000 \text{ Nmm}$$

$$M_d \text{ lapangan} = 533050000 \text{ Nmm}$$

$$M_{\max} \text{ lapangan} = 807580000 \text{ Nmm}$$

$$x = \text{diambil } 2 \times b_k = 2 \times 800 = 1600 \text{ mm}$$

$$P' = \frac{8 \times F \times f}{L^2} = \frac{8 \times 2500000 \times 258,87}{18000^2} = 15,98 \text{ N/mm}^2$$

$$V_p' = \frac{L}{2} \times P' = \frac{18000}{2} \times 15,98 = 143815,51 \text{ N}$$

Menghitung V_{cw} :

$$f_{pc} = \frac{F}{A_c} = \frac{250000000}{6360000} = 3,931 \text{ N/mm}^2$$

$$V_p = \frac{0,5L-x}{0,5L} \times V_p' = \frac{0,5(18000)-1600}{0,5(18000)} \times 143815,51 = 118248,313 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_{cw} &= (0,29\lambda\sqrt{f'_c} + 0,3f_{pc}) \times b_w \times d_p + V_p \\ &= (0,29 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} + 0,3(4,245)) \times 600 \times 834,5 + 143815,51 \\ &= \mathbf{1658707,88 \text{ N}} \end{aligned}$$

Menghitung V_{ci} :

$$V_d = 251,34 \text{ kN (Output ETABS)}$$

$$V_i = 385,42 \text{ kN (Output ETABS)}$$

$$V_{d \text{ lapangan}} = \frac{0,5L-2h}{0,5L} \times V_d = \frac{0,5(18000)-2(1600)}{0,5(18000)} \times 251340 = 206657,3 \text{ N}$$

$$V_{i \text{ lapangan}} = \frac{0,5L-2h}{0,5L} \times V_i = \frac{0,5(18000)-2(1600)}{0,5(18000)} \times 385420 = 316900,9 \text{ N}$$

$$f_{pe} = \frac{F_e}{A} + \frac{F_e \times e}{W_b} = \frac{2210699,880}{6360000} + \frac{2210699,880 \times 258,87}{96219043,38} = 9,424 \text{ Mpa}$$

$$f_d = \frac{M_d}{W_b} = \frac{533050000}{96219043,38} = 5,54 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 M_{cre} &= \left(\frac{I}{Y_T} \right) \left(\frac{\sqrt{f'c}}{2} + f_{pe} - f_d \right) \\
 &= \left(\frac{I}{391,13} \right) \left(\frac{\sqrt{40}}{2} + 9,424 - 5,54 \right) \\
 &= 882025057,31 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{ci} &= 0,05\lambda\sqrt{f'c} b_w \cdot d_p + V_d + \frac{V_i \times M_{cre}}{M_{max}} \\
 &= 0,05 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} 600 \cdot 834,5 + 206657,3 + \frac{316900,9 \times 882025057,31}{1018410000} \\
 &= 711106,30 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$V_{ci} > 0,17 \lambda \sqrt{f'c} b_w \cdot d$$

$$V_{ci} > 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot 600 \cdot 384,5$$

$$V_{ci} > 538339,8 \text{ N}$$

Maka V_{ci} pakai = **711106,30 N**

Gaya geser beton yang diambil adalah nilai terkecil antara V_{cw} dan V_{ci} , maka $V_c = 711106,30 \text{ N}$

Gaya Geser Desain:

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{385420 - 0,75 \times 711106,30}{0,75} = -288571,8 \text{ N}$$

Karena V_s perlu < 0 , maka dipasang tulangan geser minimum.

$$V_s \text{ min} = \frac{b \times d}{3} = \frac{600 \times 834,5}{3} = 166900 \text{ N}$$

Direncanakan tulangan D13 dengan 2 kaki dengan $s = 250 \text{ mm}$

$$A_{v \text{ min}} = \frac{b \times s}{3 \times f_y} = \frac{600 \times 250}{3 \times 280} = 178,571 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_{v \text{ pakai}} &= 0,25 \times \pi \times d^2 \times n \text{ kaki} \\
 &= 0,25 \times \pi \times 13^2 \times 2 \\
 &= 265,46 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$S \text{ perlu} = \frac{A_v \times 3 \times f_y}{b_w} = \frac{265,46 \times 3 \times 280}{600} = 371,65 \text{ mm}$$

Dipakai $s = 250 \text{ mm}$

Kontrol jarak spasi tulangan geser:

$$S_{max} < d/2 < 600 \text{ mm}$$

$$250 < 417,25 < 600 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

Maka S pakai = 250 mm

Jadi, penulangan geser balok pratekan pada daerah tumpuan **2 kaki D 13-250 mm.**

Di bawah ini rekapitulasi penulangan lunak balok pratekan:

Tabel 4. 55 Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Pratekan

b (mm)	h (mm)	L (mm)	Penulangan Lentur											
			Tumpuan						Lapangan					
			Atas			Bawah			Bawah			Atas		
600	900	18000	7	D	25	4	D	25	6	D	25	4	D	25

Tabel 4. 56 Rekapitulasi Tulangan Geser Balok Pratekan

b (mm)	h (mm)	L (mm)	Penulangan Geser						Penulangan Torsi
			Tumpuan			Lapangan			
600	900	18000	D	13	150	D	13	250	-

4.5.17 Kontrol Momen Nominal dan Momen Retak

Kuat nominal tulangan lunak harus dilakukan pengecekan terhadap momen ultimit dan momen retak balok. Desain balok prategang harus memenuhi rasio momen retak balok. Desain balok pratekan harus memenuhi rasio momen batas yang disyaratkan dalam SNI 2847-2013 pasal 18.7.

Data perencanaan:

$$F_u = 184 \text{ kN} = 184000 \text{ N}$$

$$\text{Luas kawat} = 100,1 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ strand} = 20 \text{ buah}$$

$$A_{ps} (n \times A) = 20 \times 100,1 = 2002 \text{ mm}^2$$

$$f_{pu} (F_u / A) = \frac{184000}{100,1} = 1838,16 \text{ Mpa}$$

$$f_{py} (0,9 f_{pu}) = 1654,345 \text{ Mpa}$$

$$f_{pu} / f_{py} = 0,9$$

$$b_e = 1400 \text{ mm}$$

$$M_{cr} = 1284027639 \text{ Nmm}$$

f_{se} = 1104,25 Mpa (Tegangan efektif setelah kehilangan)

Daerah Tumpuan

Tulangan terpasang:

Serat Atas = 7D-25 ($A_s = 3436,116 \text{ mm}^2$)

Serat Bawah = 4D-25 ($A_s' = 1963,495 \text{ mm}^2$)

$e_{\text{tumpuan}} = 100$

$d_p = e_{\text{tumpuan}} + Y_b = 100 + 508,87 = 608,87 \text{ mm}$

$$\rho_{ps} = \frac{A_{ps}}{b \times e \times d_p} = \frac{2002}{140 \times 608,87} = 0,0023$$

Syarat:

Selimit beton $\leq 0,15 d_p$ (SNI 2847-2013 ps 18.7.2)

$40 \text{ mm} \leq 0,15 \times 608,87 \text{ mm}$

$40 \text{ mm} < 91,33 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$

Mencari nilai f_{ps} untuk tendon tidak terlekat:

$$\text{Rasio panjang balok terhadap tinggi penampang balok} = \frac{l}{h_b} = \frac{18000}{900} = 20$$

Untuk $\frac{l}{h_b} = 20 < 35$, maka f_{ps} harus dipilih yang terkecil dari nilai dibawah ini:

- $f_{ps} = f_{se} + 70 + \frac{f'_c}{100 \times \rho_{ps}}$
 $= 1104,25 + 70 + \frac{40}{100 \times 0,0023}$
 $= 1344,56 \text{ Mpa}$
- $f_{ps} = f_{py} = 1654,345 \text{ Mpa}$
- $f_{ps} = f_{se} + 420 = 1104,25 + 420 = 1524,25 \text{ Mpa}$

Maka f_{ps} pakai = 1344,56 Mpa

periksa apakah balok dianggap balok T atau balok persegi panjang:

$$a = \left(\frac{A_{ps} \times f_{ps} + A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b_w} \right) = \left(\frac{2002 \times 1344,56 + 3436,116 \times 420}{0,85 \times 40 \times 600} \right) = 202,69 \text{ mm}$$

karena $a > t_p = 120 \text{ mm}$ maka balok dianggap sebagai balok T

$$A_{pw} \times f_{ps} = A_{ps} \times f_{ps} + A_s \times f_y - 0,85 \times f'_c (b_e - b_w) t_p$$

$$A_{pw} \times f_{ps} = 2102,1 \times 1344,56 + 3436,116 \times 420 - 0,85 \times 40 (1400 - 600) \times 120 = 870974,96 \text{ N}$$

$$a = \left(\frac{A_{pw} \times f_{ps}}{0,85 \times f'_c \times b \times d} \right) = \left(\frac{870974,96}{0,85 \times 40 \times 600} \right) = 42,694 \text{ mm}$$

cek kondisi penulangan:

$$\omega_p = \frac{\rho_{ps} \times f_{ps}}{f'_c} = \frac{0,0023 \times 1344,56}{40} = 0,0789$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{3436,116}{600 \times 834,5} = 0,00686$$

$$\omega = \frac{\rho \times f_y}{f'_c} = \frac{0,00686 \times 420}{40} = 0,720$$

$$\rho' = \frac{A_{s'}}{b \times d} = \frac{1963,495}{600 \times 834,5} = 0,0039$$

$$\omega' = \frac{\rho' \times f_y}{f'_c} = \frac{0,0039 \times 420}{40} = 0,0417$$

$$\omega_p + \frac{d}{d_p} (\omega - \omega') < 0,36 \beta$$

$$0,0789 + \frac{834,5}{608,87} (0,720 - 0,0417) < 0,36 (0,764)$$

$0,12 < 0,275 \rightarrow$ Tulangan normal

Balok termasuk balok dengan tulangan normal

$$\begin{aligned} M_n &= A_{ps} \times f_{ps} \times \left(d_p - \frac{a}{2} \right) + A_s \times f_y \times \left(d_p - \frac{a}{2} \right) + 0,85 \times f'_c (b_e - b_w) t_p \\ &= 870974,96 \times \left(608,87 - \frac{42,694}{2} \right) + 3436,116 \times 420 \times \left(608,87 - \frac{42,694}{2} \right) + 0,85 \times 40 (1400 - 600) 120 \\ &= 2628845796 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek momen nominal terhadap momen retak:

$$\emptyset M_n > 1,2 M_{cr}$$

$$0,9 \times 2628845796 \text{ Nmm} > 1,2 \times 1284027639 \text{ Nmm}$$

$$2365961217 \text{ Nmm} > 1540833166 \text{ Nmm} \rightarrow \text{Ok}$$

Daerah Lapangan

Tulangan terpasang:

$$\text{Serat Atas} = 6D-25 (A_s = 2945,24 \text{ mm}^2)$$

$$\text{Serat Bawah} = 4D-25 (A_{s'} = 1963,495 \text{ mm}^2)$$

$$e_{tumpuan} = 100$$

$$d_p = e_{\text{lapangan}} + Y_t = 258,87 + 391,13 = 650 \text{ mm}$$

$$\rho_{ps} = \frac{A_{ps}}{b \times d_p} = \frac{2002}{1400 \times 650} = 0,0022$$

Syarat:

Selimut beton $\leq 0,15 d_p$ (SNI 2847-2013 ps 18.7.2)

$$40 \text{ mm} \leq 0,15 \times 650 \text{ mm}$$

$$40 \text{ mm} < 97,5 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

Mencari nilai f_{ps} untuk tendon tidak terlekat:

$$\text{Rasio panjang balok terhadap tinggi penampang balok} = \frac{l}{h_b} = \frac{18000}{900} = 20$$

Untuk $\frac{l}{h_b} = 20 < 35$, maka f_{ps} harus dipilih yang terkecil dari nilai dibawah ini:

- $f_{ps} = f_{se} + 70 + \frac{f'_c}{100 \times \rho_{ps}}$
 $= 1104,25 + 70 + \frac{40}{100 \times 0,0022}$
 $= 1356,064 \text{ Mpa}$
- $f_{ps} = f_{py} = 1654,345 \text{ Mpa}$
- $f_{ps} = f_{se} + 420 = 1104,25 + 420 = 1524,2 \text{ Mpa}$

Maka f_{ps} pakai = 1356,064 Mpa

periksa apakah balok dianggap balok T atau balok persegi panjang:

$$a = \left(\frac{A_{ps} \times f_{ps} + A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b \times w} \right) = \left(\frac{2002 \times 1356,064 + 2945,24 \times 420}{0,85 \times 40 \times 600} \right) = 83,021 \text{ mm}$$

karena $a < t_p = 120 \text{ mm}$ maka balok dianggap sebagai balok biasa cek kondisi penulangan:

$$\omega_p = \frac{\rho_{ps} \times f_{ps}}{f'_c} = \frac{0,0022 \times 1356,064}{40} = 0,0746$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{2945,24}{600 \times 834,5} = 0,00252$$

$$\omega = \frac{\rho \times f_y}{f'_c} = \frac{0,00252 \times 420}{40} = 0,0265$$

$$\rho' = \frac{A_{s'}}{b \times d} = \frac{1963,495}{600 \times 834,5} = 0,0039$$

$$\omega' = \frac{\rho' \times f_y}{f'_c} = \frac{0,0039 \times 420}{40} = 0,0417$$

$$\omega_p + \frac{d}{d_p}(\omega - \omega') < 0,36 \beta$$

$$0,0746 + \frac{834,5}{650}(0,0265 - 0,0417) < 0,36 (0,764)$$

$$0,0557 < 0,275 \rightarrow \text{Tulangan normal}$$

Balok termasuk balok dengan tulangan normal

$$M_n = A_{ps} \times f_{ps} \times \left(d_p - \frac{a}{2}\right) + A_s \times f_y \times \left(d_p - \frac{a}{2}\right)$$

$$= 2002 \times 1356,064 \times \left(650 - \frac{83,021}{2}\right) + 2945,24 \times 420 \times \left(650 - \frac{83,021}{2}\right) = 2632879440 \text{ Nmm}$$

Cek momen nominal terhadap momen retak:

$$\phi M_n > 1,2 M_{cr}$$

$$0,9 \times 2632879440 \text{ Nmm} > 1,2 \times 1284027639 \text{ Nmm}$$

$$2369591496 \text{ Nmm} > 1540833166 \text{ Nmm} \rightarrow \text{Ok}$$

4.5.18 Kontrol SNI 2847-2013 Pasal 21.5.2.5

Prategang yang digunakan harus memenuhi persyaratan SNI 2847-2013 21.5.2.5. Dalam pasal 21.5.2.5 (a) disebutkan prategang rata-rata, f_{pc} , yang dihitung untuk luas yang sama dengan dimensi penampang komponen struktur terkecil yang dikalikan dengan dimensi penampang tegak lurus tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari 3,5 Mpa atau $f_c/10$.

$$F_{eff} = 2210699,80 \text{ N}$$

$$A_c = 636000 \text{ mm}^2$$

$$\frac{F_{eff}}{A_c} < 3,5 \text{ Mpa atau } f_c/10 = 40/10 = 4 \text{ Mpa}$$

$$\frac{2210699,80}{636000} < 3,5 \text{ Mpa (menentukan)}$$

$$3,47 \text{ Mpa} < 3,5 \text{ Mpa} \rightarrow \text{Ok}$$

Dalam SNI 2847-2013 Pasal 21.5.2.5 (b) bahwa baja prategang tidak boleh menyumbang lebih dari seperempat kekuatan lentur positif atau negatif di penampang kritis pada daerah sendi plastis dan harus diangkur pada atau melewati muka eksterior joint.

$$\begin{aligned} M_{np} &= A_{pw} \times f_{ps} \left(d_p - \frac{a}{2} \right) = 870974,96 \times \left(608,87 - \frac{42,694}{2} \right) \\ &= 511715645,52 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \frac{M_{np}}{M_n} &< 25\% \\ \frac{511715645,52 \text{ Nmm}}{2628845796 \text{ Nmm}} &< 25\% \\ 19,465 \% &< 25\% \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

4.5.19 Perhitungan Angkur Ujung

Penulangan pada zona angkur untuk menghindari pembelahan dan *blusting* akibat gaya tekan terpusat yang disalurkan melalui alat angkur.

$$\begin{aligned} F_0 &= 2500000 \text{ N} \\ P_u &= 1,2 \times F_0 = 1,2 \times 2500000 \text{ N} = 3000000 \text{ N} \\ a &= 290 \text{ mm (angkur dengan strand 20 buah)} \\ e &= 100 \text{ mm (eksentrisitas tumpuan)} \\ h &= 900 \text{ mm (tinggi penampang pada arah ditinjau)} \\ d_{\text{pencar}} &= 0,5 \times (h - 2e) = 0,5 \times (900 - 2 \times 100) = 350 \text{ mm} \\ T_{\text{pencar}} &= 0,25 \sum P_u \left(1 - \frac{a}{h} \right) = 0,25 \times 3000000 \left(1 - \frac{290}{900} \right) = 508333,33 \text{ N} \\ A_{vp} &= \frac{T_{\text{pencar}}}{f_y} = \frac{508333,33}{420} = 1210,37 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan D13, $A_v = 265 \text{ mm}^2$, maka jumlah tulangan sengkang diperlukan:

$$n = \frac{A_{vp}}{A_v} = \frac{1210,37}{265} = 4,55 \approx 5 \text{ buah}$$

Jarak sengkang pada daerah angkur:

$$S = \frac{d_{\text{pencar}}}{n} = \frac{350}{5} = 70 \text{ mm}$$

Sehingga dipasang tulangan D13 – 70 mm

4.5.20 Perhitungan Panjang Penyaluran

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing-masing penampang melalui penyaluran tulangan. Perhitungan panjang penyaluran berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2.1

Panjang Penyaluran Batang Tulangan Ulir Dalam Kondisi Tarik

$$A_s \text{ perlu} = 3368,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 3436,12 \text{ mm}^2$$

$$d_b = 25 \text{ mm}$$

$$f'_c = 40 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\psi_e = 1,5 \text{ (SNI 2847-2013 pasal 12.2.4 poin b)}$$

$$\psi_t = 1 \text{ (SNI 2847-2013 pasal 12.2.4 poin a)}$$

$$\lambda = 1 \text{ (SNI 2847-2013 pasal 12.2.4 poin d)}$$

Panjang penyaluran:

$$l_d = \left(\frac{f_y \times \psi_t \times \psi_e}{1,7\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b = \left(\frac{420 \times 1 \times 1,5}{1,7 \times 1 \times \sqrt{40}} \right) \cdot 25 = 1464,88 \text{ mm}$$

l_d reduksi tulangan (SNI 2847:2013 pasal 12.2.5):

$$l_d = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{pasang}}} \times l_d = \frac{3368,5}{3436,12} \times 1464,88 = 1436,05 \text{ mm} \approx 1500 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$1500 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran dalam kondisi tarik adalah 1500 mm

Penyaluran Tulangan Kait Standar Dalam Kondisi Tarik

$$A_s \text{ perlu} = 3368,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 3436,12 \text{ mm}^2$$

$$D_b = 25 \text{ mm}$$

$$f'_c = 40 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\psi_e = 1 \text{ (SNI 2847-2013 pasal 12.5.2)}$$

$$\lambda = 1 \text{ (SNI 2847-2013 pasal 12.5.2)}$$

Panjang penyaluran berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.5.2:

$$l_d = \left(\frac{0,24 f_y \times \psi_e}{\lambda \sqrt{f'c}} \right) d_b = \left(\frac{0,24 \times 420 \times 1}{1 \sqrt{40}} \right) \cdot 25 = 398,4 \text{ mm}$$

l_d koreksi:

$$l_d = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{s\text{pasang}}} \times l_d = \frac{3368,5}{3436,12} \times 398,4 = 391 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_d \geq 8d_b$$

$$400 > 8 \times 25$$

$$400 > 200 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

$$l_d \geq 150 \text{ mm}$$

$$400 > 150 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

Perhitungan Panjang Kait:

$$12d_b = 12 \times 25 \text{ mm} = 300 \text{ mm} \approx 350 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran dalam kondisi tarik adalah 400 mm

Penyaluran Batang Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tekan

(SNI 2847:2013 pasal 12.3.2)

$$A_s \text{ perlu} = 1718 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 1963,5 \text{ mm}^2$$

$$D_b = 25 \text{ mm}$$

$$f'_c = 40 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\lambda = 1 \text{ (SNI 2847-2013 pasal 12.2.4 poin d)}$$

Panjang penyaluran:

$$l_d = \left(\frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f'c}} \right) d_b = \left(\frac{0,24 \times 420}{1 \sqrt{40}} \right) \cdot 25 = 398,2 \text{ mm}$$

l_d perlu:

$$l_d = 0,043 \times f_y \times d_b = 0,043 \times 420 \times 25 = 451,5 \text{ mm}$$

ld koreksi:

$$l_d = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s_{pasang}}} \times l_{dh} = \frac{1718}{1963,5} \times 451,5 \text{ mm} = 395,063 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_{dh} \geq 200 \text{ mm}$$

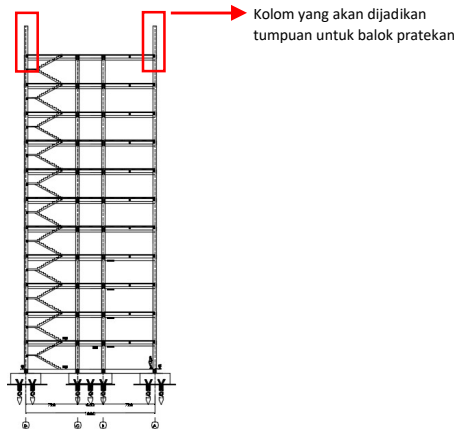
$$400 > 200 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran batang tulangan berkait dalam kondisi tarik adalah 400 mm.

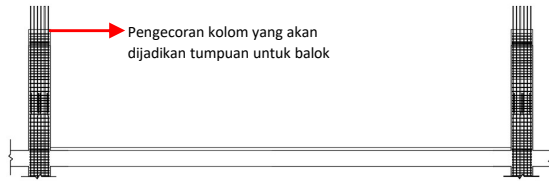
4.5.21 Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan sangat penting karena perhitungan yang dilakukan tergantung dari metode pelaksanaan pemasangan balok pratekan. Dalam Tugas Akhir ini, balok pratekan yang direncanakan adalah balok pratekan *post-tension* monolit. Berikut metode pelaksanaan pemasangan balok pratekan:

1. Pengecoran kolom sebagai struktur vertikal yang nantinya akan digunakan untuk menumpu balok pratekan.

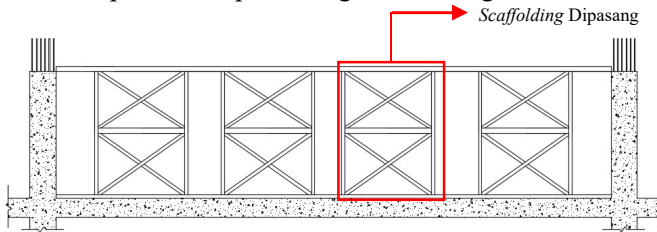


Gambar 4. 44 Lokasi Kolom Sebagai Tumpuan Balok Pratekan

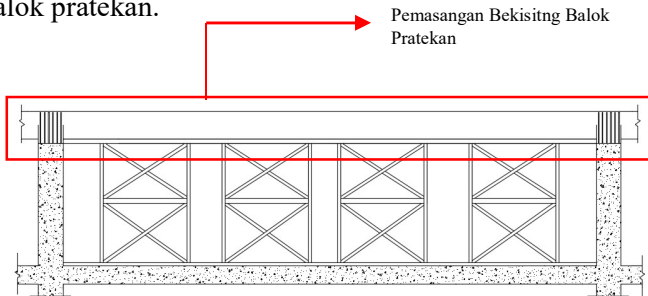


Gambar 4. 45 Pengecoran Kolom

- Setelah kolom berdiri, dilakukan pemasangan *scaffolding* guna mempermudah pemasangan bekisting balok.

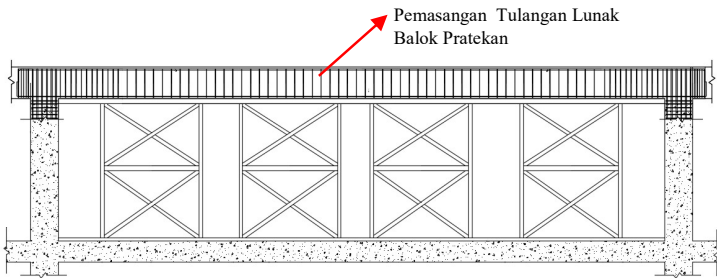
Gambar 4. 46 Pemasangan *Scaffolding* untuk Mempermudah Pemasangan Bekisting

- Bekisting untuk balok pratekan lalu dipasang, kemudian dipasang tulangan-tulangan lunak yang merangka pada balok pratekan.



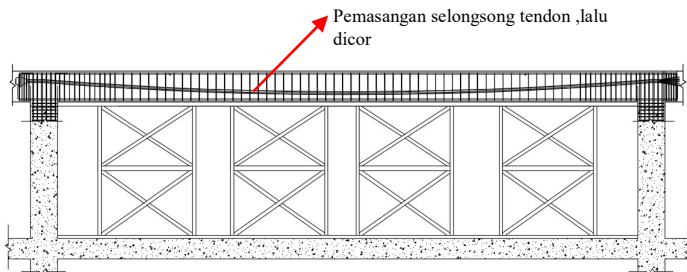
Gambar 4. 47 Pemasangan Bekisting Balok Pratekan

4. Setelah pemasangan tulangan lunak selesai, diikuti dengan pemasangan selongsong. Selongsong diletakkan dalam bekisting dengan posisi yang telah diatur membentuk pola sesuai dengan bidang momennya. Titik-titik yang menjadi batas limit tendon harus ditandai agar tendon tidak berada diluar pada daerah limit kabel.



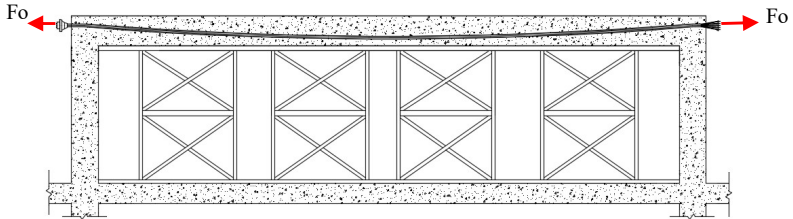
Gambar 4. 48 Pemasangan Tulangan Lunak

5. Setelah selongsong dipasang, balok pratekan dicor bersamaan dengan pelat sepanjang lebar efektif pelat. Pengecoran dilakukan dengan cor ditempat. Pengecoran harus menjaga selongsong tendon agar tetap pada posisinya.



Gambar 4. 49 Pemasangan Selongsong Tendon

6. Tunggu sampai balok mencapai kekuatan tertentu. Dalam perencanaan ini, balok tunggu sampai mencapai kekuatan umur beton selama 14 hari.
7. Setelah 14 hari, tendon dimasukkan ke dalam selongsong, lalu dilakukan *jacking* (penarikan tendon) dengan gaya sebesar F_0 .

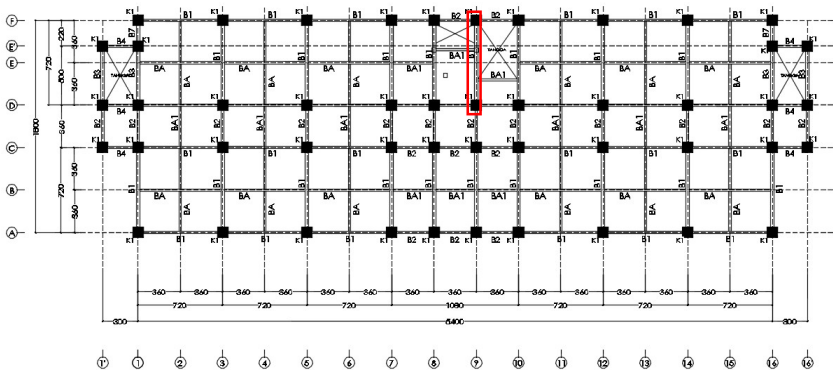


Gambar 4. 50 Penarikan Tendon (*Jacking*)

8. Pengangkuran dilakukan setelah balok selesai di *jacking*. Pengangkuran berfungsi untuk menahan agar tidak terjadi slip pada tendon.
9. Terakhir adalah grouting. Grouting dilakukan dengan menyuntikan pasta semen ke dalam tendon.

4.6 Desain Balok Induk

Pada perencanaan balok induk, balok yang ditinjau adalah balok tipe B1. Berikut letak balok induk yang ditinjau:



Gambar 4. 51 Denah Balok Induk yang Ditinjau

4.6.1 Data Perencanaan Balok Induk

Berikut data perencanaan dalam perhitungan penulangan balok induk:

- Tipe Balok = B1
- Dimensi Balok = 450/600
- Bentang Balok = 7200 mm
- Mutu Beton ($f'c$) = 30 Mpa
- Selimut beton = 40 mm
- Diameter tul. Lentur = 25 mm
- Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa
- Diameter tul. Torsi = 25 mm
- Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa
- Diameter tul. Sengkang = 13 mm
- Mutu Baja (f_y) = 280 Mpa

Berikut output gaya tekan aksial, torsi, geser, momen tumpuan dan momen lapangan dari program bantu ETABS:

Gaya Aksial	= 11,24 kN
Gaya Torsi	= 80,74 kNm
Gaya Geser Kanan	= 59,56 kN
Gaya Geser Kiri	= 83,56 kN
Momen Tumpuan Kanan	= 471,54 kNm
Momen Tumpuan Kiri	= 486,23 kN
Momen Lapangan	= 421,03 kN

4.6.2 Cek Persyaratan Struktur Tahan Gempa

Sebelum perhitungan penulangan balok, harus dilakukan kontrol terhadap syarat komponen struktur balok yang memenuhi persyaratan SRPMK sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.5 adalah sebagai berikut:

- Gaya aksial terfaktor pada balok, $P_u < \frac{A_g \times f'c}{10}$
 $P_u = 11,24 \text{ kN} < \frac{450 \times 600 \times 30}{10} = 810 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$

- Bentang bersih untuk komponen struktur, $l_n \geq 4 \times d$
 $d = h - \text{decking} - \text{Øsengkang} - (\frac{1}{2} \text{Ølentur})$
 $= 600 - 40 - 13 - (\frac{1}{2} \cdot 25) = 534,5 \text{ mm}$
 $4d = 4 \times 534,5 \text{ mm} = 2138 \text{ mm}$
 $l_n = 7200 - 850 = 6350 \text{ mm}$
 $l_n \geq 4 \times d \rightarrow 6350 \text{ mm} > 2138 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$
- Lebar komponen, $b_w \geq 0,3 \times h$ atau 250 mm
 $b_w \geq 0,3 \times h$ atau 250 mm
 $450 \text{ mm} > 0,3 \times 600 \text{ mm} = 180 \text{ mm}$ atau 250 mm $\rightarrow \text{Ok}$
- Lebar balok tidak boleh melebihi $c_1 + 0,75c_1$ lebar kolom
 $b_w = 450 \text{ mm} < (1,75 \times 800) = 1487,5 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$

4.6.3 Perhitungan Tulangan Torsi

Berdasarkan output ETABS diperoleh momen torsi sebesar :

$$T_u = 80,74 \text{ kNm}$$

Cek kebutuhan tulangan torsi

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.2.2, pada struktur statis tak tentu dimana reduksi momen torsi pada komponen struktur dapat terjadi akibat redistribusi gaya-gaya dalam dengan adanya kerekatan. T_u maksimum boleh direduki menjadi nilai yang diberikan sebagai berikut:

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok} = 450 \times 600 = 270000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok}) = 2 \times (450 + 600) = 2100 \text{ mm}$$

$$T_{u_{min}} = \varphi \times 0,0831 \times \sqrt{f'_c} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$= 0,75 \times 0,0831 \times \sqrt{30} \times \left(\frac{270000^2}{2100} \right) = 11,85 \text{ kNm}$$

$$T_{u_{max}} = \varphi \times 0,33 \times \sqrt{f'_c} \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$= 0,75 \times 0,33 \times \sqrt{30} \times \left(\frac{270000^2}{2100} \right) = 47,06 \text{ kNm}$$

Kontrol:

$$T_{u_{min}} > T_u \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan torsi}$$

$Tu_{\min} < Tu \rightarrow$ Perlu tulangan torsi

11,85 kN < 80,74 kN \rightarrow Perlu tulangan torsi

Maka perlu tulangan torsi dan dipakai $Tu = 47,06$ kNm

Cek kecukupan penampang menahan momen puntir

SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.1 (a)

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2t_{decking} - D_{geser}) \times (h_{balok} - 2t_{decking} - D_{geser}) \\ = (450 - 2.40 - 13) \times (600 - 2.40 - 13) = 180999 \text{ mm}^2$$

$$P_h = 2x[(b_{balok} - 2t_{decking} - D_{geser}) + (h_{balok} - 2t_{decking} - D_{geser})] \\ = 2x[(450 - 2.40 - 13) + (600 - 2.40 - 13)] = 1428 \text{ mm}$$

$$V_u = 59,56 \text{ kN}$$

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w \cdot d}\right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot P_h}{1,7 \cdot A_{oh}^2}\right)^2} \leq \sqrt{\Phi \left(\frac{1\sqrt{f_r c}}{6}\right)^2 + \frac{2\sqrt{f_r c}}{3}}$$

$$\sqrt{\left(\frac{59560}{450 \cdot 534,5}\right)^2 + \left(\frac{80740 \cdot 1428}{1,7 \cdot 180999^2}\right)^2} \leq \sqrt{0,75 \left(\frac{1\sqrt{30}}{6}\right)^2 + \frac{2\sqrt{30}}{3}}$$

0,251 < 2,082 \rightarrow Ok

Luas tulangan puntir untuk lentur

$$A_o = 0,85 \times A_{oh} = 0,85 \times 180999 \text{ mm}^2 = 153849,15 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{47,06 \text{ kNm}}{0,75} = 62,75 \text{ kNm (SNI 2847:2013 ps 11.5.3.5)}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times f_{yt} \times \cot\theta} \text{ (SNI 2847:2013 ps 11.5.3.7)} \\ = \frac{62750000}{2 \times 153849,15 \times 420 \times \cot 45} = 0,786$$

$$A_l \text{ perlu} = \frac{A_t}{s} \cdot P_h \left(\frac{f_{yt}}{f_y}\right) \cot^2\theta = 0,786 \cdot 1428 \left(\frac{420}{420}\right) \cot^2 45 = \\ 428,037 \text{ mm}^2$$

Cek tulangan torsi longitudinal minimum sesuai SNI 2847-2013 pasal 11.5.5.3

$$\text{Dengan } \frac{A_t}{s} = 0,786 \text{ tidak boleh kurang dari } \frac{0,175 b_w}{f_{yt}} = \frac{0,175 \times 450}{420} = \\ 0,1875 \rightarrow \text{Ok}$$

$$A_{l \text{ min}} = \frac{0,42 A_{cp} \sqrt{f_r c}}{f_y} - \frac{A_t}{s} P_h \frac{f_{yt}}{f_y} = \frac{0,42 \times 270000 \sqrt{30}}{420} -$$

$$0,786 \cdot 1428 \left(\frac{420}{420} \right) = 344,083 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$A_{l \text{ perlu}} \leq A_{l \text{ min}}$, maka gunakan $A_{l \text{ min}}$

$A_{l \text{ perlu}} \geq A_{l \text{ min}}$, maka gunakan $A_{l \text{ perlu}}$

$428,037 \text{ mm}^2 > 344,083 \text{ mm}^2$, maka gunakan $428,037 \text{ mm}^2$

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok:

$$\frac{A_l}{4} = \frac{428,037}{4} = 107,009 \text{ mm}^2$$

Maka masing-masing sisi atas dan bawah tulangan lentur balok mendapat tambahan luasan tulangan torsi sebesar $= 107,009 \text{ mm}^2$.

Tulangan torsi yang perlu dipasang pada sisi kanan dan kiri balok:

$$2 \times \frac{A_l}{4} = 2 \times \frac{107,009}{4} = 214,18 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan 2D25

$$A_{S \text{ pasang}} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 \times 2 = 981,25 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_{S \text{ pasang}} \geq A_{S \text{ perlu}}$$

$$981,25 \text{ mm}^2 > 214,18 \text{ mm}^2$$

Jadi, dipasang tulangan torsi 2D25.

4.6.4 Perhitungan Tulangan Lentur

Tinggi Manfaat Rencana

$$d = h - \text{decking} - \text{sengkang} - \frac{1}{2} D$$

$$= 600 - 40 - 13 - \left(\frac{1}{2} \cdot 25 \right) = 534,5 \text{ mm}$$

$$d' = \text{decking} + \text{sengkang} + \frac{1}{2} D$$

$$= 40 + 13 + \frac{1}{2} 25 = 65,5 \text{ mm}$$

Rasio Tulangan

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033 \text{ (menentukan) (SNI 2847:2013 ps 10.5.1)}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{420} = 0,0032$$

$$\beta = 0,85 - 0,05 \times \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

$$\beta = 0,85 - 0,05 \times \frac{(30 - 28)}{7}$$

$$\beta = 0,836$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,836 \times 30}{420} \times \frac{600}{(600 + 420)} \\ &= 0,0298 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 0,0298 \\ &= 0,0224 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 30} = 16,47$$

Penulangan Daerah Tumpuan

Momen terbesar yang terjadi pada tumpuan akibat kombinasi :
Envelope.

$$M_u = 486,23 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{486,23 \text{ kNm}}{0,9} = 540255556 \text{ Nmm}$$

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d = \frac{600}{600 + 420} \times 534,5 = 314,41 \text{ mm}$$

$$X_{\max} = 0,75 X_b = 0,75 \times 314,41 = 235,81 \text{ mm}$$

$$X_{\min} = d' = 65,5 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 120 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} C_c' &= 0,85 \times f'_c \times b \times \beta \times X_{\text{rencana}} \\ &= 0,85 \times 30 \times 450 \times 0,836 \times 120 = 1150779 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sc} &= \frac{C_c}{f_y} = \frac{1150779}{420} = 2739,95 \text{ mm}^2 \\
 M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta \times X}{2} \right) \\
 &= 2739,95 \times 420 \times \left(534,5 - \frac{0,836 \times 120}{2} \right) = 557387820,9 \text{ Nmm} \\
 M_{ns} &= M_n - M_{nc} \\
 &= 540255556 - 557387820,9 = -17132265,36 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Kontrol momen nominal tulangan lentur

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ Tulangan Tunggal

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ Tulangan Rangkap

$M_{ns} = -17132265,36 \text{ Nmm} > 0 \rightarrow$ Tulangan Tunggal

Desain Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned}
 M_{n_{perlu}} &= \frac{M_u}{0,9} = \frac{486,23 \text{ kNm}}{0,9} = 486230000 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{54744444,4 \text{ Nmm}}{450 \times 534,5^2} = 4,20 \text{ N/mm} \\
 \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(16,47) \times 4,20}{420}} \right) \\
 &= 0,011
 \end{aligned}$$

Syarat :

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

$0,0033 > 0,0011 < 0,0224$ sehingga digunakan ρ_{perlu}

Direncanakan D25

$$\begin{aligned}
 A_{S_{perlu}} &= \rho \times b \times d + \frac{A_l}{4} \\
 &= 0,0011 \times 450 \times 534,5 + 107,00 \\
 &= 2753,39 \text{ mm}^2 \\
 n &= \frac{A_{S_{tarik}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} = \frac{2753,39}{\frac{1}{4} \times \pi \times 25^2} = 5,61 \approx 6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$A_{s\text{pasang}} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 \times 6 = 2943,75 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$A_{s\text{pasang}} \geq A_{s\text{perlu}}$$

$$2943,75 \text{ mm}^2 > 2753,39 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ok}$$

Cek Momen Nominal Penampang

As tulangan tarik : 6 D25

$$a = \frac{A_{s\text{tarik}} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b \times w} = \frac{2943,75 \times 420}{0,85 \times 30 \times 450} = 107,745 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \times f'_c \times b \times a \\ = 0,85 \times 420 \times 450 \times 107,745 = 1236375 \text{ N}$$

$$M_{n\text{pasang}} = C_c' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1236375 \times 420 \times \left(534,5 - \frac{107,745}{2} \right) \\ = 594235765 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu} \\ 594235765 \text{ Nmm} > 540255556 \text{ Nmm} \rightarrow \text{Ok}$$

Jadi dipasang tulangan 6D25 untuk tulangan tarik.

Desain Tulangan Lentur Tekan

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.2.2 kuat momen lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat lentur negatifnya pada komponen tersebut.

$$Mu \text{ tumpuan (+)} = 421,03 \text{ kNm} \\ = 421030000 \text{ Nmm}$$

$$0,5 \text{ } \emptyset M_n \text{ dari tulangan tarik (-)} = 0,5 \times 594235765 \text{ Nmm} \\ = 297117882,4 \text{ Nmm}$$

Kontrol :

$$M_{\text{lentur (+)}} > \frac{1}{2} M_{\text{lentur (-)}} \\ 421030000 \text{ Nmm} > 297117882,4 \text{ Nmm}$$

Maka gunakan momen lentur (+) = 421030000 Nmm

Luasan perlu tulangan tekan berasal dari penambahan luasan tulangan torsi.

$$Mn_{\text{perlu}} = \frac{Mu}{0,9} = \frac{421,03 \text{ kNm}}{0,9} = 467811111,1 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{467811111,1 \text{ Nmm}}{450 \times 534,5^2} = 3,64 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(16,47) \times 3,64}{420}} \right) \\ &= 0,0094 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}}$$

$$0,0033 < 0,0094 < 0,0224 \text{ sehingga digunakan } \rho_{\text{perlu}}$$

Direncanakan D25

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d + \frac{Al}{4} \\ &= 0,0094 \times 450 \times 534,5 + 107,00 \\ &= 2365,545 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_{S_{\text{tarik}}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} = \frac{2365,545}{\frac{1}{4} \times \pi \times 25^2} = 4,82 \approx 5 \text{ buah}$$

$$A_{S_{\text{pasang}}} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 \times 5 = 2453,12 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$A_{S_{\text{pasang}}} \geq A_{S_{\text{perlu}}}$$

$$2453,12 \text{ mm}^2 > 2365,545 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ok}$$

Jadi, dipasang tulangan 5D25 untuk tulangan tekan.

Kontrol Jarak antar Tulangan Tarik

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 2 lapis}$$

$$\begin{aligned} s &= \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{sengkang}) - (n \times D \text{ lentur})}{n-1} \\ &= \frac{450 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (6 \times 25)}{6-1} = 38,8 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

Kontrol Jarak antar Tulangan Tekan

$$S_{\text{maks}} \geq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{\text{maks}} \leq S_{\text{sejajar}} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 2 lapis}$$

$$s = \frac{bw - (2x \text{ decking}) - (2x \text{ sengkang}) - (n \times D \text{ lentur})}{n-1}$$

$$= \frac{450 - (2x 40) - (2x 13) - (5x 25)}{5-1} = 42 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

Cek Apakah Tulangan Leleh atau Tidak

$$\rho = \frac{As}{bd} = \frac{2943,75}{450 \times 534,5} = 0,0122$$

$$\rho' = \frac{As'}{bd} = \frac{2453,12}{450 \times 534,5} = 0,0102$$

$$\rho_{cy} = \frac{0,85 \times f'c \times d' \times \beta}{d \times fy} \left(\frac{600}{600 - fy} \right) + \rho'$$

$$= \frac{0,85 \times 30 \times 65,5 \times 0,836}{534,5 \times 420} \left(\frac{600}{600 - 420} \right) + 0,0102$$

$$= 0,030 > 0,0122 \rightarrow \text{belum leleh}$$

Cek Kondisi Penampang

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{107,745}{0,836} = 128,93 \text{ mm}$$

$$\epsilon_t = \frac{\epsilon_o \times (dx - c)}{c} = \frac{0,003 \times (534,5 - 128,93)}{128,93}$$

$$= 0,0094 > 0,005 \rightarrow \text{Tension controlled}$$

Jadi, pada daerah lapangan dipakai tulangan:

Tulangan Atas : 6 D 25

Tulangan Bawah : 5 D 25

Penulangan Daerah Lapangan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2 menyatakan bahwa baik nilai momen positif maupun negatif sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperempat nilai momen maksimum pada tumpuan.

$$\frac{1}{4} \text{ momen tumpuan} = \frac{1}{4} \times 486,23 \text{ kN} = 121,558 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen lapangan} = 334,85 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen lapangan} > \frac{1}{4} \text{ momen tumpuan}$$

$$334,85 \text{ kNm} > 121,558 \text{ kNm} \rightarrow \text{Ok}$$

$$M_u = 334,85 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0,9} = \frac{334,85 \text{ kNm}}{0,9} = 372055556 \text{ Nmm}$$

$$X_b = \frac{600}{600 \times f_y} \times d = \frac{600}{600 \times 420} \times 534,5 = 314,41 \text{ mm}$$

$$X_{\max} = 0,75 X_b = 0,75 \times 314,41 = 235,81 \text{ mm}$$

$$X_{\min} = d' = 65,5 \text{ mm}$$

$$X_{\text{rencana}} = 100 \text{ mm}$$

$$C_c' = 0,85 \times f'_c \times b \times \beta \times X_{\text{rencana}} \\ = 0,85 \times 30 \times 450 \times 0,836 \times 100 = 958982,14 \text{ N}$$

$$A_{sc} = \frac{C_c'}{f_y} = \frac{958982,14}{420} = 2283,29 \text{ mm}^2$$

$$M_{nc} = A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta \times X}{2} \right) \\ = 2283,29 \times 420 \times \left(534,5 - \frac{0,836 \times 100}{2} \right) = 472504202 \text{ Nmm}$$

$$M_{ns} = M_n - M_{nc} = 372055556 - 472504202 \\ = -100448646 \text{ Nmm}$$

Kontrol momen nominal tulangan lentur

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ Tulangan Tunggal

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ Tulangan Rangkap

$M_{ns} = -100448646 \text{ Nmm} < 0 \rightarrow$ Tulangan Tunggal

Desain Tulangan Lentur Tarik

$$M_{n\text{perlu}} = \frac{M_u}{0,9} = \frac{334,85 \text{ kNm}}{0,9} = 372055556 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{372055556 \text{ Nmm}}{450 \times 534,5^2} = 2,89 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ = \frac{1}{16,47} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(16,47) \times 2,89}{420}} \right) \\ = 0,0072$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$0,0033 > 0,0072 < 0,0224$ sehingga digunakan ρ_{perlu}

Direncanakan D25

$$\begin{aligned} A_{S\text{perlu}} &= \rho \times b \times d + \frac{Al}{4} \\ &= 0,0072 \times 450 \times 534,5 + 107,00 \\ &= 1870,87 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$n = \frac{A_{S\text{tarik}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} = \frac{1870,87}{\frac{1}{4} \times \pi \times 25^2} = 3,81 \approx 4 \text{ buah}$$

$$A_{S\text{pasang}} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 \times 4 = 1962,5 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} A_{S\text{pasang}} &\geq A_{S\text{perlu}} \\ 1962,5 \text{ mm}^2 &> 1870,87 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

Cek Momen Nominal Penampang

As tulangan tarik : 4 D25

$$a = \frac{A_{S\text{tarik}} \times f_y}{0,85 \times f'_c \times b \times w} = \frac{1962,5 \times 420}{0,85 \times 30 \times 450} = 71,83 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Cc' &= 0,85 \times f'_c \times b \times a \\ &= 0,85 \times 420 \times 450 \times 71,83 = 824250 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{n\text{pasang}} &= Cc' \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 824250 \times 420 \times \left(534,5 - \frac{71,83}{2} \right) \\ &= 4109586659 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} M_{n\text{pasang}} &> M_{n\text{perlu}} \\ 4109586659 \text{ Nmm} &> 372055556 \text{ Nmm} \rightarrow \text{Ok} \end{aligned}$$

Jadi dipasang tulangan 4D25 untuk tulangan tarik.

Desain Tulangan Lentur Tekan

Luasan perlu tulangan tekan berasal dari penambahan luasan tulangan torsi.

$$A_{S\text{perlu}} = \frac{Al}{4}$$

$$A_{S\text{tarik}} = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 1962,5 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_{tekan}} = 0,5 \times A_{S_{tarik}} + \frac{Al}{4} = 0,5 \times 1962,5 + 107,00 = 1088,26 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{S_{tekan}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} = \frac{1088,26}{\frac{1}{4} \times \pi \times 25^2} = 2,22 \approx 3 \text{ buah}$$

luas tulangan lentur tekan:

$$A_{S_{pasang}} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times n = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 \times 3 = 1471,85 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$A_{S_{pasang}} \geq A_{S_{perlu}} \\ 1471,85 \text{ mm}^2 > 1088,26 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ok}$$

Jadi, dipasang tulangan 3 D25 untuk tulangan tekan

Kontrol Jarak antar Tulangan Tarik

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 2 lapis}$$

$$s = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{sengkang}) - (n \times D \text{ lentur})}{n-1} \\ = \frac{450 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (4 \times 25)}{4-1} = 81,33 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

Kontrol Jarak antar Tulangan Tekan

$$S_{maks} \geq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 1 lapis}$$

$$S_{maks} \leq S_{sejajar} = 25 \text{ mm} \rightarrow \text{susun 2 lapis}$$

$$s = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \text{sengkang}) - (n \times D \text{ lentur})}{n-1} \\ = \frac{450 - (2 \times 40) - (2 \times 13) - (3 \times 25)}{3-1} = 134,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

Cek Apakah Tulangan Leleh atau Tidak

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{1952,5}{450 \times 534,5} = 0,008$$

$$\rho' = \frac{A_s}{bd} = \frac{1471,85}{450 \times 534,5} = 0,006$$

$$\rho_{cy} = \frac{0,85 \times f'c \times d' \times \beta}{d \times f_y} \left(\frac{600}{600-f} \right) + \rho' \\ = \frac{0,85 \times 30 \times 65,5 \times 0,836}{534,5 \times 420} \left(\frac{600}{600-420} \right) + 0,006 \\ = 0,026 > 0,004 \rightarrow \text{belum leleh}$$

Cek Kondisi Penampang

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{71,83}{0,836} = 85,95 \text{ mm}$$

$$et = \frac{\epsilon_o \times (dx - c)}{c} = \frac{0,003 \times (534,5 - 85,95)}{85,95}$$

$$= 0,015 < 0,005 \rightarrow \text{Tension controlled}$$

Jadi, pada daerah lapangan dipakai tulangan:

Tulangan Bawah : 4 D 25

Tulangan Atas : 3 D 25

4.6.5 Perhitungan Tulangan Geser **Penulangan Geser Daerah Tumpuan**

Momen nominal kiri

Momen nominal kiri diperoleh dari hasil perhitungan tulangan lentur dengan luasan tulangan sebagai berikut:

Tulangan sayap = D13-200

$$t_p = 120 \text{ mm}$$

$$be_1 = 0,24 \times L_n = 0,24 \times 7200 = 1728 \text{ mm}$$

$$be_2 = b + 8(t_p) = b + 8(120) = 450 + 960 = 1410 \text{ mm}$$

$$be_3 = b_w + 2hb = 450 + 2 \times 600 = 1410 \text{ mm}$$

$$be \text{ pakai} = 1410 \text{ mm}$$

$$A_{s_{\text{pelat}}} = 0,25 \times \pi \times d^2 \times (be - b) / s$$

$$= 0,25 \times \pi \times 13^2 \times (1401 - 450) / 200 = 636,792 \text{ mm}^2$$

Menghitung Mpr balokMomen nominal kiri

$$A_s \text{ pasang} = 2943,75 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pasang} + \text{pelat} = 2943,75 + 636,792 = 3580,542 \text{ mm}^2$$

$$A_s' \text{ pasang} = 2453,125 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{(A_{s_{\text{pasang}}} + A_{s_{\text{sayap}}}) \times (1,25 f_y)}{0,85 \times f'_c \times b}$$

$$= \frac{(3580,542) \times (1,25 \times 420)}{0,85 \times 30 \times 450} = 163,82 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pr\text{ kiri}}^- &= A_{s\text{ pasang+sayap}} \times 1,25f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 &= 3580,542 \times 1,25 \times 420 \times \left(534,5 - \frac{163,82}{2}\right) \\
 &= 850775781 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Momen nominal kanan

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{(A_{s'\text{ pasang}}) \times (1,25 f_y)}{0,85 \times f'_c \times b} \\
 &= \frac{(2453,125) \times (1,25 \times 420)}{0,85 \times 30 \times 450} = 112,23 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pr\text{ kanan}}^+ &= A_{s'\text{ pasang}} \times 1,25f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\
 &= 2453,125 \times 1,25 \times 420 \times \left(534,5 - \frac{112,23}{2}\right) \\
 &= 616104674 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil output ETABS akibat beban gravitasi terfaktor 1,2 D + L $\rightarrow \frac{W_u \cdot l_n}{2} = V_u = 59560 \text{ N}$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.2.2 gaya geser pada ujung perletakan diperoleh dari:

$$\begin{aligned}
 V_{u1} &= \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} + \frac{W_u \cdot l_n}{2} \\
 &= \frac{850775781 + 616104674}{7200 - 850} + 59560
 \end{aligned}$$

Maka $V_{u1} = 290564,8 \text{ N}$

Kontribusi V_c memikul V_e tergantung nilai V dan P_u pada balok (SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2)

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} = \frac{850775781 + 616104674}{7200 - 850} = 850872805 \text{ N}$$

$$V_{\text{sway}} \geq 0,5V_u$$

$$850872805 \text{ N} \geq 0,5 \times 290564,8 \text{ N}$$

$$850872805 \text{ N} > 145282,39 \text{ N} \rightarrow \text{Ok}$$

$$P_u < \frac{A_g \times f'_c}{20}$$

$$11240 \text{ N} < \frac{(450 \times 600) \times 30}{20} = 405000 \text{ N} \rightarrow \text{Ok}$$

Maka nilai V_c (kuat geser yang disumbangkan beton) = 0

Kuat geser tulangan geser

$$V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times 450 \times 534,5 = 80175 \text{ N}$$

$$V_s \text{ max} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 450 \times 534,5 \\ = 439136,56 \text{ N}$$

Cek Kondisi Perencanaan Geser

(SNI 2847-2013 pasal 11.1)

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5\emptyset V_c \quad (\text{Tidak perlu tulangan geser})$$

$$290564,8 \text{ N} > 0 \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

Kondisi 2

$$0,5\emptyset V_c \leq V_u \leq \emptyset V_c \quad (\text{Tulangan geser minimum})$$

$$0 < 290564,8 \text{ N} > 0 \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

Kondisi 3

$$\emptyset V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ min}) \quad (\text{Perlu penulangan geser})$$

$$0 < 290564,8 \text{ N} > 60131,25 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

Kondisi 4

$$(V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ max}) \quad (\text{Perlu tulangan geser})$$

$$60131,25 \text{ N} < 290564,8 \text{ N} < 329352,42 \text{ N} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Kondisi 5

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ max}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2V_s \text{ max}) \quad (\text{Perlu tulangan geser})$$

$$329352,42 \text{ N} > 290564,8 \text{ N} < 658704,84 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak}$$

Memenuhi

Maka perencanaan digunakan pada kondisi 4

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u - \emptyset V_c}{\phi} = \frac{290564,8 - 0,75 \times 0}{0,75} = 387419,73 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan D13 dengan 2 kaki

$$A_v = n \text{ kaki} \times \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \times 2 = 265,33 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser perlu:

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} = \frac{265,33 \times 280 \times 534,5}{387419,73} = 153,74 \text{ mm}$$

Cek persyaratan SRPMK untuk Kekuatan Geser Balok

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.1, hoops ini harus dipasang sepanjang $2h$ dari sisi muka kolom terdekat.

$$2 \times h = 2 \times 450 = 900 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.1, hoops pertama dipasang pada jarak 50 mm dari muka kolom terdekat dan berikutnya dipasang dengan spasi terkecil dari:

$$d/4 = 534,5 / 4 = 133,625 \text{ mm (menentukan)}$$

$$6 \times D_{\text{tul}} = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

150 mm

Jadi, dipasang sengkang 2 kaki D13-100 mm sepanjang 900 mm dari muka kolom, dan dimana tulangan geser pertama dipasang 50 mm dari muka kolom pertama.

Penulangan Geser Daerah Lapangan

Pemasangan tulangan geser diluar sendi plastis ($>2h$) diperhitungkan sebesar:

$$\begin{aligned} \frac{V_{u2}}{\frac{1}{2}l_n - 2h} &= \frac{V_{u1}}{\frac{1}{2}l_n} \\ V_{u2} &= \frac{V_{u1}(\frac{1}{2}l_n - 2h)}{\frac{1}{2}l_n} = \frac{290564,8 (\frac{1}{2} \times (7200 - 850) - 2 \times 450)}{\frac{1}{2}(7200 - 850)} \\ &= 180745,03 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontribusi V_c memikul V_e tergantung nilai V dan P_u pada balok

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} = \frac{850775781 + 616104674}{7200 - 850} = 850872805 \text{ N}$$

$$V_{\text{sway}} \geq 0,5V_{u2}$$

$$850872805 \text{ N} \geq 0,5 \times 180745,03 \text{ N}$$

$$850872805 \text{ N} > 90372,51 \text{ N} \rightarrow \text{Ok}$$

$$P_u < \frac{A_g \times f'_c}{20}$$

$$11240 \text{ N} < \frac{(450 \times 600) \times 30}{20} = 405000 \text{ N} \rightarrow \text{Ok}$$

Maka nilai V_c (kuat geser yang disumbangkan beton) = 0

Kuat geser tulangan geser

$$V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times 450 \times 534,5 = 80175 \text{ N}$$

$$V_s \text{ max} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times \sqrt{30} \times 450 \times 534,5 \\ = 439136,56 \text{ N}$$

Cek Kondisi Perencanaan Geser

(SI 2847-2013 pasal 11.1)

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5\emptyset V_c \quad (\text{Tidak perlu tulangan geser})$$

$$180745,03 \text{ N} > 0 \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

Kondisi 2

$$0,5\emptyset V_c \leq V_u \leq \emptyset V_c \quad (\text{Tulangan geser minimum})$$

$$0 < 180745,03 \text{ N} > 0 \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

Kondisi 3

$$\emptyset V_c \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ min}) \quad (\text{Perlu penulangan geser})$$

$$0 < 180745,03 \text{ N} > 60131,25 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak Memenuhi}$$

Kondisi 4

$$(V_c + V_s \text{ min}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + V_s \text{ max}) \quad (\text{Perlu tulangan geser})$$

$$60131,25 \text{ N} < 180745,03 \text{ N} < 329352,42 \text{ N} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Kondisi 5

$$\emptyset (V_c + V_s \text{ max}) \leq V_u \leq \emptyset (V_c + 2V_s \text{ max}) \quad (\text{Perlu tulangan geser})$$

$$329352,42 \text{ N} > 180745,03 \text{ N} < 658704,84 \text{ N} \rightarrow \text{Tidak}$$

Memenuhi

Maka perencanaan digunakan pada kondisi 4

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = \frac{180745,03 - 0,75 \times 0}{0,75} = 240993,37 \text{ N}$$

Direncanakan menggunakan tulangan D13 dengan 2 kaki

$$A_v = n \text{ kaki} \times \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \times 2 = 265,33 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser perlu:

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s \text{ perlu}} = \frac{265,33 \times 280 \times 534,5}{240993,37} = 247,16 \text{ mm}$$

Syarat :

$$s \text{ maks} \leq \frac{d}{2} = \frac{534,5}{2} = 267,16 \text{ mm}$$

$$s \text{ maks} \leq 600 \text{ mm}$$

sehingga dipakai sengkang = 200 mm

Maka dipasang sengkang 2 kaki D 13 -200 mm.

4.6.7 Perhitungan Panjang Penyaluran

Panjang Penyaluran Batang Tulangan Ullir dalam Kondisi Tarik

Perhitungan panjang penyaluran tulangan tarik berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2.1 adalah sebagai berikut:

$$\Psi_e = 1 \text{ (SNI 2847:2013 pasal 12.2.4 (b))}$$

$$\Psi_t = 1 \text{ (SNI 2847:2013 pasal 12.2.4 (a))}$$

$$\lambda = 1 \text{ (SNI 2847:2013 pasal 12.2.4 (d))}$$

$$l_d = \left(\frac{f_y \times \Psi_t \times \Psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f'_{rc}}} \right) d_b = \left(\frac{420 \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30}} \right) \times 25 = 1127,66 \text{ mm} \approx 1200 \text{ mm}$$

Syarat :

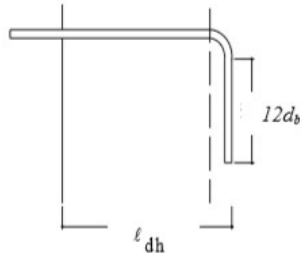
$$l_d \geq 300 \text{ mm}$$

$$1200 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

Jadi, panjang penyaluran tulangan tarik adalah 1200 mm

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tarik

Menuurut SNI 2847-2013 pasal 12.5.1, panjang penyaluran l_{dh} untuk tulangan tarik dengan kait standar 90° dalam beton berat normal adalah seperti ilustrasi berikut:



Gambar 4. 52 Panjang Penyaluran Kait Beton Balok Induk

$$l_{dh} = \left(\frac{0,24 f_y \times \psi_e}{\lambda \sqrt{f'c}} \right) d_b = \left(\frac{0,24 \times 420 \times 1}{1 \sqrt{30}} \right) \times 25$$

$$= 460,08 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_{dh} \geq 8 d_b = 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$500 \text{ mm} > 200 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

$$500 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

Perhitungan Panjang Kait:

$$12d_b = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$$

Jadi panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik sepanjang 500 mm dan panjang kait 300 mm.

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tekan

(SNI 2847:2013 pasal 12.3.2)

$$l_{dh1} = \left(\frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f'c}} \right) d_b = \left(\frac{0,24 \times 420}{1 \sqrt{30}} \right) \times 25$$

$$= 460,08 \text{ mm} \approx 500 \text{ mm}$$

$$l_{dh2} = 0,043 \times f_y \times d_b = 0,043 \times 420 \times 25$$

$$= 451,5 \text{ mm} \approx 465 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_{dh} \geq 200 \text{ mm}$$

$$465 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm}$$

Jadi panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tekan sepanjang 465 mm.

Berikut merupakan rekapitulasi penulangan lentur balok induk:

Tabel 4. 57 Rekapitulasi Penulangan Lentur Balok Induk

Jenis Balok	b (mm)	h (mm)	L (mm)	Penulangan Lentur											
				Tumpuan				Lapangan							
				Atas		Bawah		Bawah		Atas					
B1	450	600	7200	6	D	25	5	D	25	4	D	25	3	D	25
B2	300	400	3600	3	D	25	2	D	25	2	D	25	2	D	25
B3	400	550	5000	6	D	25	5	D	25	4	D	25	3	D	25
B4	300	400	3000	4	D	25	3	D	25	2	D	25	2	D	25
B5	500	700	7200	3	D	25	2	D	25	3	D	25	2	D	25
B6	350	500	3600	2	D	25	2	D	25	2	D	25	2	D	25
B7	300	350	2200	2	D	25	2	D	25	2	D	25	2	D	25

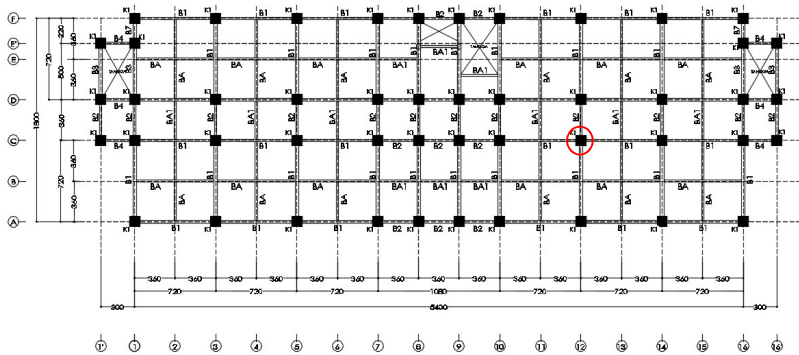
Berikut merupakan rekapitulasi penulangan torsi dan geser balok induk:

Tabel 4. 58 Rekapitulasi Penulangan Torsi dan Geser Balok Induk

Balok	Penulangan Geser						Penulangan Torsi		
	Tumpuan			Lapangan					
B1	D	13	100	D	13	200	2	D	25
B2	D	13	100	D	13	150	-	-	-
B3	D	13	90	D	13	200	2	D	25
B4	D	13	80	D	13	150	2	D	25
B5	D	13	100	D	13	250	2	D	25
B6	D	13	100	D	13	250	2	D	25
B7	D	13	100	D	13	250	-	-	-

4.7 Desain Kolom

Dalam struktur gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang terdapat tiga macam jenis kolom yaitu 80/80, 85/85 dan 90/90. Sebagai contoh perhitungan akan didesain kolom dengan gaya aksial terbesar. Berikut letak kolom yang ditinjau:



Gambar 4. 53 Denah Kolom yang Ditinjau

4.7.1 Data Perencanaan Kolom

Berikut data perencanaan dalam perhitungan penulangan kolom induk:

- Tipe Kolom = K1
- Dimensi Kolom = 900/900
- Tinggi Kolom = 4000 mm
- Mutu Beton ($f'c$) = 35 Mpa
- Selimut beton = 40 mm
- Diameter tul. Lentur = 25 mm
- Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa
- Diameter tul. Sengkang = 16 mm
- Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa

Berikut output gaya kolom K1 dari ETABS dari berbagai kombinasi:

Tabel 4. 59 Gaya Dalam Kolom Bawah

Load Case/Combo	P	M2	M3
	kN	kN-m	kN-m
1,2D+1,6L+0,5Lr	-7826,2	65,1	2,5
1,2D+1,6L+0,5R	-7823,8	65,1	2,5
1,2D+1,6Lr+0,5W	-4625,2	33,3	1,7
1,2D+1,6Lr+1L	-6629,9	53,6	2,0
1,2D+1,6R+0,5W	-4617,6	33,3	1,7
1,2D+1,6R+1L	-6622,3	53,5	2,0
1,2D+1W+1L+0,5Lr	-6623,4	51,5	2,8
1,2D+1W+1L+0,5R	-6621,1	51,5	2,8
1,4D	-5384,9	40,0	1,5
1,2D+1L	-6620,4	53,5	2,0
(0,9-0,2SDs)D-0,39Ex-1,3Ey Max	-2921,2	1184,1	1175,0
(0,9-0,2SDs)D-0,39Ex-1,3Ey Min	-3050,6	-1139,8	-1173,4
(0,9-0,2SDs)D-1,3Ex-0,39Ey Max	-2921,2	1184,1	1175,0
(0,9-0,2SDs)D-1,3Ex-0,39Ey Min	-3050,6	-1139,8	-1173,4
(0,9-0,2SDs)D+0,39Ex+1,3Ey Max	-2921,2	1184,1	1175,0
(0,9-0,2SDs)D+0,39Ex+1,3Ey Min	-3050,6	-1139,8	-1173,4
(0,9-0,2SDs)D+1,3Ex+0,39Ey Max	-2921,2	1184,1	1175,0
(0,9-0,2SDs)D+1,3Ex+0,39Ey Min	-3050,6	-1139,8	-1173,4
(1,2+0,2SDs)D-0,39Ex-1Ey Max	-5038,2	993,5	967,2
(1,2+0,2SDs)D-0,39Ex-1Ey Min	-5144,6	-917,9	-964,4
(1,2+0,2SDs)D-1,3Ex-0,39Ey Max	-5038,2	993,5	967,2
(1,2+0,2SDs)D-1,3Ex-0,39Ey Min	-5144,6	-917,9	-964,4
(1,2+0,2SDs)D-1,3Ex-0,39Ey Min	-5038,2	993,5	967,2
(1,2+0,2SDs)D+0,39Ex+1Ey Min	-5144,6	-917,9	-964,4
(1,2+0,2SDs)D+0,39Ey+1EX Max	-5038,2	993,5	967,2
(1,2+0,2SDs)D+0,39Ey+1EX Min	-5144,6	-917,9	-964,4
1D	-3846,3	28,6	1,0

Tabel 4. 60 Gaya Dalam Kolom Atas

Load Case/Combo	P	M2	M3
	kN	kN-m	kN-m
1,2D+1,6L+0,5Lr	-7746,9	-115,7	-1,6
1,2D+1,6L+0,5R	-7744,5	-115,7	-1,6
1,2D+1,6Lr+0,5W	-4545,9	-61,5	-0,8
1,2D+1,6Lr+1L	-6550,6	-95,3	-1,4
1,2D+1,6R+0,5W	-4538,3	-61,4	-0,8
1,2D+1,6R+1L	-6543,0	-95,3	-1,3
1,2D+1W+1L+0,5Lr	-6544,1	-95,9	-1,2
1,2D+1W+1L+0,5R	-6541,8	-95,9	-1,1
1,4D	-5292,3	-71,3	-1,0
1,2D+1L	-6541,1	-95,2	-1,3
(0,9-0,2SDs)D-0,39Ex-1,3Ey Max	-2869,9	336,9	317,7
(0,9-0,2SDs)D-0,39Ex-1,3Ey Min	-2999,3	-416,0	-318,8
(0,9-0,2SDs)D-1,3Ex-0,39Ey Max	-2869,9	336,9	317,7
(0,9-0,2SDs)D-1,3Ex-0,39Ey Min	-2999,3	-416,0	-318,8
(0,9-0,2SDs)D+0,39Ex+1,3Ey Max	-2869,9	336,9	317,7
(0,9-0,2SDs)D+0,39Ex+1,3Ey Min	-2999,3	-416,0	-318,8
(0,9-0,2SDs)D+1,3Ex+0,39Ey Max	-2869,9	336,9	317,7
(0,9-0,2SDs)D+1,3Ex+0,39Ey Min	-2999,3	-416,0	-318,8
(1,2+0,2SDs)D-0,39Ex-1Ey Max	-4950,7	242,2	260,8
(1,2+0,2SDs)D-0,39Ex-1Ey Min	-5057,1	-377,0	-262,7
(1,2+0,2SDs)D-1,3Ex-0,39Ey Max	-4950,7	242,2	260,8
(1,2+0,2SDs)D-1,3Ex-0,39Ey Min	-5057,1	-377,0	-262,7
(1,2+0,2SDs)D-1,3Ex-0,39Ey Min	-5057,1	-377,0	-262,7
(1,2+0,2SDs)D+0,39Ex+1Ey Max	-4950,7	242,2	260,8
(1,2+0,2SDs)D+0,39Ex+1Ey Min	-5057,1	-377,0	-262,7
(1,2+0,2SDs)D+0,39Ey+1EX Max	-4950,7	242,2	260,8
(1,2+0,2SDs)D+0,39Ey+1EX Min	-5057,1	-377,0	-262,7
1D	-3780,2	-50,9	-0,7

Sehingga diambil gaya geser maksimum $V_e = 252,06$ kN

4.7.2 Cek Persyaratan Struktur Tahan Gempa

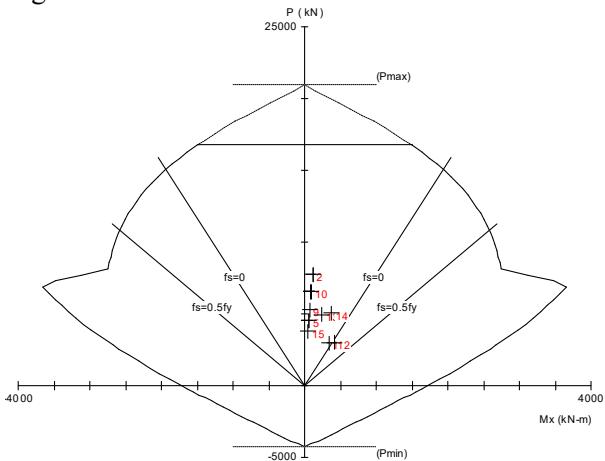
Sebelum perhitungan penulangan kolom, harus dilakukan kontrol terhadap syarat komponen struktur kolom yang memenuhi persyaratan SRPMK sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.6.1 adalah sebagai berikut:

- Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom melebihi $\frac{A_g \times f'c}{10}$

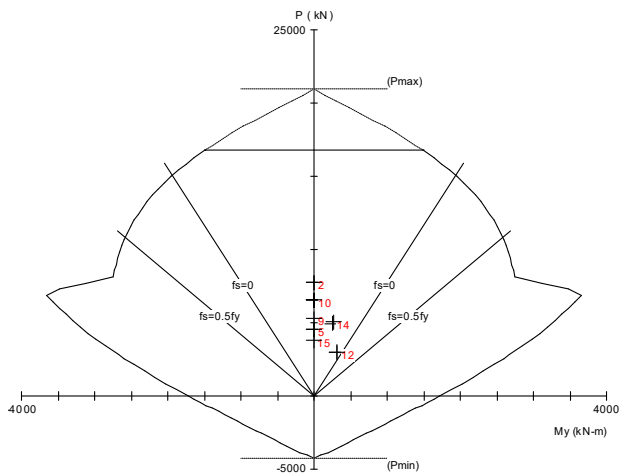
$$P_u = 7826,22 \text{ kN} > \frac{A_g \times f'c}{10} = \frac{(900 \times 900) \times 35}{10} = 2835 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$
- Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm
 $b = 900 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$
- Rasio lebar dan tinggi tidak kurang dari 0,4
 $b/h = 900/900 = 1 > 0,4 \rightarrow \text{Ok}$

4.7.3 Konfigurasi Penulangan Lentur

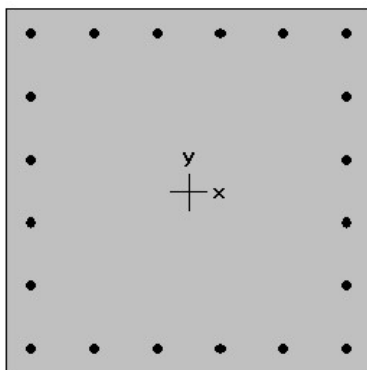
Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.3.1, luas tulangan longitudinal dibatasi tidak boleh kurang dari $0,001A_g$ atau lebih dari $0,06A_g$. Untuk mendapatkan konfigurasi tulangan memanjang, digunakan program batu PCACOL dan diperoleh hasil sebagai berikut:



Gambar 4. 54 Diagram Interaksi Kolom Tipe K1 (P dan Mx)



Gambar 4. 55 Diagram Interaksi Kolom Tipe K1 (P dan My)



900 × 900 mm
1.26% reinf.

Gambar 4. 56 Konfigurasi Penulangan Memanjang Kolom

Rasio luas tulangan longitudinal dari trial error dengan PCACOL didapat konfigurasi longitudinal 20 D 25 dengan $\rho = 1,26 \%$.

Syarat :

$$0,01 < \rho < 0,06$$

$$0,01 < 0,0126 < 0,06 \rightarrow \text{Ok}$$

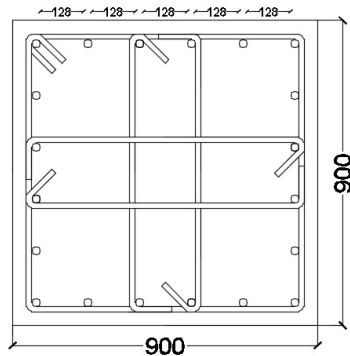
4.7.4 Kontrol Spasi Tulangan

Menurut SNI 2847-2013 pasal 7.6.1, spasi bersih minimum tulangan sejajar dalam suatu lapis harus sebesar db tetapi tidak kurang dari 25 mm.

$$s = \frac{bw - (2x \text{ decking}) - (2x \text{ sengkang}) - (n \times D \text{ lentur})}{n-1}$$

$$= \frac{900 - (2 \times 40) - (2 \times 16) - (6 \times 25)}{6-1} = 127,6 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.3., bila sengkang tertutup diperlukan, batang tulangan lentur utama yang terdekat ke muka tarik dan tekan harus mempunyai tumpuan lateral yang memenuhi 7.10.5.3 atau 7.10.5.4. Spasi batang tulangan lentur yang tertumpu secara transversal tidak boleh melebihi 350 mm. Tulangan kulit yang disyaratkan oleh 10.6.7 tidak perlu tertumpu secara lateral.



Gambar 4. 57 Jarak Tulangan Lentur pada Penampang Kolom

Kontrol :

$$S = 120 \text{ mm} < 350 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

4.7.5 Cek Kapasitas Kolom Terhadap Beban Aksial

SNI 2847-2013 pasal 10.3.6.2 mengatur besarnya beban aksial terfaktor hasil analisa struktur harus mampu ditahan oleh kapasitas beban aksial penampang kolom yang dihitung pada persamaan berikut:

$$\phi P_n = 0,85 \times \phi \times (0,85 f'_c \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st})$$

$$A_g = b \times h = 900 \times 900 = 810000 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 20 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 9812,5 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,85 \times \phi \times (0,85 f'_c \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}) \\ &= 0,85 \times 0,65 \times (0,85 \times 30 \times (810000 - 9812,5) + 420 \times 9812,5) \\ &= 14521950,6 \text{ N} \\ &= 14521,95 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_u \text{ max} = 7826,22 \text{ kN}$$

$$\phi P_n > P_u \text{ max}$$

$$14521,95 \text{ kN} > 7826,22 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

4.7.6 Persyaratan Strong Column Weak Beam

SNI 2847-2013 pasal 21.6.2.2 mensyaratkan bahwa kuat kolom ϕM_n harus memenuhi $\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$. Dimana :

$\sum M_{nc}$: Jumlah momen nominal (M_{nc}) kolom-kolom yang bertemu di join

$\sum M_{nb}$: Jumlah momen nominal (M_{nb}) balok-balok yang bertemu di join

Total Momen Balok ($\sum M_{nb}$) :

Pada perhitungan ini, struktur mengalami goyangan arah X yang melibatkan momen nominal dari tulangan bawah B1 sebagai balok kiri dan tulangan atas B1 sebagai balok kiri.

Berikut merupakan hasil rekapitulasi perhitungan M_n balok induk:

Tabel 4. 61 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Mn balok Induk

Nama Balok	Tulangan	n	ϕ Balok	As	As pelat	As Tulangan	a	Mn
		(buah)	(mm)	(mm ²)	(mm ²)	(mm ²)	(mm)	(kNm)
B1	Atas	6	25	2943,75	636,79	3580,54	163,82	850,78
	Bawah	5	25	2453,13		2453,13	112,23	616,10
B2	Atas	3	25	1471,88	371,46	1843,34	126,50	262,50
	Bawah	2	25	981,25		981,25	67,34	154,97
B3	Atas	6	25	2943,75	530,66	3474,41	178,83	720,66
	Bawah	5	25	2453,13		2453,13	126,26	542,68
B4	Atas	4	25	1962,50	278,60	2241,10	153,80	314,85
	Bawah	3	25	1471,88		1471,88	101,01	227,18
B5	Atas	3	25	1471,88	636,79	2108,67	86,83	654,36
	Bawah	2	25	981,25		981,25	40,40	316,46
B6	Atas	2	25	981,25	636,79	1618,04	74,03	422,60
	Bawah	2	25	981,25		981,25	44,89	263,79
B7	Atas	2	25	981,25	636,79	1618,04	74,03	422,60
	Bawah	2	25	981,25		981,25	44,89	263,79

Menentukan $\sum M_{nb}$ Arah X-X

Mnb kanan = 850,78 (B1 tulangan atas)

Mnb kiri = 616,10 (B1 tulangan bawah)

Sehingga $\sum M_{nb} = M_{nb}^- + M_{nb}^+ = 850,78 + 616,10 = 1466,88$ kNm

Total Momen Kolom ($\sum M_{nc}$):

Nilai $\sum M_{nc}$ didapatkan dari program bantu PCACOL. Berikut hasil dari $\sum M_{nc}^{top}$ dan $\sum M_{nc}^{bot}$:

No.	Pu kN	Mux kN-m	Muy kN-m	fMnx kN-m	fMny kN-m	fMn/Mu
1	7746.9	115.7	1.6	3048.7	42.2	26.350
2	7744.5	115.7	1.6	3050.6	42.2	26.367
3	4545.9	61.5	0.8	3146.1	40.9	51.156
4	6550.6	95.3	1.4	3545.2	52.1	37.200
5	4538.3	61.4	0.8	3144.3	41.0	51.209
6	6543.0	95.3	1.3	3547.6	48.4	37.226
7	6544.1	95.9	1.2	3551.5	44.4	37.034
8	6541.8	95.9	1.1	3554.6	40.8	37.066
9	5292.3	71.3	1.0	3318.1	46.5	46.537
10	6541.1	95.2	1.3	3547.3	48.4	37.261
11	2969.9	336.9	317.7	1917.9	1808.6	5.693
12	2999.3	416.0	318.8	2105.3	1613.4	5.061
13	4950.7	242.2	260.8	1790.2	1927.7	7.391
14	5057.1	377.0	262.7	2194.9	1529.5	5.822
15	3780.2	50.9	0.7	2951.0	40.6	57.977

Gambar 4. 58 Output Nilai Kapasitas Momen Kolom Atas Lt.1

No.	Pu kN	Mux kN-m	Muy kN-m	fMnx kN-m	fMny kN-m	fMn/Mu
1	7089.4	191.0	0.9	3576.4	16.9	18.725
2	7087.0	190.0	1.0	3575.0	18.8	18.816
3	4187.7	100.7	0.1	3067.4	3.0	30.461
4	6005.3	157.5	0.1	3481.6	2.2	22.105
5	4180.2	100.5	0.2	3065.0	6.1	30.498
6	5997.8	157.3	0.8	3473.3	17.7	22.081
7	5998.6	156.0	0.2	3479.2	4.5	22.303
8	5996.6	155.9	0.3	3477.8	6.7	22.308
9	4874.7	118.0	0.6	3228.1	16.4	27.357
10	5995.9	152.7	0.8	3472.7	18.2	22.742
11	2639.9	859.6	838.1	1850.6	1804.3	2.153
12	2766.1	728.8	838.8	1719.0	1978.5	2.359
13	4557.1	764.7	689.1	1964.1	1769.9	2.568
14	4660.9	541.7	690.1	1643.6	2093.9	3.034
15	3481.9	8.4	0.4	2848.0	135.6	339.046

Gambar 4. 59 Output Nilai Kapasitas Momen Kolom Bawah Lt.2

$$\sum M_{nc}^{top} = 1804,3 \text{ kNm}$$

$$\sum M_{nc}^{bot} = 1613,4 \text{ kNm}$$

$$\sum M_{nc} = \sum M_{nc}^{top} + \sum M_{nc}^{bot} = 1804,3 + 1613,4 = 3417,7 \text{ kNm}$$

Cek Syarat Strong Column Weak Beam:

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

$$3417,7 \text{ kNm} \geq 1,2 \times 1466,88 \text{ kNm}$$

$$3417,7 \text{ kNm} > 1466,88 \text{ kNm} \rightarrow \text{Memenuhi}$$

Berikut rekapitulasi hasil SCWB dari arah X-X dan Y-Y:

Tabel 4. 62 Rekapitulasi Kontrol "Strong Column Weak Beam"
Arah X

Nama Kolom	Arah X							
	Goyang Ke Kanan							
	Momen Nominal Kolom			Momen Nominal Balok				
	Mnc atas	Mnc bawah	Mnc total	Mpr balok kiri	Mpr balok kanan	Mnb total	1,2 Mnb	Mnc > Mnb
K1	1804,3	1613,4	3417,7	616,10	850,78	1466,88	1760,25655	OK

Tabel 4. 63 Rekapitulasi Kontrol "Strong Column Weak Beam"
Arah Y

Nama Kolom	Arah Y							
	Goyang Ke Kanan							
	Momen Nominal Kolom			Momen Nominal Balok				
	Mnc atas	Mnc bawah	Mnc total	Mpr balok kiri	Mpr balok kanan	Mnb total	1,2 Mnb	Mnc > Mnb
K1	1804,3	1613,4	3417,7	850,78	177,66	1028,44	1234,12261	OK

4.7.7 Perhitungan Tulangan Geser

Gaya geser desain, V_e kolom ditentukan dari Mpr ujung-ujung kolom sesuai output program PCACOL. Nilai V_e akibat Mpr kolom tidak perlu diambil lebih besar dari V_e akibat Mpr balok-balok yang mengekang pada Join.

Penulangan Geser Daerah Tumpuan

Geser Desain Akibat Mpr Kolom:

Berikut nilai Mpr hasil output PCACOL dengan $f_s = 1,25 f_y$ dan $\phi = 1$:

No.	Pu kN	Mux kN-m	Muy kN-m	fMnx kN-m	fMny kN-m	fMn/Mu
1	7826.2	65.1	2.5	2792.4	107.2	42.893
2	7823.8	65.1	2.5	2792.4	107.2	42.894
3	4625.2	33.3	1.7	3191.9	162.9	95.852
4	6629.9	53.6	2.0	3062.6	114.3	57.137
5	4617.6	33.3	1.7	3190.2	162.9	95.802
6	6622.3	53.5	2.0	3065.9	114.6	57.307
7	6623.4	51.5	2.8	3004.9	163.4	58.348
8	6621.1	51.5	2.8	3005.9	163.4	58.368
9	5384.9	40.0	1.5	3293.6	123.5	82.339
10	6620.4	53.5	2.0	3066.8	114.6	57.324
11	2921.2	1184.1	1175.0	1781.3	1767.6	1.504
12	3050.6	1139.8	1173.4	1748.0	1799.6	1.534
13	5038.2	993.5	967.2	1727.3	1681.6	1.739
14	5144.6	917.9	964.4	1655.5	1739.3	1.804
15	3846.3	28.6	1.0	3022.6	105.7	105.686

Gambar 4. 60 Output Nilai Kapasitas Momen Kolom Bawah Lt. 1

No.	Pu kN	Mux kN-m	Muy kN-m	fMnx kN-m	fMny kN-m	fMn/Mu
1	7746.9	115.7	1.6	2825.7	39.1	24.423
2	7744.5	115.7	1.6	2825.8	39.1	24.424
3	4545.9	61.5	0.8	3202.7	41.7	52.076
4	6550.6	95.3	1.4	3186.9	46.8	33.441
5	4538.3	61.4	0.8	3200.9	41.7	52.132
6	6543.0	95.3	1.3	3194.9	43.6	33.524
7	6544.1	95.9	1.2	3198.8	40.0	33.356
8	6541.8	95.9	1.1	3204.2	36.8	33.412
9	5292.3	71.3	1.0	3338.6	46.8	46.824
10	6541.1	95.2	1.3	3195.8	43.6	33.569
11	2969.9	336.9	317.7	1826.3	1722.2	5.421
12	2999.3	416.0	318.8	2015.9	1544.9	4.846
13	4950.7	242.2	260.8	1647.0	1773.5	6.800
14	5057.1	377.0	262.7	2019.6	1407.3	5.357
15	3780.2	50.9	0.7	3020.8	41.5	59.347

Gambar 4. 61 Output Nilai Kapasitas Momen Kolom Atas Lt. 1

Dari hasil output diatas, maka didapatkan gaya Mpr kolom yaitu (SNI 2847:2013 pasal 21.6.2.2):

$$M_{pr \text{ atas}} = 3022,6 \text{ kNm}$$

$$M_{pr \text{ bawah}} = 3022,6 \text{ kNm}$$

$$V_{el} = \frac{M_{prc \text{ atas}} + M_{prc \text{ bawah}}}{lu} = \frac{3022,6 + 3022,6}{4000} = 1510,85 \text{ kN}$$

Geser Desain Akibat Mpr Balok:

(SNI 2847:2013 pasal 21.6.2.2)

Data yang merangka ke joint:

$$A_s = 3580,54 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 2453,13 \text{ mm}^2$$

$$d = 534,5 \text{ mm}$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$M_{pr1}^-$$

$$a = \frac{A_{spasang} \times (1,25 f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{3580,54 \times (1,25 \times 420)}{0,85 \times 30 \times 450} = 163,82 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr1}^- &= A_{spasang} \times 1,25 f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 3580,54 \times 1,25 \times 420 \times \left(534,5 - \frac{163,82}{2} \right) \\ &= 850,78 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{pr2}^+$$

$$a = \frac{A_{spasang} \times (1,25 f_y)}{0,85 \times f_c' \times b} = \frac{2453,13 \times (1,25 \times 420)}{0,85 \times 30 \times 450} = 112,23 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr2}^+ &= A_{spasang} \times 1,25 f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 2453,13 \times 1,25 \times 420 \times \left(534,5 - \frac{112,23}{2} \right) \\ &= 616,10 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$V_{e2} = \frac{M_{pr1}^+ + M_{pr2}^-}{l_n} = \frac{850,78 + 616,10}{(7200 - 900)} = 232,83 \text{ kN}$$

Cek Kondisi Geser Desain:

(SNI 2847:2013 pasal 21.6.2.2)

1. Geser desain akibat kolom tidak perlu lebih dari geser akibat balok, karena $V_{e1} \text{ kolom} = 1510,85 \text{ kN} > V_{e2} \text{ balok} = 232,83 \text{ kN}$, maka $V_e = V_e \text{ balok} = 232,83 \text{ kN}$.
2. Geser desain yang diambil tidak boleh kurang dari V_e hasil dari analisa struktur, karena $V_e \text{ balok} 232,83 \text{ kN} < V_e \text{ ETABS} = 252,08 \text{ kN}$ maka $V_e = V_e \text{ ETABS} = 252,08 \text{ kN}$.

Dari kondisi diatas maka $V_e \text{ desain} = 252,08 \text{ kN}$.

Cek Kontribusi Kuat Geser Beton Diabaikan atau Tidak:

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.2, kontribusi beton diabaikan dalam menahan gaya geser rencana bila:

1. Gaya geser yang ditimbulkan gempa, mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam l_o .
 $0,5 V_{e1} = 0,5 \times 1510,85 \text{ kN} = 755,425 \text{ kN} > V_{cETABS} = 252,06 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$
2. Gaya tekan aksial terfaktor, $P_u = 7826,22 \text{ kN} < \frac{A_g \times f'_c}{10} = \frac{(900 \times 900) \times 35}{20} = 2838 \text{ kN} \rightarrow \text{NOT OK}$

Sehingga V_c diperhitungkan:

(SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.2)

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \left(1 + \frac{P_u}{14 \cdot A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w \cdot d \\ &= 0,17 \times \left(1 + \frac{7826220}{14 \cdot (900 \times 900)} \right) 1 \sqrt{35} \cdot 900 \cdot 900 \\ &= 519429,68 \text{ N} \end{aligned}$$

Daerah Sendi Plastis:

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.1 daerah sendi plastis atau sepanjang, l_o yang diukur dari muka join tidak boleh kurang dari yang terbesar dari point berikut:

- Tinggi komponen struktur pada muka join, $h = 900 \text{ mm}$
- $\frac{l_u}{6} = \frac{(4000-600)}{6} = 566,67 \text{ mm}$
- 450 mm

Maka daerah sendi sepanjang (l_o) = 900mm

Gaya Geser Desain dan Jarak Sengkang:

$$V_s = V_u - \phi V_c = 252058 - 0,75 \times 519429,68 = -137514,656 \text{ N} \rightarrow$$

Tulangan geser minimal

Direncanakan sengkang 4 kaki D 16

$$\begin{aligned} A_v &= n \text{ kaki} \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 803,84 \text{ mm}^2 \\ s &= \frac{\phi \times A_v \times f_{y_s}}{V_s} = \frac{\phi \times 803,84 \times 420}{-137514,656} = 1531,06 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.3, ujung-ujung kolom sepanjang l_o harus dikekang oleh tulangan transversal (A_{sh})

dengan spasi sengkang (s_1) diambil yang terkecil dari nilai berikut:

- $\frac{1}{4}$ dimensi terkecil kolom = $\frac{1}{4} \times 900 = 225$ mm
- $6 d_b = 6 \times 25 = 150$ mm
- Nilai s_0 tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu kecil dari 100 mm

$$\begin{aligned} h_x &= \frac{1}{\text{jumlah segkang sisi } h-1} \times (h - (2 \times \text{selimut})) \\ &= \frac{1}{4-1} \times (900 - (2 \times 40)) \\ &= 273,33 \text{ mm} \\ s_0 &= 100 + \frac{(350-273,33)}{3} \\ &= 100 + \frac{(350-273,33)}{3} = 125,56 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga dipasang $s = 100$ mm

$s_{\text{pasang}} \leq s_3$

$$100 \leq 100 \rightarrow \text{Ok}$$

Maka jarak sengkang (s_1) = 100 dan jarak sengkang pertama di l_0 dipasang $\frac{s_1}{2} = \frac{100}{2} = 50$ mm.

Luas Penulangan Hoops:

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.4 (b), untuk luas total penulangan *hoops* persegi (*Ash*) tidak boleh kurang dari nilai terbesar berikut:

$$A_{sh1} = 0,3 \left(\frac{s \times b_c \times f'_c}{f_{yt}} \right) \times \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$A_{sh2} = 0,09 \left(\frac{s \times b_c \times f'_c}{f_{yt}} \right)$$

$$b_c = b_w - 2 \left(t - \frac{1}{2} d_b \right) = 900 - 2 \left(40 - \frac{1}{2} \times 16 \right) = 804 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_{ch} &= [b_w - 2t] \times [b_w - 2t] \\ &= [900 - 2.40] \times [900 - 2.40] = 672400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sh1} &= 0,3 \left(\frac{s \times b_c \times f'c}{f_{yt}} \right) \times \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\
 &= 0,3 \left(\frac{100 \times 804 \times 35}{420} \right) \times \left(\frac{(900 \times 900)}{672400} - 1 \right) \\
 &= 411,32 \text{ mm}^2 \\
 A_{sh2} &= 0,09 \left(\frac{s \times b_c \times f'c}{f_{yt}} \right) \\
 &= 0,09 \left(\frac{100 \times 804 \times 35}{420} \right) = 603 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Maka dipakai yang terbesar yaitu $A_{sh} = 603 \text{ mm}^2$

$$A_v = n \text{ kaki} \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 803,84 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 A_{v \text{ pasang}} &> A_{sh} \\
 803,84 \text{ mm}^2 &> 603 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ok}
 \end{aligned}$$

Gaya geser perlawanan sengkang:

$$V_s = \frac{A_v \times f_{yt} \times d}{s} = \frac{803,84 \times 420 \times 831,5}{100} = 2807250,4 \text{ N}$$

Gaya geser perlawanan total :

$$\begin{aligned}
 \emptyset (V_s + V_c) &> V_u \\
 0,75 (2807250,4 \text{ N} + 519429,68 \text{ N}) &> 252058 \text{ N} \\
 637362,112 \text{ N} &> 252058 \text{ N} \rightarrow \text{Ok}
 \end{aligned}$$

Maka daerah *lo* dipasang sengkang 4 kaki D 13 - 100

Penulangan Geser Daerah Lapangan

Pemasangan tulangan geser diluar sendi plastis ($>2h$) diperhitungkan sebesar:

$$\begin{aligned}
 \frac{V_{u2}}{\frac{1}{2}l_n - 2h} &= \frac{V_{u1}}{\frac{1}{2}l_n} \\
 V_{u2} &= \frac{V_{u1} \left(\frac{1}{2}l_n - 2h \right)}{\frac{1}{2}l_n} = \frac{252058 \times (0,5 \times (4000 - 600))}{\frac{1}{2} (4000 - 600)} = 195340 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya Geser Desain dan Jarak Sengkang:

$$V_s = \emptyset V_u - V_c$$

$$= 0,75 \times 195340 \text{ N} - 519429,34 \text{ N} = -372921,2 \text{ N}$$

$V_s < 0$, maka perlu tulangan geser minimum

$$V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \times b_w \times d = \frac{1}{3} \times 900 \times 831,5 = 249450 \text{ N}$$

Direncanakan sengkang 4 kaki D16

$$A_v = n \text{ kaki} \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 803,84 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{\emptyset \times A_v \times f_y s}{V_s} = \frac{\emptyset \times 803,84 \times 420}{249450 \text{ N}} = 844,032 \text{ mm}$$

Maka dipakai $s = 150 \text{ mm}$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.4.5, jarak spasi sengkang di luar l_o yaitu (s_3) harus diambil yang terkecil dari nilai berikut:

- $6 d_b = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$
- 150 mm

$s \text{ pasang} \leq s_3$

$$150 \leq 150 \rightarrow \text{Ok}$$

Gaya geser perlawanan sengkang:

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{803,84 \times 420 \times 831,5}{150} = 1871500,3 \text{ N}$$

Gaya geser perlawanan total :

$$\emptyset (V_s + V_c) > V_u$$

$$0,75 (1871500,3 \text{ N} + 519429,68 \text{ N}) > 195345 \text{ N}$$

$$1793197,472 \text{ N} > 195345 \text{ N} \rightarrow \text{Ok}$$

Maka daerah luar l_o dipasang sengkang 4 kaki D 13 – 150.

Berikut rekapitulasi untuk penulangan kolom:

Tabel 4. 64 Rekapitulasi Penulangan Kolom

Kolom	Dimensi (mm)		Penulangan Lentur	Penulangan Geser			
	Tumpuan			Tumpuan		Lapangan	
K1	900	x 900	20 D 25	4	D 16	100	D 16 150
K2	850	x 850	20 D 25	4	D 16	100	D 16 150
K3	800	x 800	20 D 25	4	D 16	100	D 16 150

4.7.8 Perhitungan Panjang Penyaluran

Panjang penyaluran disalurkan pada lokasi yang sama, maka yang digunakan menurut SNI 2847-2013 pasal 12.15.1 tergolong kelas B, panjang minimum penyaluran adalah 1,3ld.

Perhitungan panjang penyaluran tulangan D 25 berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2 3 adalah sebagai berikut:

- f_y = 420 Mpa
- f'_c = 35 Mpa
- ψ_t = 1 (situasi lainnya)
- ψ_e = 1 (tulangan tanpa pelapis)
- ψ_s = 1 (tulangan lebih besar dari D-22)
- λ = 1 (beton normal)
- d_b = 25 mm
- cover = 40 mm
- K_{tr} = 0

Nilai C_b diambil yang terkecil dari nilai di bawah ini:

$$C_b = \text{cover} + D \text{ geser} + \frac{1}{2} D \text{ lentur}$$

$$C_b = 40 + 16 + \frac{1}{2} \cdot 25 \\ = 68,5 \text{ mm}$$

$$C_b = \frac{b - 2(\text{cover} \times D_{\text{geser}} \times 0,5 D_{\text{lentur}})}{6 - 1} \\ = \frac{b - 2(40 + \frac{1}{2} \cdot 25) - 6 \times 25}{6 - 1} = 127,6 \text{ mm}$$

Maka dipakai $C_b = 68,5 \text{ mm}$

Kontrol:

$$\frac{C_b + K_{tr}}{d_b} < 2,5$$

$$\frac{68,5 + 0}{25} < 2,5$$

$$3,74 > 2,5 \rightarrow \text{Pakai } 2,5$$

Maka dipakai $C_b = 2,5$

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \times \frac{\psi_t \times \psi_e \times \psi_s}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b}\right)} \right) d_b$$

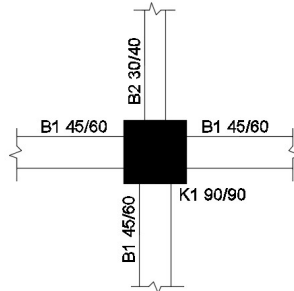
$$= \left(\frac{f_y}{1,1 \lambda \sqrt{35}} \times \frac{1 \times 1 \times 1}{(2,5)} \right) \times 25$$

$$= 645,39 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran $= 1,3 \text{ } l_d = 1,3 \times 645,39$
 $= 839,0 \text{ mm} \approx 840 \text{ mm}$

4.8 Hubungan Balok Kolom

Suatu joint harus memenuhi persyaratan dalam SNI 2847-2013 pasal 21.7 yang meliputi cek syarat panjang joint, luas efektif joint, penulangan transversal joint dan kuat geser HBK. Di bawah ini denah joint balok kolom yang akan ditinjau:



Gambar 4. 62 Denah Joint Balok Kolom yang Ditinjau

4.8.1 Data Perencanaan HBK

- Lokasi HBK = tengah
- Tinggi Kolom = 4000 mm
- Dimensi Kolom = 900x900 mm
- Mutu Beton (f'_c) = 35 Mpa
- Diameter tul. Lentur = 25 mm
- Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa
- Diameter tul. Sengkang = 16 mm
- Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa
- Tulangan Balok Arah Sumbu X B1-B1:
 - M_{pr}^- kiri = 850,78 kNm
 - M_{pr}^+ kanan = 616,10 kNm
 - As tarik = 3580,54 mm²
 - As tekan = 2453,13 mm²

- Tulangan Balok Arah Sumbu Y B1-B2:

M_{pr}^- kiri	= 850,78 kNm
M_{pr}^+ kanan	= 154,97 kNm
As tarik	= 3580,54 mm ²
As tekan	= 1139,82 mm ²

4.8.2 Cek Syarat Panjang Joint

(SNI 2847:2013 pasal 21.7.2.3)

Dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok $> 20d_b$:

- 900 mm $> 20d_b = 20 \times 25 \text{ mm} = 500 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$

4.8.3 Luas Efektif Joint

(SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1)

- Luas efektif joint arah sumbu x-x
 - Lebar joint efektif = $b + h = 450 + 600 = 1050 \text{ mm}$
 - Lebar joint efektif = $b + 2x = 450 + 2\left(\frac{900-450}{2}\right) = 900 \text{ mm}$
 - Lebar joint efektif = $\frac{3}{4} b_k = \frac{3}{4} \times 900 = 675 \text{ mm}$
Maka dipilih lebar joint efektif = 675 mm, sehingga:
Luas joint efektif = $h_k \times l_e = 900 \times 675 = 607500 \text{ mm}^2$
- Luas efektif joint arah sumbu x-x
 - Lebar joint efektif = $b + h = 450 + 600 = 1050 \text{ mm}$
 - Lebar joint efektif = $b + 2x = 450 + 2\left(\frac{900-450}{2}\right) = 900 \text{ mm}$
 - Lebar joint efektif = $\frac{3}{4} b_k = \frac{3}{4} \times 900 = 675 \text{ mm}$
Maka dipilih lebar joint efektif = 575 mm, sehingga:
Luas joint efektif = $h_k \times l_e = 900 \times 675 = 607500 \text{ mm}^2$

4.8.4 Penulangan Transversal HBK

(SNI 2847:2013 pasal 21.7.3.2)

Komponen-komponen struktur merangka ke dalam semua empat sisi joint dan bilamana setiap lebar komponen struktur adalah paling sedikit tiga perempat lebar kolom, jumlah tulangan yang ditetapkan dalam 21.6.4.4(a) atau 21.6.4.4(b) diizinkan untuk direduksi dengan setengahnya, dan spasi yang disyaratkan dalam

21.6.4.3 diizinkan untuk ditingkatkan sampai 150 mm dalam tinggi keseluruhan h komponen struktur rangka yang terpendek

Lebar balok terkecil = 300 mm (B2)

$\frac{3}{4}$ lebar kolom = $\frac{3}{4} \times 900 \text{ mm} = 675 \text{ mm}$

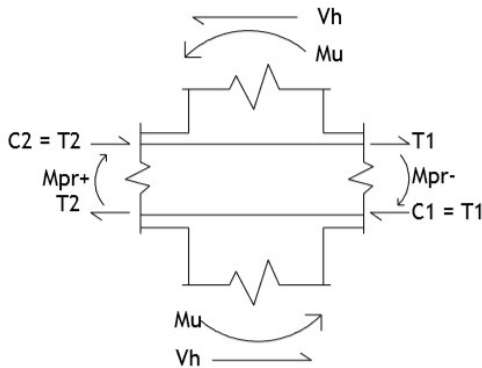
$300 \text{ mm} < 675 \text{ mm} \rightarrow$ lebar balok terkecil tidak menutupi $\frac{3}{4}$ bagian lebar kolom sehingga sengkang di HBK tidak dapat direduksi, maka berdasarkan hasil desain sebelumnya didapatkan tulangan sengkang sebagai berikut:

- Arah sumbu x-x 4 kaki D16 -100 mm
- Arah sumbu y-y 4 kaki D16 -100 mm

4.8.5 Kuat Geser Hubungan Balok Kolom

(SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1)

Gaya geser (V_h) di kolom dihitung dari M_{pr} kedua ujung balok yang menyatu di HBK. Panjang kolom atas dan kolom bawah sama, maka masing-masing ujung kolom memikul jumlah M_{pr} balok sama besarnya (M_u). Berikut sketsa gaya dalam yang bekerja di HBK:



Gambar 4. 63 Sketsa Gaya Dalam yang Bekerja

Arah sumbu x-x

$h_n = 4000 \text{ mm}$

$M_{pr}^- \text{ kiri} = 850,78 \text{ kNm}$

$M_{pr}^+ \text{ kanan} = 616,10 \text{ kNm}$

$$M_u = \left(\frac{M_{pr}^- + M_{pr}^+}{2} \right) = \left(\frac{850,78 + 616,10}{2} \right) = 733,44 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{sway}} = \left(\frac{M_u + M_u}{hn} \right) = \left(\frac{733,44 + 733,44}{4} \right) = 366,72 \text{ kNm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.7.2.1, hitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal. Dalam perhitungan diasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah 1,25 fy.

Gaya tarik pada tulangan balok di tumpuan kiri (B1) As balok kiri = 3580,54 mm².

$$T_1 = 1,25 \times A_s \times f_y = 1,25 \times 3580,54 \times 420 = 1879,78 \text{ kN}$$

Gaya tekan pada tulangan balok di tumpuan kanan (B1) As balok kiri = 2453,13 mm².

$$C_2 = 1,25 \times A_s \times f_y = 1,25 \times 2453,13 \times 420 = 1287,89 \text{ kN}$$

Selanjutnya, dengan meninjau keseimbangan arah gaya dalam arah horizontal diperoleh :

$$V_j = T_1 + C_2 - V_{\text{sway}} = 1879,78 + 1287,89 - 366,72 = 2800,96 \text{ kN}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.7.4.1, besar Vj tidak boleh melebihi besar Vn:

$$V_n = 1,7 \sqrt{f'_c} \times A_j = 1,7 \sqrt{35} \times 607500 = 21165,07 \text{ kN}$$

Kontrol :

$$\phi V_n > V_j$$

$$0,75 \times 21165,07 > 2800,96 \text{ kN}$$

$$15973,81 \text{ kN} > 2800,96 \rightarrow \text{Ok}$$

Arah sumbu y-y

$$h_n = 4000 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^- \text{ kanan} = 850,78 \text{ kNm}$$

$$M_{pr}^+ \text{ kiri} = 154,97 \text{ kNm}$$

$$M_u = \left(\frac{M_{pr}^- + M_{pr}^+}{2} \right) = \left(\frac{850,78 + 154,97}{2} \right) = 502,88 \text{ kNm}$$

$$V_{\text{sway}} = \left(\frac{M_u + M_u}{hn} \right) = \left(\frac{502,88 + 502,88}{4} \right) = 251,44 \text{ kNm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.7.2.1, hitun gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal. Dalam perhitungan diasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah 1,25 fy.

Gaya tarik pada tulangan balok di tumpuan kiri (B1) As balok kiri = 3580,54 mm².

$$T_1 = 1,25 \times A_s \times f_y = 1,25 \times 3580,54 \times 420 = 1879,78 \text{ kN}$$

Gaya tekan pada tulangan balok di tumpuan kanan (B2) As balok kiri = 1139,82 mm².

$$C_2 = 1,25 \times A_s \times f_y = 1,25 \times 981,25 \times 420 = 515,15 \text{ kN}$$

Selanjutnya, dengan meninjau keseimbangan arah gaya dalam arah horizontal diperoleh :

$$V_j = T_1 + C_2 - V_{\text{sway}} = 1879,78 + 515,15 - 251,44 = 2143,50 \text{ kN}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 psal 21.7.4.1, besar Vj tidak boleh melebihi besar Vn:

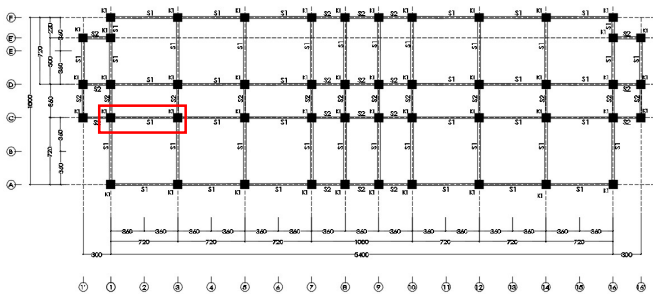
$$V_n = 1,7 \sqrt{f'_c} \times A_j = 1,7 \sqrt{35} \times 607500 = 21165,07 \text{ kN}$$

Kontrol :

- ϕV_n > Vj
- 0,75 x 21165,07 > 21165,07 kN
- 15873,81 kN > 21165,07 kN → Ok

4.9 Desain Sloof

Sloof digunakan untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Berikut letak sloof yang akan ditinjau:



Gambar 4. 64 Denah Sloof yang Ditinjau

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.12.3.2 balok sloof (grade) didesain untuk bekerja sebagai pengikat horisontal antara *poer* atau fondasi tapak harus diproporsikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar spasi bersih antara kolom yang disambung dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450 mm. Pengikat tertutup harus dipasang dengan spasi tidak melebihi yang lebih kecil dari setengah dimensi penampang ortogonal terkecil dan 300 mm. Maka dimensi sloof:

$$b = \frac{L}{20} = \frac{7200}{20} = 360 \text{ mm} \approx 400 \text{ mm}$$

$$h = \frac{3}{2} \times 400 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

4.10.1 Data Perencanaan Sloof

Berikut data yang akan digunakan dalam perencanaan penulangan sloof:

- Dimensi Balok = 400/600
- Bentang Balok = 7200 mm
- Mutu Beton ($f'c$) = 35 Mpa
- Selimut beton = 40 mm
- Diameter tul. Lentur = 25 mm
- Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa
- Diameter tul. Sengkang = 13 mm
- Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa

4.10.2 Pembebanan Sloof

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangan diidealikan seperti pada penulangan kolom. Adapun beban – beban yang ditimpakan ke sloof meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom. Berikut perhitungan pembebanan sloof:

Berat sendiri sloof:

$$qD = 1,4 \times 0,4 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 576 \text{ kg/m}$$

Panjang sloof (L)= 7200 mm

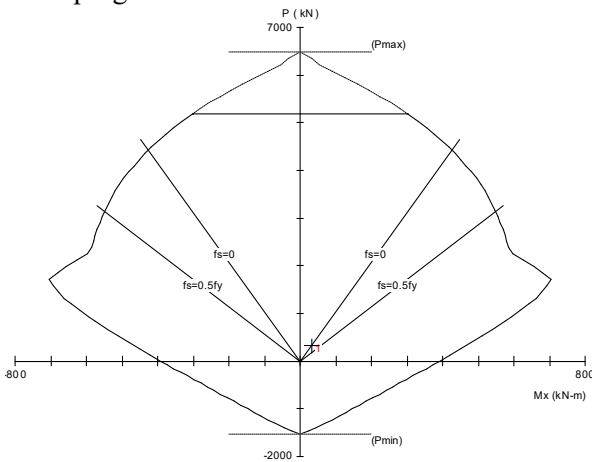
$q_u = 1,4 \times q_D = 1,4 \times 576 \text{ kg/m} = 806,4 \text{ kg/m}$

$M_u = \frac{1}{12} q_u \times L^2 = \frac{1}{12} 806,4 \text{ kg/m} \times (7,2\text{m})^2 = 3292,8 \text{ kgm} = 32,928 \text{ kNm}$

$F = P_G (S_{DS} / 10)$ (ASCE 7-10 Section 12.13.5.2)
 $= 5237,436 \text{ kN} (0,6183 / 10)$
 $= 323,83 \text{ kN}$

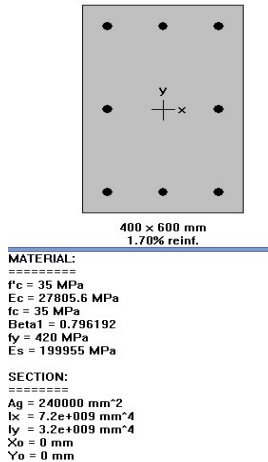
4.10.3 Penulangan Lentur Sloof

Perencanaan penulangan lentur sloof di desain dengan program bantu PCA Col dengan memasukkan beban dan momen dari hitungan sebelumnya dan merencanakan tulangan yang akan dipakai yaitu 8D25. Berikut diagram interaksi penulangan sloof keluaran dari program bantu PCA Col:



Gambar 4. 65 Diagram Interaksi P-M Sloof

Dengan adanya lokasi tanda (+) di dalam diagram interaksi menunjukan bahwa desain penulangan masih memenuhi syarat. Berikut hasil penulangan dengan program bantu PCA col:



Gambar 4. 66 Hasil Penulangan dengan Program Bantu PCA Col

Kontrol jarak antar tulangan lentur:

Spasi bersih minimum tulangan sejajar dalam suatu lapis harus sebesar db tetapi tidak kurang dari 25 mm (SNI 2847-2013 pasal 7.6.1).

$$s = \frac{bw - (2x \text{ decking}) - (2x \text{ sengkang}) - (n \times D \text{ lentur})}{n-1}$$

$$= \frac{400 - (2x 40) - (2x 25) - (3x 25)}{3-1} = 109,5 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

4.10.3 Penulangan Geser Sloof

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut:

$$Ag = 400 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} = 240000 \text{ mm}^2$$

$$d = 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \frac{1}{2} \times 25 \text{ mm} = 534,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{P_u}{14 \cdot Ag}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_w \cdot d$$

$$= 0,17 \times \left(1 + \frac{532744 \text{ N}}{14 \times 2400}\right) 1 \sqrt{35} \times 400 \text{ mm} \times 534,5 \text{ mm}$$

$$= 218378 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= 0,75 \times 218378 \text{ N} = 163783 \text{ N} = 16378,3 \text{ kg} \\ V_u &= \frac{1}{2} q_u \times L = \frac{1}{2} \times 806,4 \text{ kg/m} \times 7,2 \text{ m} = 2903,04 \text{ kg} \\ \phi V_c &= 16378,3 \text{ kg} > V_u = 2903,04 \text{ kg} \rightarrow \text{Tidak perlu tulangan} \\ &\text{minimum.}\end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal paa sloof tidak boleh kurang dari :

$$S \text{ maks} = \frac{d}{2} = \frac{534,5}{2} = 267,25 \text{ mm atau } 300 \text{ mm}$$

Maka dipakai tulangan sengkang 2D13-250 mm.

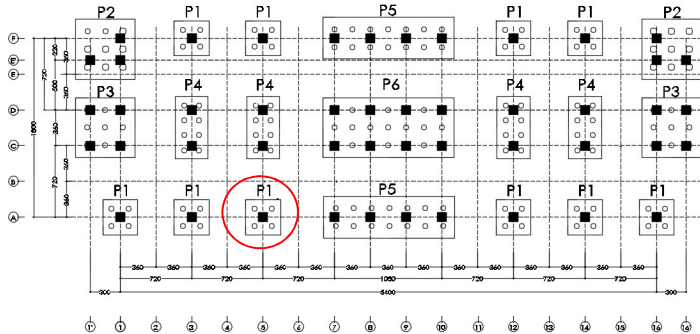
Di bawah ini merupakan rekapitulasi penulangan sloof

Tabel 4. 65 Rekapitulasi Penulangan Sloof

Jenis Sloof	Dimensi (mm)		Penulangan Lentur	Penulangan Geser
	b	h		
S1	400	600	8 D 25	2 D13 - 250
S2	300	450	4 D 25	2 D13 - 250

4.10 Desain Pondasi

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. Desain pondasi suatu struktur bangunan harus mempertimbangkan jenis, kondisi dan struktur tanah. Hal ini terkait dengan kemampuan atau daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. Desain pondasi tiang pancang yang akan dianalisis adalah pondasi tipe P1. Berikut denah rencana pondasi:



Gambar 4. 67 Denah Pondasi yang Ditinjau

4.10.1 Data Perencanaan Tiang Pancang

Spesifikasi tiang pancang produksi WIKA Beton yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Mutu Beton = 600 kg/cm² atau 52 Mpa
- *Outside diameter* = 600 mm
- *Wall thickness* = 100 mm
- *Class* = A1
- *Unit weight* = 393 kg/m
- *Bending moment crack* = 17 tm
- *Bending momen ultimate* = 25,5 tm
- *Allowable axial load* = 252,7 ton

4.10.2 Beban Struktur

Beban yang bekerja pada pondasi ditinjau dengan kombinasi kombinasi berikut berdasarkan metoda tegangan ijin yang mengacu pada peraturan SNI 1726-2012 pasal 4.2.3:

- D
- D+L
- D+0,75L
- D+0,6W atau 0,7E
- D+0,75(0,6W atau 0,E)+0,75L

- 0,6D+0,6W
- 0,6D+0,7E

Berikut adalah gaya dalam terbesar yang bekerja di joint 23 yang akan didesain untuk pondasi tipe 1:

Tabel 4. 66 Gaya-Gaya Dalam yang Bekerja pada Joint 23

Load Case/Combo	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
Envelop Pondasi Max	104,7	114,7	5237,4	444,5	488,3	0,4
1D + 0,7Ex Max	104,7	114,7	4290,7	429,3	488,3	0,4
1D + 0,7Ey Max	104,7	114,7	4290,7	429,3	488,3	0,4
1D + 0,75L + 0,75 (0,7Ex) Max	78,9	109,9	5237,4	291,1	367,0	0,3
1D + 0,75L + 0,75 (0,7Ey) Max	78,9	109,9	5237,4	291,1	367,0	0,3
0,6D + 0,7Ey Max	104,6	102,9	2789,7	444,5	487,9	0,4
0,6D + 0,7Ex Max	104,6	102,9	2789,7	444,5	487,9	0,4
<i>Dead Load dan Live Load</i>	0,8	51,5	5137,2	-66,7	1,7	0,0
1D+ 0,75L	0,7	46,0	4791,0	-59,6	1,5	0,0
1,4D	0,6	41,3	5253,4	-53,5	1,3	0,0
1D	0,4	29,5	3752,4	-38,2	0,9	0,0
1D + 0,75L + 0,75 (0,7Ex) Min	-77,6	-17,9	4430,1	-410,2	-364,0	-0,3
1D + 0,75L + 0,75 (0,7Ey) Min	-77,6	-17,9	4430,1	-410,2	-364,0	-0,3
1D + 0,7Ex Min	-103,9	-55,7	3214,2	-505,7	-486,5	-0,4
1D + 0,7Ey Min	-103,9	-55,7	3214,2	-505,7	-486,5	-0,4
0,6D + 0,7Ey Min	-104,1	-67,5	1713,2	-490,4	-486,8	-0,4
0,6D + 0,7Ex Min	-104,1	-67,5	1713,2	-490,4	-486,8	-0,4
Envelop Pondasi Min	-104,1	-67,5	1713,2	-505,7	-486,8	-0,4

4.10.3 Daya Dukung Satu Tiang Pancang

4.10.3.1 Koreksi Data Tanah dari N-SPT Lapangan

Data tanah yang digunakan untuk perencanaan pondasi gedung ini yaitu data tanah N-SPT. Data tanah N-SPT lapangan tidak dapat langsung digunakan karena harus dilakukan koreksi terlebih dahulu. Metode perhitungan menggunakan cara ari Terzaghi Bazaraa 1960. Berikut tahapan mengoreksi nilai N-SPT lapangan:

1. Koreksi nilai N-SPT terhadap muka air tanah

Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir berlanau dan pasir belempong yang berada di bawah muka air tanah dan hanya nila $N > 15$.

$$N_1 = 15 + \frac{1}{2}(N - 15)$$

$$N_1 = 0,6N$$

Kemudian dipilih N_1 yang terkecil

2. Koreksi terhadap *overburden*

Dari harga N_1 yang terpilih akan dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal

$$N_2 = \frac{4N_1}{1 + 0,4P_0} \text{ untuk } P_0 < 7,5 \text{ ton}$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{3,25 + 0,1P_0} \text{ untuk } P_0 > 7,5 \text{ ton}$$

Keterangan:

P_0 : Tekanan tanah vertikal efektif pada lapisan kedalaman yang ditinjau

$$P_0 = \gamma' \times H$$

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w \quad (\gamma_w = 1 \text{ ton/m}^3)$$

H = ketinggian per lapisan tanah/ *depth increment* (m)

Dimana untuk setiap lapisan tanah selanjutnya, nilai tegangan efektif lapisan sebelumnya ditambah dengan tegangan efektif lapisan tanah tersebut untuk setiap *depth increment* 0,5 m, sehingga:

$$P_0 = P_0 \text{ dari depth sebelumnya} + \gamma' \times H$$

Setelah nilai N_2 diperoleh, maka nilai harga N_2 dibandingkan dengan nilai harga N_1 dengan ketentuan”

$$N_2 \leq 2N_1$$

Apabila dari koreksi nilai $N_2 > 2N_1$ maka diambil :

$$N_2 = 2N_1$$

$N_{rata-rata}$ = Harga rata-rata N_2 4D dibawah ujung s/d 8D diatas ujung tiang.

Untuk hasil perhitungan koreksi data tanah dari N-SPT lapangan terdapat pada lampiran.

4.10.3.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal

Perhitungan daya dukung tiang pancang dilakukan berdasarkan hasil uji nilai N-SPT lapangan terkoreksi sampai dengan kedalaman 30 m. Dengan tahapan sebagai berikut:

1. Menentukan hambatan geser selimut tiang pada segmen i

$$\begin{aligned} f_{si} &= \frac{N}{2} \text{ ton/m}^2 \text{ untuk tanah lempung / lanau} \\ &= \frac{N}{5} \text{ ton/m}^2 \text{ untuk tanah pasir} \end{aligned}$$

2. $Q_{ujung\ tiang} = 40 \bar{N} \times A_{ujung}$

3. Menentukan luas selimut tiang pada selimut tiang pada segmen i

$$Asi = \text{keliling tiang} \times H$$

$$Rsi = f_{si} \times Asi$$

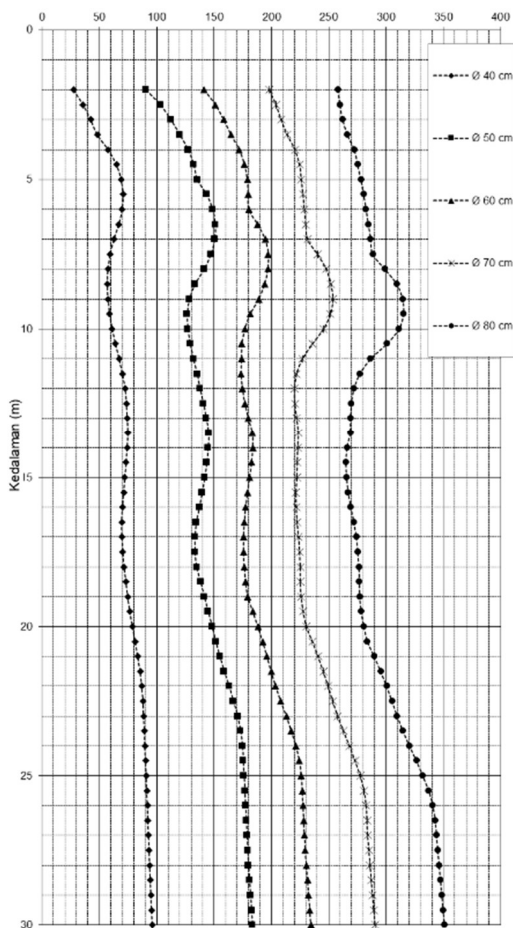
4. $Q_{ult\ tiang} = Q_{ujung\ tiang} + Rsi$

5. $Q_{ijin\ tiang\ tunggal} = \frac{Q_{ult\ tiang}}{SF}$, $SF = 3$

Hasil perhitungan daya dukung tiang tunggal terdapat pada lampiran. Perhitungan daya dukung ijin tiang tunggal dilakukan pada tiang berdiameter 300-800 mm dengan hasil seperti pada grafik dibawah ini:

Grafik Daya Dukung Ijin Aksial Tekan Tiang Tunggal
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN
FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

$$P_{ijin} \text{ (ton)} = P_{ult}/SF=3$$



Gambar 4. 68 Grafik Daya Dukung Ijin Aksial Tekan Tiang Tunggal Berdasarkan Harga SPT dengan Formula Mayererhof dan Bazaraa

4.10.4 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

4.10.4.1 Penentuan Kedalaman Pemancangan

Untuk menentukan kedalaman tiang pancang dipakai nilai Q_{ijin} tanah yang setara atau kurang dari $Q_{allowable axial}$ bahan tiang pancang. $Q_{allowable}$ bahan tiang diketahui 252,7 ton. Sehingga Q_{ijin} tiang tunggal pada kedalaman 28 m = 230,54 ton < $Q_{allowable axial}$ bahan 252,7 ton dapat dipakai. Pemilihan $Q_{allowable axial}$ bahan setara atau lebih besar dari Q_{ijin} tanah dimaksudkan agar ketika tiang tidak akan patah ketika dipancang sampai kedalam tersebut.

4.10.4.2 Perencanaan Jumlah Tiang Pancang dan Dimensi *Poer*

Jumlah tiang pancang dalam satu poer

Penentuan jumlah tiang pancang akibat beban aksial kolom:

$$n = \frac{P}{Q_{ijin}} = \frac{523,7}{230,54} = 2,272 \approx 4 \text{ buah}$$

$$m \text{ (arah X)} = 2 \text{ buah}$$

$$n \text{ (arah Y)} = 2 \text{ buah}$$

$$\text{jumlah tiang pancang} = m \times n = 2 \times 2 = 4 \text{ buah}$$

Pondasi tiang pancang direncanakan dengan diameter 60 cm. Jarak dari as ke as antar tiang pancang direncanakan seperti pada perhitungan di bawah ini:

Jarak antar tiang pancang

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

$$2,5 \times 0,6 \leq S \leq 3 \times 0,6$$

$$1,2 \leq 1,7 \leq 1,8$$

Dipakai jarak sebesar 1,7 m

Jarak tiang pancang ke tepi

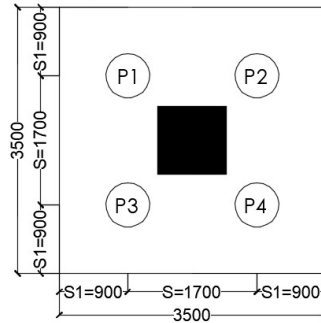
$$1,5 D \leq S1 \leq 2D$$

$$1,5 \times 0,6 \leq S1 \leq 2 \times 0,6$$

$$0,9 \leq 0,9 \leq 1,2$$

Direncanakan tinggi *poer* = 1 m

Gambar di bawah ini merupakan konfigurasi tiang rencana dimensi *poer* tipe P1:



Gambar 4. 69 Rencana Dimensi *Poer* Tipe P1

4.10.4.2 Analisa Gaya Dalam

Pada perhitungan kali ini digunakan gaya dalam terbesar yaitu pada join 23 dengan kombinasi envelope sebagai berikut:

$$P = 523,7 \text{ T}$$

$$H_x = 10,47 \text{ T}$$

$$H_y = 11,47 \text{ T}$$

$$M_x = 44,45 \text{ T.m}$$

$$M_y = 48,83 \text{ T.m}$$

Gaya Aksial Akibat Beban

$$\begin{aligned} M_{x \text{ kombinasi}} &= M_x + (H_y \times \text{tebal } poer) = 44,45 + (11,47 \times 1) \\ &= 55,92 \text{ T.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{y \text{ kombinasi}} &= M_y + (H_x \times \text{tebal } poer) = 48,83 + (10,47 \times 1) \\ &= 59,30 \text{ T.m} \end{aligned}$$

Beban vertikal yang bekerja akibat pengaruh aksial kolom dan beban sendiri *poer* sebagai berikut:

Berat sendiri *poer*:

$$\begin{aligned} W &= P \times L \times T \times \gamma = 3,5 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2,4 \text{ t/m}^3 \\ &= 29,4 \text{ T} \end{aligned}$$

Beban aksial kolom:

Beban tetap, $P = 523,7 \text{ T}$

$$\begin{aligned}\sum P &= P + \text{berat } poer \\ &= 523,7 \text{ T} + 29,4 \text{ T} = 553,14 \text{ T}\end{aligned}$$

Jumlah kebutuhan tiang pancang dalam satu grup dicek lagi setelah adanya penambahan beban akibat *poer*:

$$n = \frac{\sum P}{Q_{ijin}} = \frac{553,14}{230,54} = 2,39 \approx 4 \text{ buah}$$

4.10.4.4 Efisiensi Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Perhitungan efisiensi daya dukung tiang pancang kelompok dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini:

$$\eta = 1 - \frac{D}{\pi \times S \times m} [m(n-1) + (m-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)}]$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar tiang pancang

m = jumlah baris tiang pancang dalam grup

n = jumlah kolom tiang pancang dalam grup

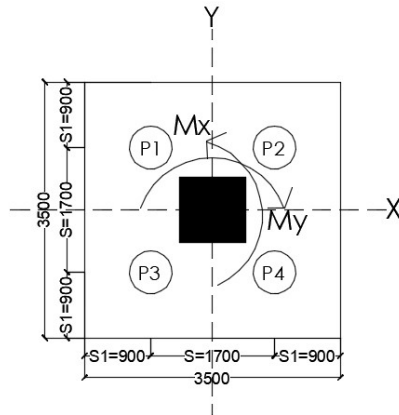
$$\begin{aligned}\eta &= 1 - \frac{D}{\pi \times S \times m} [m(n-1) + (m-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)}] \\ &= 1 - \frac{0,6}{\pi \times 2 \times 2} [2(2-1) + (2-1) + \sqrt{2(2-1)(2-1)}] \\ &= 0,751\end{aligned}$$

Sehingga Kontrol Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok:

$$\begin{aligned}\sum P &< Q_{kelompok} \\ 553,14 \text{ T} &< Q_{ijin} \times n \times \eta \\ 553,14 \text{ T} &< 230,54 \text{ T} \times 4 \times 0,751 \\ 553,14 \text{ T} &< 693,39 \text{ T} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

4.10.5 Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang Pancang

Berikut merupakan kofigurasi tiang pancang terhadap titik berat *poer*:



Gambar 4. 70 Jarak Tiang Terhadap Titik Berat *Poer*

Berdasarkan perencanaan konfigurasi tiang pancang, didapatkan jarak masing-masing tiang pancang terhadap titik berat *poer* seperti yang diperlihatkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 67 Jarak Tiang Pancang Terhadap Sumbu Y

Tiang	X (m)	X ² (m)
P1	-0,85	0,72
P2	0,85	0,72
P3	-0,85	0,72
P4	0,85	0,72
$\sum X^2$		2,89

Tabel 4. 68 Jarak Tiang Pancang Terhadap Sumbu X

Tiang	Y (m)	Y ² (m)
P1	0,85	0,72
P2	0,85	0,72
P3	-0,85	0,72
P4	-0,85	0,72
$\sum Y^2$		2,89

Dari perhitungan analisis gaya dalam sebelumnya akibat kombinasi yang menghasilkan $P_{u \max}$ diperoleh:

$$\sum P = 553,14 \text{ T}$$

$$M_x = 55,92 \text{ T.m}$$

$$M_y = 59,30 \text{ T.m}$$

Gaya yang dipikul oleh masing-masing tiang pancang ditentukan dengan perumusan berikut:

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

$$P_1 = \frac{553,14}{4} + \frac{55,92 \times 0,85}{2,89} + \frac{59,30 \times (-0,85)}{2,89} = 137,291 \text{ T}$$

$$P_2 = \frac{553,14}{4} + \frac{55,92 \times 0,85}{2,89} + \frac{59,30 \times 0,85}{2,89} = 172,175 \text{ T}$$

$$P_3 = \frac{553,14}{4} + \frac{55,92 \times (-0,85)}{2,89} + \frac{59,30 \times (-0,85)}{2,89} = 104,397 \text{ T}$$

$$P_2 = \frac{553,14}{4} + \frac{55,92 \times (-0,85)}{2,89} + \frac{59,30 \times 0,85}{2,89} = 139,281 \text{ T}$$

$$P_{\max} = 172,175 \text{ T}$$

Akibat kombinasi yang menghasilkan M_x_{\max}

Gaya output ETABS:

$$\sum P = 350,82 \text{ T}$$

$$M_x = 56,14 \text{ T.m}$$

$$M_y = 38,25 \text{ T.m}$$

Gaya yang dipikul oleh masing-masing tiang pancang ditentukan dengan perumusan berikut:

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

$$P_1 = \frac{350,82}{4} + \frac{56,14 \times 0,85}{2,89} + \frac{38,25 \times (-0,85)}{2,89} = 59,94 \text{ T}$$

$$P_2 = \frac{350,82}{4} + \frac{56,14 \times 0,85}{2,89} + \frac{38,25 \times 0,85}{2,89} = 82,44 \text{ T}$$

$$P_3 = \frac{350,82}{4} + \frac{56,14 \times (-0,85)}{2,89} + \frac{38,25 \times (-0,85)}{2,89} = 92,96 \text{ T}$$

$$P_2 = \frac{350,82}{4} + \frac{56,14 \times (-0,85)}{2,89} + \frac{38,25 \times 0,85}{2,89} = 115,46 \text{ T}$$

$$P_{\max} = 115,46 \text{ T}$$

Akibat kombinasi yang menghasilkan M_y max

Gaya output ETABS:

$$\sum P = 458,47 \text{ T}$$

$$M_x = 54,39 \text{ T.m}$$

$$M_y = 59,30 \text{ T.m}$$

Gaya yang dipikul oleh masing-masing tiang pancang ditentukan dengan perumusan berikut:

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

$$P_1 = \frac{458,47}{4} + \frac{54,39 \times 0,85}{2,89} + \frac{59,30 \times (-0,85)}{2,89} = 113,173 \text{ T}$$

$$P_2 = \frac{458,47}{4} + \frac{54,39 \times 0,85}{2,89} + \frac{59,30 \times 0,85}{2,89} = 148,057 \text{ T}$$

$$P_3 = \frac{458,47}{4} + \frac{54,39 \times (-0,85)}{2,89} + \frac{59,30 \times (-0,85)}{2,89} = 81,178 \text{ T}$$

$$P_2 = \frac{458,47}{4} + \frac{54,39 \times (-0,85)}{2,89} + \frac{59,30 \times 0,85}{2,89} = 116,062 \text{ T}$$

$$P_{\max} = 116,062 \text{ T}$$

Maka, tekanan maksimum satu tiang pancang adalah 172,175 T.

Syarat:

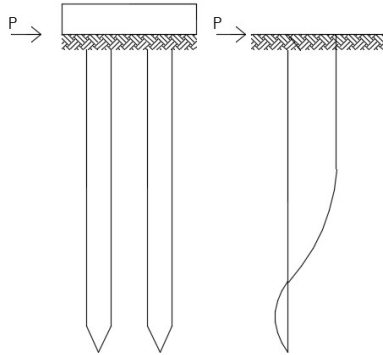
$$P_{1 \text{ tiang}} < Q_{ijin} \times \eta$$

$$172,175 \text{ T} < 230,54 \times 0,751$$

$$172,175 \text{ T} < 173,35 \text{ T}$$

4.10.6 Kontrol Kekuatan Tiang terhadap Gaya Lateral

Gaya lateral yang bekerja pada tiang dapat menyebabkan terjadinya defleksi dan momen. Oleh karena itu harus dilakukan kontrol terhadap defleksi dan momen yang terjadi pada tiang. Gaya yang terjadi dapat diilustrasikan seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4. 71 Diagram Gaya Lateral Tiang

4.10.6.1 Kontrol Defleksi

Kontrol defleksi tiang dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$\delta = Fd \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

- δ = defleksi yang terjadi
 Fd = koefisien defleksi (dilihat pada grafik)
 P = Gaya lateral 1 tiang
 T = *Relatif Stiffnes Factor*

Menentukan nilai Fd dari grafik dengan data sebagai berikut:

-Keluarkan output kombinasi envelop pada program bantu ETABS untuk mendapatkan nilai H_{maks} :

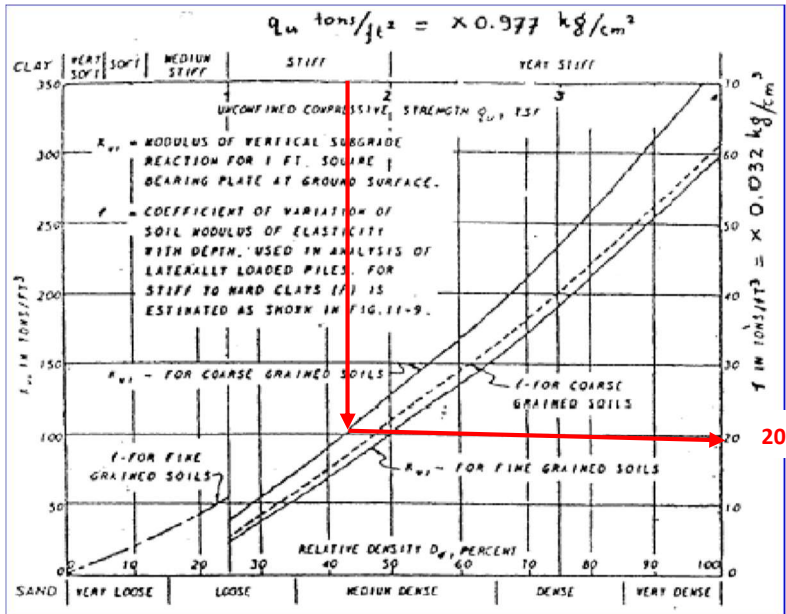
$$H_{maks} = 11,47 \text{ ton}$$

- Jumlah Tiang = 4 buah

$$- H_{maks} \text{ 1 tiang} = \frac{11,47}{4} = 2,87 \text{ ton}$$

- $C_u = 0,875 \text{ kg/cm}^2$ (Nilai C_u diambil yang paling kritis sepanjang lapisan tanah yang akan dipancang)

$$- q_u = 2 \times C_u = \frac{2 \times 0,875 \text{ kg/cm}^2}{0,977} = 1,791 \text{ T/ft}^3$$



Gambar 4. 72 Grafik Immediate Settlement of Isolate Footing

Dari grafik *Immediate Settlement of Isolate Footing* maka didapatkan $f = 20 \text{ t/ft}^3 = 0,71 \text{ kg/cm}^3$

$$E_c = 4700\sqrt{f'c} = 4700\sqrt{52} = 339822 \text{ kg/cm}^2$$

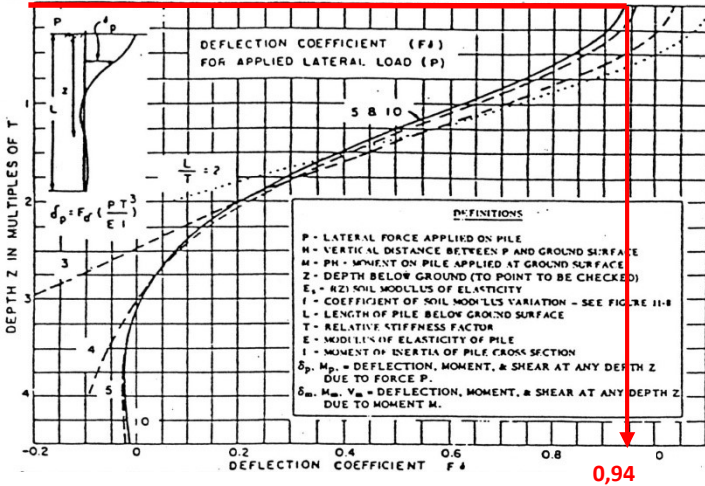
$$I = \frac{1}{64} \times \frac{22}{7} \times (600-700)^4 = 491,071 \text{ cm}^4$$

$$T = \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}} = \left(\frac{339822 \times 491,071}{0,71}\right)^{\frac{1}{5}} = 47,25 \text{ cm}$$

$$L = 2800 \text{ cm (kedalaman tiang pancang)}$$

$$L/T = \frac{2800 \text{ cm}}{47,25 \text{ cm}} = 59,25$$

Berdasarkan data di atas, nilai F_d diperoleh dari pembacaan grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 73 Influence Value for Laterally Loaded Pile (Fd)

Dari grafik di atas maka $F_d = 0,94$

$$\delta = F_d \left(\frac{PT^3}{EI} \right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 0,94 \left(\frac{2,86 \text{ ton} \times (27,25 \text{ cm})^3 \times 1000}{339822 \text{ kg/cm}^2 \times 491,071 \text{ cm}^4} \right) \leq 2,5 \text{ cm}$$

$$\delta = 1,78 \text{ cm} < 2,5 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}$$

4.10.6.2 Kontrol Momen Crack

$M_{\text{crack}} = 17 \text{ t/m}$ (Tabel Spesifikasi Tiang Pancang untuk jenis A1)

$$\text{SF} = 3$$

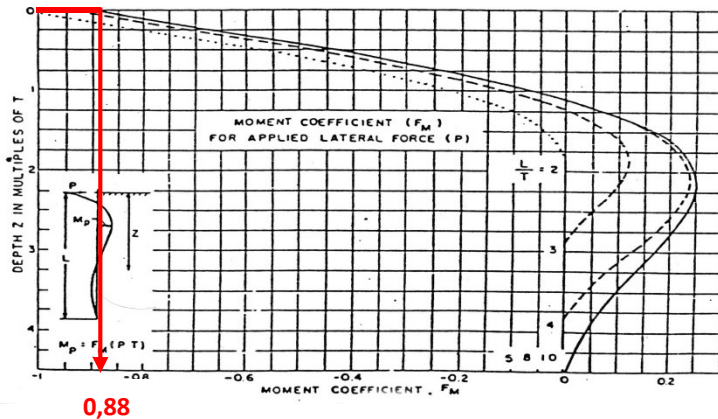
$$M_{\text{crack}}/\text{SF} = \frac{17 \text{ tm}}{3} = 5,667 \text{ tm}$$

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}} = \left(\frac{339822 \times 491,071}{0,71} \right)^{\frac{1}{5}} = 47,25 \text{ cm}$$

$$L = 2800 \text{ cm} \text{ (kedalaman tiang pancang)}$$

$$L/T = \frac{2800 \text{ cm}}{47,25 \text{ cm}} = 59,25$$

Berdasarkan data di atas, nilai F_m diperoleh dari pembacaan grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 74 Influence Value for Laterally Loaded Pile (F_m)

Dari grafik *Influence Value for Laterally Loaded Pile* maka didapatkan $F_m = 0,88$

$$M = \frac{F_m \times (PT) \times R}{3,5} \leq M_{bending\ crack}$$

$$M = \frac{0,8 \times (2,86 \text{ ton} \times 47,25 \text{ cm}) \times 8}{3,5} = 2,7 \text{ tm} < 5,667 \text{ tm} \rightarrow \text{OK}$$

4.10.7 Kontrol Geser Pons pada *Pile cap*

4.10.7.1 Akibat Kolom

Perencanaan tebal *poer* harus memenuhi suatu ketentuan bahwa kekuatan geser nominal harus lebih besar dari geser pons yang terjadi:

Data perencanaan *Poer* :

$$P_u = 523,74 \text{ ton}$$

$$P_{\max} = 172,18 \text{ ton}$$

$$\text{Dimensi Kolom} = 900 \times 900 \text{ mm}$$

$$\text{Dimensi Poer} = 3500 \times 3500 \times 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton} = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter Tulangan} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu Beton } (f'_c) = 35 \text{ Mpa}$$

$$\text{Diameter tiang pancang} = 600 \text{ mm}$$

$$dx = h - \text{decking} - \frac{1}{2} D = 1000 - 75 - \frac{1}{2} \times 25 = 912,5 \text{ mm}$$

$$dy = h - \text{decking} - D - \frac{1}{2} D = 1000 - 75 - 25 - \frac{1}{2} \times 25 = 887,5 \text{ mm}$$

$$\lambda = 1 \text{ (Beton normal)}$$

$$a_s = 30 \text{ (Kolom tepi)}$$

$$= 40 \text{ (Kolom interior)}$$

$$= 20 \text{ (kolom sudut)}$$

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek beton dari daerah beban terpusat atau rekasi

$$\beta = \frac{900}{900} = 1$$

Penampang kritis adalah daerah di bawah kolom. Oleh karena itu, keliling penampang kritis (b_o) ditentukan dengan perumusan berikut:

$$b_o = 2 (b_{\text{kolom}} + d) + 2(h_{\text{kolom}} + d)$$

$$b_o = 2 (900 + 912,5) + 2(900 + 912,5)$$

$$= 7250 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari point berikut:

$$1. V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 \sqrt{35} \times 7250 \times 912,5$$

$$= 19960668,31 \text{ N} = 1996,07 \text{ ton}$$

$$2. V_c = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o \cdot d$$

$$V_c = 0,083 \times \left(\frac{30 \times 912,5}{7250} + 2\right) 1 \sqrt{35} \times 7250 \times 912,5$$

$$= 18762893,25 \text{ N} = 1876,29 \text{ ton}$$

$$3. V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o \cdot d$$

$$= 0,33 \times 1 \sqrt{35} \times 7250 \times 912,5$$

$$= 129157726,55 \text{ N} = 1291,57 \text{ ton}$$

Dari ketiga nilai V_c diatas, diambil nilai terkecil. Maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 1291,57 ton

$$\varphi V_c = 0,75 \times 1291,57 = 968,68 \text{ ton}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \varphi V_c &\geq P_{\text{kolom}} \\ 968,68 \text{ ton} &> 523,74 \text{ ton} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran *poer* memenuhi syarat terhadap geser *poer* akibat kolom.

4.10.7.2 Akibat Pancang

β = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek beton dari daerah beban terpusat atau rekasi

$$\begin{aligned} \beta &= \frac{3500}{3500} = 1 \\ b_o &= \pi (D + d) = \pi (600 + 912,5) \\ b_o &= 4749 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1 untuk pondasi tapak non-prategang, (V_c) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari point berikut:

1. $V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o \cdot d$
 $V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 \sqrt{35} \times 4749 \times 912,5$
 $= 13075614,34 \text{ N} = 1307,56 \text{ ton}$
2. $V_c = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o \cdot d$
 $V_c = 0,083 \times \left(\frac{30 \times 912,5}{4749} + 2\right) 1 \sqrt{35} \times 4749 \times 912,5$
 $= 16521875,68 \text{ N} = 1652,19 \text{ ton}$
3. $V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o \cdot d$
 $= 0,33 \times 1 \sqrt{35} \times 4749 \times 912,5$
 $= 44035002,45 \text{ N} = 4403,50 \text{ ton}$

Dari ketiga nilai V_c diatas, diambil nilai terkecil. Maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 1307,56 ton.

$$\varphi V_c = 0,75 \times 1307,56 = 980,67 \text{ ton}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_c &\geq P_{\text{tiang}} \\ 980,67 \text{ ton} &> 172,18 \text{ ton} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran *poer* memenuhi syarat terhadap geser *poer* akibat tiang pancang.

4.10.8 Desain Penulangan *Poer*

Desain penulangan lentur *poer* dianalisis sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Beban yang bekerja adalah beban terpusat dari tiang pancang sebesar P dan berat sendiri *poer* sebesar q . Desain penulangan *poer* kolom akan menggunakan tulangan baja dengan data desain sebagai berikut:

Data Perencanaan:

Dimensi *Poer*, $B \times L$ = 3500 x 3500 mm

Tebal *Poer* = 1000 mm

Jumlah tiang = 4 buah

Mutu Beton, (f'_c) = 35 Mpa

Diameter tul. Utama = 25 mm

Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa

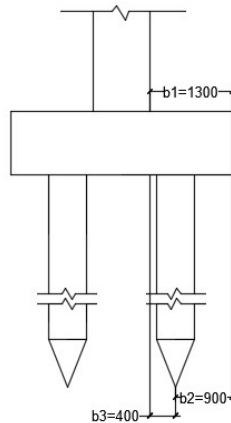
Tebal Selimut Beton = 75 mm

Tebal manfaat pelat

$$dx = h - \text{decking} - \frac{1}{2} D = 1000 - 75 - \frac{1}{2} \times 25 = 912,5 \text{ mm}$$

$$dy = h - \text{decking} - D - \frac{1}{2} D = 1000 - 75 - 25 - \frac{1}{2} \times 25 = 887,5 \text{ mm}$$

Desain penulangan hanya dianalisis pada salah satu sumbu saja, hal tersebut dilakukan karena bentuk penampang *poer* yang simetris. Apabila *poer* tidak simetris maka akan lebih mudah jika dianalisis dengan program banu ETABS. Berikut ilustrasi pembebanan pada analisa momen di *poer*:



Gambar 4. 75 Lengan Momen pada *Poer* dan Tiang Pancang

Lengan momen tiang pada arah X dan Y

n tiang arah X = 2 buah

n tiang arah Y = 2 buah

$$b1 = \frac{\text{lebar } poer}{2} - \frac{\text{lebar kolom}}{2} = \frac{3500}{2} - \frac{900}{2} = 1300 \text{ mm}$$

$$b2 = S1 = 900 \text{ mm}$$

$$b3 = b1 - b2 = 1300 - 900 = 400 \text{ mm}$$

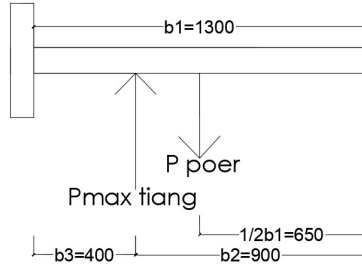
Beban yang terjadi:

$$\begin{aligned} P_{Poer} &= b1 \times \text{lebar } poer \times \text{tebal } poer \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1,3 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 10920 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_{\text{max tiang}} = 172,18 \text{ ton} = 172180 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi:

$$\begin{aligned} Mu &= \text{Momen Tiang Pancang} - \text{Momen } Poer \\ &= P_{\text{max tiang}} \times n_{\text{tiang}} \times b3 - P_{poer} \times \frac{1}{2} \times b1 \\ &= 172180 \text{ kg} \times 2 \times 0,4 \text{ m} - 10920 \text{ kg} \times \frac{1}{2} \times 1,3 \text{ m} \\ &= 130646 \text{ kgm} = 130,646 \text{ kNm} = 130646000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 76 Momen yang Terjadi pada Poer

Penulangan Lentur

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{35}}{420} = 0,0035 \text{ (menentukan)}$$

$$\beta = 0,85 - 0,05 \times \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

$$\beta = 0,85 - 0,05 \times \frac{(35 - 28)}{7}$$

$$\beta = 0,80$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,836 \times 30}{420} \times \frac{600}{(600 + 420)} \\ &= 0,033 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \\ &= 0,75 \times 0,033 \\ &= 0,025 \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 35} = 14,117$$

$$R_n = \frac{Mn/\phi}{b \times d^2} = \frac{130646000 \text{ Nmm} / 0,9}{350 \times 912,5^2} = 0,05 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{14,117} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(14,117) \times 0,05}{420}} \right)$$

$$= 0,00012$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

$0,0035 > 0,00012 < 0,05$ sehingga digunakan ρ_{\min}

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 1000 \times 912,5$$

$$= 3213,35 \text{ mm}^2$$

Direncanakan D25

$$A_{st} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 25^2 = 490,625 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{1000}{\frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{st}}} = \frac{1000}{\frac{3213,35}{490,625}} = 152,88 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

$$A_{S_{\text{pasang}}} = \frac{1000}{S} \times 0,25 \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1000}{150} \times 0,25 \times \pi \times 25^2 = 3270,833 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$A_{S_{\text{pasang}}} \geq A_{S_{\text{perlu}}}$$

$$3270,833 \text{ mm}^2 > 3213,35 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ok}$$

Maka digunakan D25-150 mm pada kedua sumbunya.

Penulangan Susut

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0018$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0018 \times 100 \times 887,5$$

$$= 1597,50 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan susut D19

$$A_{st} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 = 283,385 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{1000}{\frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{st}}} = \frac{1000}{\frac{1597,50}{283,385}} = 177,39 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

$$A_{S_{\text{pasang}}} = \frac{1000}{S} \times 0,25 \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1000}{150} \times 0,25 \times \pi \times 19^2 = 1889,23 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$A_{S_{\text{pasang}}} \geq A_{S_{\text{perlu}}}$$

$$1889,23 \text{ mm}^2 > 1597,50 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ok}$$

Maka digunakan D19-150 mm pada kedua sumbunya.

Berikut hasil rekapitulasi penulangan *poer* dari berbagai tipe:

Tabel 4. 69 Rekapitulasi Penulangan *Poer*

Tipe Pile	n Tiang	Dimensi (mm)			Tulangan Lentur		Tulangan Susut
		P	L	T	Arah X	Arah Y	
P1	4	3500	3500	1000	D 25 -150	D 25 -150	D 19 -150
P2	9	6000	6000	1500	D 25 -100	D 25 -100	D 19 -100
P3	9	6000	6000	1500	D 25 -100	D 25 -100	D 19 -100
P4	8	6300	3300	1400	D 25 -100	D 25 -100	D 19 -100
P5	14	13200	4200	1500	D 25 -100	D 25 -100	D 19 -100
P6	21	13200	6000	1500	D 25 -100	D 25 -100	D 19 -100

4.10.9 Desain Tulangan Tusuk Konde pada Tiang Pancang

Tulangan tusuk konde (*auxiliary steel bars*) merupakan tulangan yang berfungsi untuk menyambungkan tiang pancang *spun pile* dengan *pile cap*. Tulangan tusuk konde didesain lurus masuk ke lubang *spun pile* dengan kedalaman tertentu. Tulangan tersebut nantinya akan dicor secara monolit dengan *pile cap*.

4.10.9.1 Data Perencanaan

Berikut merupakan data perencanaan yang dibutuhkan untuk mendesain tulangan tusuk konde:

- Diameter Tiang = 600 mm
- Selimut Tiang = 100 mm (Brosur)
- Diameter Bersih = $600 - 2 \times (100) = 400$ mm
- Mutu Beton ($f'c$) = 52 Mpa
- Selimut beton = 50 mm

- Diameter tul. Lentur = 25 mm
- Mutu Baja (f_y) = 420 Mpa
- Diameter tul. Sengkang = 10 mm
- Mutu Baja (f_y) = 280 Mpa

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya diperoleh beban aksial dan momen dari semua kombinasi beban yang berkerja pada tiangS:

$$P_u = 1721,75 \text{ kN}$$

$$V_u = 28,6 \text{ kN}$$

$$M_u = 27 \text{ kN}$$

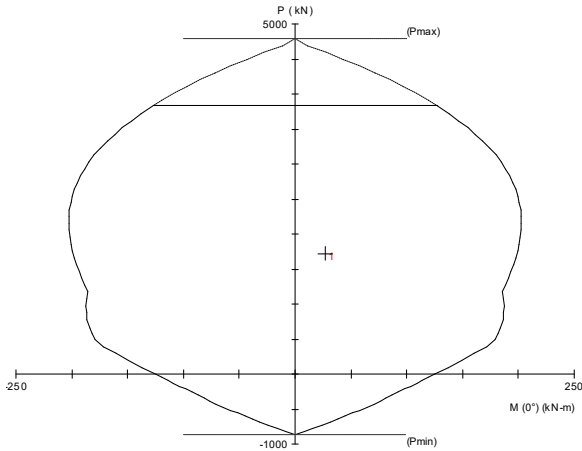
4.10.9.2 Cek Persyaratan Struktur Tahan Gempa

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.3, sebelum perhitungan penulangan kolom harus dilakukan kontrol terhadap syarat komponen struktur kolom yang memenuhi persyaratan SRMPK sebagai berikut:

- Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom melebihi $\frac{A_g \times f'_c}{10}$.
 $P_u = 1721,75 \text{ kN}$
 $\frac{A_g \times f'_c}{10} = \pi \times \left(\frac{400}{2}\right)^2 \times \frac{52}{10} \times \frac{1}{1000} = 653,45 \text{ kN}$
 $1721,75 \text{ kN} > 653,45 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$
- Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm
 $b = 400 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$
- Rasio lebar dan tinggi tidak kurang dari 0,4
 $b/h = 400/400 = 1 > 0,4 \rightarrow \text{Ok}$

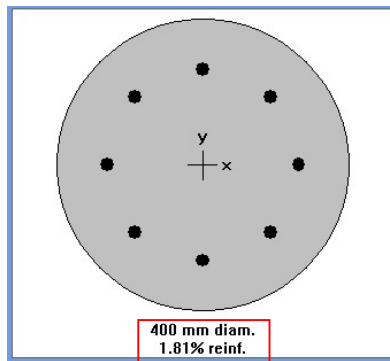
4.10.9.3 Konfigurasi Penulangan Lentur

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.6.3.1, luas tulangan longitudinal dibatasi tidak boleh kurang dari $0,001A_g$ atau lebih dari $0,06A_g$. Untuk mendapatkan konfigurasi tulangan memanjang, digunakan program batu PCACOL dan diperoleh hasil sebagai berikut:



Gambar 4. 77 Diagram Interaksi P dengan Mx

Rasio luas tulangan longitudinal dari trial error dengan PCACOL didapat konfigurasi longitudinal 8 D 19 dengan $\rho = 1,81\%$. Berikut konfigurasi tulangan lentur menggunakan PCA COL.



Gambar 4. 78 Konfigurasi Tulangan Tusuk Konde

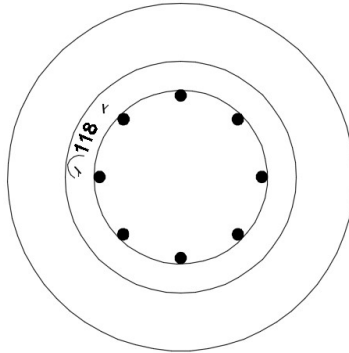
Syarat :

$$0,01 < \rho < 0,06$$

$$0,01 < 0,0181 < 0,06 \rightarrow \text{Ok}$$

4.10.9.4 Konfोगurasi Penulangan Lentur

Menurut SNI 2847-2013 pasal 7.6.1, spasi bersih minimum tulangan sejajar dalam suatu lapis harus sebesar db tetapi tidak kurang dari 25 mm. Berikut gambar penampang spun pile:



Gambar 4. 79 Jarak Tulangan Lentur pada Penampang Spun Pile

$$S = 1528 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

Dalam SNI 2847-2013 pasal 7.6.3, ada komponen struktur tekan bertulangan spiral atau pengikat, jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari 1,5db atau kurang dari 40 mm.

$$1,5 \text{ db} = 1,5 \times 28,5 \text{ mm} \text{ atau } 40 \text{ mm.}$$

$$S = 128 \text{ mm} > 40 \text{ mm} \rightarrow \text{Ok}$$

4.10.9.5 Cek Kapasitas Tiang terhadap Beban Aksial

SNI 2847-2013 pasal 10.3.6.1 mengatur besarnya beban aksial terfaktor hasil analisa struktur harus mampu ditahan oleh kapasitas beban aksial penampang kolom yang dihitung pada persamaan berikut:

$$\phi P_n = 0,85 \times \phi \times (0,85 f'_c \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st})$$

$$A_g = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 400^2 = 125663,71 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 = 8 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 = 2268,23 \text{ mm}^2$$

$$\phi P_n = 0,85 \times \phi \times (0,85 f'_c \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st})$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \times 0,7 \times (0,85 \times 52 \times (125663,71 - 2268,23) + 420 \times 2268,23) \\
 &= 3812008,41 \text{ N} \\
 &= 38120,084 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset P_n &> P_u \text{ max} \\
 38120,084 \text{ kN} &> 1721,75 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}
 \end{aligned}$$

4.10.9.6 Kontrol Gaya Tekan Terhadap Geser Rencana

Gaya geser rencana dibutuhkan untuk menentukan kebutuhan tulangan geser tiang menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1.

$$F_s = 1,25 \times F_y = 1,25 \times 420 \text{ Mpa} = 525 \text{ Mpa}$$

$L_n = 5 \times d = 2 \times 400 = 2000 \text{ mm}$ (Panjang kedalaman tulangan tusuk konde)

$$M_{pr} = 198,7 \text{ kNm}$$

$$V_e = \frac{2 \times M_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 198,7 \text{ kN}}{2 \text{ m}} = 198,7 \text{ kN}$$

$$V_e = 198,7 \text{ kN} > V_u = 28,6 \text{ kN} \rightarrow \text{Ok}$$

4.10.9.7 Kontrol Gaya Tekan Terhadap Geser Rencana

Penulangan geser pada tiang berupa geser spiral, dengan menggunakan diameter tulangan 10 mm.

Diketahui :

$$L_n = 2000 \text{ mm}$$

$$D_c = 400 - (2 \times 50) = 300 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = \frac{1}{4} \pi \times D_c^2 = \frac{1}{4} \pi \times 300^2 = 70685,83 \text{ mm}^2$$

ρ harus memenuhi persyaratan di SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4, pasal 10.9.3 dan diambil nilai yang terbesar dari rumus berikut:

$$\rho_s = 0,12 \times \left(\frac{f'_c}{f_{yt}} \right) = 0,12 \times \left(\frac{52}{420} \right) = 0,014$$

$$\begin{aligned}
 \rho_s &= 0,45 \times \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \times \frac{f'_c}{f_{yt}} = 0,45 \times \left(\frac{125663,71}{70685,83} - 1 \right) \times \frac{52}{420} = \\
 &0,0433 \text{ (menentukan)}
 \end{aligned}$$

$$A_v = \rho_s \times A_g = 0,433 \times 125663,71 = 5445,43 \text{ mm}^2$$

Dicoba sengkang spiral dengan diameter 10 mm:

$$s = \frac{\emptyset \times A_v \times f_{y_s}}{V_s} = \frac{0,75 \times 5445,43 \times 280}{28600} = 39,98 \text{ mm}$$

Menurut SNI 2847-2013 pasal 7.10.4.3, spasi bersih antar spiral tidak boleh melebihi 75 mm, atau tidak kurang dari 25 mm. Sehingga dipakai D10-30 mm.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V KESIMPULAN

5.1 Ringkasan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini dengan judul “Desain Modifikasi Struktur Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang dengan Menggunakan Balok Pratekan dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus” dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Struktur Sekunder

1. Pelat Lantai

Tipe Pelat	Penulangan Tumpuan		Penulangan Lapangan		Penulangan Susut	
	X	Y	X	Y	X	Y
A	D13-200	D13-200	D13-200	D13-200	Ø8-200	Ø8-200
B	D13-200	D13-200	D13-200	D13-200	Ø8-200	Ø8-200
C	D13-200	D13-150	D13-200	D13-150	Ø8-200	Ø8-150
D	D13-200	D13-200	D13-200	D13-200	Ø8-200	Ø8-200
E	D13-200	D13-100	D13-200	D13-100	Ø8-200	Ø8-200
F	D13-200	-	D13-200	-	Ø8-100	Ø8-100

2. Pelat Tangga

Jenis Tangga	Jenis Pelat	Penulangan Lentur	Penulangan Susut
T1	Tangga	D 16 -100	D 10 - 200
	Bordes	D 16 -100	D 10 - 200
T2	Tangga	D 16 -100	D 10 - 200
	Bordes	D 16 -100	D 10 - 200

3. Balok Bordes

Dimensi Balok :

Tipe Balok	Dimensi (cm)	
	b	h
Bordes 1	25	35
Bordes 2	25	35

Penulangan Balok:

Jenis Tangga	Jenis Balok		Penulangan Lentur	Penulangan Susut
T1	Bordes 1	Tekan	2 D 16	D 10 -100
		Tarik	2 D 16	D10 -100
T2	Bordes 2	Tekan	2 D 16	D10 - 250
		Tarik	2 D 16	D10 - 250

4. Balok Anak

Dimensi Balok :

Tipe Balok	Dimensi (cm)	
	b	h
BA	30	40
BA1	25	30

Penulangan Balok:

Jenis Balok	Penulangan lentur				Penulangan Geser
	Tumpuan		Lapangan		
	Atas	Bawah	Atas	Bawah	
BA	4D16	2D16	2D16	2D16	D 10-150
BA1	2D16	2D16	2D16	2D16	D 10-100

Struktur Primer

1. Balok Pratekan

Penulangan Lentur:

Jenis Balok	b (mm)	h (mm)	L (mm)	Penulangan Lentur											
				Tumpuan						Lapangan					
				Atas			Bawah			Bawah			Atas		
BP	600	900	18000	7	D	25	4	D	25	6	D	25	4	D	25

Penulangan Geser:

Jenis Balok	b (mm)	h (mm)	L (mm)	Penulangan Geser						Penulangan Torsi
				Tumpuan			Lapangan			
BP	600	900	18000	D	13	150	D	13	250	-

Tendon Pratekan:

Jumlah <i>Strand</i>	20 buah
Lekatan	Unbounded
Diameter <i>Strand</i> (mm)	12,7
Ap @ <i>Strands</i> (mm ²)	100,2
Duct (mm)	90
Live End Anchorage	VSL Stressing anchorage type Sc
Dead End Anchorage	VSL dead end anchorage type P

Kehilangan Pratekan :

Level tegangan tiap tahap	Tegangan baja	Persen
	Mpa	%
Tegangan efektif Sesudah penarikan 0,7 fpu	1286,713287	100%
Kehilangan langsung kehilangan perpedekan elastis	0	0
Kehilangan angker slip	0,00	0,0%
Kehilangan wobble effect	57,92	4,5%
Kehilangan Kekangan kolom	41,09	3,2%
Kehilangan tak langsung Kehilangan rangkak	42,32	3,3%
Kehilangan susut	43,05	3,3%
Kehilangan relaksasi baja	18,49	1,4%
<i>Total kehilangan</i>	202,87	15,8%
Penambahan Penambahan overtopping	20,40	1,6%
<i>Total penambahan</i>	20,40	1,6%
Tegangan efektif	1104,25	85,8191%

2. Balok Induk

Dimensi Balok :

Tipe Balok	Dimensi (cm)	
	b	h
B1	45	60
B2	30	40
B3	40	55
B4	30	40
B5	50	70
B6	35	50
B7	30	35

Penulangan Lentur:

Jenis Balok	b (mm)	h (mm)	L (mm)	Penulangan Lentur											
				Tumpuan				Lapangan							
				Atas		Bawah		Bawah		Atas					
B1	450	600	7200	6	D	25	5	D	25	4	D	25	3	D	25
B2	300	400	3600	3	D	25	2	D	25	2	D	25	2	D	25
B3	400	550	5000	6	D	25	5	D	25	4	D	25	3	D	25
B4	300	400	3000	4	D	25	3	D	25	2	D	25	2	D	25
B5	500	700	7200	3	D	25	2	D	25	3	D	25	2	D	25
B6	350	500	3600	2	D	25	2	D	25	2	D	25	2	D	25
B7	300	350	2200	2	D	25	2	D	25	2	D	25	2	D	25

Penulangan Geser

Balok	Penulangan Geser						Penulangan Torsi		
	Tumpuan			Lapangan					
B1	D	13	100	D	13	200	2	D	25
B2	D	13	100	D	13	150	-	-	-
B3	D	13	90	D	13	200	2	D	25
B4	D	13	80	D	13	150	2	D	25
B5	D	13	100	D	13	250	2	D	25
B6	D	13	100	D	13	250	2	D	25
B7	D	13	100	D	13	250	-	-	-

3. Kolom

Kolom	Dimensi (mm)		Penulangan Lentur	Penulangan Geser									
	Tumpuan			Tumpuan			Lapangan						
K1	900	x	900	20	D	25	4	D	16	100	D	16	150
K2	850	x	850	20	D	25	4	D	16	100	D	16	150
K3	800	x	800	20	D	25	4	D	16	100	D	16	150

4. Sloof

Jenis Sloof	Dimensi (mm)		Penulangan Lentur	Penulangan Geser
	b	h		
S1	400	600	8 D 25	2 D13 - 250
S2	300	450	4 D 25	2 D13 - 250

5. Pilecap

Tipe Pile	n Tiang	Dimensi (mm)			Tulangan Lentur		Tulangan Susut
		P	L	T	Arah X	Arah Y	
P1	4	3500	3500	1000	D 25 -150	D 25 -150	D 19 -150
P2	9	6000	6000	1500	D 25 -100	D 25 -100	D 19 -100
P3	9	6000	6000	1500	D 25 -100	D 25 -100	D 19 -100
P4	8	6300	3300	1400	D 25 -100	D 25 -100	D 19 -100
P5	14	13200	4200	1500	D 25 -100	D 25 -100	D 19 -100
P6	21	13200	6000	1500	D 25 -100	D 25 -100	D 19 -100

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan, maka didapatkan beberapa saran sebagai berikut:

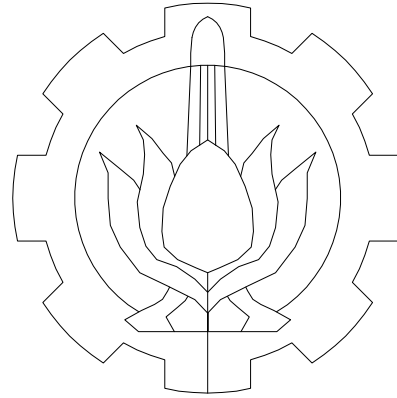
1. Dalam mendesain struktur gedung, selain menganalisis secara teoritis juga perlu memperhatikan metode pelaksanaan di lapangan sehingga hasil desain diharapkan lebih mudah dikerjakan di lapangan.
2. Desain kolom yang mengekang pada balok pratekan diusahakan seoptimal mungkin untuk mengurangi kehilangan gaya prategang akibat kekangan kolom mengingat balok pratekan didesain secara monolit.
3. Mendesain struktur gedung perlu didesuaikan dengan peraturan – peraturan yang berlaku dan mempertimbangkan aspek-aspek yang terkait.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2013). SNI 2847-2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). SNI 1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). SNI 1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 2052-2017 Baja Tulangan Beton. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. (1983). Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Eric, Tavio, dan Raka. (2015). Studi Pengaruh Pengekangan dan Tata Letak Tendon Prategang Pada Daktilitas Balok Beton Prategang Parsial dengan Variasi Nilai PPR Menggunakan Aplikasi Bahasa Pemrograman. Surabaya: Seminar Teknologi dan Sentra.
- Lin.T.Y dan Burns, H. (1996). Desain Struktur Beton Prategang, Jilid I. Batam: I nteraksara.
- Nawy, Edward G. (2001). Beton Prategang : Suatu Pendekatan Mendasar Ed. 3 Jil. 1. Diterjemahkan oleh : Bambang Suryoatmono. Jakarta : Erlangga.
- Park R., dan T. Paulay.(1993). Reinforced Concrete Structures. New York: John Willey & Sons Ltd.

- Sardjono HS, Ir. (1984). Pondasi Tiang Pancang Jilid 1. Surabaya: Sinar Wijaya
- Setiawan, Agus. (2016). Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013. Jakarta: Erlangga
- Wahyudi, H. (2013). Daya dukung Pondasi Dalam Edisi 1. Surabaya: ITS PRESS.
- Veerat S, K.Manju, dan M.Vijay. (2018). A Case Study on Pre-Tensioning & Post-Tensioning Sytem of A Prestressed Concrete. India : International Journal of Engineering Technologies and Management Research.

LAMPIRAN



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

GAMBAR ARSITEKTUR DAN STRUKTUR

TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL
UNIVERSITAS NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN BALOK
PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS**

OLEH:

**FIERLY AMALIA
NRP 03111745000045**

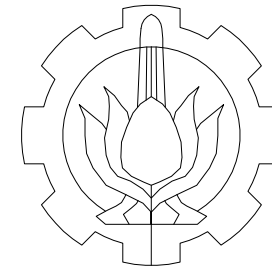
**DOSEN PEMBIMBING 1
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D.**

**DOSEN PEMBIMBING 2
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka, S.T., M.T., Ph.D.**

DAFTAR ISI GAMBAR

KODE GAMBAR	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
ARS	TAMPAK DEPAN	01
ARS	TAMPAK BELAKANG	02
ARS	TAMPAK SAMPING KIRI DAN KANAN	03
ARS	DENAH LANTAI 1	04
ARS	DENAH LANTAI 2-11	05
ARS	DENAH LANTAI 12	06
ARS	POTONGAN A-A	07
ARS	POTONGAN B-B DAN C-C	08
STR	DENAH SLOOF DAN KOLOM LT.1	09
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LT.2 - 3	10
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LT.4 - 6	11
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LT.7 - 11	12
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LT. 12	13
STR	DENAH BALOK DAN KOLOM LT ATAP	14
STR	DENAH RENCANA PELAT LT. 2-11	15
STR	DENAH RENCANA PELAT LT. 12	16
STR	DENAH PONDASI	17
STR	PENULANGAN PELAT TIPE A	18
STR	PENULANGAN PELAT TIPE B	19
STR	PENULANGAN PELAT TIPE C	20
STR	PENULANGAN PELAT TIPE D	21
STR	PENULANGAN PELAT TIPE E	22
STR	PENULANGAN PELAT TIPE F	23
STR	PENULANGAN TANGGA 1	24

KODE GAMBAR	JUDUL GAMBAR	NOMOR GAMBAR
STR	DETAIL PENULANGAN TANGGA 1	25
STR	PENULANGAN TANGGA 2	26
STR	DETAIL PENULANGAN TANGGA 2	27
STR	PENULANGAN BALOK INDUK	28
STR	PENULANGAN BALOK SEKUNDER	29
STR	PENULANGAN BALOK B1,B2	30
STR	PENULANGAN BALOK B3,B5	31
STR	PENULANGAN BALOK B4,6,7	32
STR	PENULANGAN SLOOF	33
STR	PENULANGAN KOLOM TIPE K1	34
STR	PENULANGAN KOLOM TIPE K2	35
STR	PENULANGAN KOLOM TIPE K3	36
STR	DETAIL PENULANGAN KOLOM	37
STR	DETAIL HUBUNGAN BALOK KOLOM	38
STR	DETAIL PORTAL HBK	39
STR	PENULANGAN BALOK PRATEKAN	40
STR	DETAIL BALOK PRATEKAN	41
STR	DETAIL KOORDINAT TENDON	42
STR	PENULANGAN PILECAP TIPE 1	43
STR	PENULANGAN PILECAP TIPE 2	44
STR	PENULANGAN PILECAP TIPE 3	45
STR	PENULANGAN PILECAP TIPE 4	46
STR	PENULANGAN PILECAP TIPE 5	47
STR	PENULANGAN PILECAP TIPE 6	48



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKA
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

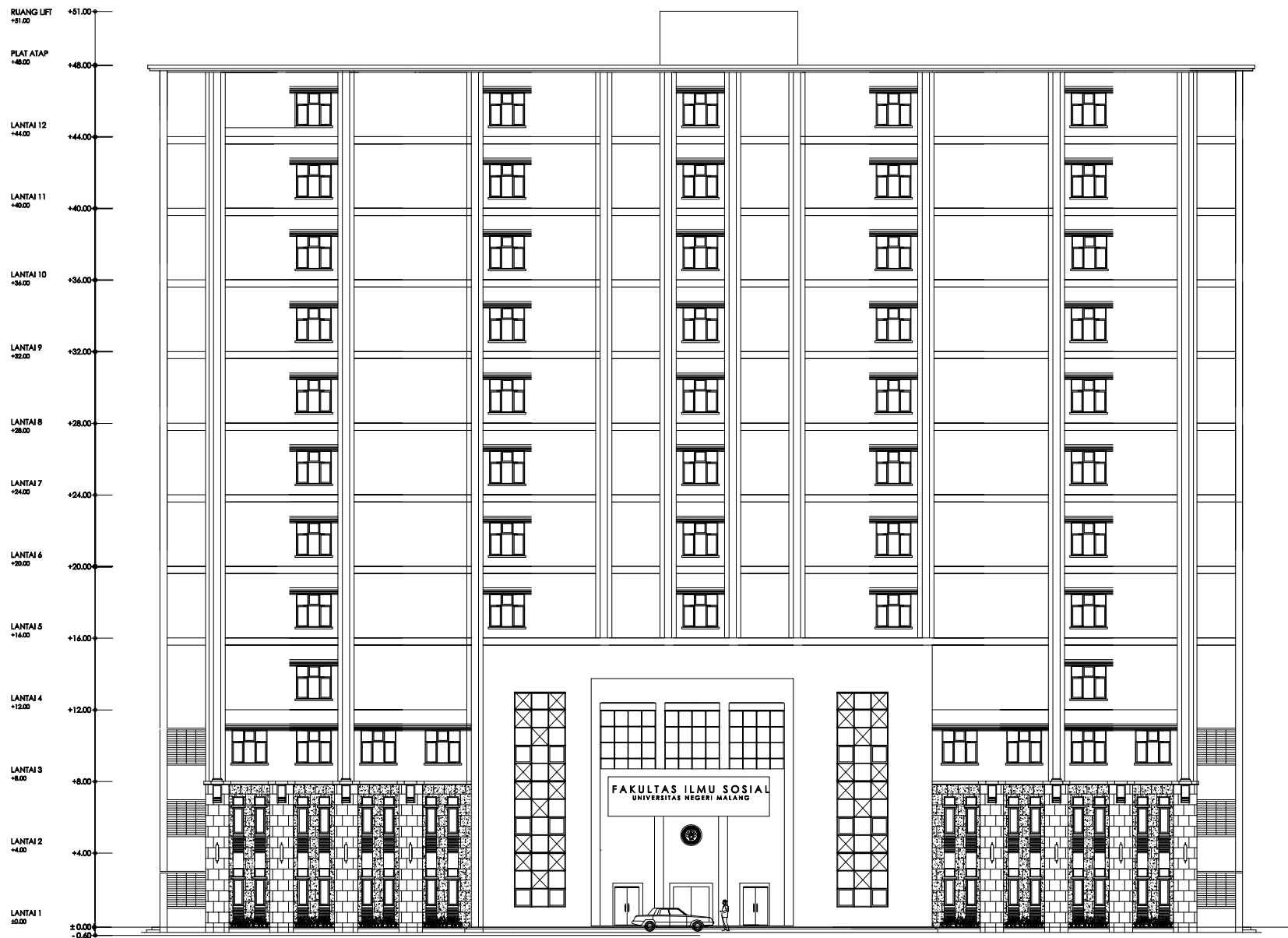
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	TAMPAK DEPAN	1:330

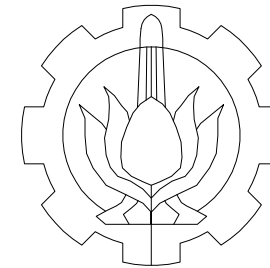
DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimit Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
ARS	1	48



TAMPAK DEPAN
 Skala 1 : 330



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

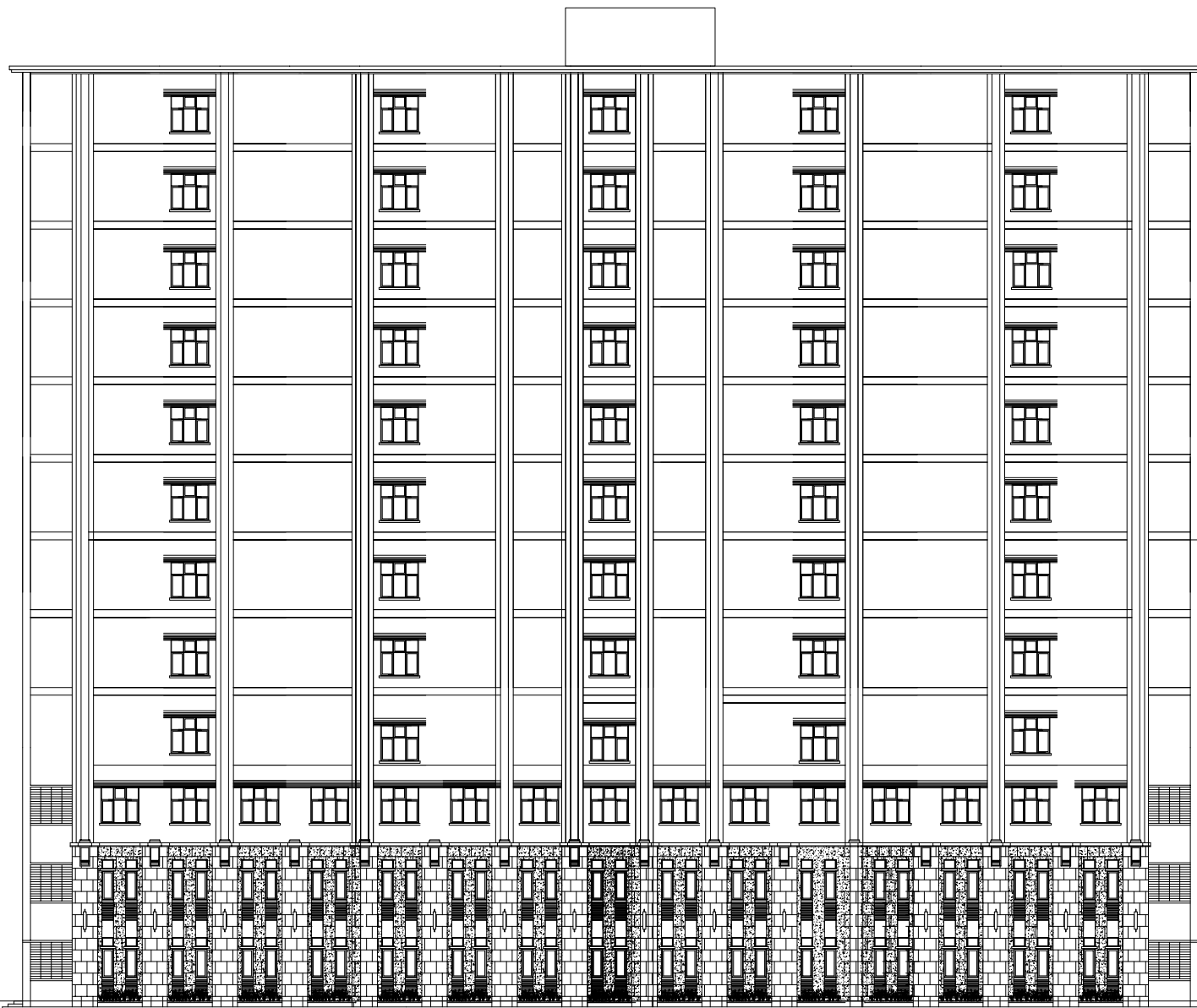
NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	TAMPAK BELAKANG	1:330

DATA PERENCANAAN

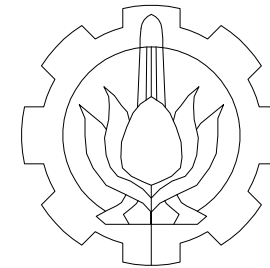
Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tui Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tui Geser fy	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
ARS	2	48

RUANG LIFT +51.00
 +51.00
 PLAT ATAP +48.00
 +48.00
 LANTAI 12 +44.00
 +44.00
 LANTAI 11 +40.00
 +40.00
 LANTAI 10 +36.00
 +36.00
 LANTAI 9 +32.00
 +32.00
 LANTAI 8 +28.00
 +28.00
 LANTAI 7 +24.00
 +24.00
 LANTAI 6 +20.00
 +20.00
 LANTAI 5 +16.00
 +16.00
 LANTAI 4 +12.00
 +12.00
 LANTAI 3 +8.00
 +8.00
 LANTAI 2 +4.00
 +4.00
 LANTAI 1 ±0.00
 ±0.00
 -0.60



TAMPAK BELAKANG
 Skala 1 : 330



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKAI
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

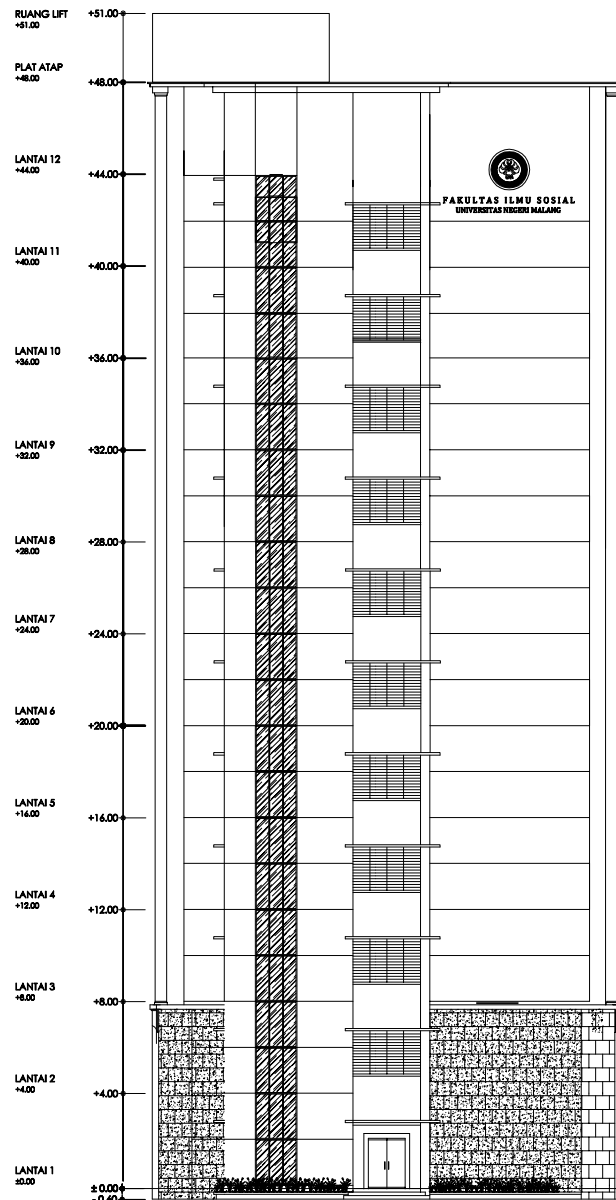
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	TAMPAK SAMPIK KIRI	1:330
2	TAMPAK SAMPIK KANAN	1:330

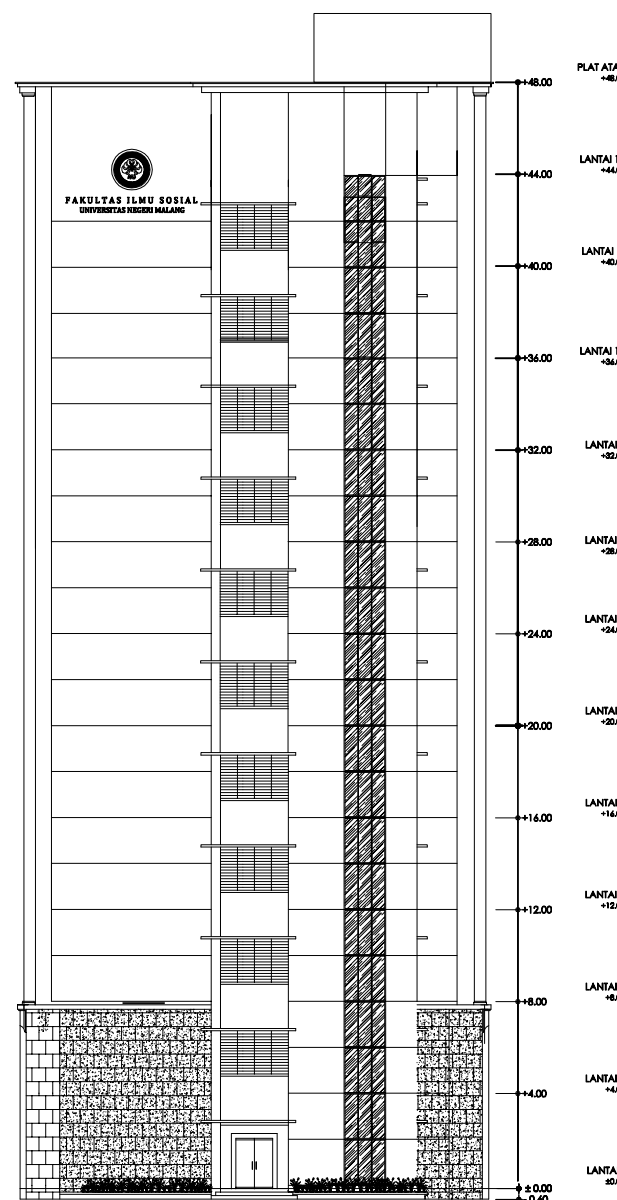
DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan : Gedung Pendidikan
 Lokasi : Malang
 Kondisi Tanah : Sedang
 Metode Perencanaan : SRPMK
 Mutu Bahan
 - Baja Tui Lentur fy : 420 Mpa
 - Baja Tui Geser fy : 280 Mpa (balok)
 : 420 Mpa (kolom)
 - Balok, Plat : 30 Mpa
 - Kolom : 35 Mpa
 - Balok Pratekan : 40 Mpa
 - Pile Cap : 35 Mpa
 Selimut Beton
 - Pelat, Tangga, Bordes : 20 mm
 - Balok : 40 mm
 - Kolom, Sloof : 40 mm
 - Pile Cap : 75 mm

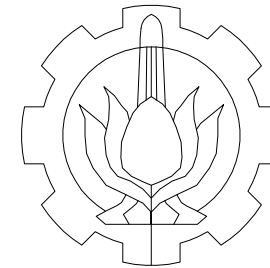
KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
ARS	3	48



TAMPAK SAMPIK KIRI
 Skala 1 : 330



TAMPAK SAMPIK KANAN
 Skala 1 : 330



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

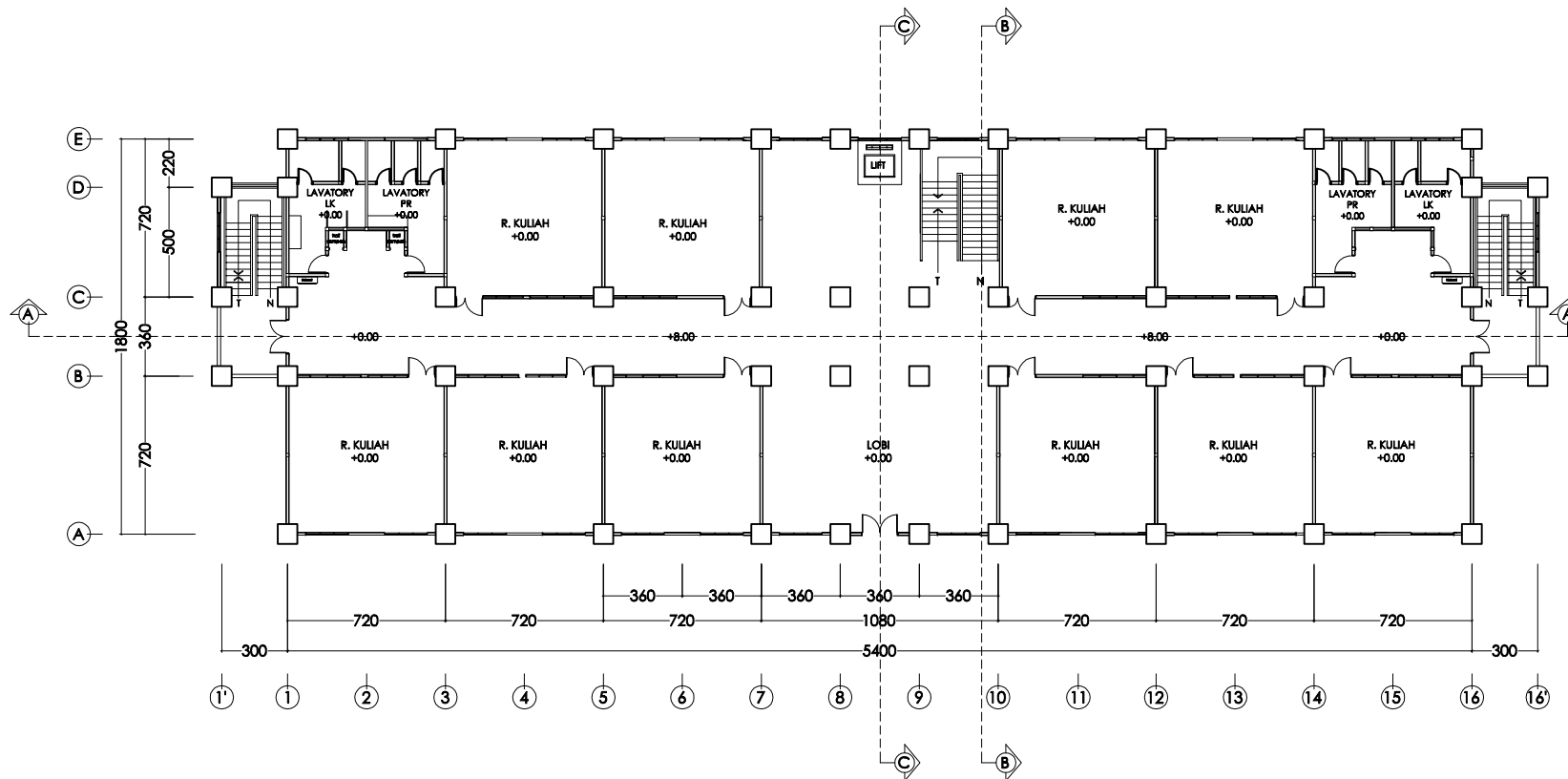
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA/
1	DENAH LANTAI 1	1:330

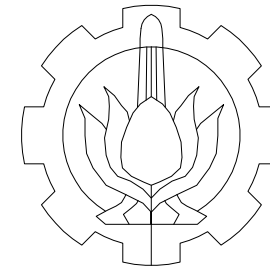
DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
ARS	4	48



DENAH LANTAI 1
 Skala 1 : 330



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

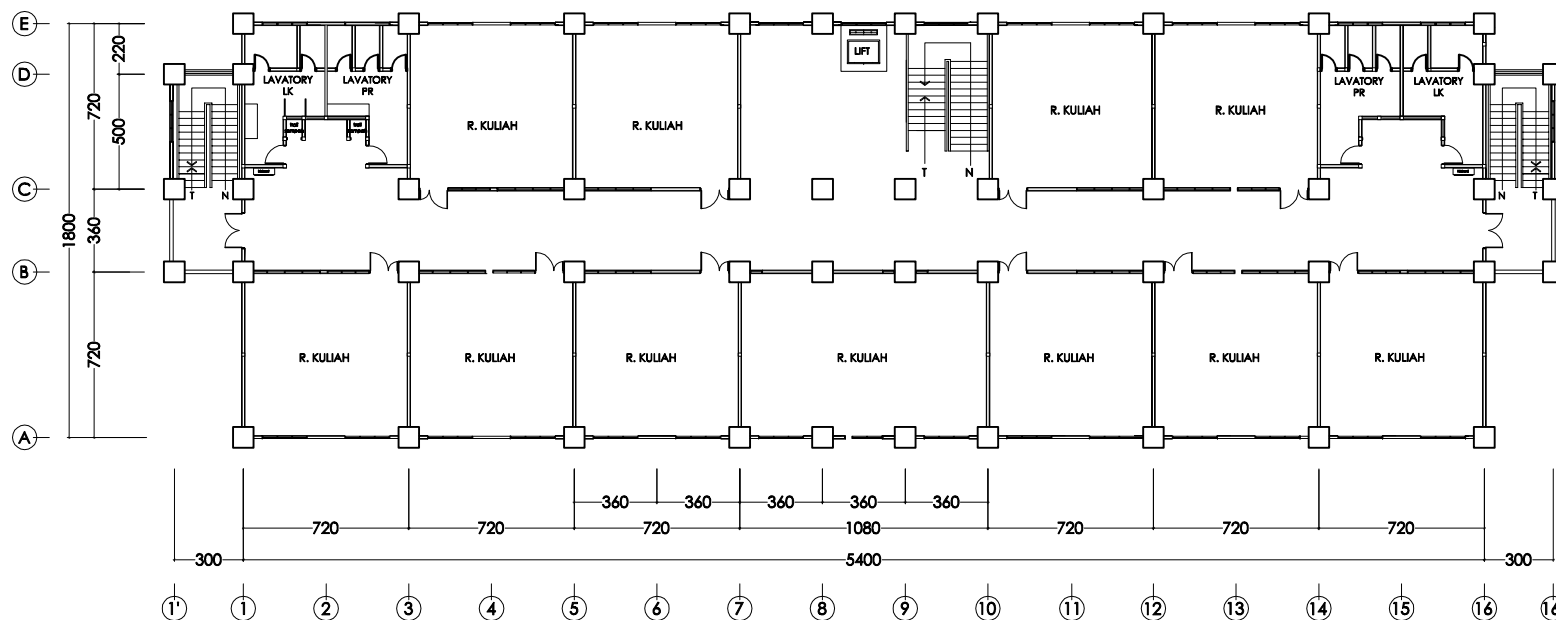
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	DENAH LANTAI 2-11	1:330

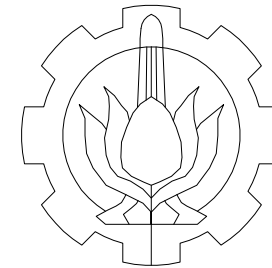
DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
ARS	5	48



DENAH LANTAI 2-11
 Skala 1 : 330



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

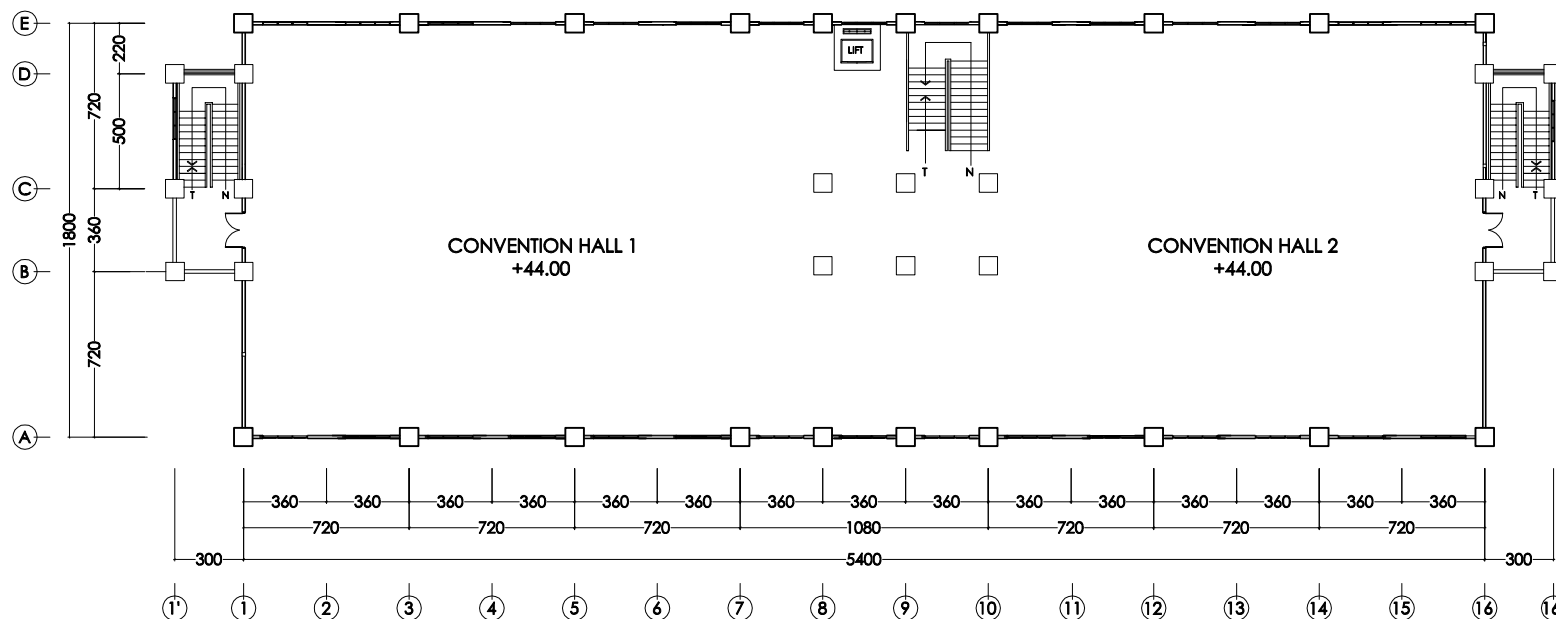
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	DENAH LANTAI 12	1:330

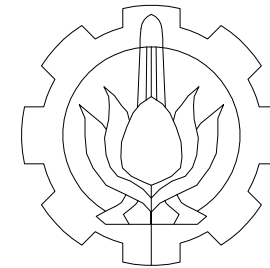
DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan : Gedung Pendidikan
 Lokasi : Malang
 Kondisi Tanah : Sedang
 Metode Perencanaan : SRPMK
 Mutu Bahan
 - Baja Tul Lentur fy : 420 Mpa
 - Baja Tul Geser fy : 280 Mpa (balok)
 : 420 Mpa (kolom)
 - Balok, Plat : 30 Mpa
 - Kolom : 35 Mpa
 - Balok Pratekan : 40 Mpa
 - Pile Cap : 35 Mpa
 Selimut Beton
 - Pelat, Tangga, Bordes : 20 mm
 - Balok : 40 mm
 - Kolom, Sloof : 40 mm
 - Pile Cap : 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
ARS	6	48



DENAH LANTAI 12
 Skala 1 : 330



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKAI
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

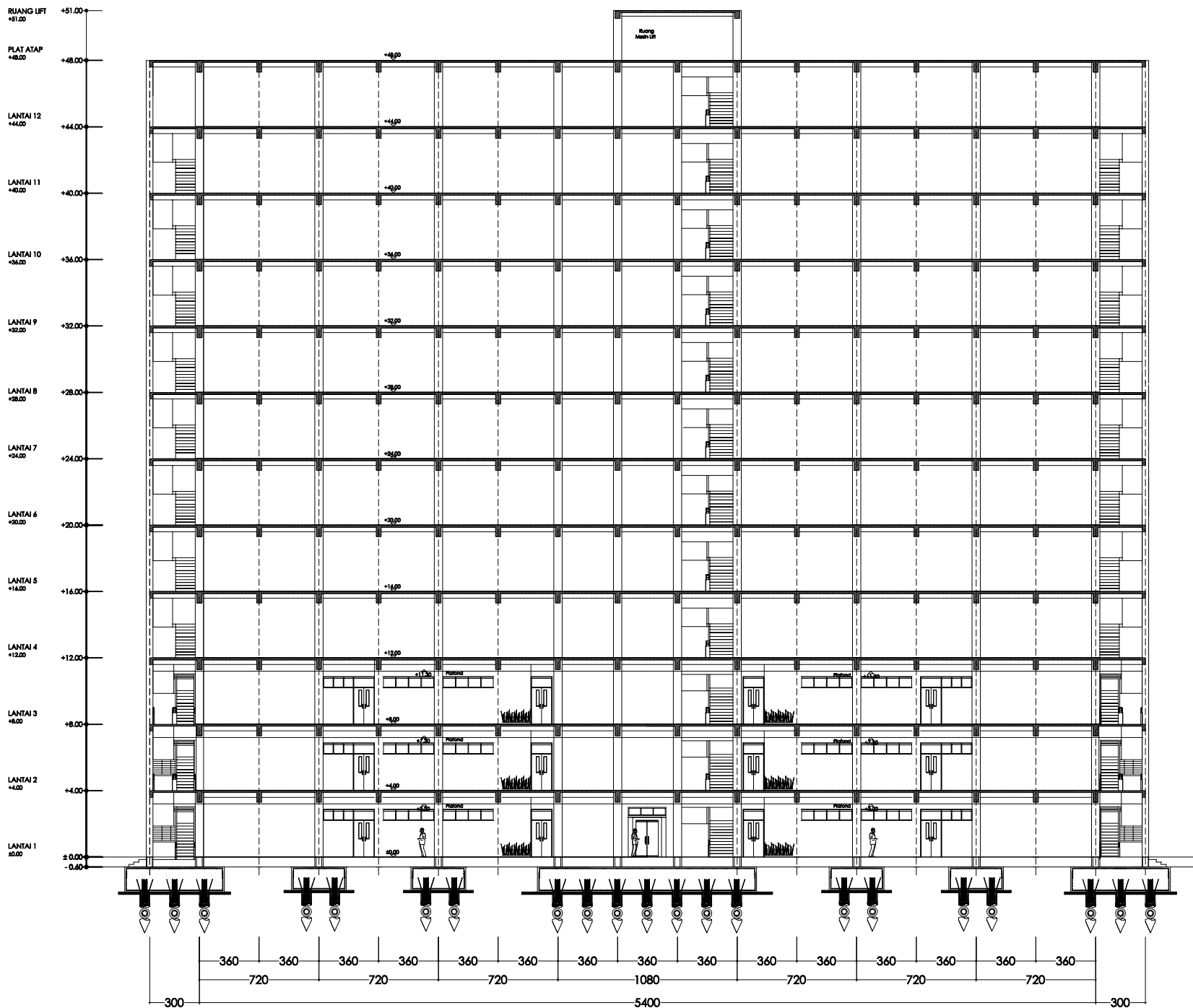
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1	POTONGAN A-A	1:330

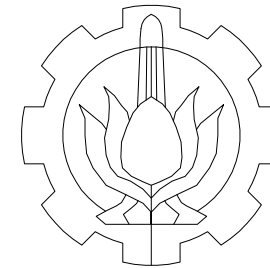
DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy	: 280 Mpa (balok) 420 Mpa (kolom)
- Balok Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
ARS	7	48



POTONGAN A-A
 Skala 1 : 330



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKAI
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

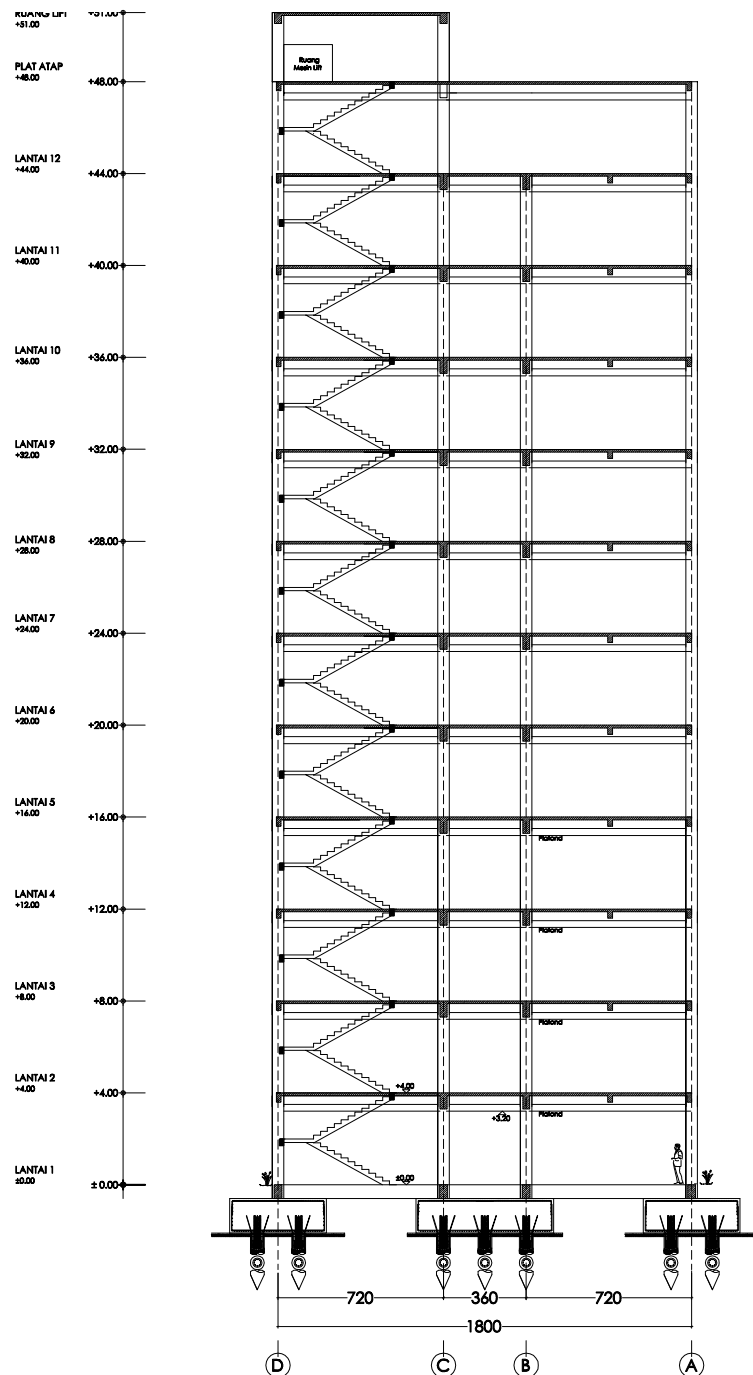
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	POTONGAN B-B	1:330
2	POTONGAN C-C	1:330

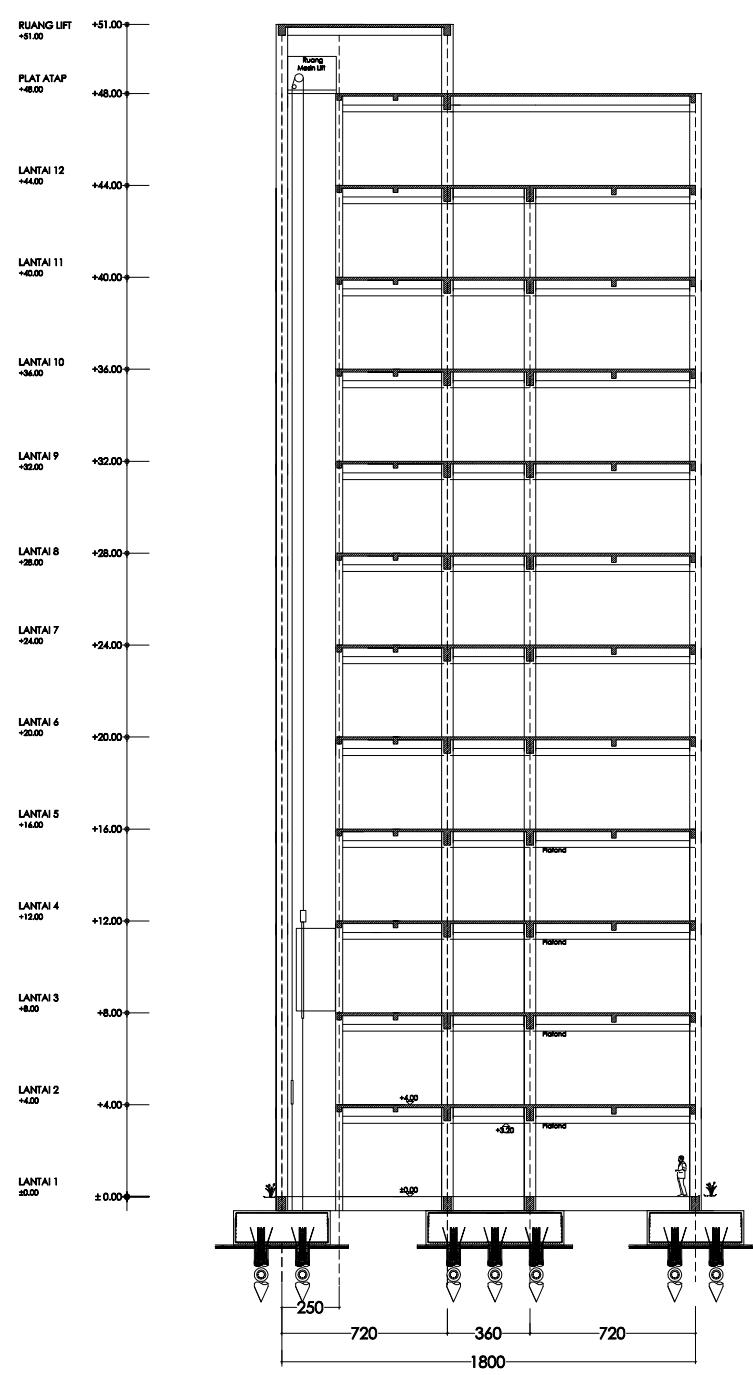
DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

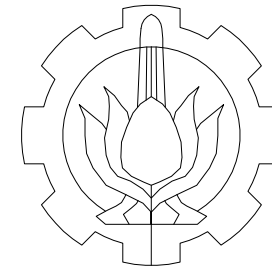
KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
ARS	8	48



POTONGAN B - B
 Skala 1 : 330



POTONGAN C - C
 Skala 1 : 330



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

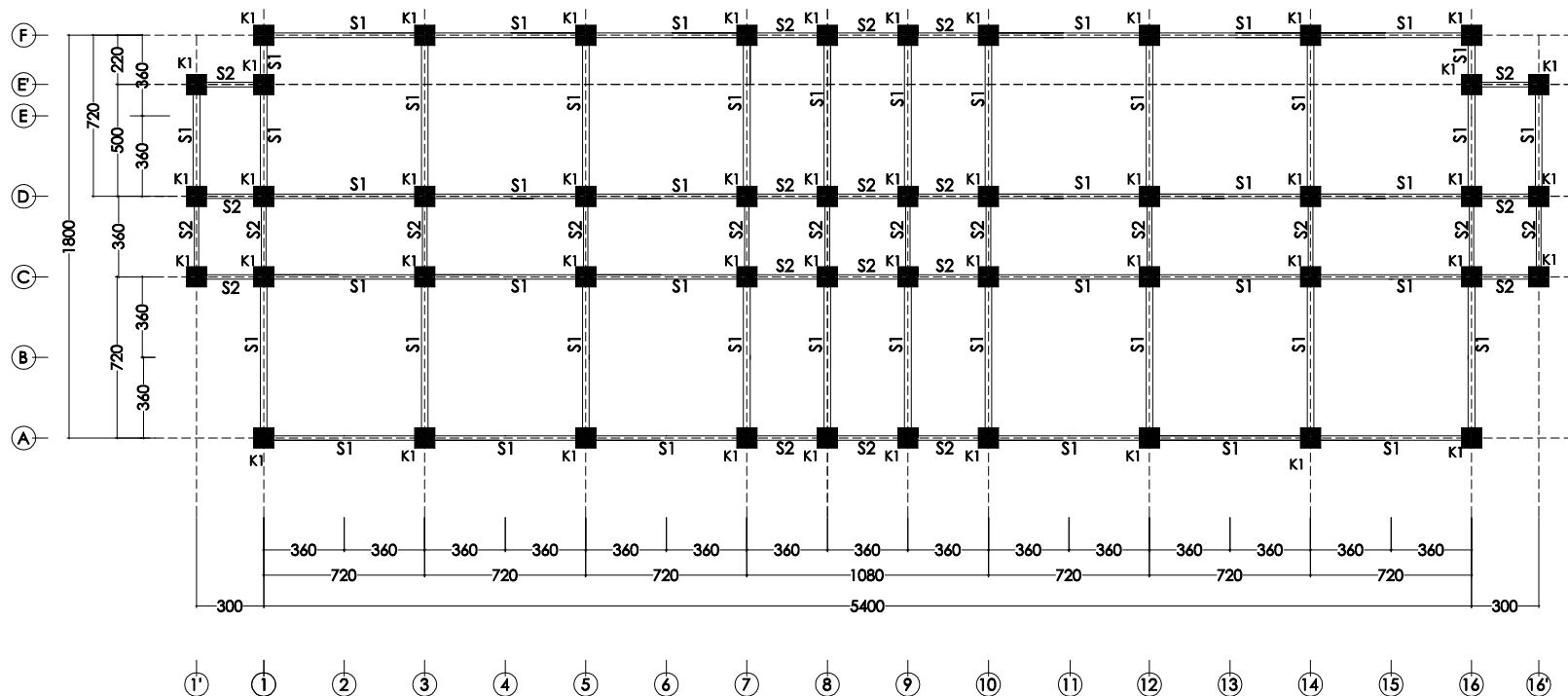
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA/
1	DENAH SLOOF DAN KOLOM LT. 1	1:330

DATA PERENCANAAN

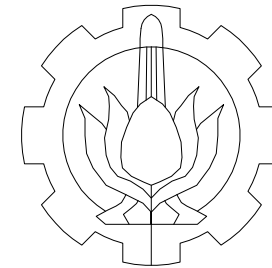
Fungsi Bangunan : Gedung Pendidikan
 Lokasi : Malang
 Kondisi Tanah : Sedang
 Metode Perencanaan : SRPMK
 Mutu Bahan
 - Baja Tul Lentur fy : 420 Mpa
 - Baja Tul Geser fy : 280 Mpa (balok)
 : 420 Mpa (kolom)
 - Balok Plat : 30 Mpa
 - Kolom : 35 Mpa
 - Balok Pratekan : 40 Mpa
 - Pile Cap : 35 Mpa
 Selimut Beton
 - Pelat, Tangga, Bordes : 20 mm
 - Balok : 40 mm
 - Kolom, Sloof : 40 mm
 - Pile Cap : 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	9	48



DENAH SLOOF DAN KOLOM LT. 1
 Skala 1 : 330

SLOOF	
TIPE	DIMENSI(mm)
S1	400 x 600
S2	300 x 450
KOLOM	
K1	900 x 900



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

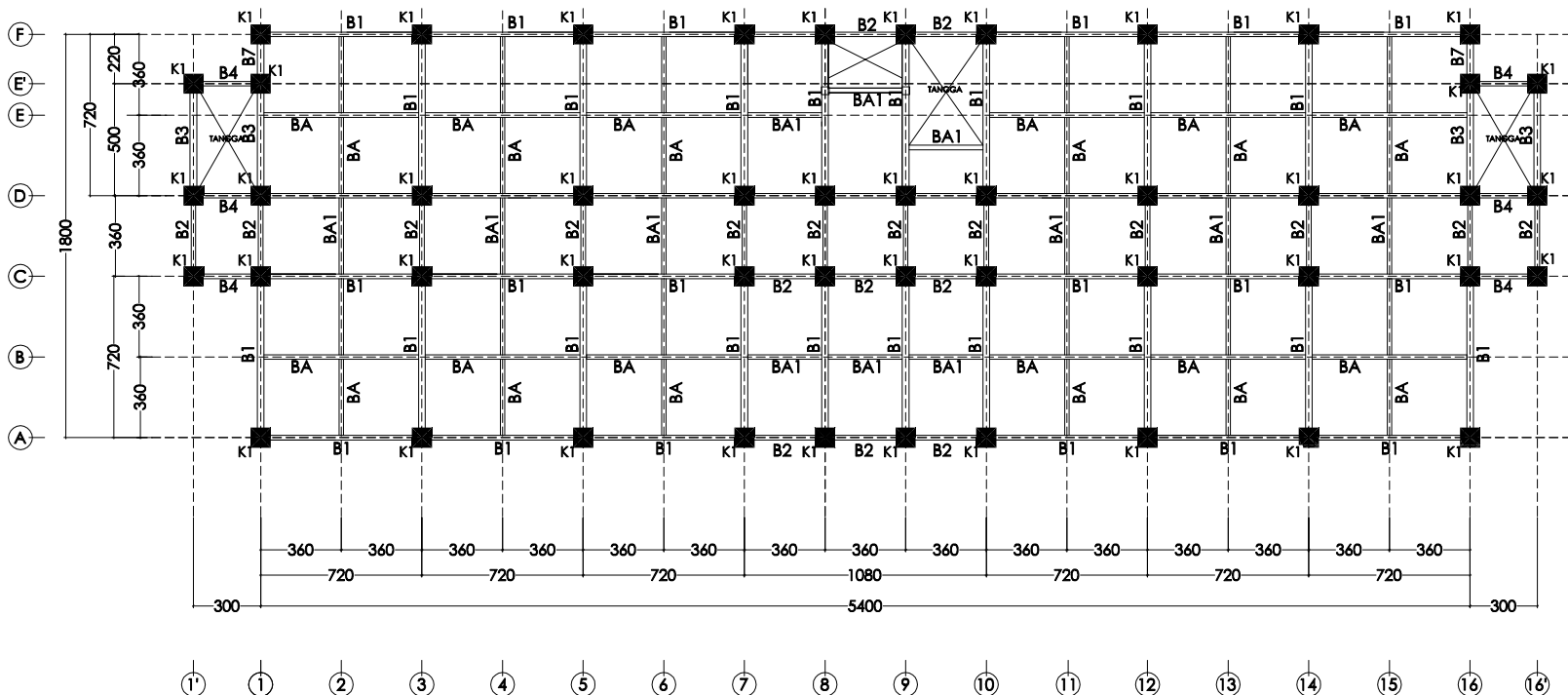
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	DENAH BALOK DAN KOLOM LT. 2-3	1:330

DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan : Gedung Pendidikan
 Lokasi : Malang
 Kondisi Tanah : Sedang
 Metode Perencanaan : SRPMK
 Mutu Bahan
 - Baja Tul Lentur fy : 420 Mpa
 - Baja Tul Geser fy : 280 Mpa (balok)
 : 420 Mpa (kolom)
 - Balok, Plat : 30 Mpa
 - Kolom : 35 Mpa
 - Balok Pratekan : 40 Mpa
 - Pile Cap : 35 Mpa
 Selimut Beton
 - Pelat, Tangga, Bordes : 20 mm
 - Balok : 40 mm
 - Kolom, Sloof : 40 mm
 - Pile Cap : 75 mm

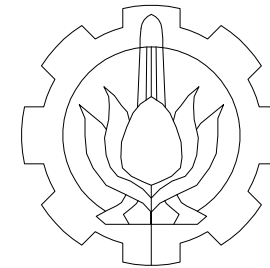
KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	10	48



DENAH BALOK DAN KOLOM LT. 2-3

Skala 1 : 330

BALOK	
TIPE	DIMENSI(mm)
B1	450 x 600
B2	300 x 400
B3	400 x 550
B4	300 x 400
B7	300 x 350
BA	300 x 400
BA1	250 x 300
KOLOM	
K1	900 x 900



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

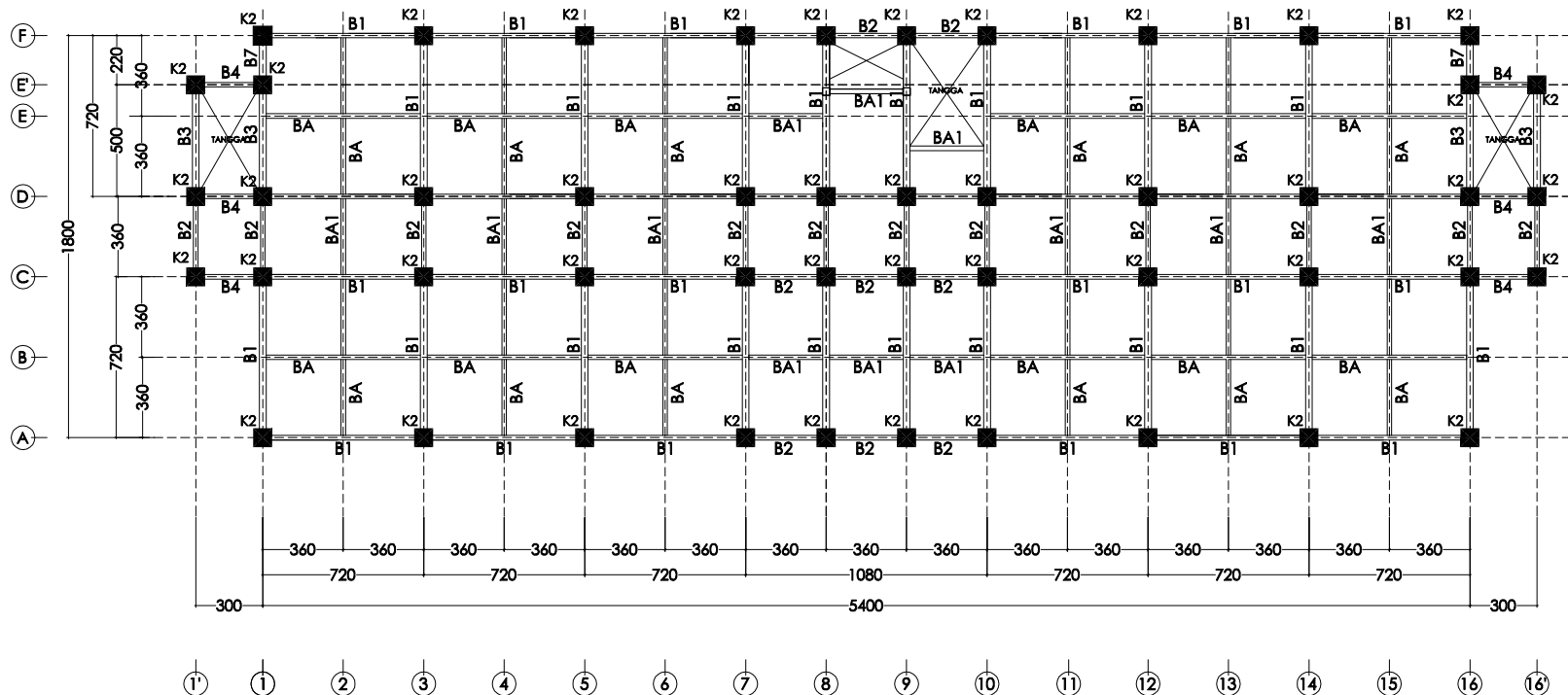
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	DENAH BALOK DAN KOLOM LT. 4-6	1:330

DATA PERENCANAAN

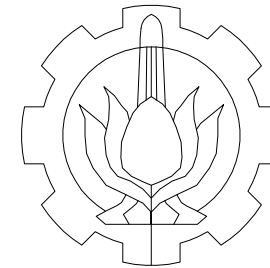
Fungsi Bangunan : Gedung Pendidikan
 Lokasi : Malang
 Kondisi Tanah : Sedang
 Metode Perencanaan : SRPMK
 Mutu Bahan
 - Baja Tul Lentur f_y : 420 Mpa
 - Baja Tul Geser f_y : 280 Mpa (balok)
 : 420 Mpa (kolom)
 - Balok, Plat : 30 Mpa
 - Kolom : 35 Mpa
 - Balok Pratekan : 40 Mpa
 - Pile Cap : 35 Mpa
 Selimut Beton
 - Pelat, Tangga, Bordes : 20 mm
 - Balok : 40 mm
 - Kolom, Sloof : 40 mm
 - Pile Cap : 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	11	48



DENAH BALOK DAN KOLOM LT. 4-6
 Skala 1 : 330

BALOK	
TIPE	DIMENSI(mm)
B1	450 x 600
B2	300 x 400
B3	400 x 550
B4	300 x 400
B7	300 x 350
BA	300 x 400
BA1	250 x 300
KOLOM	
K2	850 x 850



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

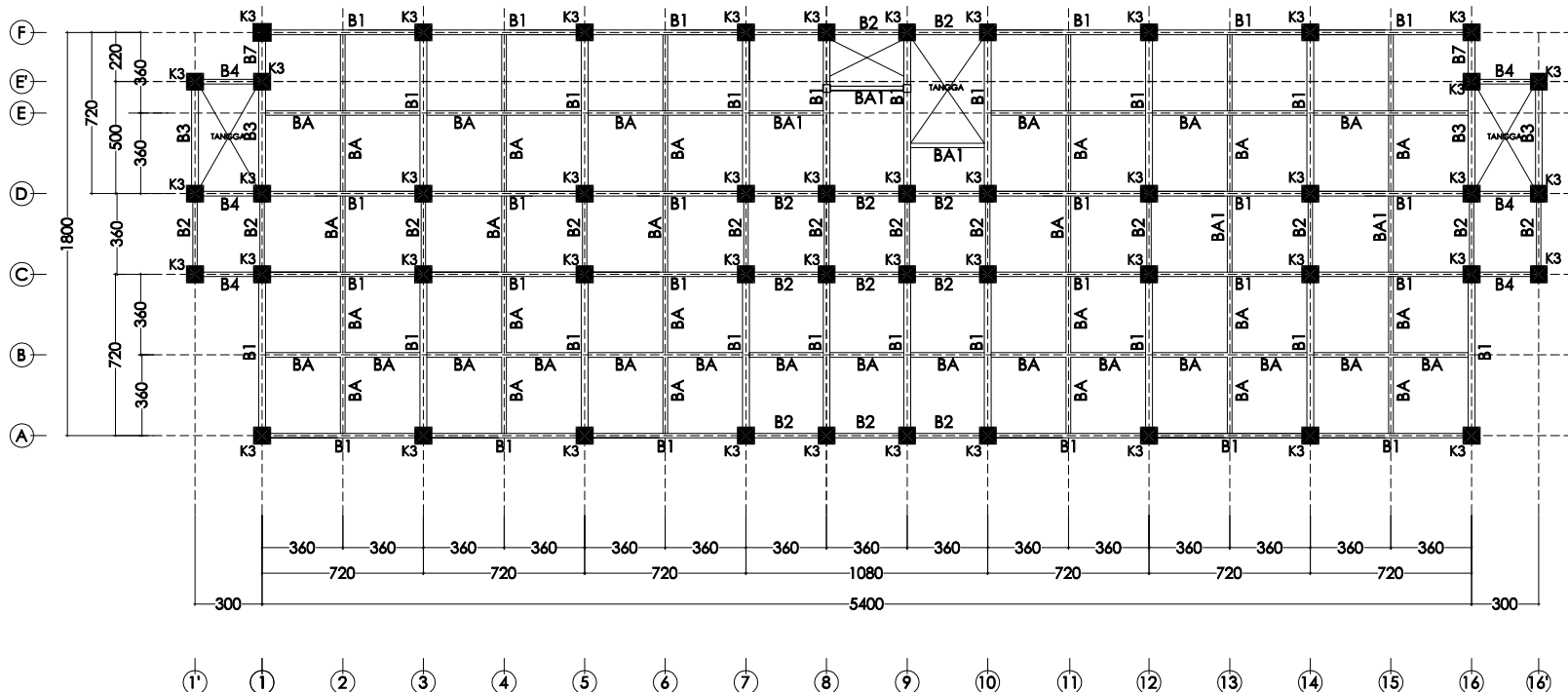
Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	DENAH BALOK DAN KOLOM LT. 7-11	1:330

DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan : Gedung Pendidikan
Lokasi : Malang
Kondisi Tanah : Sedang
Metode Perencanaan : SRPMK
Mutu Bahan
- Baja Tul Lentur f_y : 420 Mpa
- Baja Tul Geser f_y : 280 Mpa (balok)
: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat : 30 Mpa
- Kolom : 35 Mpa
- Balok Pratekan : 40 Mpa
- Pile Cap : 35 Mpa
Selimut Beton
- Pelat, Tangga, Bordes : 20 mm
- Balok : 40 mm
- Kolom, Sloof : 40 mm
- Pile Cap : 75 mm

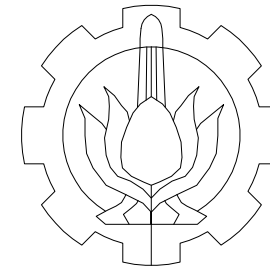
KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	12	48



DENAH BALOK DAN KOLOM LT. 7-11

Skala 1 : 330

BALOK	
TIPE	DIMENSI(mm)
B1	450 x 600
B2	300 x 400
B3	400 x 550
B4	300 x 400
B7	300 x 350
BA	300 x 400
BA1	250 x 300
KOLOM	
K3	800 x 800



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKAI
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

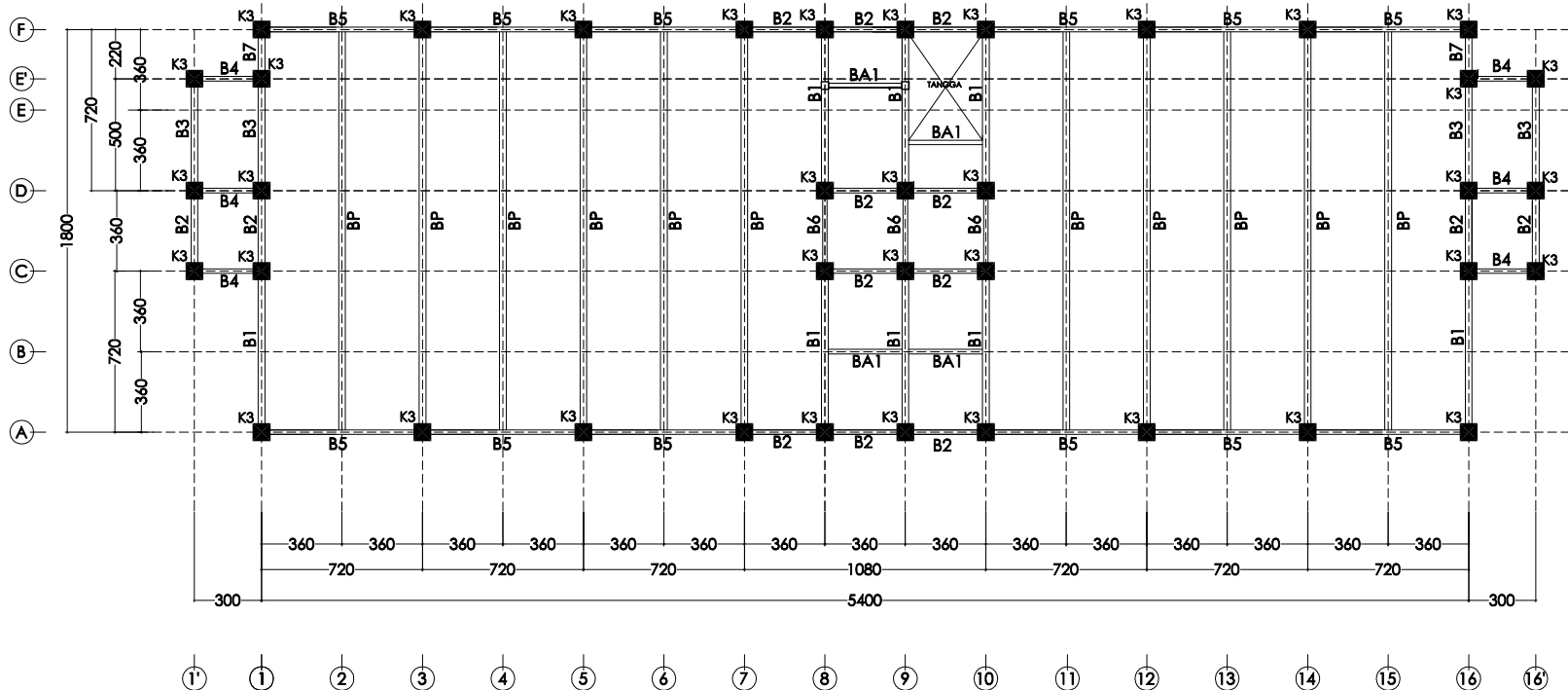
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	DENAH BALOK DAN KOLOM LT. 12	1:330

DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan : Gedung Pendidikan
 Lokasi : Malang
 Kondisi Tanah : Sedang
 Metode Perencanaan : SRPMK
 Mutu Bahan
 - Baja Tul Lentur f_y : 420 Mpa
 - Baja Tul Geser f_y : 280 Mpa (balok)
 : 420 Mpa (kolom)
 - Balok, Plat : 30 Mpa
 - Kolom : 35 Mpa
 - Balok Pratekan : 40 Mpa
 - Pile Cap : 35 Mpa
 Selimut Beton
 - Pelat, Tangga, Bordes : 20 mm
 - Balok : 40 mm
 - Kolom, Sloof : 40 mm
 - Pile Cap : 75 mm

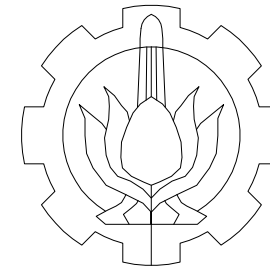
KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	13	48



DENAH BALOK DAN KOLOM LT. 12

Skala 1 : 330

BALOK	
TIPE	DIMENSI(mm)
B1	450 x 600
B2	300 x 400
B3	400 x 550
B4	300 x 400
B5	500 x 700
B6	350 x 500
B7	300 x 350
BA1	250 x 300
BP	600 x 900
KOLOM	
K3	800 x 800



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

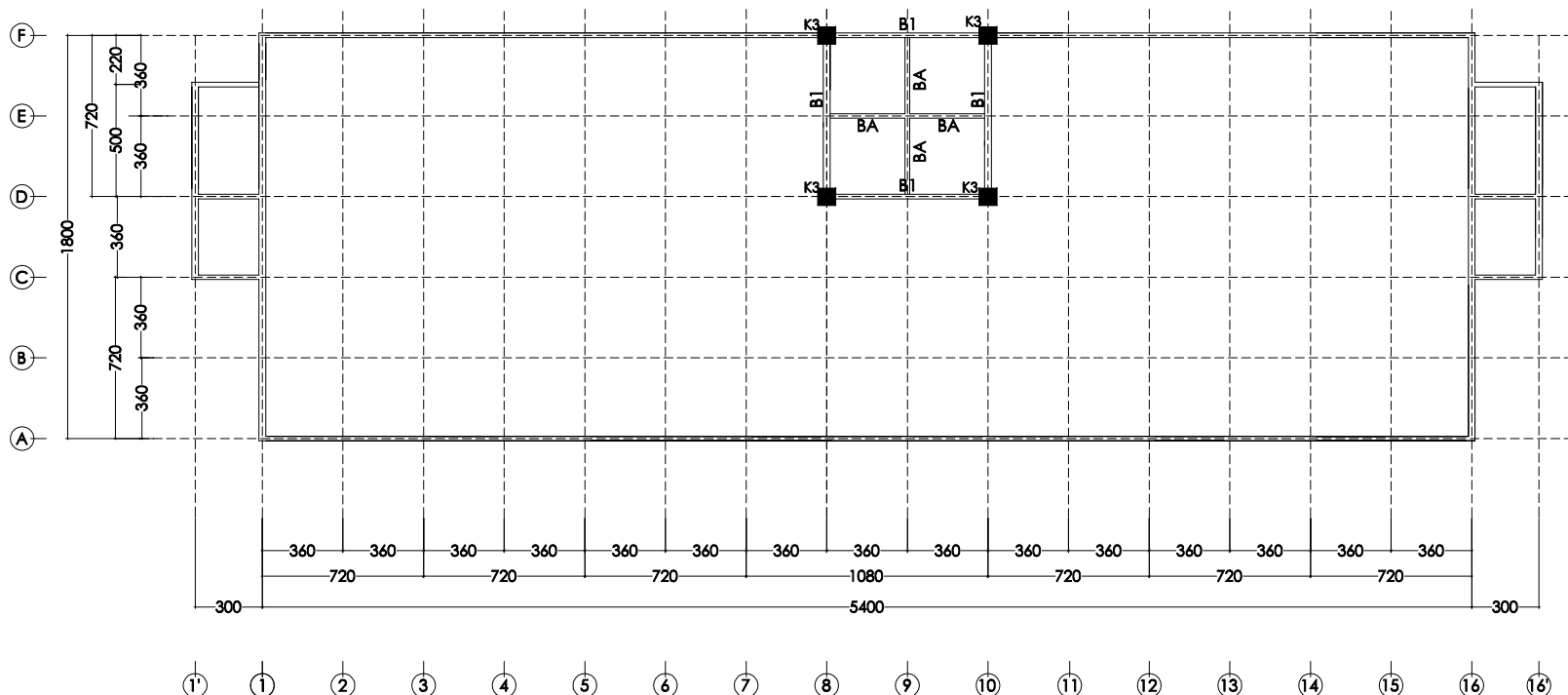
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	DENAH BALOK DAN KOLOM LT. ATAP	1:330

DATA PERENCANAAN

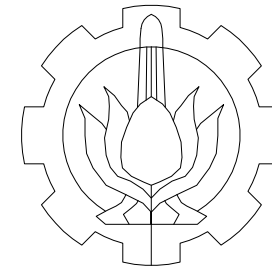
Fungsi Bangunan : Gedung Pendidikan
 Lokasi : Malang
 Kondisi Tanah : Sedang
 Metode Perencanaan : SRPMK
 Mutu Bahan
 - Baja Tul Lentur fy : 420 Mpa
 - Baja Tul Geser fy : 280 Mpa (balok)
 : 420 Mpa (kolom)
 - Balok, Plat : 30 Mpa
 - Kolom : 35 Mpa
 - Balok Pratekan : 40 Mpa
 - Pile Cap : 35 Mpa
 Selimut Beton
 - Pelat, Tangga, Bordes : 20 mm
 - Balok : 40 mm
 - Kolom, Sloof : 40 mm
 - Pile Cap : 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	14	48



DENAH BALOK DAN KOLOM LT. ATAP
 Skala 1 : 330

BALOK	
TIPE	DIMENSI(mm)
B1	450 x 600
BA	300 x 400
KOLOM	
K3	800 x 800



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

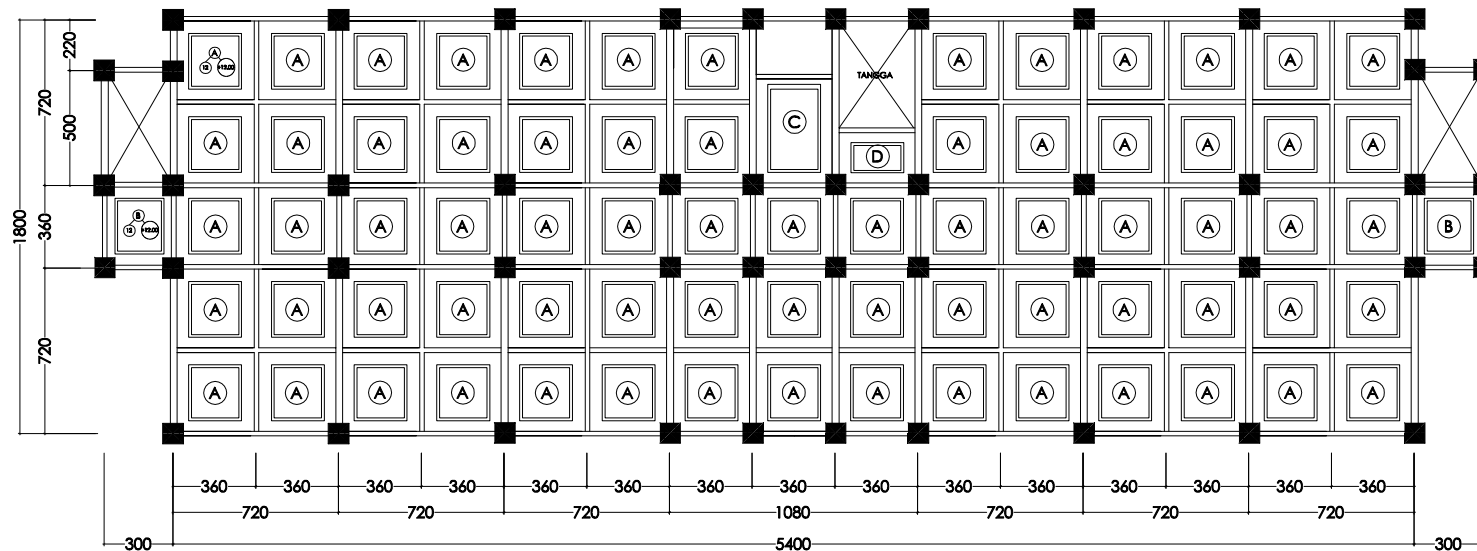
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	DENAH RENCANA PELAT LT. 2-11	1:330

DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan : Gedung Pendidikan
 Lokasi : Malang
 Kondisi Tanah : Sedang
 Metode Perencanaan : SRPMK
 Mutu Bahan
 - Baja Tul Lentur fy : 420 Mpa
 - Baja Tul Geser fy : 280 Mpa (balok)
 : 420 Mpa (kolom)
 - Balok, Plat : 30 Mpa
 - Kolom : 35 Mpa
 - Balok Pratekan : 40 Mpa
 - Pile Cap : 35 Mpa
 Selimut Beton
 - Pelat, Tangga, Bordes : 20 mm
 - Balok : 40 mm
 - Kolom, Sloof : 40 mm
 - Pile Cap : 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	15	48

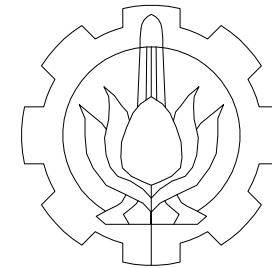


RENCANA PLAT LANTAI 2-12
 Skala 1 : 330

PELAT		
TIPE	DIMENSI(cm)	
	Lx	Ly
A	360	360
B	300	360
C	360	470
D	360	220
E	300	500

KETERANGAN

A : Tipe Pelat
 12 : Tebal Pelat
 +12 : Elevasi



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

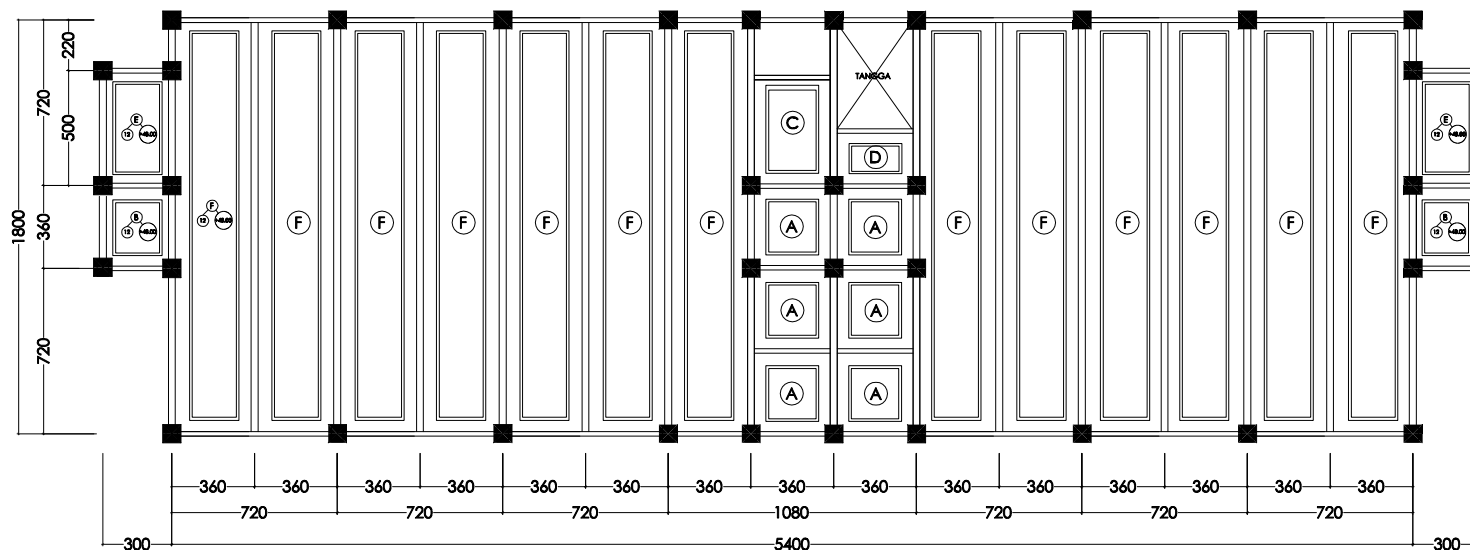
NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	DENAH RENCANA PELAT LT. 12	1:330

DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan : Gedung Pendidikan
Lokasi : Malang
Kondisi Tanah : Sedang
Metode Perencanaan : SRPMK
Mutu Bahan
- Baja Tuli Lentur fy : 420 Mpa
- Baja Tuli Geser fy : 280 Mpa (balok)
: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat : 30 Mpa
- Kolom : 35 Mpa
- Balok Pratekan : 40 Mpa
- Pile Cap : 35 Mpa

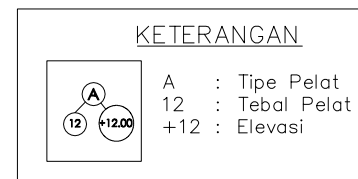
Selimut Beton
- Pelat, Tangga, Bordes : 20 mm
- Balok : 40 mm
- Kolom, Sloof : 40 mm
- Pile Cap : 75 mm

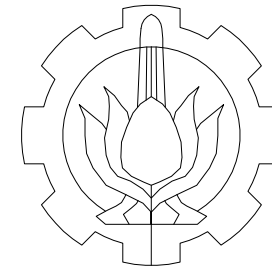
KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	16	48



TIPE	PELAT DIMENSI(cm)	
	Lx	Ly
A	360	360
B	300	360
C	360	470
D	360	220
E	300	500
F	360	1800

 **RENCANA PLAT LT. 12**
Skala 1 : 330





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

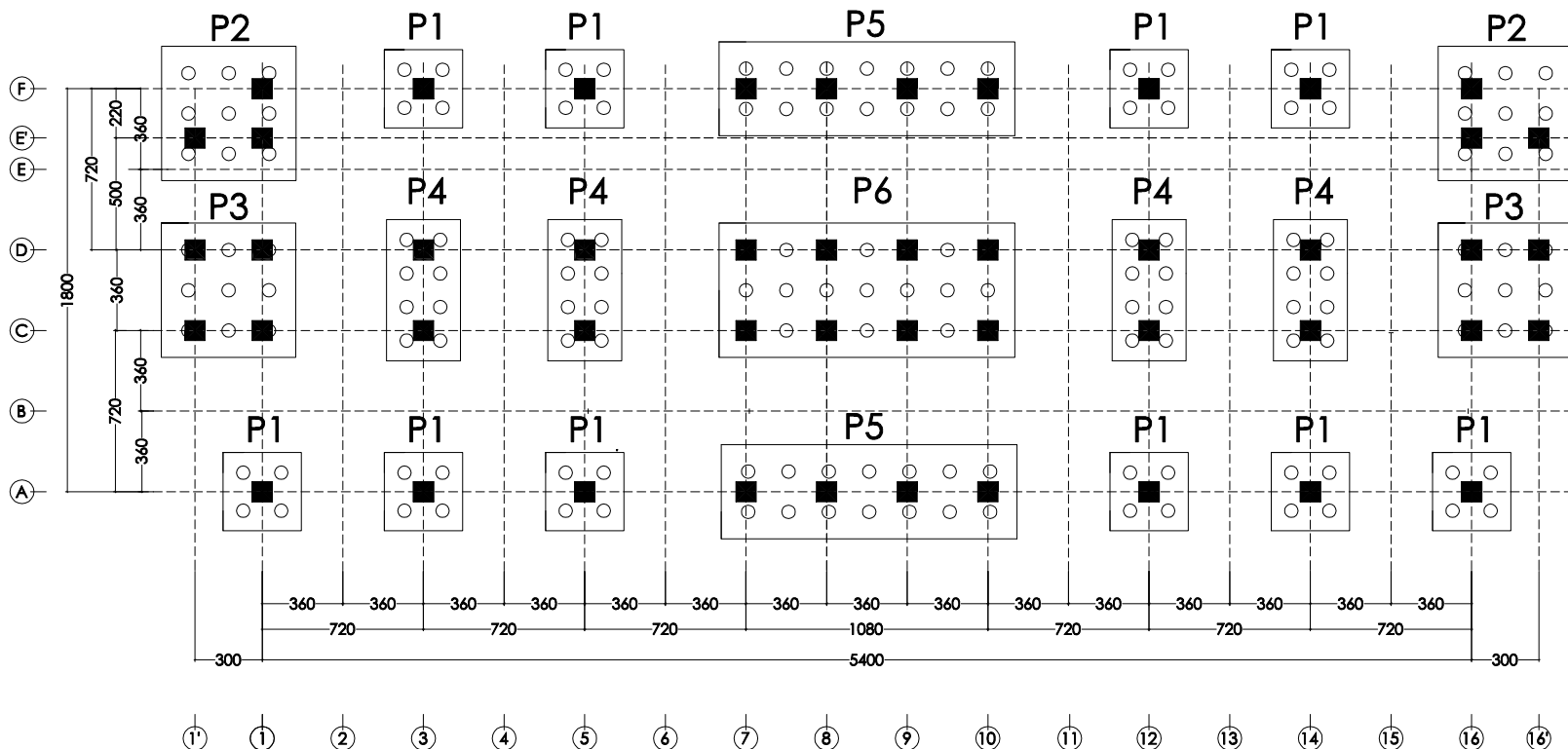
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	DENAH PONDASI	1:330

DATA PERENCANAAN

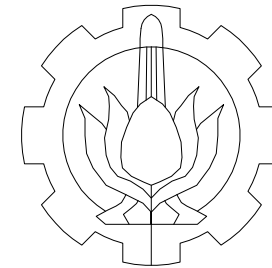
Fungsi Bangunan : Gedung Pendidikan
 Lokasi : Malang
 Kondisi Tanah : Sedang
 Metode Perencanaan : SRPMK
 Mutu Bahan
 - Baja Tul Lentur fy : 420 Mpa
 - Baja Tul Geser fy : 280 Mpa (balok)
 : 420 Mpa (kolom)
 - Balok Plat : 30 Mpa
 - Kolom : 35 Mpa
 - Balok Pratekan : 40 Mpa
 - Pile Cap : 35 Mpa
 Selimut Beton
 - Pelat, Tangga, Bordes : 20 mm
 - Balok : 40 mm
 - Kolom, Sloof : 40 mm
 - Pile Cap : 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	17	48



PILECAP			
TIPE	DIMENSI(mm)		
	P	L	T
P1	3500	3500	1000
P2	6000	6000	1500
P3	6000	6000	1500
P4	6300	3300	1400
P5	13200	4200	1500
P6	13200	6000	1500

DENAH PONDASI
 Skala 1 : 330



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBEF
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019**

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavoio, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gustii Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

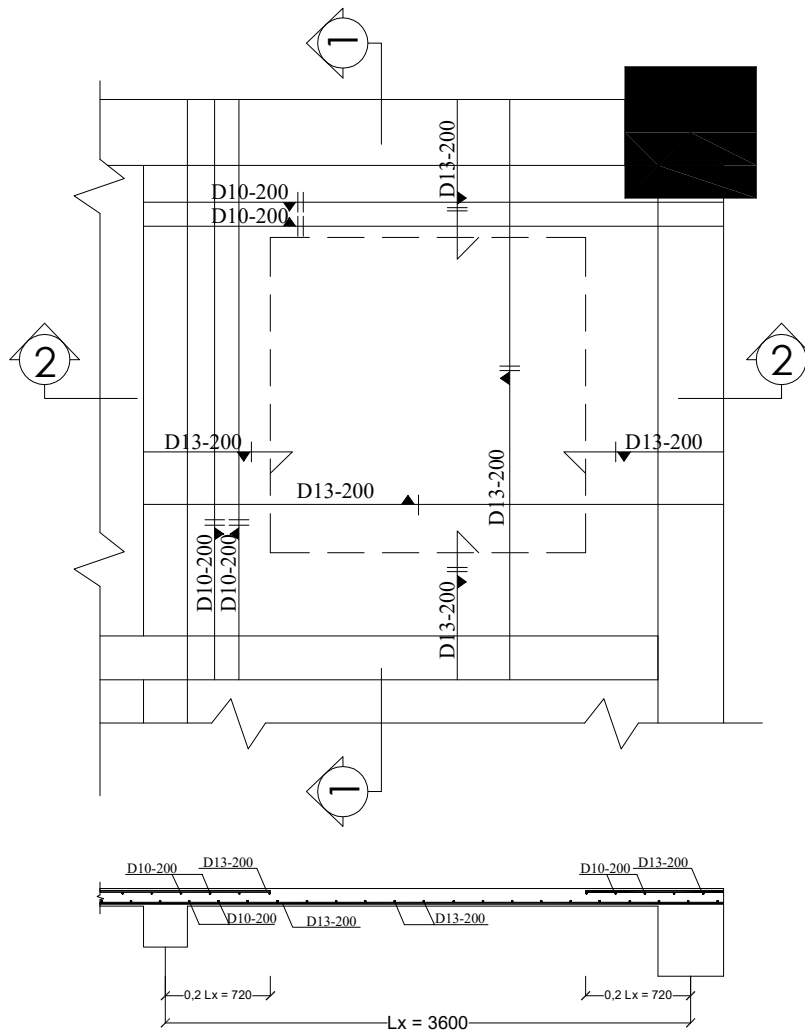
Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	PENULANGAN PELAT TIPE A	1:50

DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan : Gedung Pendidikan
Lokasi : Malang
Kondisi Tanah : Sedang
Metode Perencanaan : SRPMK
Mutu Bahan
- Baja Tul Lentur fy : 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy : 280 Mpa (balok)
: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat : 30 Mpa
- Kolom : 35 Mpa
- Balok Pratekan : 40 Mpa
- Pile Cap : 35 Mpa
Selimut Beton
- Pelat, Tangga, Bordes : 20 mm
- Balok : 40 mm
- Kolom, Sloof : 40 mm
- Pile Cap : 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	18	48

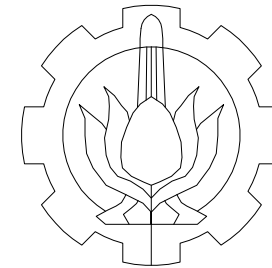


POTONGAN 2-2



PENULANGAN PELAT TIPE A

Skala 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBEF
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKA
BALOK PRATEKANAN DAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019**

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

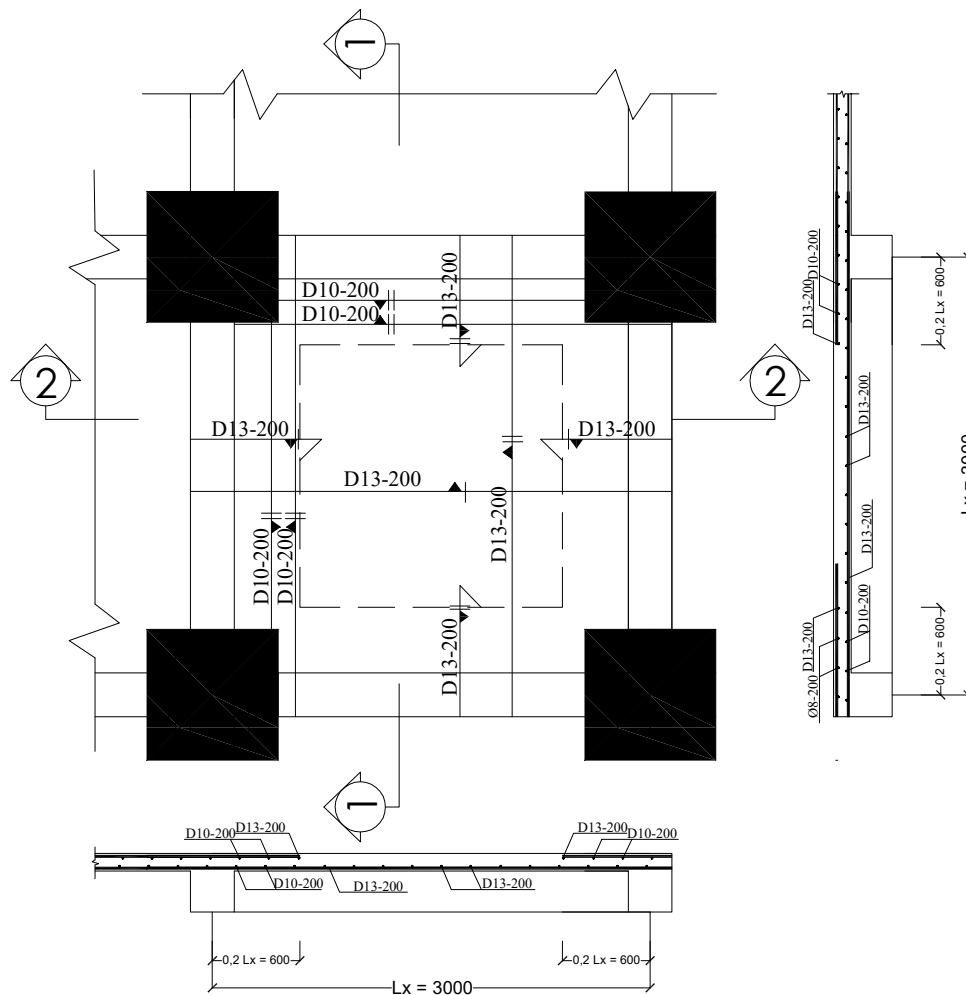
Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	PENULANGAN PELAT TIPE B	1:50

DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

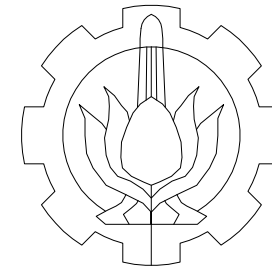
KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	19	48



POTONGAN 2-2

PENULANGAN PELAT TIPE B
Skala 1 : 50

POTONGAN 1-1



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBEF
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019**

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

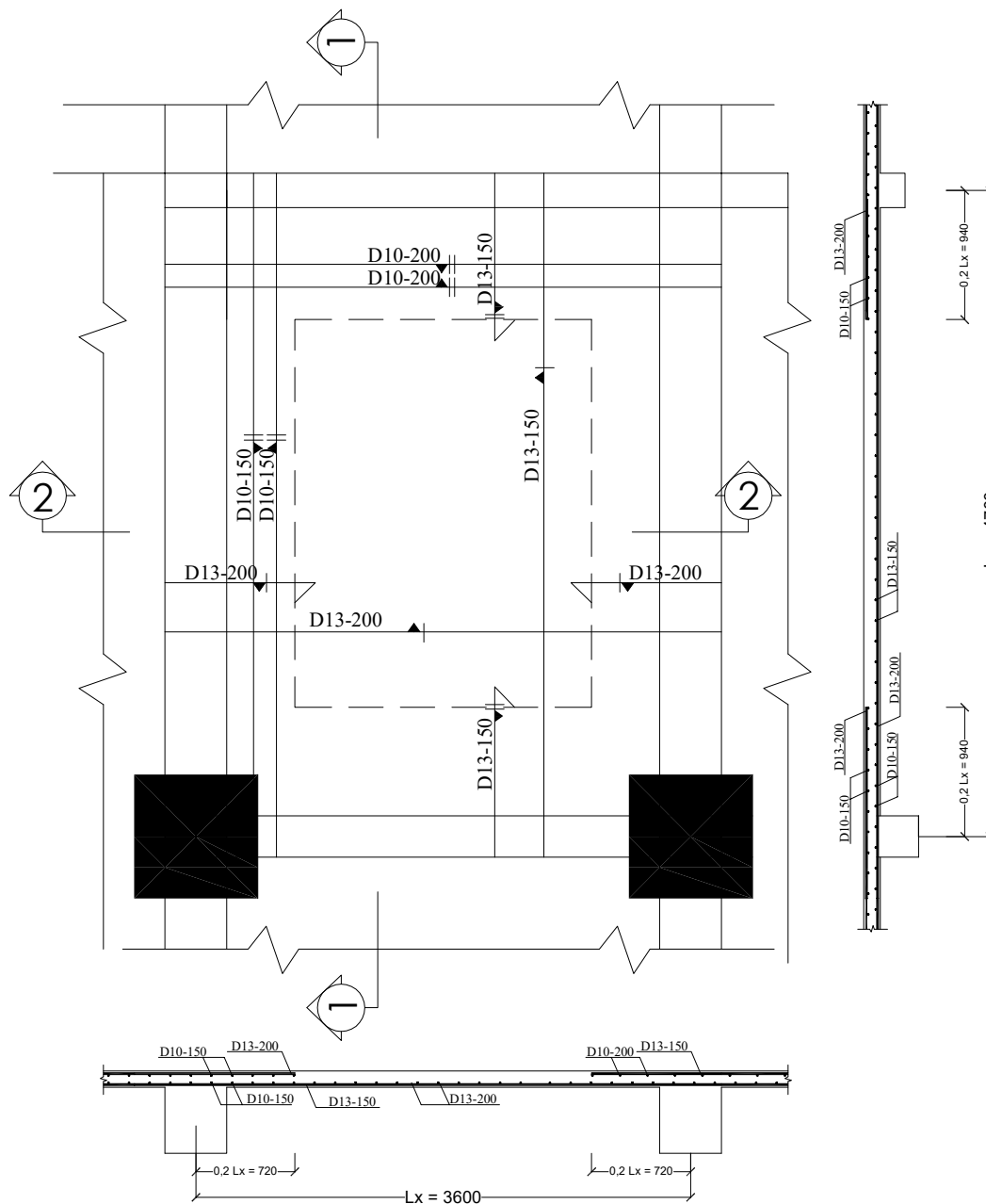
Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	PENULANGAN PELAT TIPE C	1:50

DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur f_y	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser f_y	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimit Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

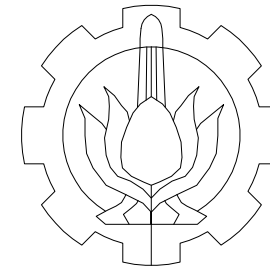
KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	20	48



POTONGAN 2-2

POTONGAN 1-1

PENULANGAN PELAT TIPE C
Skala 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBEF
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKA
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019**

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavoio, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

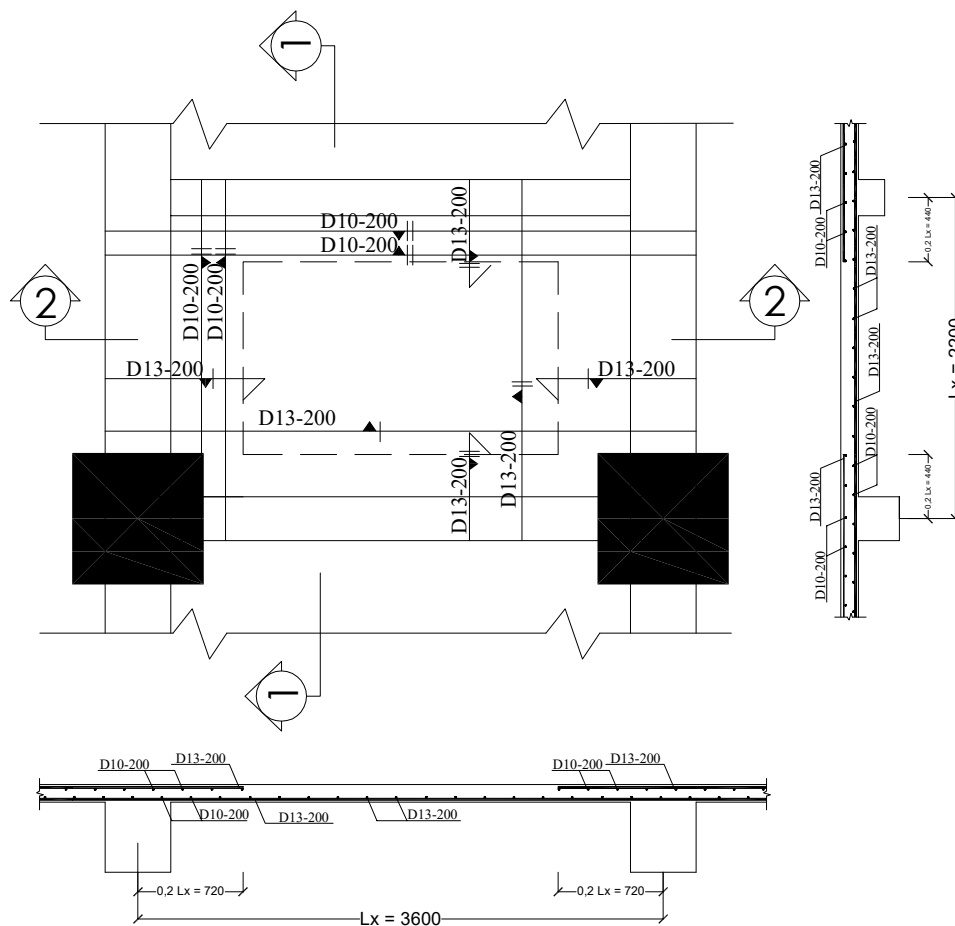
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	PENULANGAN PELAT TIPE D	1:50

DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy	: 280 Mpa (balok) : 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimut Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

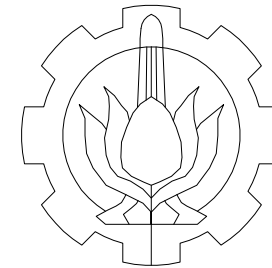
KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	21	48



POTONGAN 1-1

POTONGAN 2-2

PENULANGAN PELAT TIPE D
 Skala 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBEF
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKA
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019**

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavoio, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

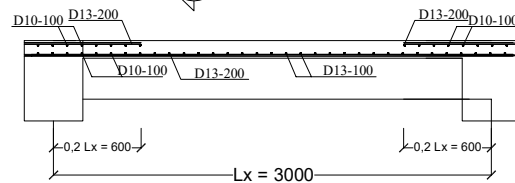
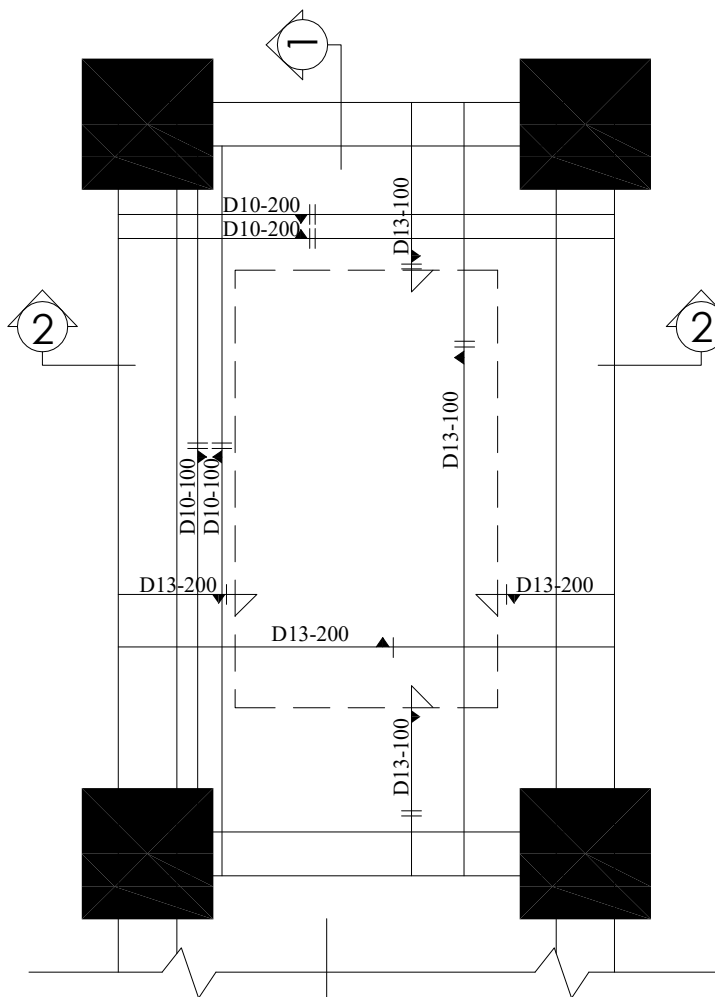
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	PENULANGAN PELAT TIPE E	1:50

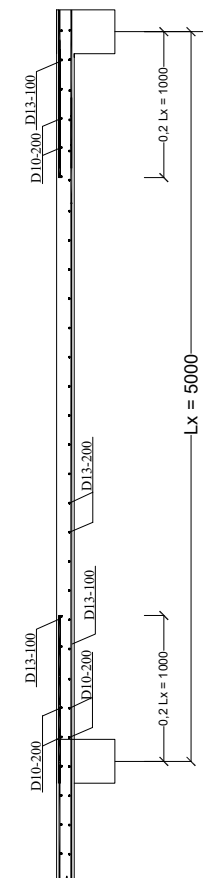
DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	22	48



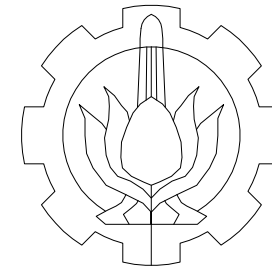
POTONGAN 2-2



POTONGAN 1-1

PENULANGAN PELAT TIPE E

Skala 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBEF
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019**

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

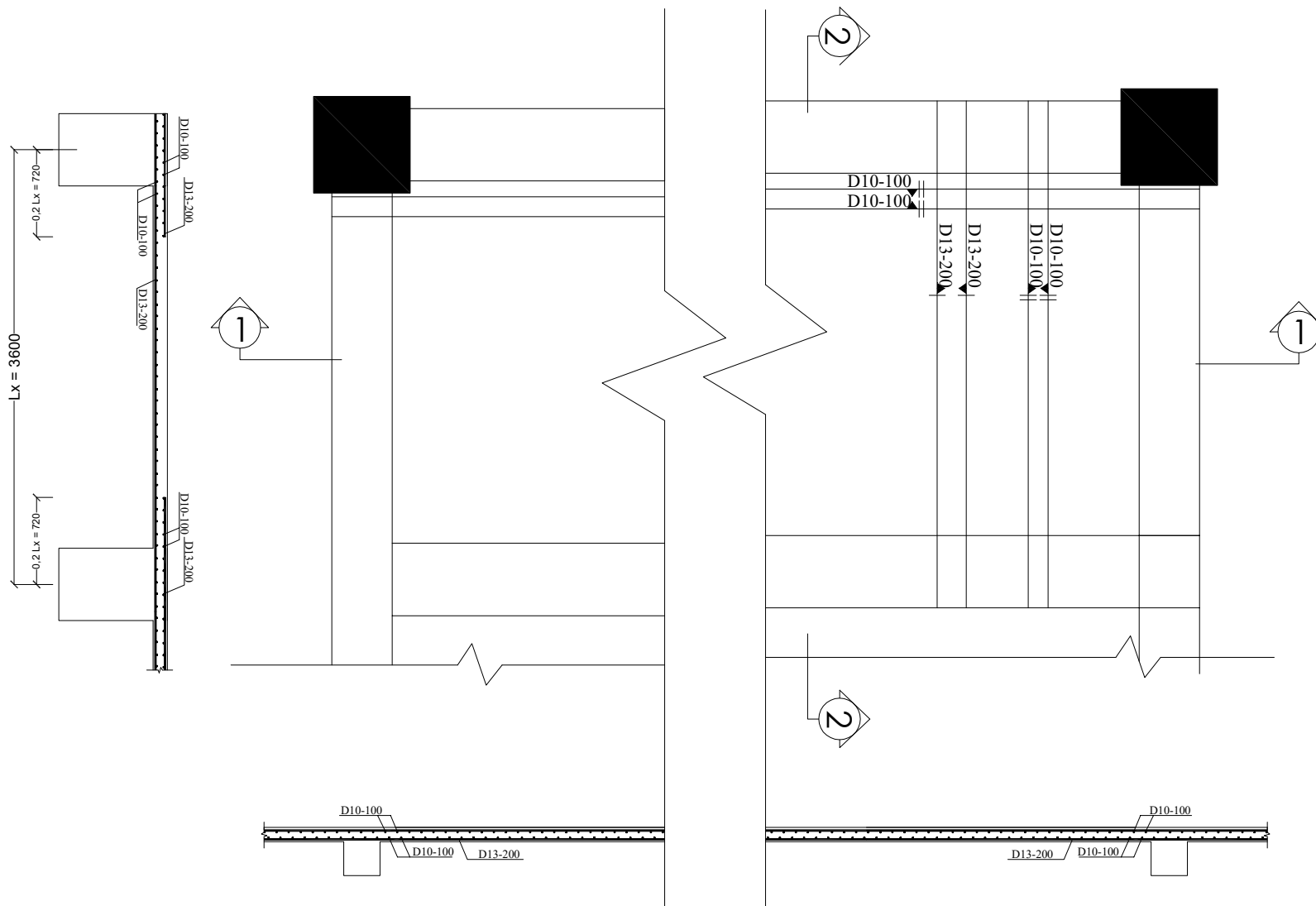
NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	PENULANGAN PELAT TIPE F	1:50

DATA PERENCANAAN

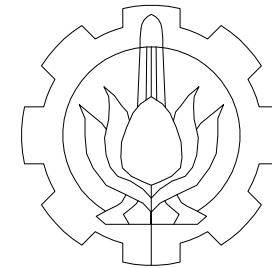
Fungsi Bangunan : Gedung Pendidikan
Lokasi : Malang
Kondisi Tanah : Sedang
Metode Perencanaan : SRPMK
Mutu Bahan
- Baja Tul Lentuk fy : 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy : 280 Mpa (balok)
: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat : 30 Mpa
- Kolom : 35 Mpa
- Balok Pratekan : 40 Mpa
- Pile Cap : 35 Mpa
Selimut Beton
- Pelat, Tangga, Bordes : 20 mm
- Balok : 40 mm
- Kolom, Sloof : 40 mm
- Pile Cap : 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	23	48

POTONGAN 2-2



POTONGAN 1-1



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKAI
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

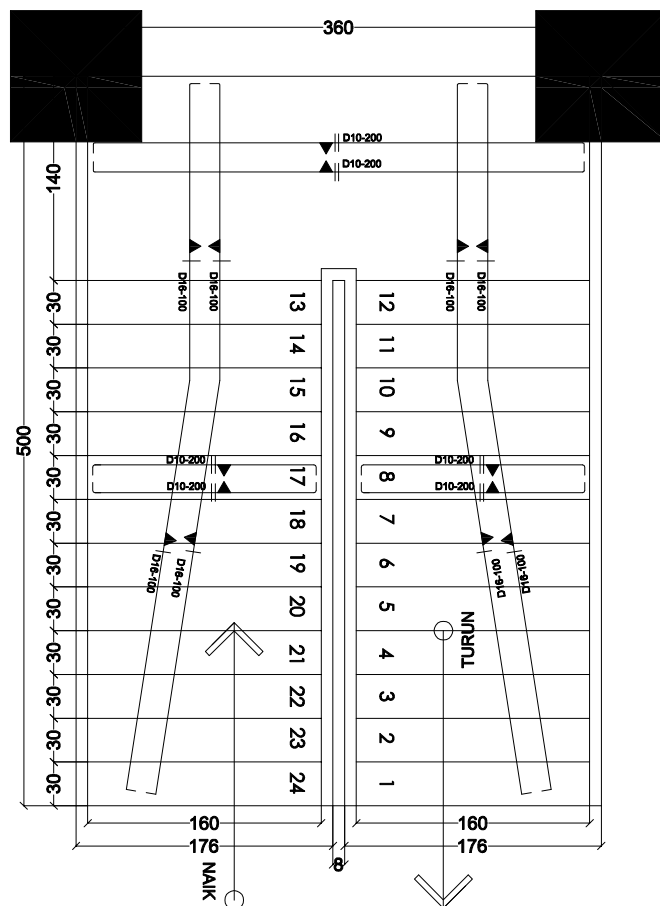
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1	PENULANGAN TANGGA TIPE 1	1:50

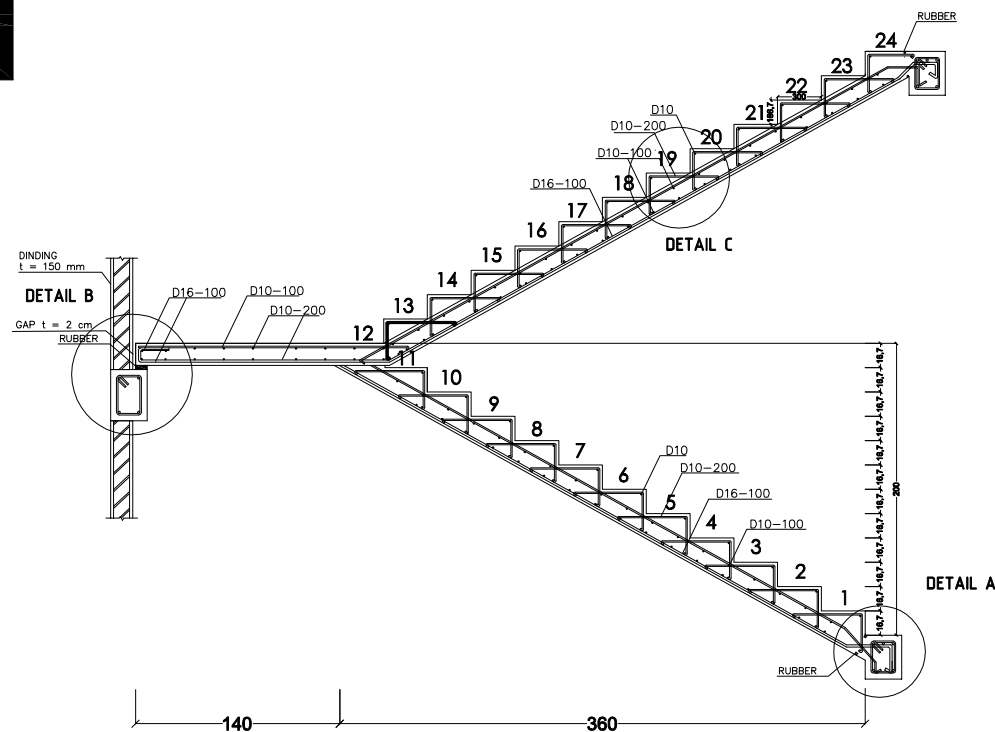
DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy	: 280 Mpa (balok) 420 Mpa (kolom)
- Balok Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

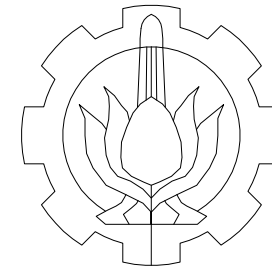
KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	24	48



PENULANGAN TANGGA 1
 Skala 1 : 50



DETAIL PENULANGAN TANGGA 1
 Skala 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

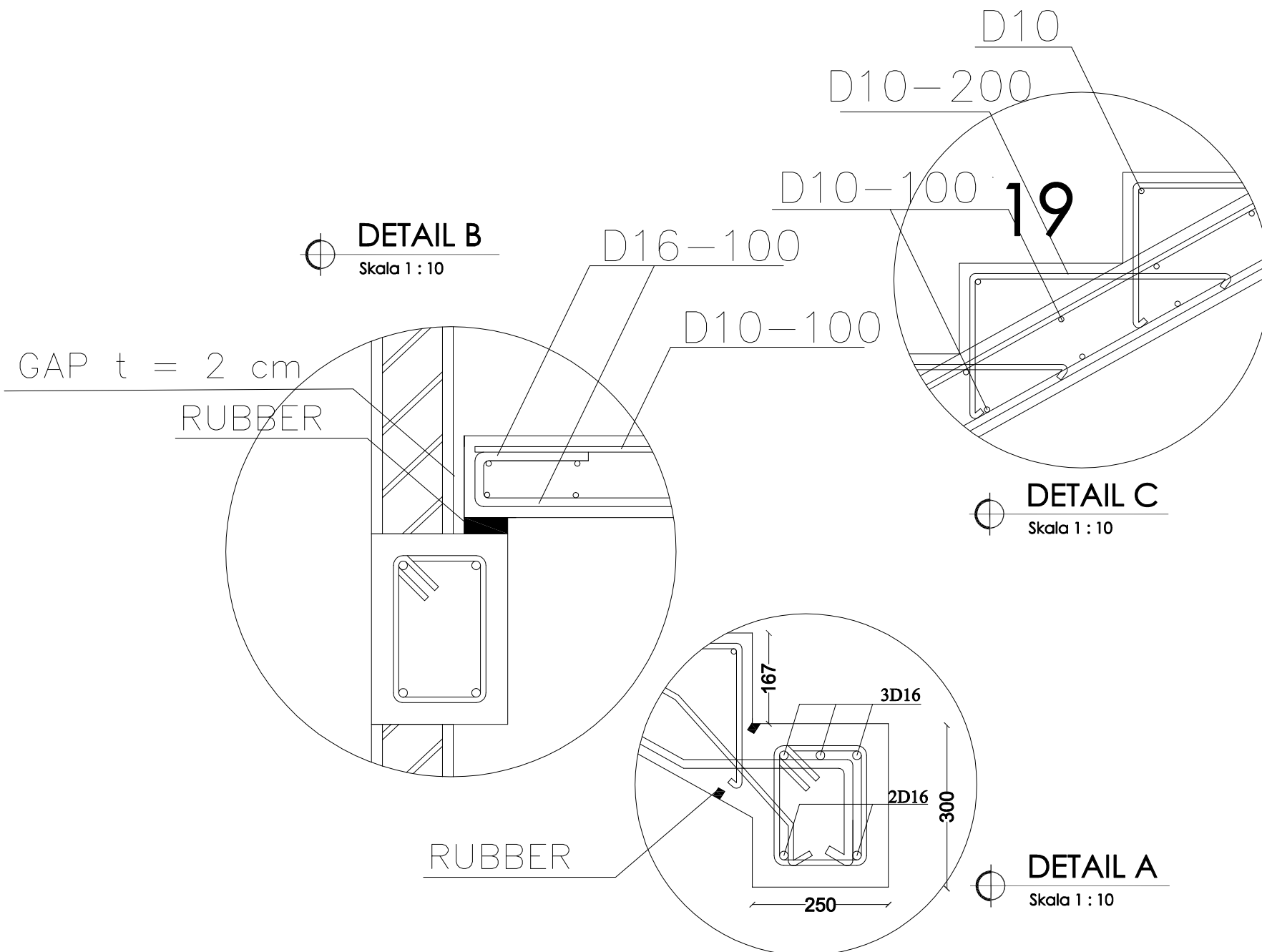
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

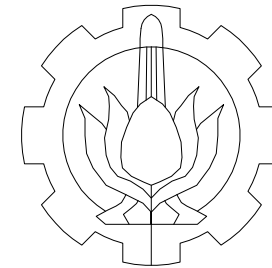
NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	DETAIL A	1:10
2	DETAIL B	1:10
3	DETAIL C	1:10

DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan : Gedung Pendidikan
 Lokasi : Malang
 Kondisi Tanah : Sedang
 Metode Perencanaan : SRPMK
 Mutu Bahan
 - Baja Tul Lentur f_y : 420 Mpa
 - Baja Tul Geser f_y : 280 Mpa (balok)
 : 420 Mpa (kolom)
 - Balok, Plat : 30 Mpa
 - Kolom : 35 Mpa
 - Balok Pratekan : 40 Mpa
 - Pile Cap : 35 Mpa
 Selimut Beton
 - Pelat, Tangga, Bordes : 20 mm
 - Balok : 40 mm
 - Kolom, Sloof : 40 mm
 - Pile Cap : 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	25	48





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
 PEMUKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

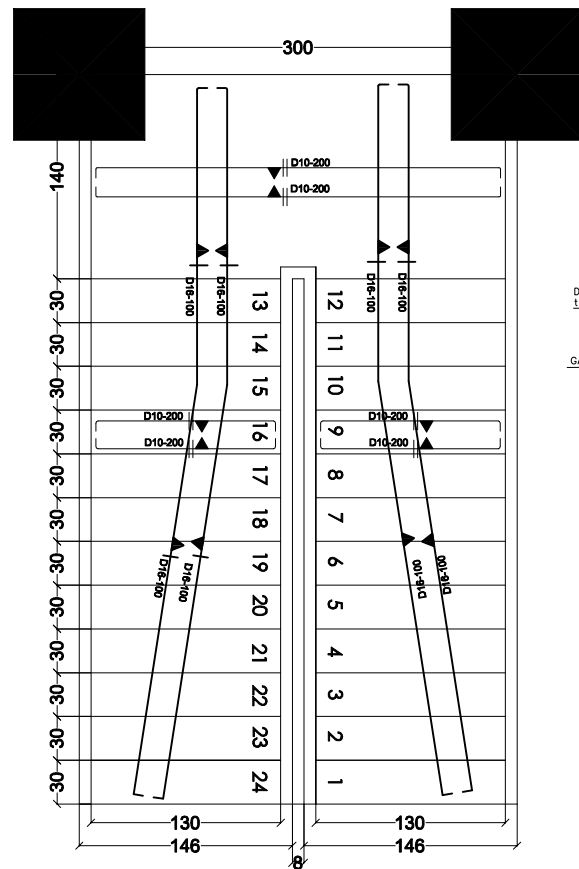
MAHASISWA

Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

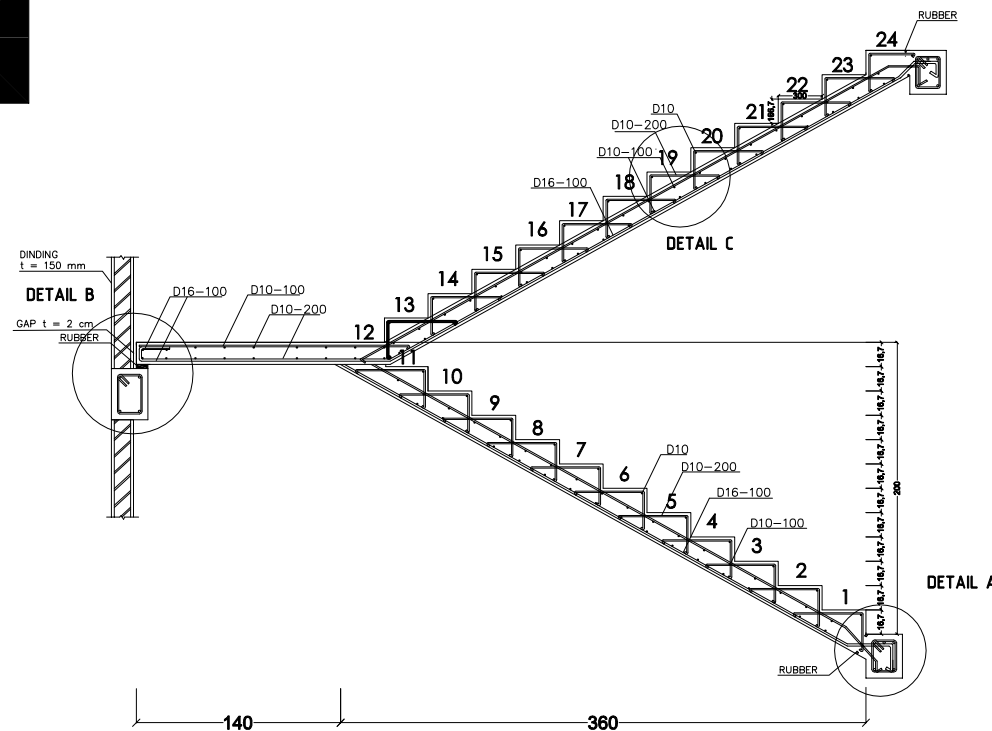
NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	PENULANGAN TANGGA TIPE 2	1:50

DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur f_y	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser f_y	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

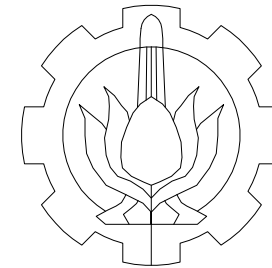


PENULANGAN TANGGA 2
 Skala 1 : 50



DETAIL PENULANGAN TANGGA 2
 Skala 1 : 50

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	26	48



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

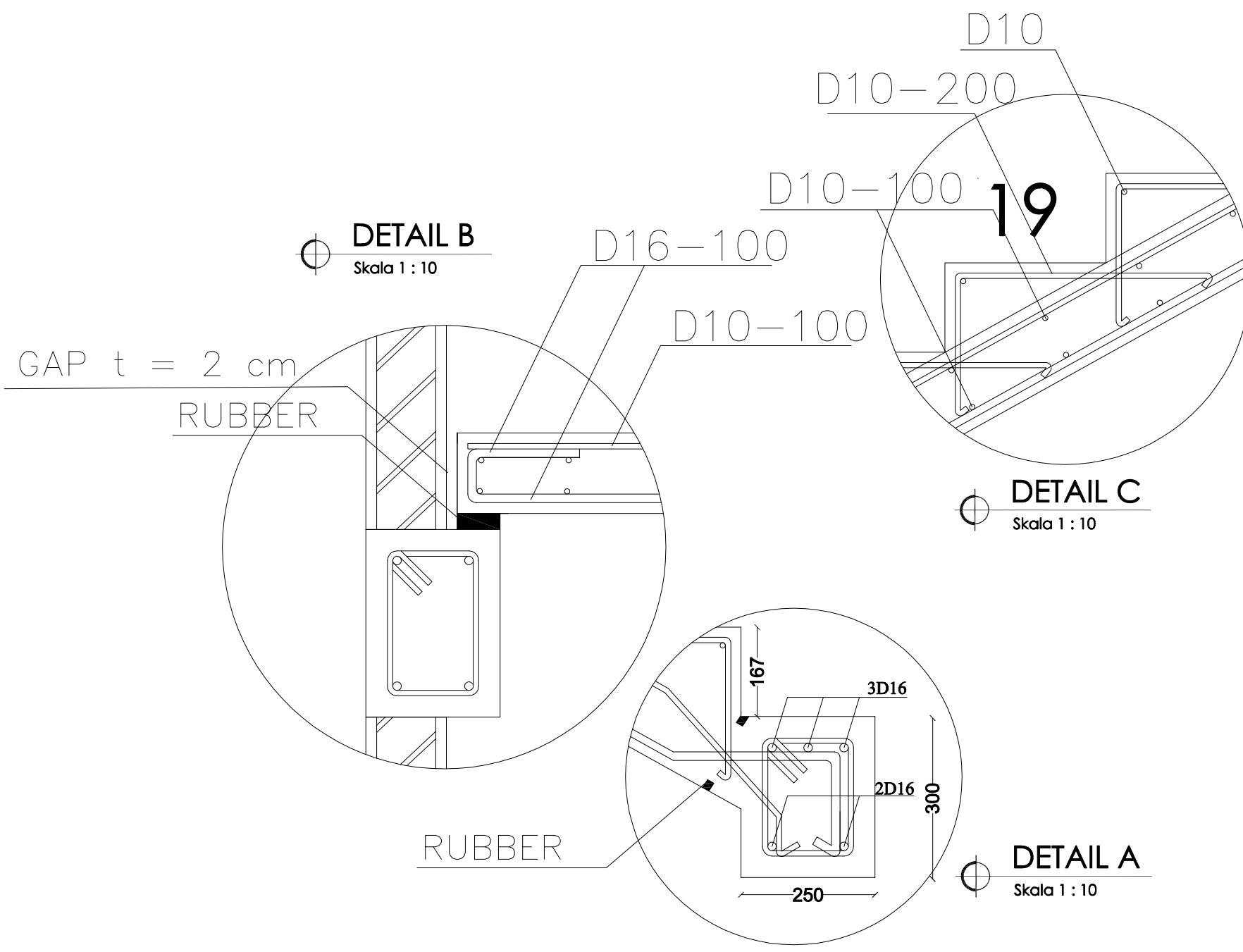
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

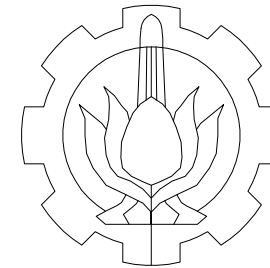
NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	DETAIL A	1:10
2	DETAIL B	1:10
3	DETAIL C	1:10

DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan : Gedung Pendidikan
 Lokasi : Malang
 Kondisi Tanah : Sedang
 Metode Perencanaan : SRPMK
 Mutu Bahan
 - Baja Tul Lentuk fy : 420 Mpa
 - Baja Tul Geser fy : 280 Mpa (balok)
 : 420 Mpa (kolom)
 - Balok, Plat : 30 Mpa
 - Kolom : 35 Mpa
 - Balok Pratekan : 40 Mpa
 - Pile Cap : 35 Mpa
 Selimut Beton
 - Pelat, Tangga, Bordes : 20 mm
 - Balok : 40 mm
 - Kolom, Sloof : 40 mm
 - Pile Cap : 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	27	49





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKA
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	PENULANGAN BALOK INDUK	1:50

DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan : Gedung Pendidikan
Lokasi : Malang
Kondisi Tanah : Sedang
Metode Perencanaan : SRPMK
Mutu Bahan
- Baja Tul Lentur fy : 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy : 280 Mpa (balok)
: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat : 30 Mpa
- Kolom : 35 Mpa
- Balok Pratekan : 40 Mpa
- Pile Cap : 35 Mpa
Selimut Beton
- Pelat, Tangga, Bordes : 20 mm
- Balok : 40 mm
- Kolom, Sloof : 40 mm
- Pile Cap : 75 mm

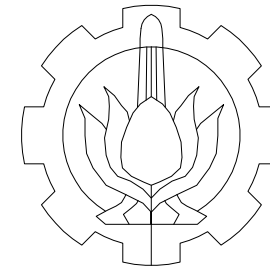
KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	28	48

TIPE BALOK	BALOK B1		BALOK B2	
	BAGIAN	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN & KIRI
POTONGAN				
DIMENSI	450 X 600		300 X 400	
TULANGAN ATAS	6D25	3D25	3D25	2D25
TULANGAN TORSI	2D25	2D25	-	-
TULANGAN BAWAH	5D25	4D25	2D25	2D25
TULANGAN SENGKAG	D13-100	D13-200	D13-100	D13-150
TIPE BALOK	BALOK B3		BALOK B4	
	BAGIAN	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN & KIRI
POTONGAN				
DIMENSI	400 X 550		300 X 400	
TULANGAN ATAS	6D25	3D25	4D25	2D25
TULANGAN TORSI	2D25	2D25	2D25	2D25
TULANGAN BAWAH	5D25	4D25	3D25	2D25
TULANGAN SENGKAG	3D13-90	D13-200	D13-80	D13-150
TIPE BALOK	BALOK B5		BALOK B6	
	BAGIAN	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN & KIRI
POTONGAN				
DIMENSI	500 X 700		350 X 500	
TULANGAN ATAS	3D25	2D25	2D25	2D25
TULANGAN TORSI	2D25	2D25	2D25	2D25
TULANGAN BAWAH	2D25	3D25	2D25	2D25
TULANGAN SENGKAG	D13-100	D13-250	D13-100	D13-250



PENULANGAN BALOK INDUK

Skala 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1	PENULANGAN BALOK SEKUNDER DAN BP	1:50

DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan : Gedung Pendidikan
Lokasi : Malang
Kondisi Tanah : Sedang
Metode Perencanaan : SRPMK
Mutu Bahan
- Baja Tul Lentur fy : 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy : 280 Mpa (balok)
: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat : 30 Mpa
- Kolom : 35 Mpa
- Balok Pratekan : 40 Mpa
- Pile Cap : 35 Mpa

Selimum Beton
- Pelat, Tangga, Bordes : 20 mm
- Balok : 40 mm
- Kolom, Sloof : 40 mm
- Pile Cap : 75 mm

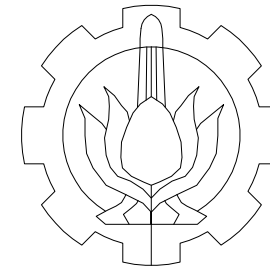
KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	29	48

TUPE BALOK	BALOK B7		BALOK BA	
BAGIAN	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN
POTONGAN				
DIMENSI	300 X 350		300 X 400	
TULANGAN ATAS	2D25	2D25	4D16	2D16
TULANGAN TORSI	-	-	-	-
TULANGAN BAWAH	2D25	2D25	2D16	2D16
TULANGAN SENKAG	3D13-100	D13-100	D10-150	D10-150
TUPE BALOK	BALOK PRATEKAN BP		BALOK BA1	
BAGIAN	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN
POTONGAN				
DIMENSI	600 X 900		250 X 300	
TULANGAN ATAS	7D25	4D25	3D16	2D16
TULANGAN TORSI	-	-	-	-
TULANGAN BAWAH	4D25	6D25	2D16	2D16
TULANGAN SENKAG	D13-150	D13-250	D10-100	D10-100
TUPE BALOK	BALOK BORDES1		BALOK BORDES2	
BAGIAN	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN	TUMPUAN KANAN & KIRI	LAPANGAN
POTONGAN				
DIMENSI	250 X 350		250 X 350	
TULANGAN ATAS	2D16	2D16	3D16	2D16
TULANGAN TORSI	-	-	-	-
TULANGAN BAWAH	2D10	2D13	2D13	3D13
TULANGAN SENKAG	D10-100	D10-100	D10-250	D10-250



PENULANGAN BALOK SEKUNDER DAN BP

Skala 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

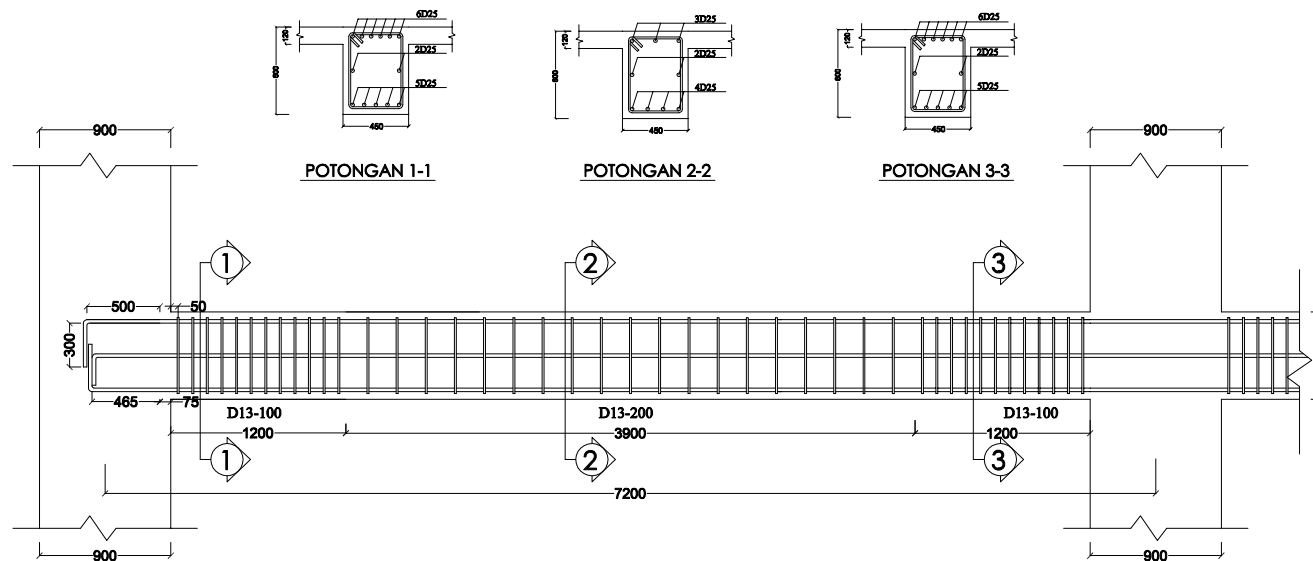
Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	PENULANGAN BALOK B1	1:50
2	PENULANGAN BALOK B2	1:50

DATA PERENCANAAN

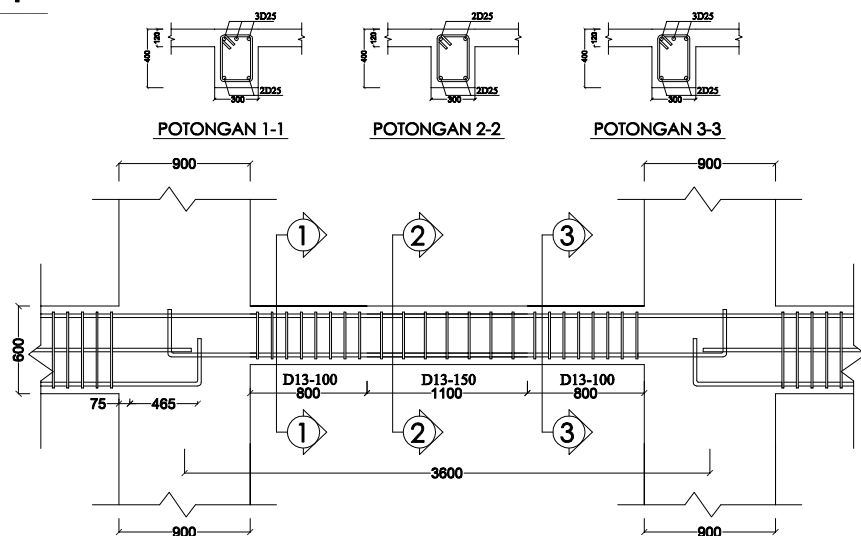
Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentar fy	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	30	48



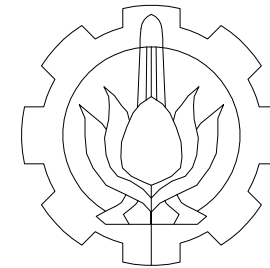
PENULANGAN BALOK B1

Skala 1 : 50



PENULANGAN BALOK B2

Skala 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

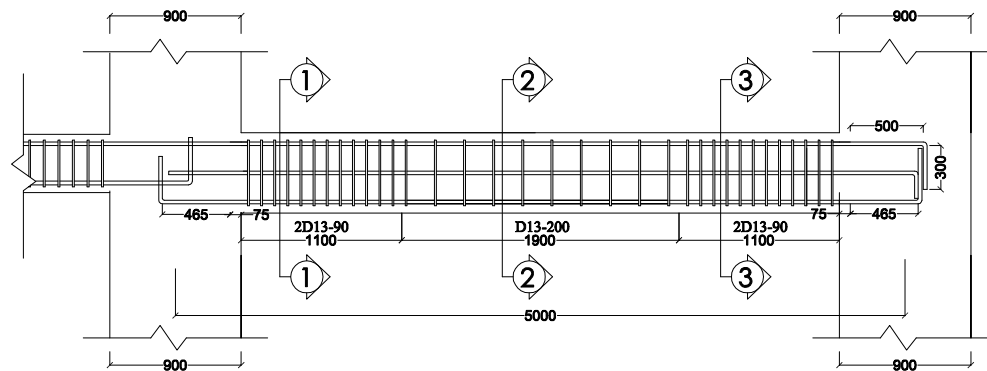
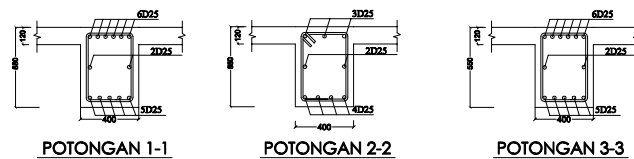
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	PENULANGAN BALOK B3	1:50
2	PENULANGAN BALOK B5	1:50

DATA PERENCANAAN

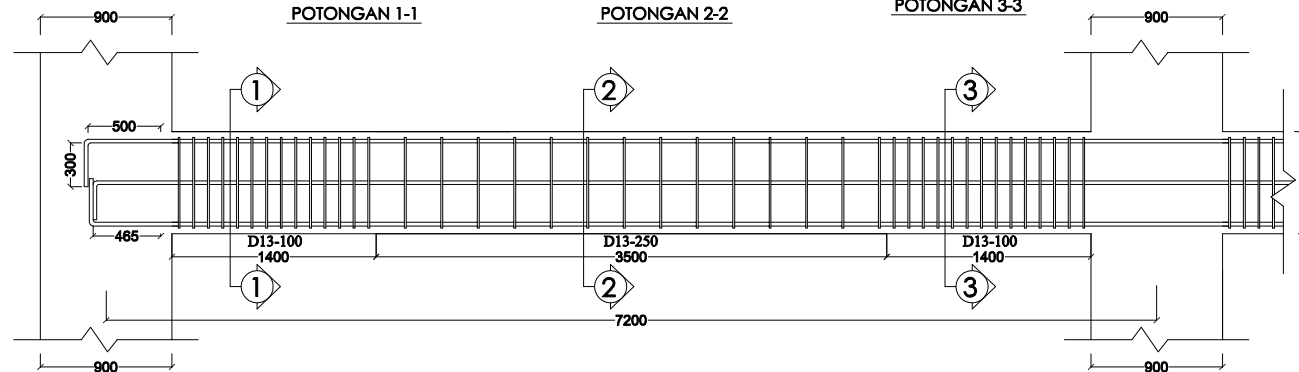
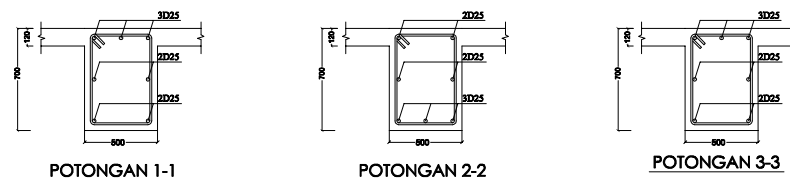
Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tui Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tui Geser fy	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	31	48



PENULANGAN BALOK B3

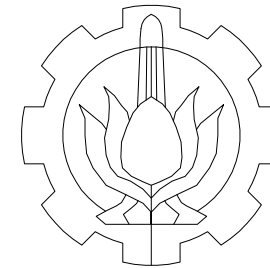
Skala 1 : 50



PENULANGAN BALOK B5

Skala 1 : 50





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKA
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

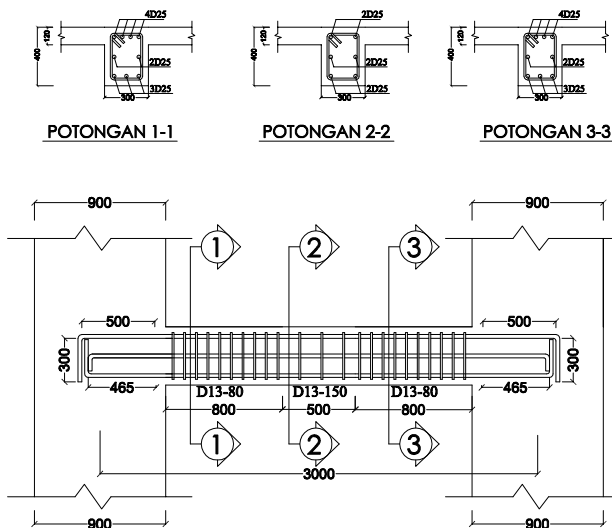
MAHASISWA

Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

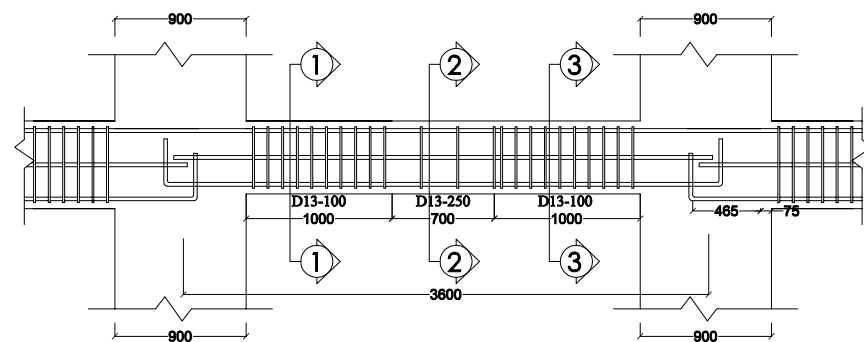
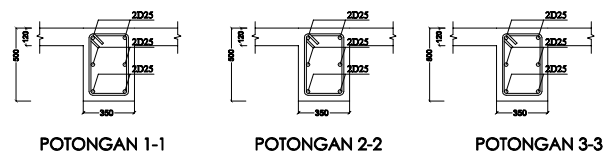
NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	PENULANGAN BALOK B4	1:50
2	PENULANGAN BALOK B6	1:50
3	PENULANGAN BALOK B7	1:50

DATA PERENCANAAN

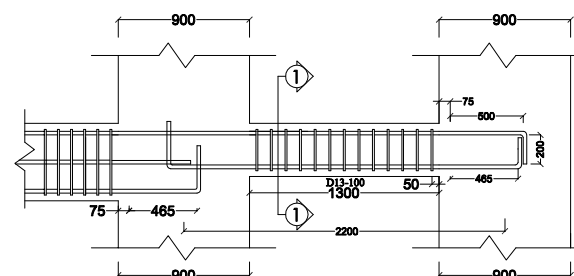
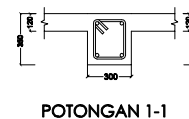
Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy	: 280 Mpa (balok) 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm



PENULANGAN BALOK B4
Skala 1 : 50

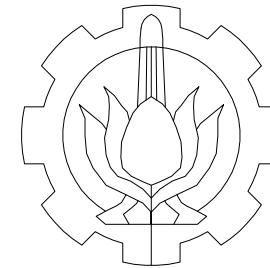


PENULANGAN BALOK B6
Skala 1 : 50



PENULANGAN BALOK B7
Skala 1 : 50

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	32	48



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

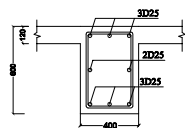
Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1	PENULANGAN SLOOF S1	1:50
2	PENULANGAN SLOOF S2	1:50

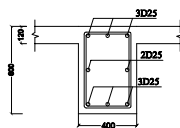
DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan : Gedung Pendidikan
Lokasi : Malang
Kondisi Tanah : Sedang
Metode Perencanaan : SRPMK
Mutu Bahan
- Baja Tul Lentuk fy : 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy : 280 Mpa (balok)
: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat : 30 Mpa
- Kolom : 35 Mpa
- Balok Pratekan : 40 Mpa
- Pile Cap : 35 Mpa
Selimut Beton
- Pelat, Tangga, Bordes : 20 mm
- Balok : 40 mm
- Kolom, Sloof : 40 mm
- Pile Cap : 75 mm

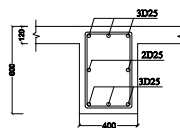
KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	33	48



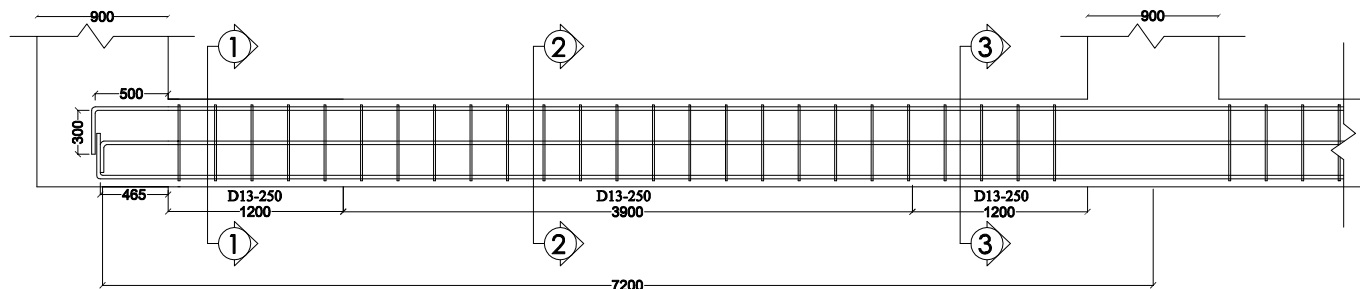
POTONGAN 1-1



POTONGAN 2-2

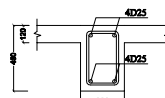


POTONGAN 3-3

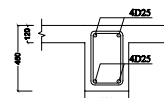


PENULANGAN SLOOF S1

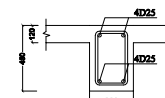
Skala 1 : 50



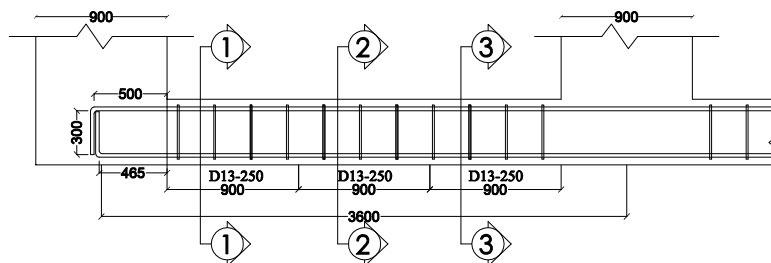
POTONGAN 1-1



POTONGAN 2-2

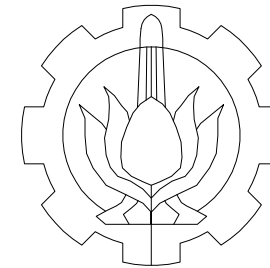


POTONGAN 3-3



PENULANGAN SLOOF S2

Skala 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

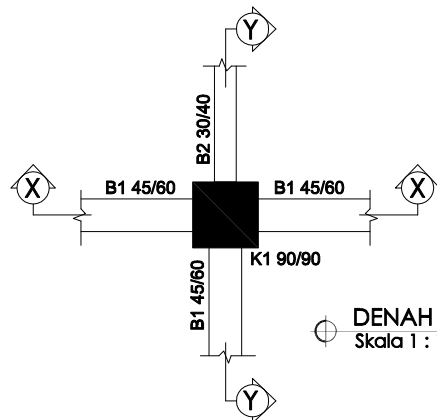
Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	DENAH KOLOM TIPE K3	1:100
2	PENULANGAN KOLOM POT. X-X	1:50
3	PENULANGAN KOLOM POT. Y-Y	1:50

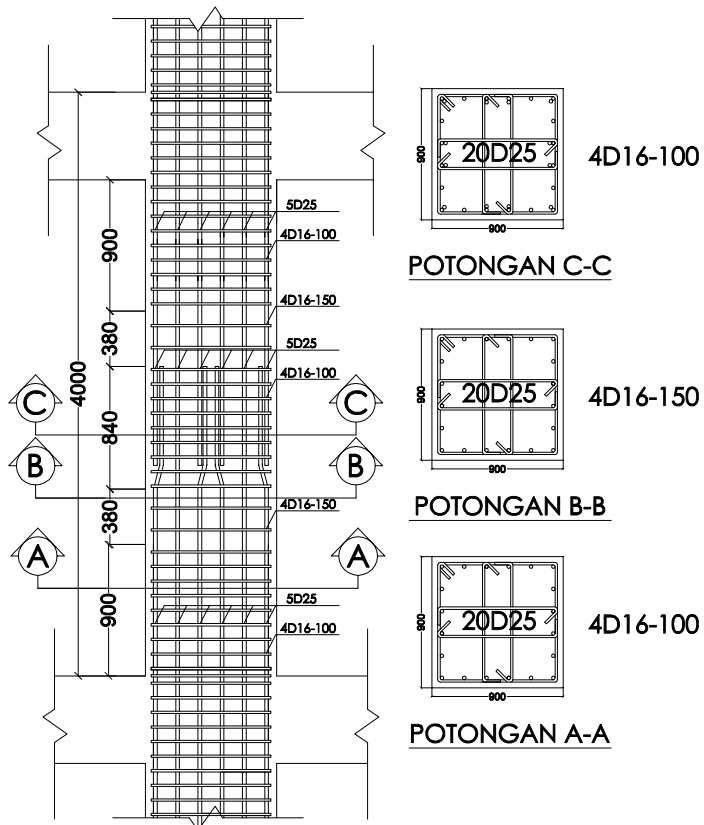
DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur f_y	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser f_y	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimit Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	34	48

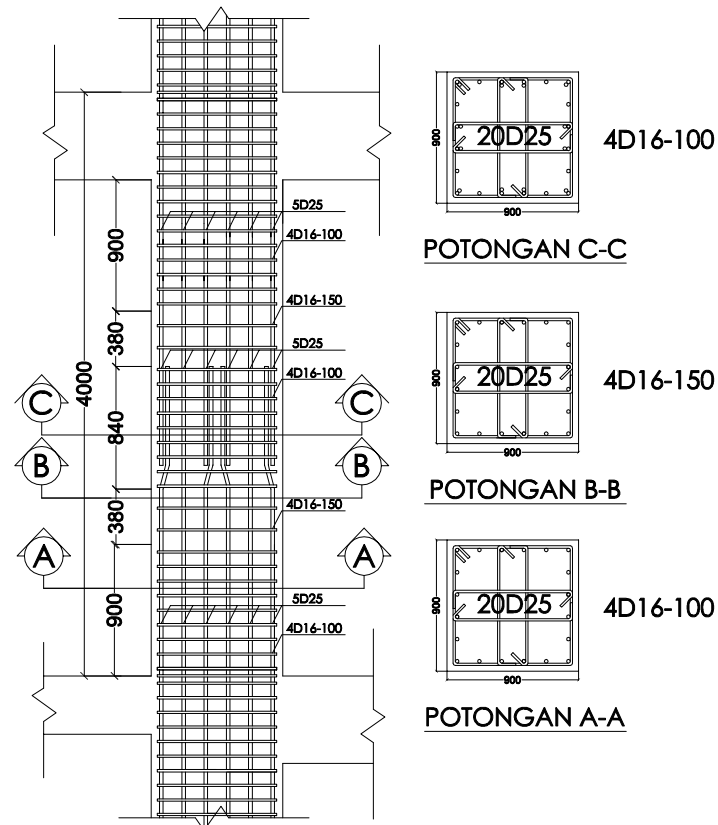


DENAH KOLOM TIPE K1
Skala 1 : 100



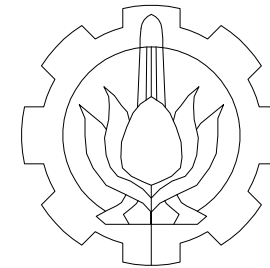
PENULANGAN KOLOM POT. X-X

Skala 1 : 50



PENULANGAN KOLOM POT. Y-Y

Skala 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKA
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

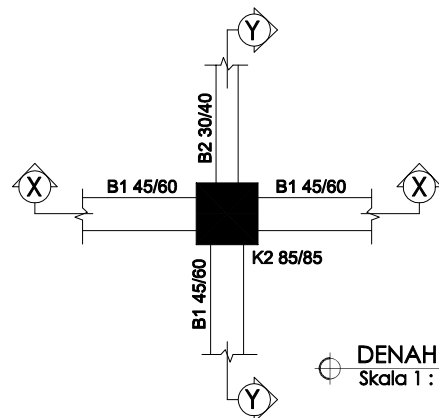
Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	DENAH KOLOM TIPE K3	1:100
2	PENULANGAN KOLOM POT. X-X	1:50
3	PENULANGAN KOLOM POT. Y-Y	1:50

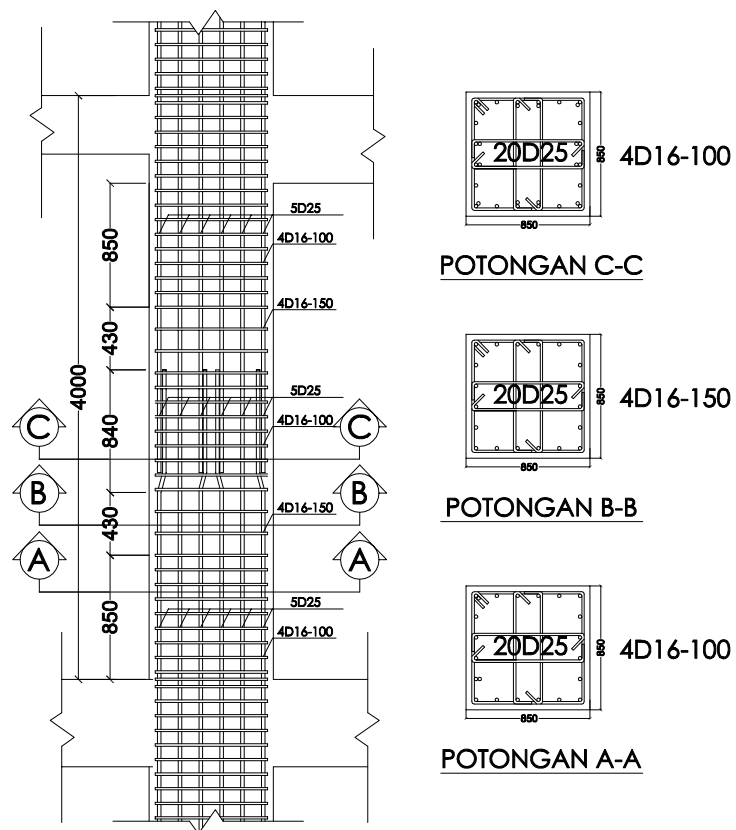
DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentuk fy	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	35	48

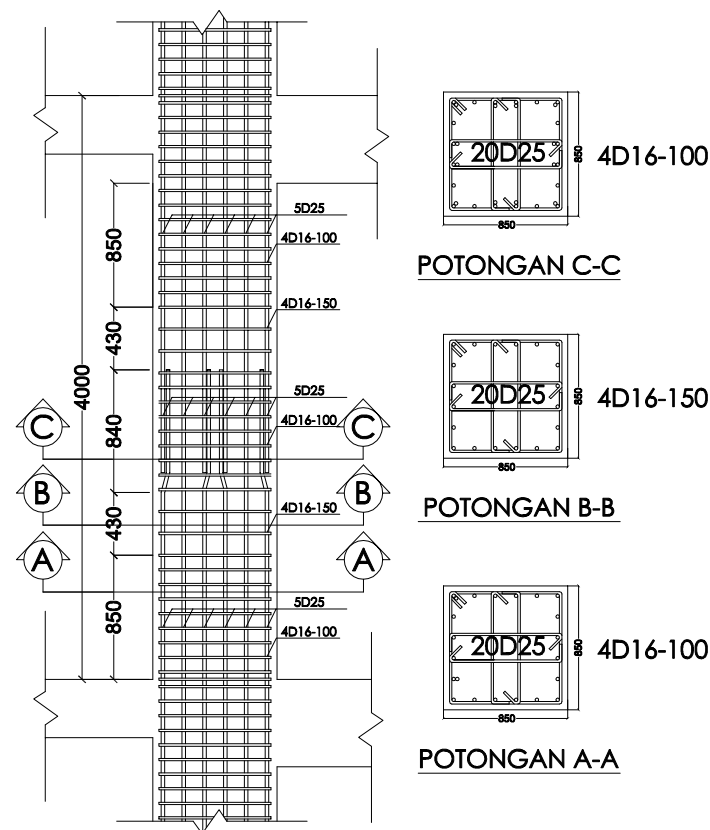


DENAH KOLOM TIPE K2
Skala 1 : 100



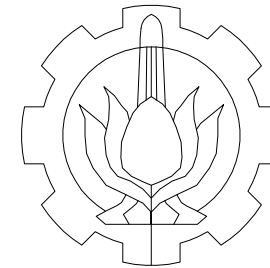
PENULANGAN KOLOM POT. X-X

Skala 1 : 50



PENULANGAN KOLOM POT. Y-Y

Skala 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKAI
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

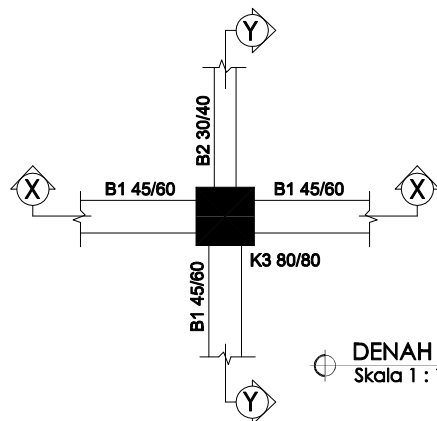
Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	DENAH KOLOM TIBE K3	1:100
2	PENULANGAN KOLOM POT. X-X	1:50
3	PENULANGAN KOLOM POT. Y-Y	1:50

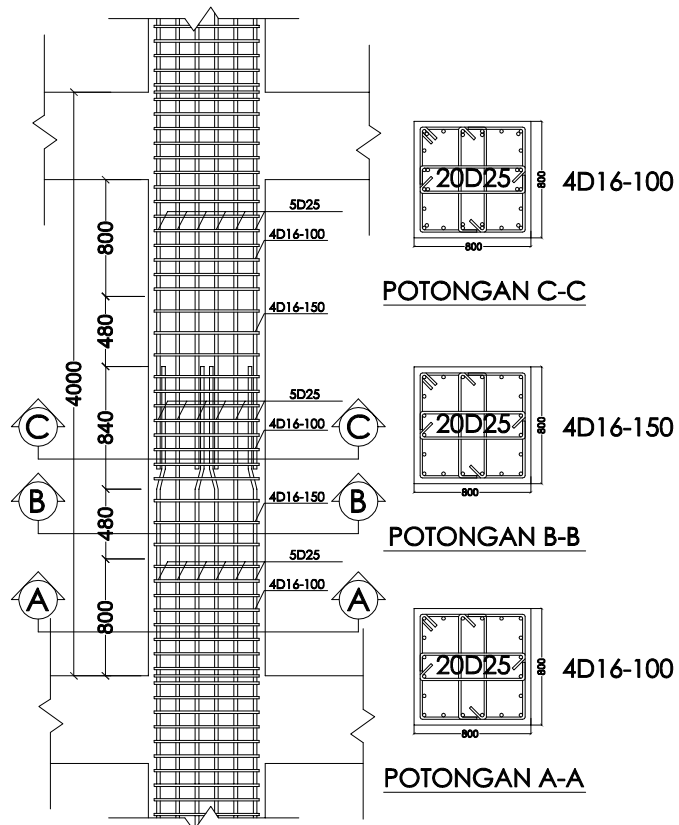
DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentuk fy	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	36	48

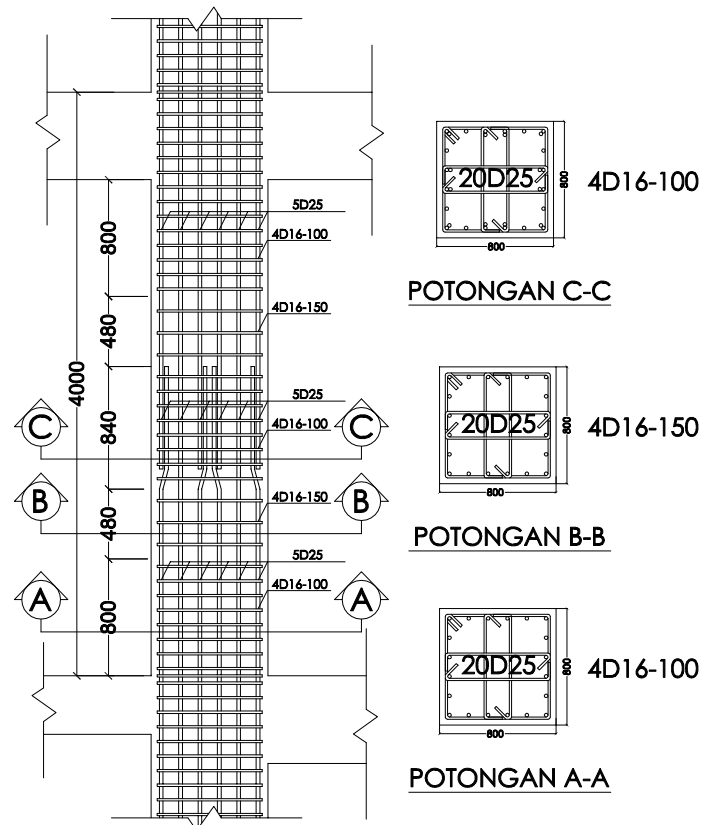


DENAH KOLOM TIBE K3
 Skala 1 : 100



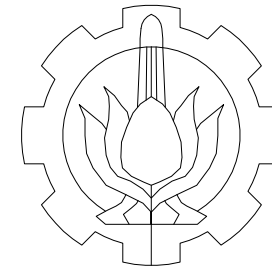
PENULANGAN KOLOM POT. X-X

Skala 1 : 50



PENULANGAN KOLOM POT. Y-Y

Skala 1 : 50



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKAI
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1	DETAIL PENULANGAN KOLOM	1:40

DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy	: 280 Mpa (balok) : 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

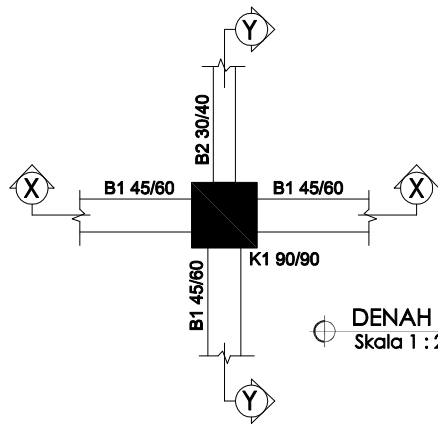
KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	37	48

TIPE KOLOM	KOLOM 1		KOLOM 2	
	SENDI PLASTIS	LUAR SENDI PLASTIS	SENDI PLASTIS	LUAR SENDI PLASTIS
POTONGAN				
DIMENSI	900 X 900		850 X 850	
TULANGAN UTAMA	20D25		20D25	
TULANGAN SENGKANG	4 D16-100		4 D16-100	
TIPE KOLOM	KOLOM 3		KOLOM LIFT	
	SENDI PLASTIS	LUAR SENDI PLASTIS	SENDI PLASTIS	LUAR SENDI PLASTIS
POTONGAN				
DIMENSI	800 X 800		350 X 350	
TULANGAN UTAMA	20D25		8D16	
TULANGAN TORSI	4 D16-100		Ø10-100	

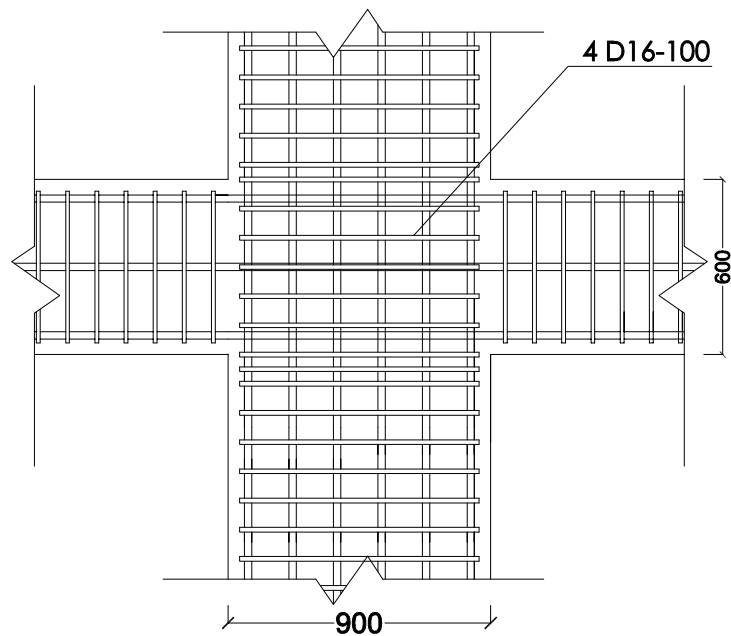


DETAIL PENULANGAN KOLOM

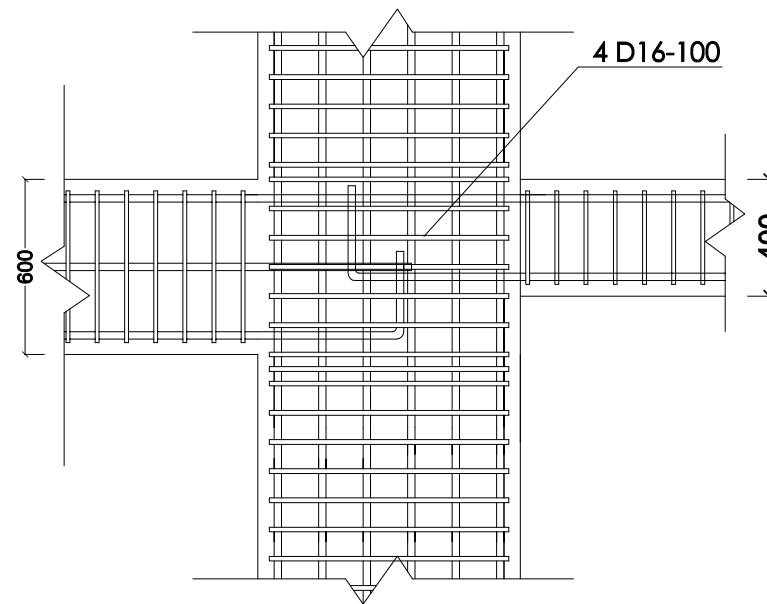
Skala 1 : 40



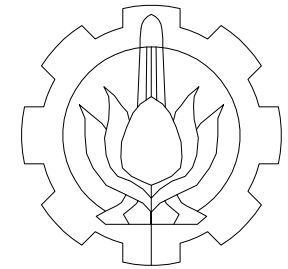
DENAH KOLOM TIPE K1
Skala 1 : 200



DETAIL HBK POT. X-X
Skala 1 : 25



DETAIL HBK POT. Y-Y
Skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

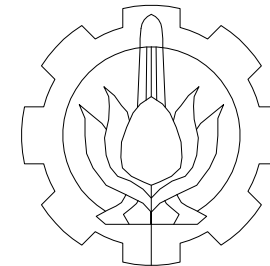
Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	DENAH KOLOM TIPE 1	1:200
2	DETAIL HUBUNGAN BALOK KOLOM POT. X	1:25
3	DETAIL HUBUNGAN BALOK KOLOM POT. Y	1:25

DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	38	48



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKAI
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

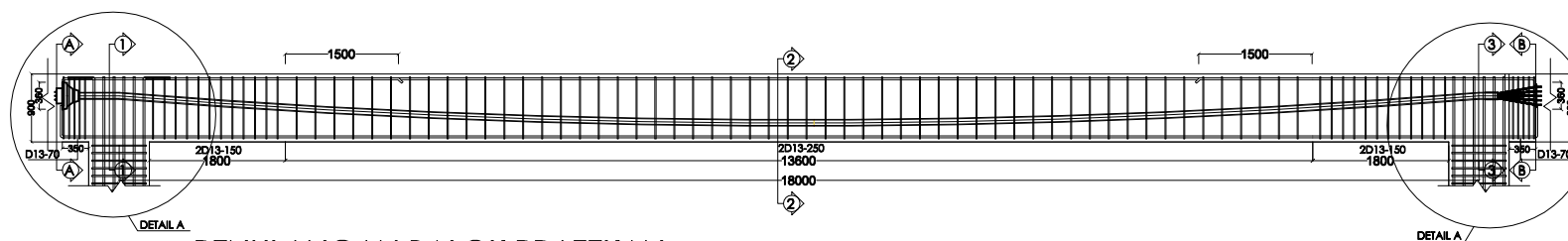
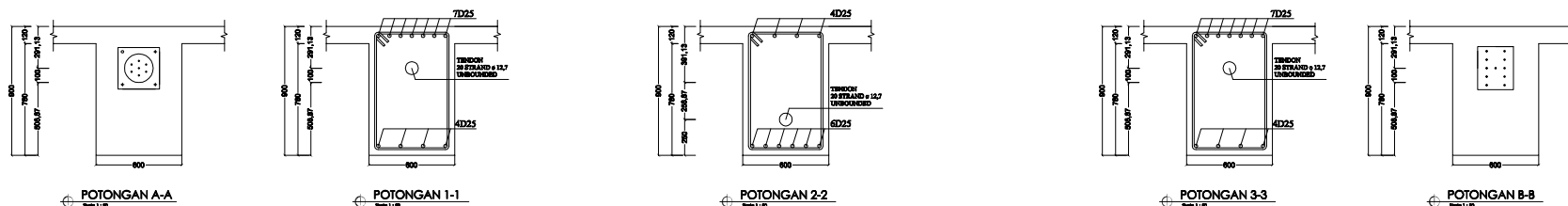
Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	PENULANGAN BALOK PRATEKAN	1:100
2	DETAIL A	1:25
2	DETAIL B	1:25

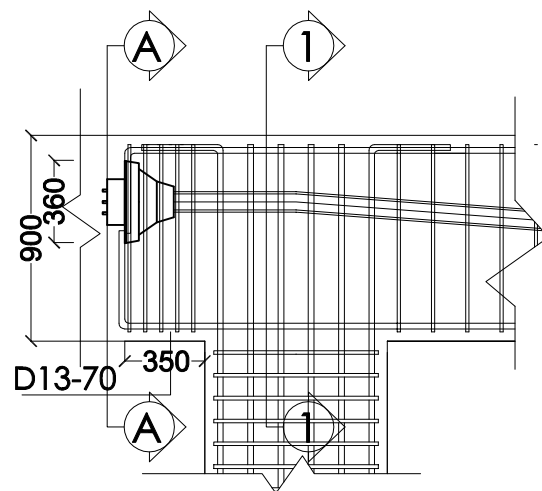
DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur f_y	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser f_y	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimut Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

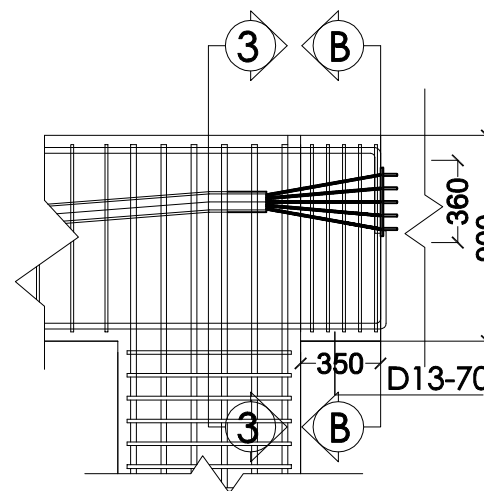
KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	40	48



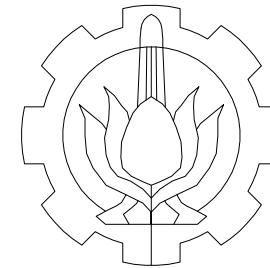
DETAIL A
PENULANGAN BALOK PRATEKAN
Skala 1 : 100



DETAIL A
Skala 1 : 25



DETAIL B
Skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
PEMUKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

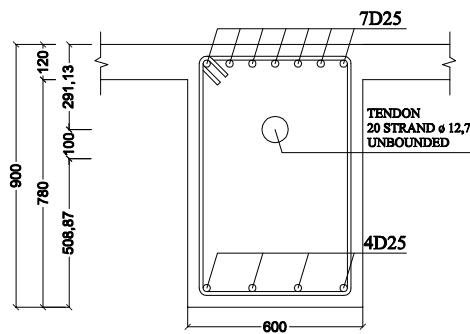
Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	POTONGAN 1-1	1:25
2	POTONGAN 2-2	1:25
3	POTONGAN 3-3	1:25
4	POTONGAN A-A	1:25
5	POTONGAN B-B	1:25
6	DETAIL DEAD END	1:25
7	DETAIL VSL STRESSING	1:25

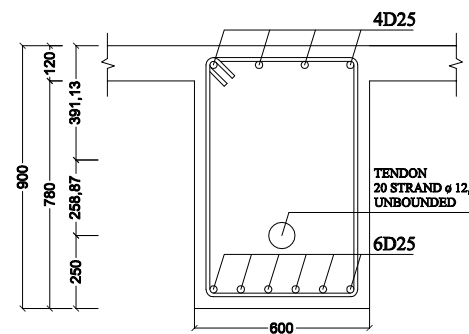
DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tui Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tui Geser fy	: 280 Mpa (balok) 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

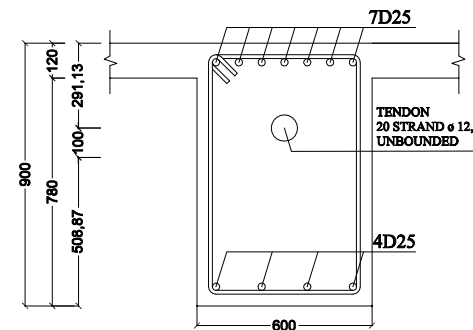
KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	41	48



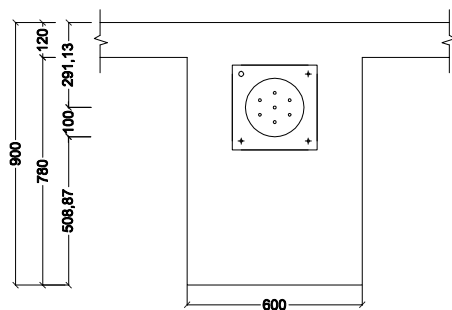
POTONGAN 1-1
Skala 1 : 25



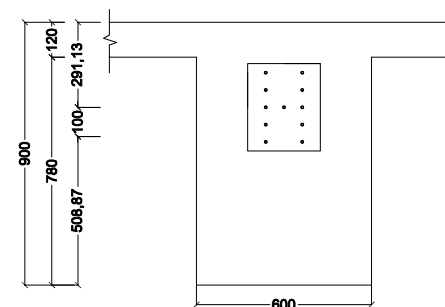
POTONGAN 2-2
Skala 1 : 25



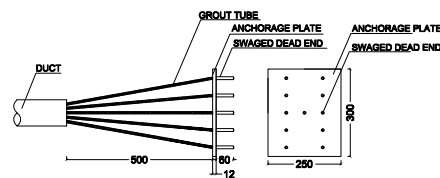
POTONGAN 3-3
Skala 1 : 25



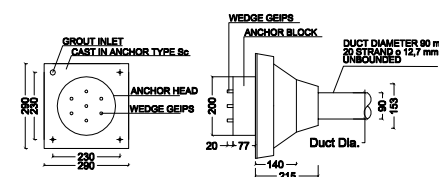
POTONGAN A-A
Skala 1 : 25



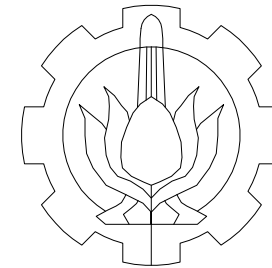
POTONGAN B-B
Skala 1 : 25



DETAIL DEAD END ANCHORAGE TYPE P
Skala 1 : 25



DETAIL VSL STRESSING ANCHORAGE TYPE Sc
Skala 1 : 25



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

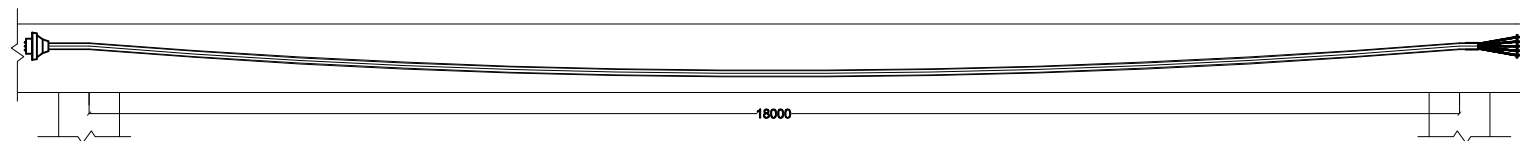
MAHASISWA

Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	DETAIL KOORDINAT TENDON	1:100
2	DETAIL VSL STRESSING	1:5
3	DETAIL DEAD END ANCHORAGE	1:5

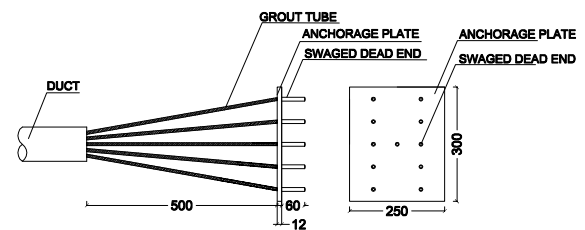
DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

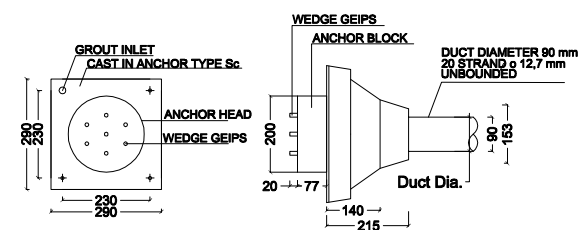


X (mm)	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	9500	10000	10500	11000	11500	12000	12500	13000	13500	14000	14500	15000	15500	16000	16500	17000	17500	18000
y (mm)	100	64	28.12	7.85	40.48	68.2	96.41	124.34	145.91	165.95	185.79	204.05	216.02	227.84	239.88	247.08	251	254.93	259.05	254.93	251	247.08	239.88	227.84	216.02	204.05	185.79	165.95	145.91	124.34	96.41	68.2	40.48	7.85	28.12	64	100

DETAIL KOORDINAT TENDON
 Skala 1 : 100

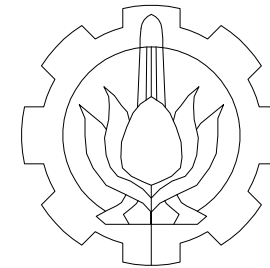


DETAIL DEAD END ANCHORAGE TYPE P
 Skala 1 : 5



DETAIL VSL STRESSING ANCHORAGE TYPE Sc
 Skala 1 : 5

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	42	48



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKAI
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

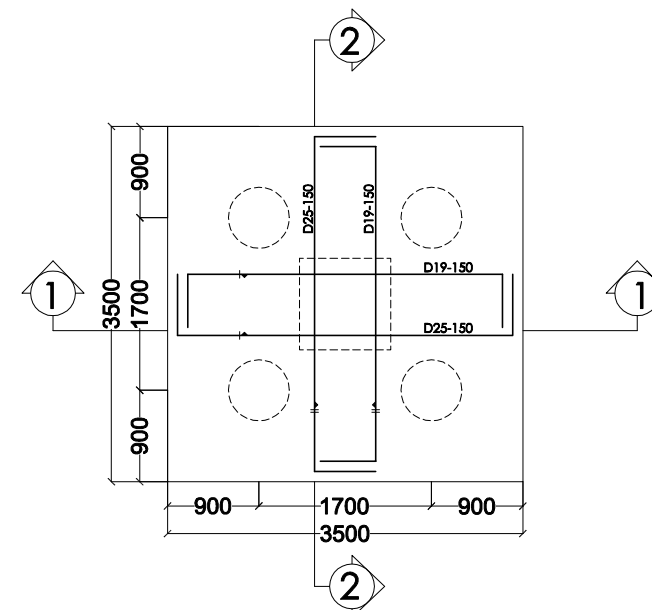
Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1	PENULANGAN PILECAP TIPE 1	1:75
2	POTONGAN 1-1	1:75
3	POTONGAN 1-1	1:75

DATA PERENCANAAN

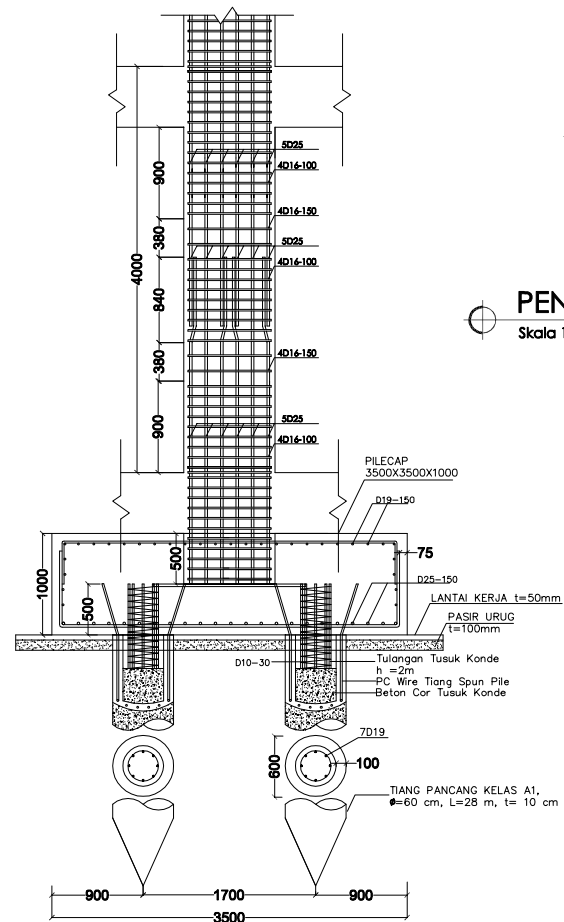
Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur f_y	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser f_y	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	43	48



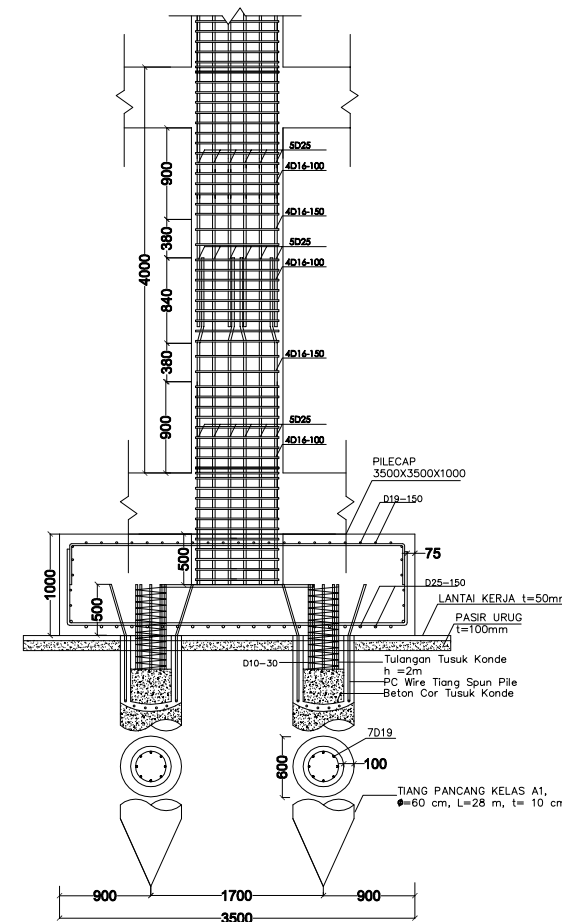
PENULANGAN PILE CAP TIPE 1

Skala 1 : 75



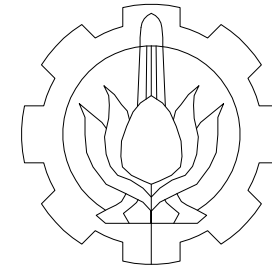
POTONGAN 1-1

Skala 1 : 75



POTONGAN 2-2

Skala 1 : 75



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKAI
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

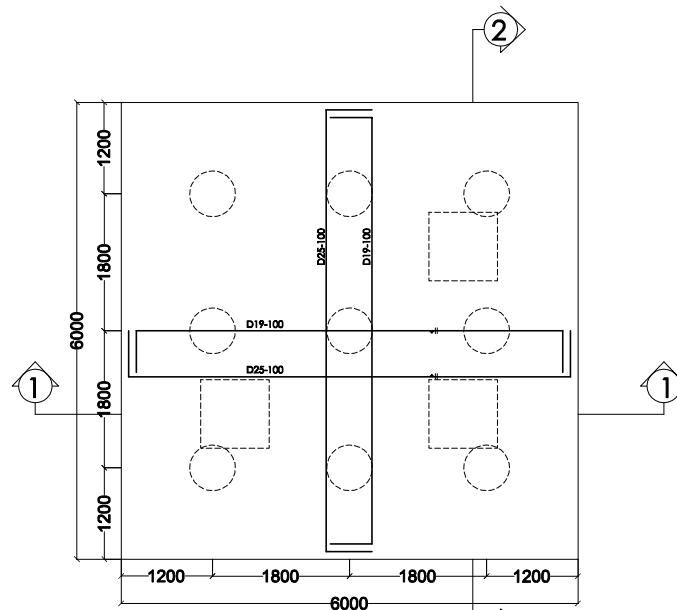
Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1	PENULANGAN PILECAP TIBE 2	1:100
2	POTONGAN 1-1	1:100
3	POTONGAN 2-2	1:100

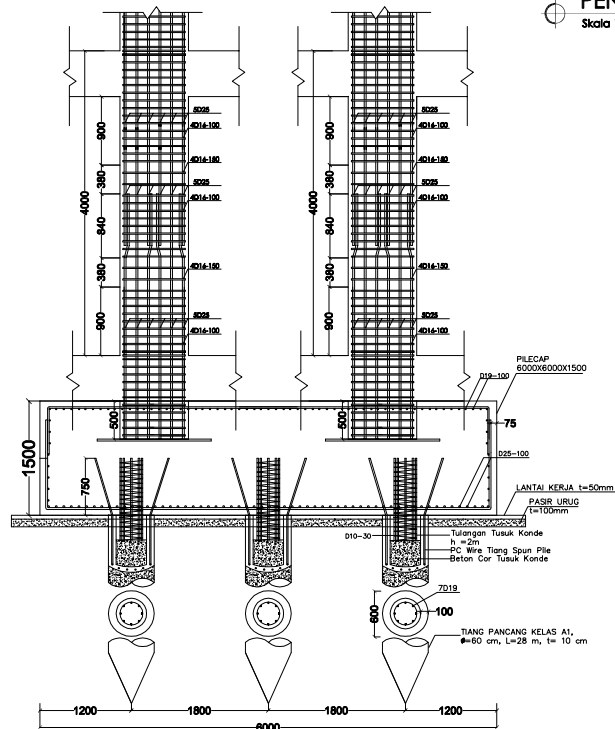
DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy	: 280 Mpa (balok) 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimum Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

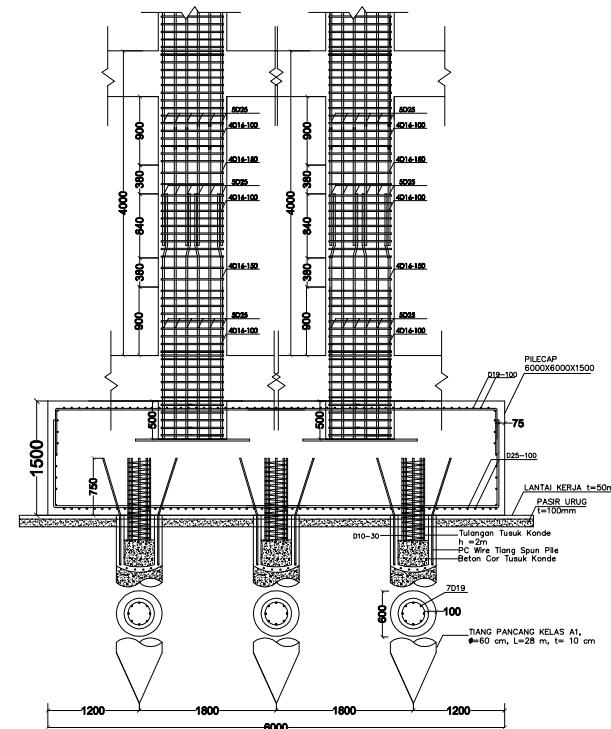
KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	44	48



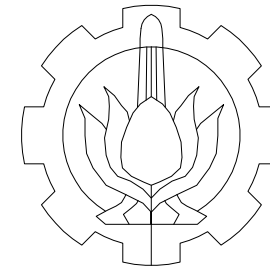
PENULANGAN PILE CAP TIBE 2
Skala 1 : 100



POTONGAN 1-1
Skala 1 : 100



POTONGAN 2-2
Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKAI
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

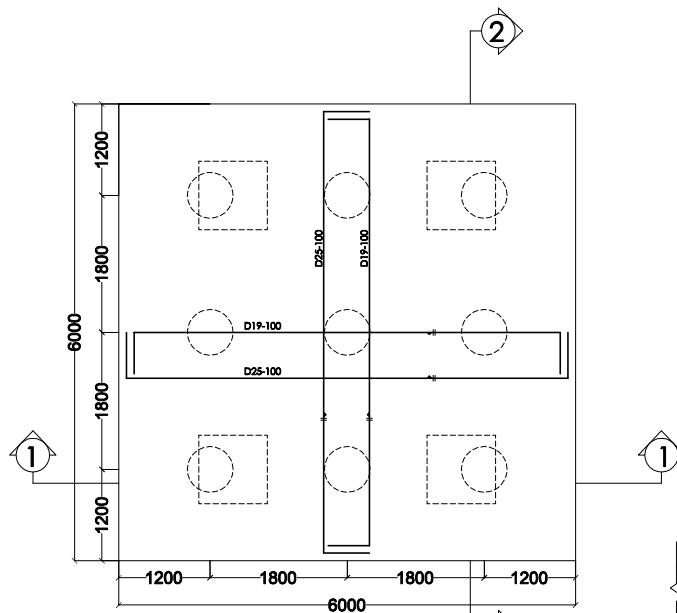
Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKALA
1	PENULANGAN PILECAP TИPE 3	1:100
2	POTONGAN 1-1	1:100
3	POTONGAN 2-2	1:100

DATA PERENCANAAN

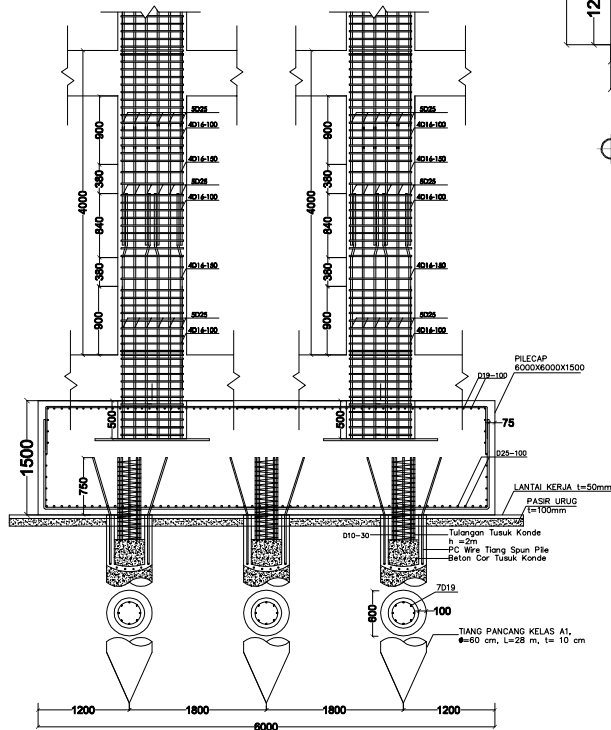
Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tui Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tui Geser fy	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimut Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	45	48



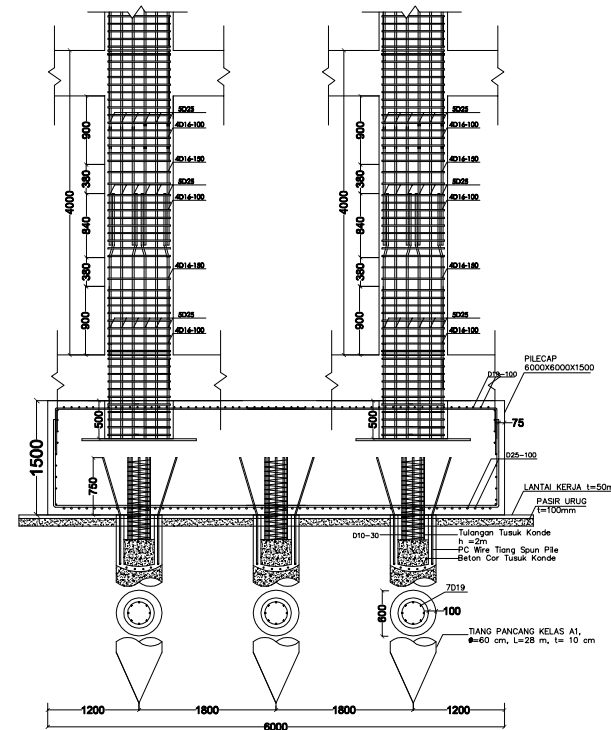
PENULANGAN PILE CAP TИPE 3

Skala 1 : 100



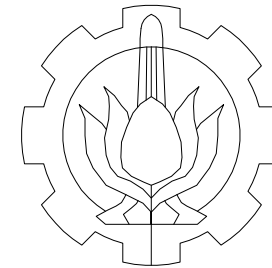
POTONGAN 1-1

Skala 1 : 100



POTONGAN 2-2

Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavio, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

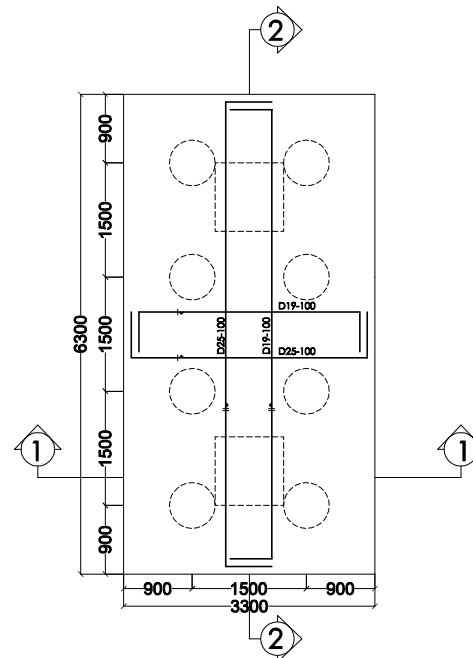
Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	PENULANGAN PILECAP TIFE 4	1:100
2	POTONGAN 1-1	1:100
3	POTONGAN 2-2	1:100

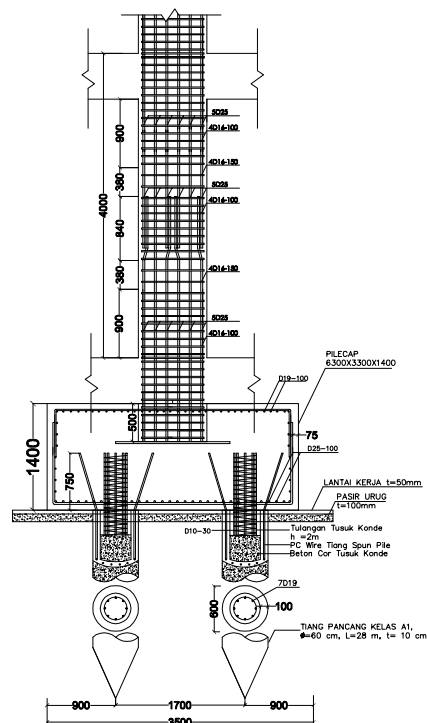
DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy	: 280 Mpa (balok) : 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimit Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

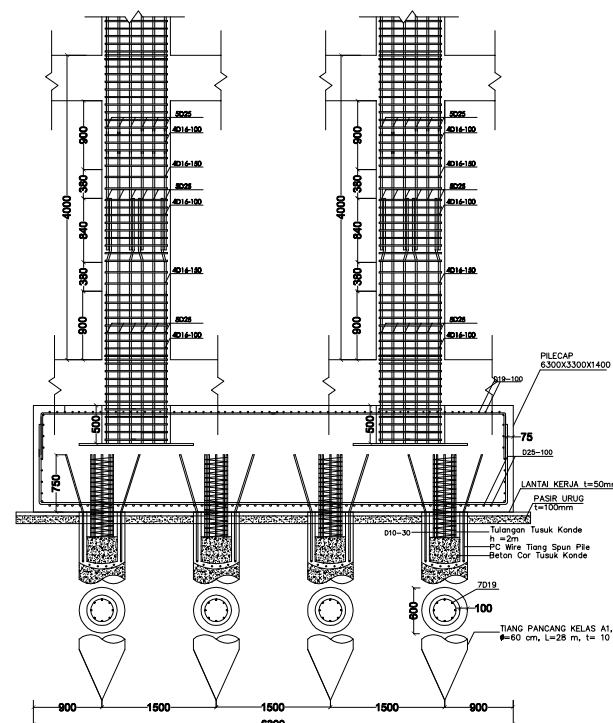
KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	46	48



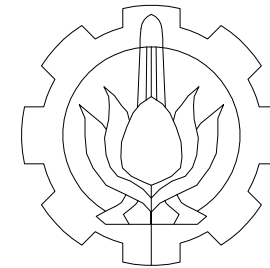
PENULANGAN PILE CAP TIFE 4
Skala 1 : 100



POTONGAN 1-1
Skala 1 : 100



POTONGAN 2-2
Skala 1 : 100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
 FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
 NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKAN
 BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
 PEMIKUL MOMEN KHUSUS
 T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
 NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
 NIP : 195004031976031003

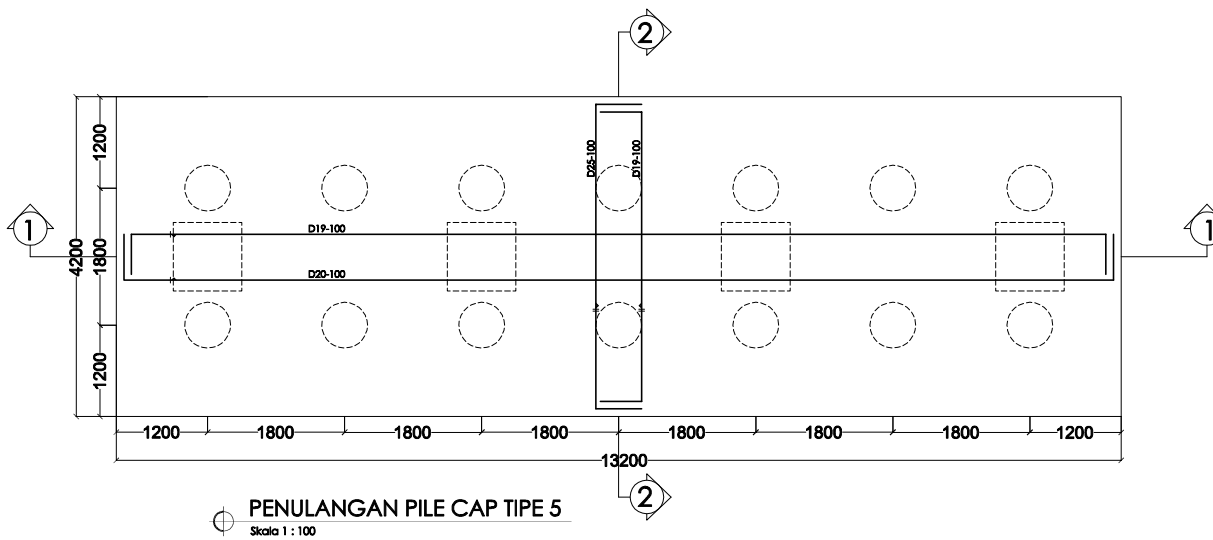
MAHASISWA

Fierly Amalia
 NRP : 03111745000045

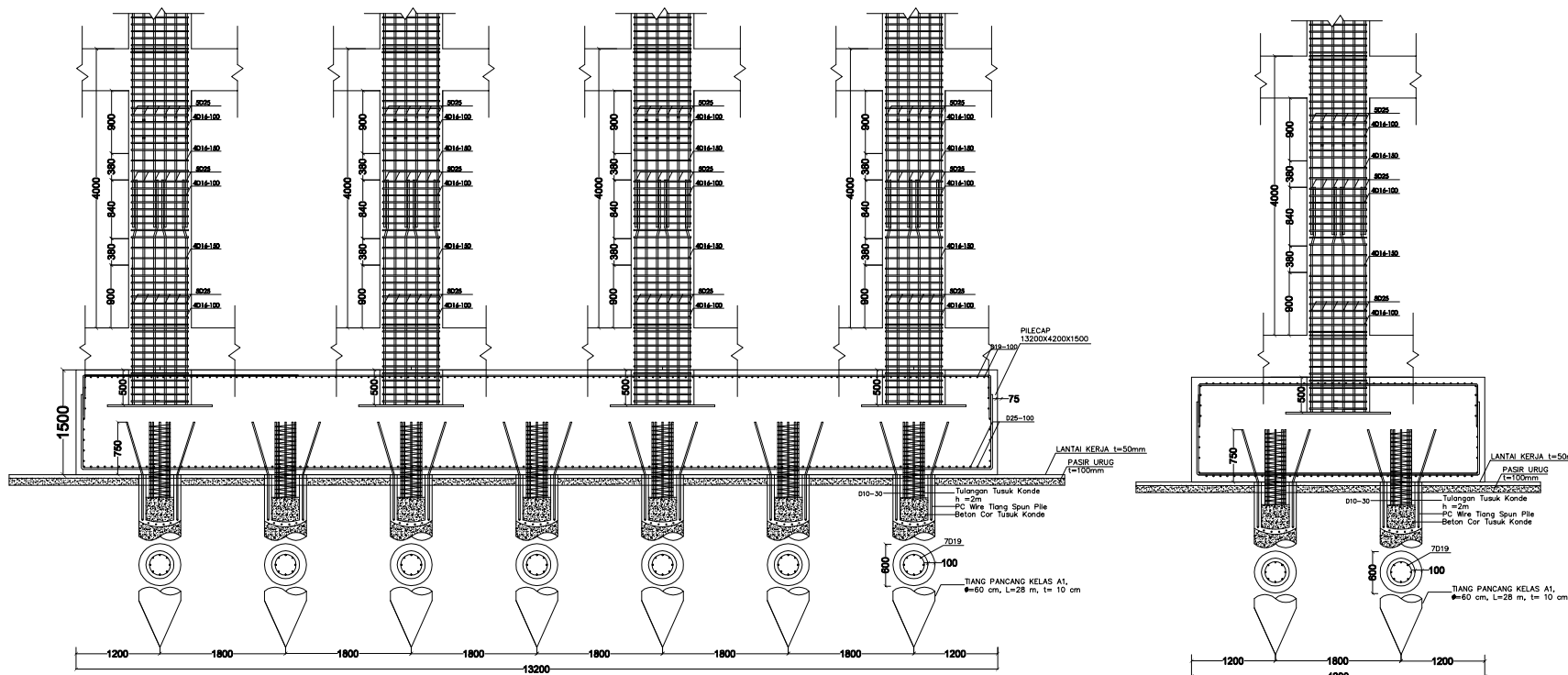
NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	PENULANGAN PILECAP TIBE 5	1:100
2	POTONGAN 1-1	1:100
3	POTONGAN 2-2	1:100

DATA PERENCANAAN

Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tui Lentur fy	: 420 Mpa
- Baja Tui Geser fy	: 280 Mpa (balok)
	: 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimit Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm



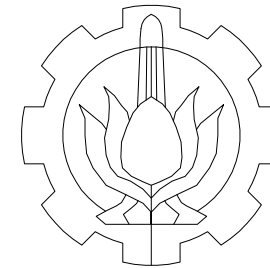
PENULANGAN PILE CAP TIBE 5
 Skala 1 : 100



POTONGAN 1-1
 Skala 1 : 100

POTONGAN 2-2
 Skala 1 : 100

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	47	48



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBE
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKINGAN, DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG
FAKULTAS ILMU SOSIAL UNIVERSITAS
NEGERI MALANG DENGAN MENGGUNAKA
BALOK PRATEKAN DAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS
T.A. 2018 - 2019

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Tavo, ST, MT, Ph.D
NIP : 197003271997021001

Prof. Ir. I Gusti Putu Raka
NIP : 195004031976031003

MAHASISWA

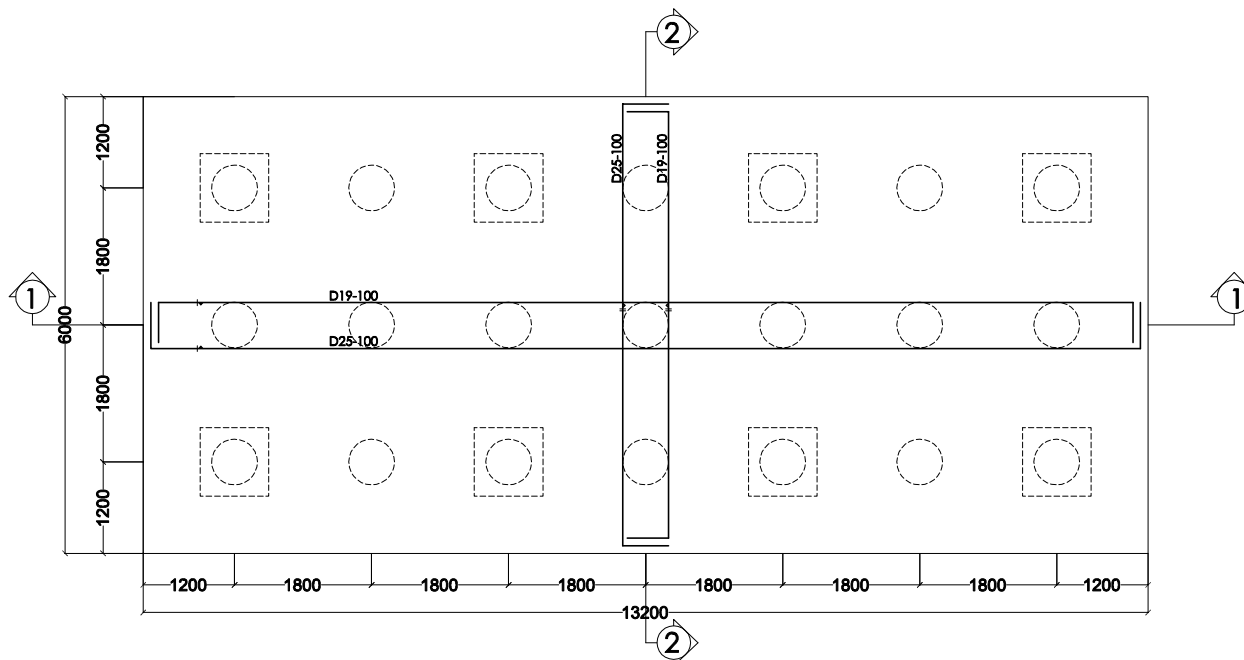
Fierly Amalia
NRP : 03111745000045

NO	JUDUL GAMBAR	SKAL/
1	PENULANGAN PILECAP TIBE 6	1:100
2	POTONGAN 1-1	1:100
3	POTONGAN 2-2	1:100

DATA PERENCANAAN

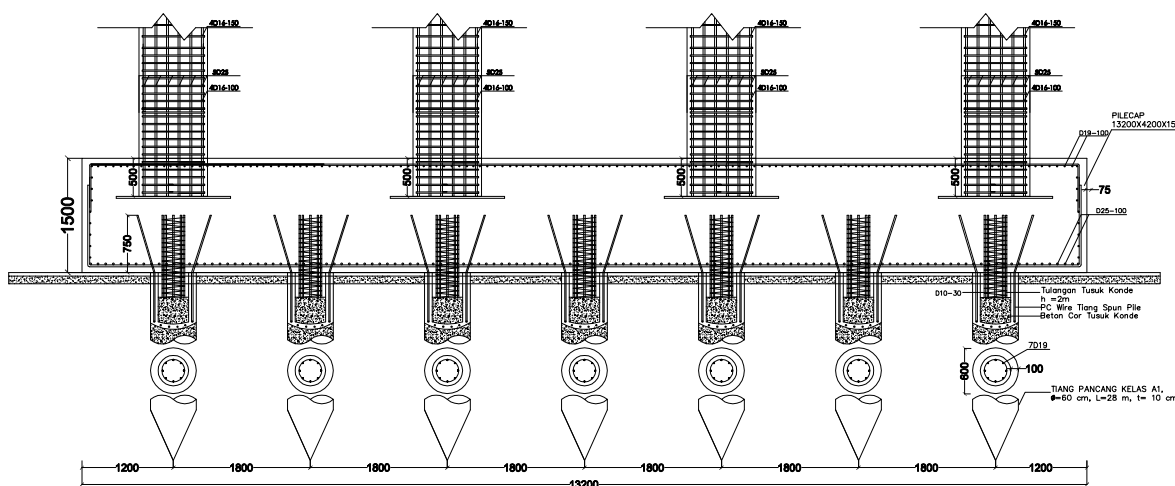
Fungsi Bangunan	: Gedung Pendidikan
Lokasi	: Malang
Kondisi Tanah	: Sedang
Metode Perencanaan	: SRPMK
Mutu Bahan	
- Baja Tul Lentuk fy	: 420 Mpa
- Baja Tul Geser fy	: 280 Mpa (balok) 420 Mpa (kolom)
- Balok, Plat	: 30 Mpa
- Kolom	: 35 Mpa
- Balok Pratekan	: 40 Mpa
- Pile Cap	: 35 Mpa
Selimit Beton	
- Pelat, Tangga, Bordes	: 20 mm
- Balok	: 40 mm
- Kolom, Sloof	: 40 mm
- Pile Cap	: 75 mm

KODE	NO LEMBAR	JML LEMBA
STR	48	48



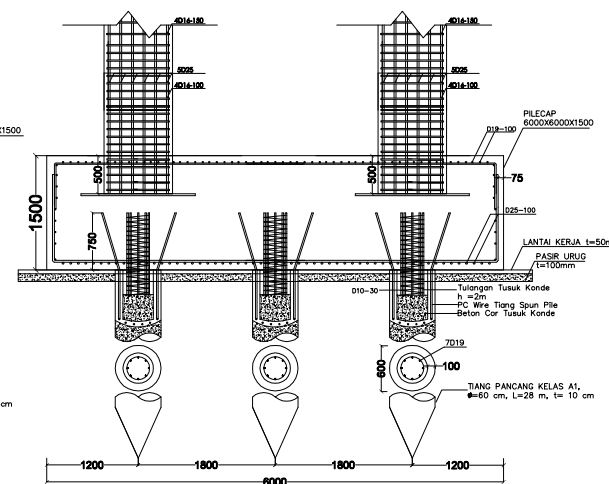
PENULANGAN PILE CAP TIBE 6

Skala 1 : 100



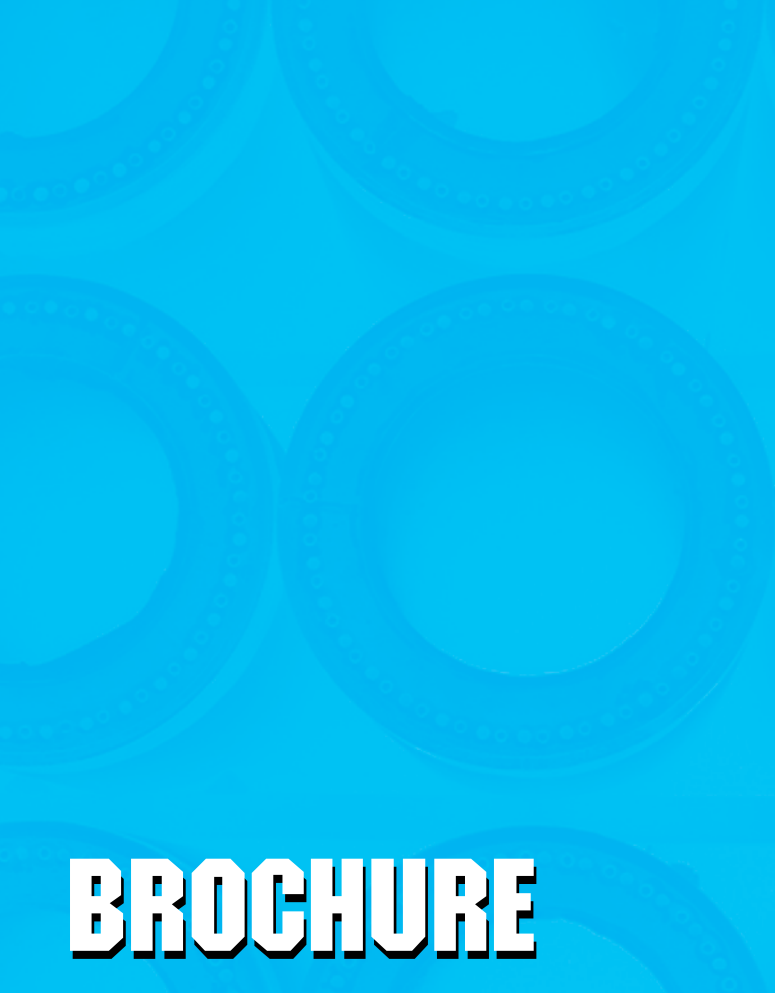
POTONGAN 1-1

Skala 1 : 100



POTONGAN 2-2

Skala 1 : 100



BROCHURE

THE PRECAST CONCRETE MANUFACTURER



Innovation and Trust



PC PILES

DESCRIPTION

Type of Piles	Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Spun Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile)

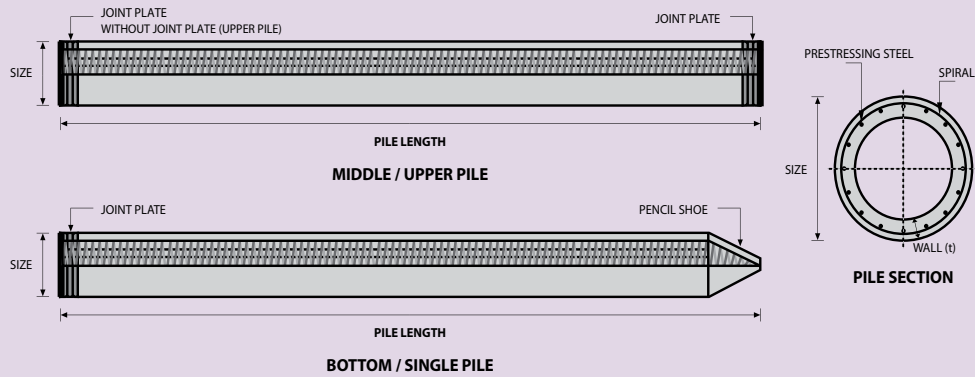
DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

Design	ACI 543R	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Chapter-4 Structural design requirement for piles with no seismic loading (In case pile is consider to seismic loading, piles detail should re-design refer to ACI 543R Chapter-5)
	SNI 2847 - 2013	Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

MATERIAL SPECIFICATION

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 2049 - 2015	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 2834 - 2000 SNI 2493 - 2011	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 2014	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 2008	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 2052 - 2014	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BjTS 40 (Deformed) Steel Class : BjTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2011	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm ²) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Break (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

Unit Conversion : 1 ton = 9.8060 kN

Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)
 **) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position
 ***) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe

STRAND PROPERTIES – TO AS1311

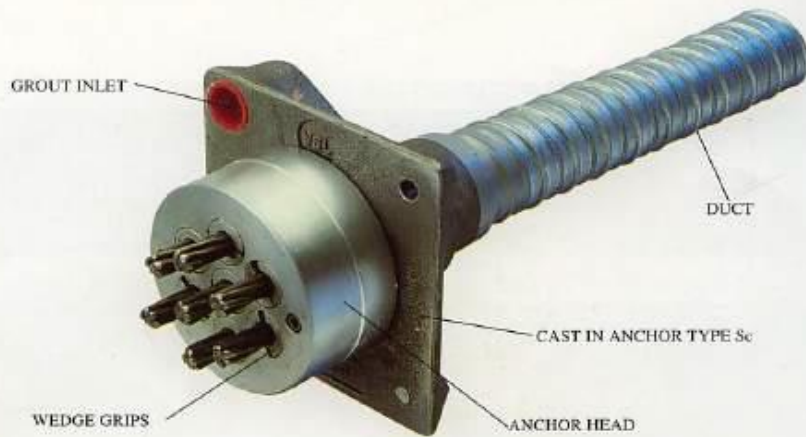
Nominal Diameter	Nominal Steel Area	Nominal Mass	Minimum Breaking Load	Minimum Proof Load (0.2% Offset)	Min. Elong. to Fracture in 600mm	Relaxation After 1,000hrs at 0.7 Breaking Load	Modulus of Elasticity
mm	mm ²	kg/m	kN	kN	%	%	MPa x 10 ³
12.7	100.1	0.786	184	156.4	3.5	2.5	180-205
15.2	143.3	1.125	250	212.5	3.5	2.5	x 10 ³

TENDON PROPERTIES

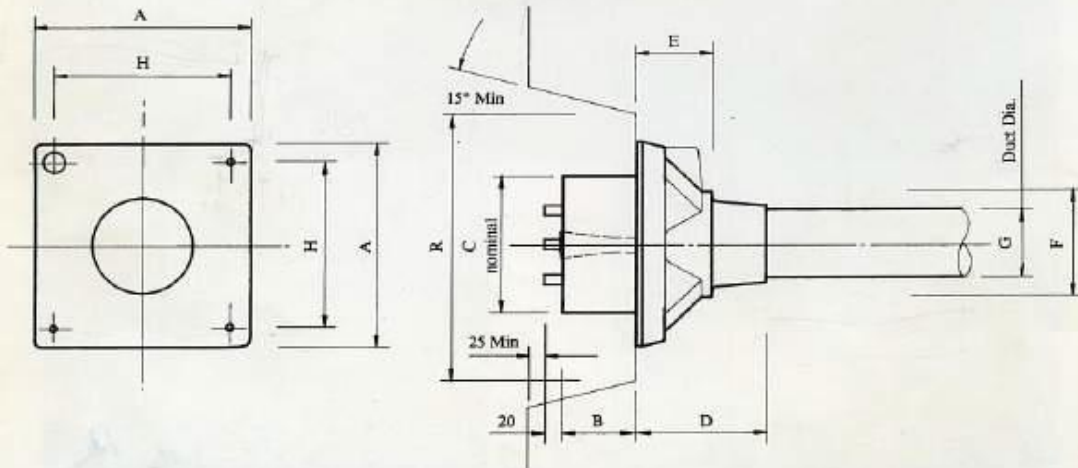
STRAND TYPE 12.7mm			
TENDON UNIT	No. OF STRANDS	Minimum Breaking Load kN	STEEL DUCT. Internal Diameter mm
5-3	2	368	39
	3	552	39
5-7	4	736	51
	5	920	51
	6	1100	51
	7	1290	51
5-12	8	1470	69
	9	1660	69
	10	1840	69
	11	2020	69
	12	2210	69
5-19	13	2390	84
	14	2580	84
	15	2760	84
	16	2940	84
	17	3130	84
	18	3310	84
	19	3500	84
5-22	20	3680	90
	21	3860	90
	22	4050	90
5-27	23	4230	96
	24	4420	96
	25	4600	96
	26	4780	96
	27	4970	96
5-31	28	5150	105
	29	5340	105
	30	5520	105
	31	5700	105
5-37	32	5890	115
	33	6070	115
	34	6260	115
	35	6440	115
	36	6620	115
	37	6810	115
5-42	38	6990	118
	39	7180	118
	40	7360	118
	41	7540	118
	42	7730	118
5-48	43	7910	127
	44	8100	127
	45	8280	127
	46	8460	127
	47	8650	127
	48	8830	127
5-55	49	9020	135
	50	9200	135
	51	9380	135
	52	9570	135
	53	9750	135
	54	9940	135
	55	10120	135

STRAND TYPE 15.2mm			
TENDON UNIT	No. OF STRANDS	Minimum Breaking Load kN	STEEL DUCT. Internal Diameter mm
6-3	2	500	39
	3	750	39
6-4	4	1000	51
6-7	5	1250	69
	6	1500	69
	7	1750	69
6-12	8	2000	84
	9	2250	84
	10	2500	84
	11	2750	84
	12	3000	84
6-19	13	3250	96
	14	3500	96
	15	3750	96
	16	4000	96
	17	4250	96
	18	4500	96
	19	4750	96
6-22	20	5000	105
	21	5250	105
	22	5500	105
6-27	23	5750	115
	24	6000	115
	25	6250	115
	26	6500	115
	27	6750	115
6-31	28	7000	118
	29	7250	118
	30	7500	118
	31	7750	118
6-37	32	8000	127
	33	8250	127
	34	8500	127
	35	8750	127
	6-42	36	9000
37		9250	135
38		9500	135
39		9750	135
40		10000	135
41		10250	135
6-48	42	10500	135
	43	10750	144
	44	11000	144
	45	11250	144
	46	11500	144
	47	11750	144
6-55	48	12000	144
	49	12250	154
	50	12500	154
	51	12750	154
	52	13000	154
	53	13230	154
	54	13500	154
	55	13750	154

- Note: 1. Intermediate duct diameters may be available on application.
 2. Duct diameters are for corrugated steel duct.
 3. Duct external dia. = 1. Dia. + 6mm nominal
 4. Corrugated polyethylene PT-PlusTM duct is also available, refer page 14.
 5. For special applications other strand and tendon capacities are available.



VSL STRESSING ANCHORAGE TYPE Sc
LIVE END

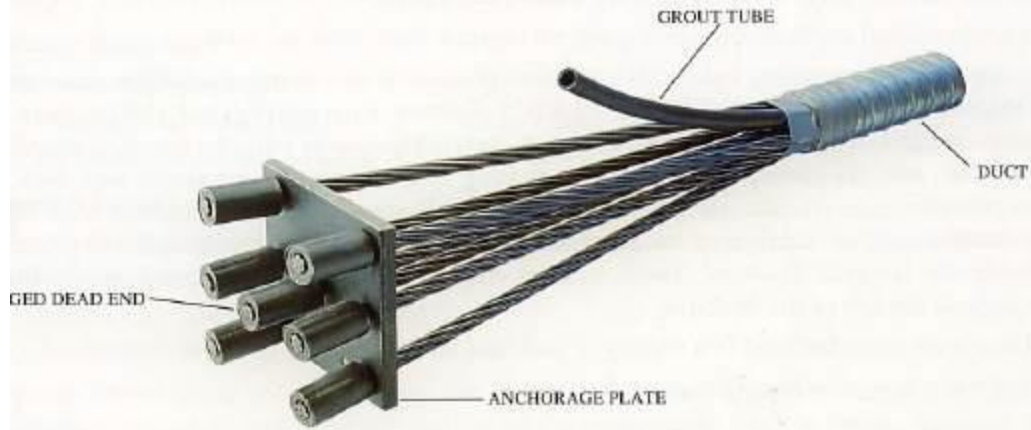


TENDON UNIT	Dimensions (mm)									
	A	B	C	D	E	F	G Int. Dia.	H	R	
STRAND TYPE 12.7mm	*5-3P	135	57	90	191	16	56	39	116	210
	*5-4P	150	57	90	216	16	64	39	125	210
	5-7	165	57	120	100	60	85	51	125	275
	5-12	215	64	160	160	84	120	69	151	320
	5-19	265	66	180	210	110	145	84	200	360
	5-22	290	77	200	215	140	153	90	230	360
	5-27	315	92	220	250	160	176	96	250	360
	5-31	315	92	230	250	161	175	105	250	360
	5-37	370	107	250	320	160	200	115	305	650
	5-42	390	112	290	346	168	217	118	325	650
5-48	430	122	300	340	161	233	127	365	750	
5-55	465	142	320	340	160	400	135	460	750	
STRAND TYPE 15.2mm	*6-3P	150	60	90	190	16	56	39	116	210
	*6-4P	165	64	120	100	60	85	51	125	270
	6-7	215	64	160	160	85	120	69	150	320
	6-12	265	66	180	210	110	145	84	200	360
	6-19	315	92	220	250	160	175	96	250	360
	6-22	315	92	230	250	160	175	105	250	360
	6-27	370	107	250	320	160	200	115	305	650
	6-31	390	112	290	340	160	217	118	325	650
	6-37	430	122	300	340	160	235	135	365	750
	6-42	465	142	320	340	160	250	135	400	750
*6-48P	575	155	340	1035	110	269	144	495	900	
*6-55P	600	190	360	1070	120	294	154	520	900	

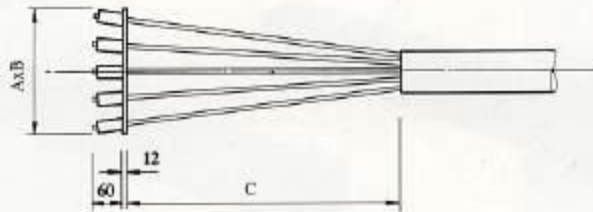
Note: Dimension R does not allow for Lift Off force check. Smaller recesses can be provided for special cases.

Refer VSL office for details.

*Plate type anchorages (Type P). Also available for other tendon units.



VSL DEAD END ANCHORAGE TYPE P



STRAND TYPE 12.7mm			
TENDON UNIT	A	B	C
	Dimensions (mm)		
5-3	100	100	100
5-4	120	120	150
5-7	150	150	250
5-12	200	200	350
5-19	250	250	500
5-22	300	250	500
5-27	300	300	650
5-31	350	300	650
5-37	375	350	850
5-42	375	375	850
5-48	400	400	1000
5-55	425	425	1000

STRAND TYPE 15.2mm			
TENDON UNIT	A	B	C
	Dimensions (mm)		
6-3	150	150	250
6-4	150	150	250
6-7	200	200	350
6-12	250	250	500
6-19	300	300	500
6-22	300	300	500
6-27	350	350	650
6-31	350	350	650
6-37	400	350	850
6-42	400	350	850
6-48	475	475	1000
6-55	550	475	1000



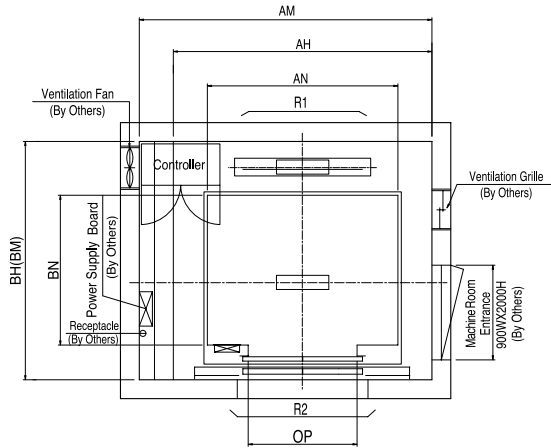
iris™

PM Gearless Elevator

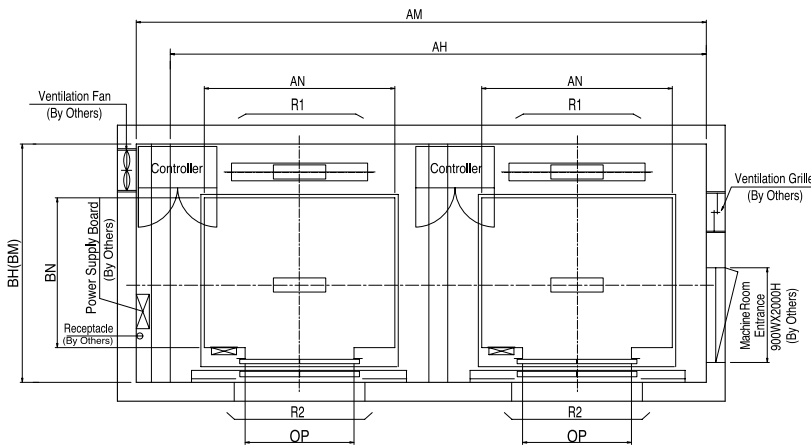
Technical Data Passenger

● Hoistway & Machine Room Plan

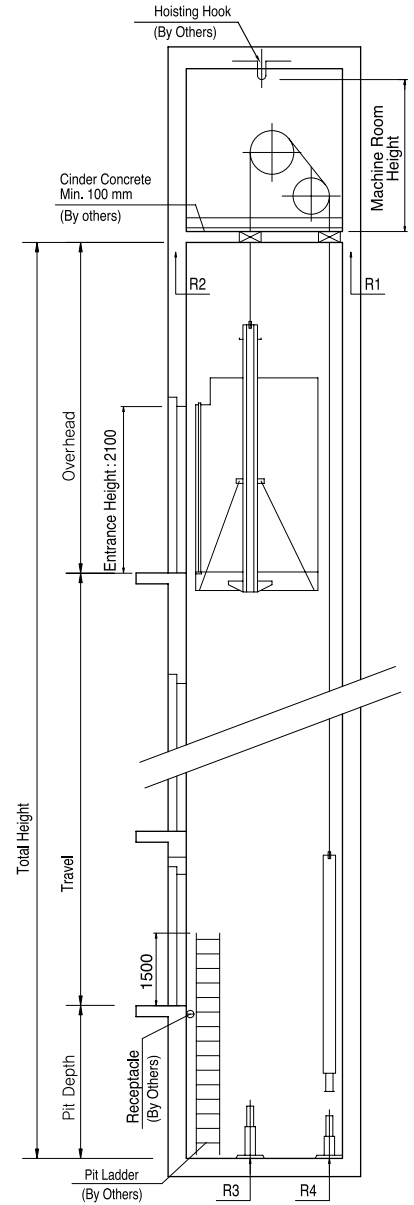
[Simplex]



[Duplex]



● Hoistway Section



● Overhead, Pit & Machine Room Height

Speed (m/s)	Load (kg)	Travel (m)	Overhead (mm)	Pit Depth (mm)	Machine Room Height (mm)	Hook Load (kg)
1.0	450 ~ 1000	TR ≤ 100	4200	1400	2300	3000
	1150 ~ 1600		4300			4500
1.5	450 ~ 1000		4400	1450		3000
	1150 ~ 1600		4500			4500
1.75	450 ~ 1000		4500	1600		3000
	1150 ~ 1600		4500			4500

Technical Data Passenger

● Layout Dimensions | Speed : 1.0 m/s

[Standard]

(Unit : mm)

Speed (m/s)	Capacity		Entrance Opening (mm)	Car Size		Hoistway Size				Machine Room Size				Reaction Load(kg)			
	Person	Load(kg)		AN	BN	Simplex		Duplex		Simplex		Duplex		Machine Room		Pit	
						AH	BH	AH	BH	AM	BM	AM	BM	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	800	1400	850	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	550	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	10	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	17	1150	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	20	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
1100			2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200					
24	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	10200	7000	10950	8700	
			2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300					

[EN Code]

1.0	6	450	800	1150	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	3600	2000	3800	3150
	7	525	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	8	600	800	1400	1100	1800	1750	3750	1750	1800	1750	3750	1750	4100	2500	4700	3450
	9	680	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	10	800	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	12	900	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	13	1000	900	1600	1500	2000	2150	4150	2150	2000	2150	4150	2150	5450	4300	6600	4700
	16	1250	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
			1100	2000	1350	2550	2050	5250	2050	2550	2050	5250	2050				
	18	1350	1000	1800	1700	2350	2400	4850	2400	2350	2400	4850	2400	8900	6000	10200	7500
1100			2000	1500	2550	2200	5250	2200	2550	2200	5250	2200					
21	1600	1100	2000	1750	2550	2450	5250	2450	2550	2450	5250	2450	10200	7000	10950	8700	
			2150	1600	2700	2300	5550	2300	2700	2300	5550	2300					

[Malaysia]

1.0	6	410	800	1400	830	1800	1500	3750	1500	1800	1500	3750	1500	3600	2000	3800	3150
	8	545	800	1400	1030	1800	1700	3750	1700	1800	1700	3750	1700	4050	2500	4550	3350
	9	615	800	1400	1150	1800	1800	3750	1800	1800	1800	3750	1800	4100	2500	4700	3450
	10	685	800	1400	1250	1800	1900	3750	1900	1800	1900	3750	1900	4200	2850	5000	3650
	11	750	800	1400	1350	1800	2000	3750	2000	1800	2000	3750	2000	4550	2900	5200	3750
	13	885	900	1600	1350	2000	2000	4150	2000	2000	2000	4150	2000	5100	3800	6300	4500
	15	1025	900	1600	1550	2000	2200	4150	2200	2000	2200	4150	2200	5450	4300	6650	4700
	17	1160	1000	1800	1500	2350	2200	4850	2200	2350	2200	4850	2200	8000	5200	9550	7150
	20	1365	1000	1800	1750	2350	2450	4850	2450	2350	2450	4850	2450	2450	6000	10200	7500
			1100	2000	1550	2550	2250	5250	2250	2550	2250	5250	2250				
24	1635	1100	2000	1800	2550	2500	5250	2500	2550	2500	5250	2500	10200	7000	10950	8700	

Plafond dan Pengantung Plafond

Aplikasi plafon rangka kayu

KalsiBoard Ling 4.5[®]

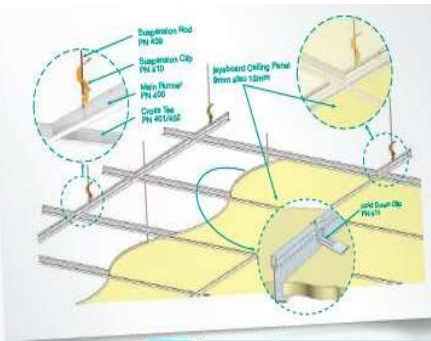
Informasi umum produk

KALSIBOARD Ling 4.5 adalah papan bangunan dengan ketebalan 4.5mm cocok digunakan untuk plafon diaplikasikan dengan paku KALSINail 3-4,5 pada rangka kayu. Sambungan antar papan sebaiknya dibiarkan terbuka (*visible joint*). Kami sarankan untuk tidak menyambung dengan kompon dan ditekup pada rangka metal dikarenakan ketebalannya yang hanya 4.5mm. KALSIBOARD Ling 4.5 adalah produk terbaik di kelasnya. Produk ini diciptakan untuk proyek bangunan baru maupun proyek renovasi yang membutuhkan kualitas penyelesaian akhir yang rapi. KALSIBOARD Ling 4.5 terbuat dari bahan baku terbaik dan 100% BEBAS ASBESI! Dibandingkan dengan produk pesaing di pasaran, KALSIBOARD Ling 4.5 ini memiliki daya tahan yang lebih baik biladikombinasikan dengan aksesoris yang asli. Anda dapat menikmati plafon baru yang memiliki nilai estetika tinggi. Pastikan Anda mendapatkan produk KALSIBOARD Ling 4.5 yang asli dengan label printing KALSIBOARD Ling 4.5 yang tercetak pada tiap lembarnya.

Ukuran Standar

Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)	Berat (kg)
4.5	1220	2440	19.0
4.5	1200	2400	18.4

Berat rata-rata 1 m² adalah 6.4 kg *Ukuran yang diproduksi berdasarkan pesanan



Jayapanel sebaiknya dirangkai dengan sistem plafon rangka tampak jayabms.

Ilustrasi Pemasangan/ Aplikasi

Standard Material:

ASTM C-1398: Standard Specification for Gypsum Board

Standard Application:

ASTM C636: Standard Practice for Installation of Metal Ceiling Suspension Systems for Acoustical Tile and Lay-In Panels

Panduan Data Kinerja

Sistem	Jarak Penggantng (mm)	Jarak Rangka		Maksimal Beban (kg/m ²)	Lay out Pemasangan Rangka
		Jarak Main Runner (mm)	Jarak Cross Tee (mm)		
A	800	1200	600	11.0	
	1000	1200	600	8.7	
	1200	1200	600	7.3	
B	800	1200	600/1200	11.0	
	1000	1200	600/1200	8.7	
	1200	1200	600/1200	7.3	
C	800	1200	600/600	11.0	
	1000	1200	600/600	8.7	
	1200	1200	600/600	7.3	
D	800	600	1200/staggered	21.9	
	1000	600	1200/staggered	17.5	
	1200	600	1200/staggered	14.6	
E	800	600	1200	21.9	
	1000	600	1200	17.5	
	1200	600	1200	14.6	
F	800	600	600	21.9	
	1000	600	600	17.5	
	1200	600	600	14.6	

Contoh : MR = Main Runner
CT = Cross Tee

Sumber: Eureka Indonesia 2009

Catatan : Deflection Limit L/360 dengan Design Pressure 0 Pa.

Bata Ringan dan Plesteran

Perbandingan Bata Ringan Citicon Terhadap Bata Konvensional

	Kecepatan Konstruksi [m ² /hari]	Daya serap air [kg/m ² .h ^{1/2}]	Tebal spesi (mm)	Berat (kg/m ²)	Insulasi panas [W/m ² K]	Ketahanan terhadap api [jam]
Citicon	>20	4-6	3	600	0.14	3
Bata konvensional	6-8	22-30	20-30	1500	0.65	2

Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, l [mm]	: 600
Tinggi, h [mm]	: 200; 300; 400
Tebal, t [mm]	: 75; 100; 125; 150; 175; 200

Berat jenis kering, [ρ]	: 520 kg/m ³
Berat jenis normal, [ρ]	: 600 kg/m ³
Kuat tekan, [σ]	: ≥ 4,0 N/mm ²
Konduktivitas termis, [λ]	: 0.14 W/mK

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m ³	m ²	13,33	10,00	8,00	6,67	5,71	5,00
Isi / m ³	Blok	111,11	83,33	66,67	55,56	47,62	41,67

DATA TEKNIS

Standar Acuan	EN 998:2003 (Pasangan Bata & Plester) EN 13813:2003 (Perata Lantai)
Bentuk	Powder
Warna	Abu-Abu muda
Bahan pengikat	Semen Portland
Agregat	Pasir pilihan dengan butiran maksimum 0.6 mm
Bahan pengisi (filler)	CaCO ₃ (guna meningkatkan kepadatan serta mengurangi porositas bahan adukan)
Bahan tambahan (additive)	Bahan tambahan yang larut dalam air untuk meningkatkan performa adukan
Kebutuhan Air	5.5 – 6.5 liter/sak 40 kg (Retail) 7.0 – 7.5 liter/sak 50 kg (Proyek)
Daya Sebar	
Pasangan bata merah	± 1.25 m ² / 40 kg ± 1.5 m ² / 50 kg
Pasangan bata ringan/batako	± 3.50 m ² / 40 kg ± 4.35 m ² / 50 kg
Plester bata merah	± 2 m ² / 40 kg ± 2.5 m ² / 50 kg
Plester bata ringan / batako	± 2.1 m ² / 40 kg ± 2.6 m ² / 50 kg
Perata lantai	± 2 m ² / 40 kg ± 3 m ² / 50 kg
Water Retention	ASTM C1506-09 : 99.47%
Adhesion	DIN 18555 Part 6 : 0.15–0.25 N/mm ²
Compressive Strength	DIN 18555 Part 3 : 3.50-6.00 N/mm ² @28 hari
Drying Shrinkage	ASTM C 596-01 : < 0.1%
Tebal Aplikasi	± 10 mm
Kemasan	40 kg

Keramik dan Perekat Keramik

PALLET SIZE 105x105x14CM - GENERAL RETAIL

no.	product size	per box			per pallet			per container		
		pcs.	kgs.	sqm.	box.	kgs.	sqm.	pallet	kgs.	sqm.
1	20x20 Thin	25	12.75	1.00	120	1,545	120.0	17	26,265	2,040
2	20x25	20	10.70	1.00	96	1,042	96.0	20	20,840	1,920
3	30x30-White	11	12.98	0.99	99	1,300	98.0	20	26,000	1,960
4	30x30-Antislip/rustic	11	13.50	0.99	99	1,352	98.0	19	25,688	1,862
5	40x40 - body bllb	6	17.00	0.96	80	1,375	76.8	19	26,125	1,459
6	40x40 - body blll	6	16.20	0.96	80	1,311	76.8	20	26,220	1,536
7	25x40	10	13.20	1.00	84	1,124	84.0	20	22,480	1,680

DATA TEKNIS

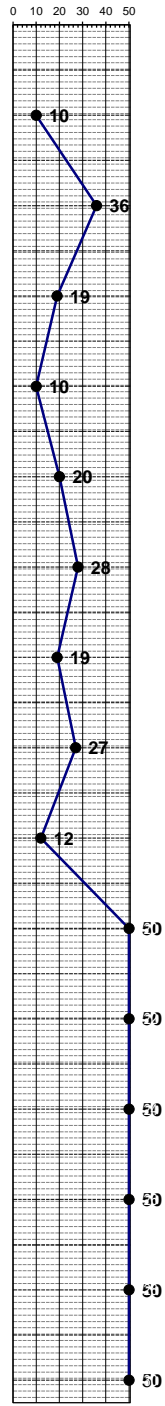
Standar Acuan	EN 12004:2001
Bentuk	Powder
Warna	Abu-Abu muda
Bahan pengikat	Semen Portland
Agregat	Pasir pilihan dengan butiran maksimum 0.6 mm
Bahan tambahan (additive)	Bahan tambahan yang larut dalam air untuk meningkatkan performa adukan.
Kebutuhan air	5.0 – 6.0 liter/sak 25 kg
Daya sebar	± 5 m ² / 25 kg
Adjustment time	15 menit
Water retention	ASTM C1506-09 : 99.94%
Initial tensile strength	EN 1348:1997 : 0.7–0.85 N/mm ²
Compressive strength	DIN 18555 Part 3 :14.00-18.00 N/mm ² @28 hari
Drying shrinkage	ASTM C 596-01 : < 0.1%
Tebal Aplikasi	± 3 mm
Kemasan	25 kg



DRILLING LOG

KLIEN = PT. PP (Persero)	TIBE BOR = ROTARY DRILLING	Remarks: UD = Undisturb Sample CS = Core Sample SPT = SPT Test
NAMA PROYEK = PEMBANGUNAN JEMBATAN	MULAI = 8 JULI 2018	
TITIK BOR = BH-1	SELESAI = 10 JULI 2018	
MUKA AIR TANAH = - METER	MASTER BOR = HARNO CS	
LOKASI PROYEK = TOL PANDAAN MALANG STA 31+750		

Scale in m	Elevation (LWL) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test			N - Value	
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm			
														15 cm	15 cm		15 cm
0.00	0.00				START OF BORING												
1.00	-1.00	-1.00			LANAU LEMPUNG	COKLAT	STIFF	SPT = 10									
2.00	-2.00	-2.00									-2.00	SPT 1	10	2	4	6	10
3.00	-3.00	-3.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT					-2.50						
4.00	-4.00	-4.00					STIFF TO HARD	SPT 10 s/d 36			-4.00	SPT 2	36	5	15	21	36
5.00	-5.00	-5.00			LANAU	COKLAT			-5.00	UD 01	-5.50						
6.00	-6.00	-6.00									-6.00	SPT 3	19	4	7	12	19
7.00	-7.00	-7.00			LANAU SEDIKIT LEMPUNG	COKLAT	STIFF	SPT = 10			-6.50						
8.00	-8.00	-8.00									-8.00	SPT 4	10	3	4	6	10
9.00	-9.00	-9.00									-8.50						
10.00	-10.00	-10.00							-10.00	UD 02	-10.00	SPT 5	20	4	8	12	20
11.00	-11.00	-11.00			LANAU BERPASIR	COKLAT	STIFF TO VERY STIFF	SPT 10 s/d 28			-10.50						
12.00	-12.00	-12.00									-12.00	SPT 6	28	5	10	18	28
13.00	-13.00	-13.00									-12.50						
14.00	-14.00	-14.00									-14.00	SPT 7	19	4	8	11	19
15.00	-15.00	-15.00			PASIR KERIKIL	ABU-ABU	MEDIUM	SPT 19 s/d 27	-15.00	UD 02	-15.00						
16.00	-16.00	-16.00									-16.00	SPT 8	27	6	12	15	27
17.00	-17.00	-17.00			PASIR	ABU-ABU	MEDIUM	SPT = 27			-16.50						
18.00	-18.00	-18.00			LANAU	COKLAT	MEDIUM	SPT = 12			-18.00	SPT 9	12	3	5	7	12
19.00	-19.00	-19.00			LANAU SEDIKIT LEMPUNG	COKLAT	STIFF TO VERY STIFF	SPT 12 s/d >50			-18.50						
20.00	-20.00	-20.00			PASIR BERBATU	COKLAT	VERY DENSE	SPT >50	-20.00	UD 03	-20.00	SPT 10	>50	5	25	10/1 CM	50
21.00	-21.00	-21.00									-20.50						
22.00	-22.00	-22.00				ABU-ABU GELAP					-22.00	SPT 11	>50	15/2 CM			50
23.00	-23.00	-23.00									-22.50						
24.00	-24.00	-24.00									-24.00	SPT 12	>50	15/1 CM			50
25.00	-25.00	-25.00									-24.50						
26.00	-26.00	-26.00			BATUAN		VERY DENSE	SPT >50	-25.00	UD 04	-25.00						
27.00	-27.00	-27.00				HITAM KEABU-ABUAN					-26.00	SPT 13	>50	15/2 CM			50
28.00	-28.00	-28.00									-26.50						
29.00	-29.00	-29.00									-28.00	SPT 14	>50	10/16 CM			50
30.00	-30.00	-30.00									-28.50						
											-30.00	SPT 15	>50	15/2 CM			50
											-30.50	UD 05					
					END OF BORING												





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya
Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,
Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT. PP (PERSERO)
PROYEK : PEMBANGUNAN JEMBATAN
LOKASI : TOL STA 31 + 750 PANDAAN - MALANG

BOR POINT : BH-1
BOR MASTER : HARNO, CS

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-5.50	2.615	1.218	75.16	35.01	54.91	1.592	1.179	1.728	*	*	*
-10.50	2.638	1.209	81.22	37.22	54.73	1.639	1.194	1.742	*	*	*
-15.50	2.577	0.849	83.78	27.60	45.92	1.778	1.394	1.853	*	*	*
-20.50	2.691	0.816	89.48	27.13	44.93	1.884	1.482	1.931	*	*	*
-25.50	2.549	0.789	92.35	28.59	44.10	1.832	1.425	1.866	*	*	*
-30.50	2.609	0.711	100.00	27.25	41.55	1.940	1.525	1.940	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	c	ϕ	C_u	ϕ_u	C_d	ϕ_d	Su (kPa)	Cu	
-5.50	0.00	8.79	91.21	46.79	29.67	17.12	*	*	0.875	0	*	*	*	*	*
-10.50	0.00	29.75	70.25	48.28	28.49	19.79	*	*	1.270	0	*	*	*	*	*
-15.50	35.45	51.97	12.58	NP	NP	NP	0	29	*	*	*	*	*	*	*
-20.50	36.75	54.76	8.49	NP	NP	NP	0	32	*	*	*	*	*	*	*
-25.50	Batu	Batu	Batu	NP	NP	NP	*	*	10.56	0	*	*	*	*	*
-30.50	Batu	Batu	Batu	NP	NP	NP	*	*	11.57	0	*	*	*	*	*

REMARK

G = Gravel (%)	LL = Liquid Limit (%)	C = Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
S = Sand (%)	PL = Plastic Limit (%)	C_d = Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
S + Cl = Silt + Clay (%)	IP = Plastic Index (%)	C_u = Undrained cohesion (kg/cm ²)
e = Void ratio	Cc = Compression Index	Su = Strength of vane test (ka/cm ²)
Gs = Specific Gravity	Cv = Coefficient of Consolidation (cm ² /det)	ϕ = Angle of internal friction direct shear test (degree)
n = Porosity (%)	Pp = Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ϕ_d = Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
Sr = Degree of saturation (%)	* = Not test	ϕ_u = Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
W_c = Water content (%)	k = Coefficient of permeability (cm/sec)	
γ_t = Moisture density (gr/cc)		
γ_{sat} = Saturated density (gr/cc)		
γ_d = Dry density (gr/cc)		



REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT. PP (PERSERO)
PROYEK : PEMBANGUNAN JEMBATAN
LOKASI : TOL STA 31 + 750 PANDAAN - MALANG

BOR POINT : BH-2
BOR MASTER : HARNO, CS

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-5.50	2.715	1.375	76.38	38.68	57.89	1.585	1.143	1.722	*	*	*
-10.50	2.659	1.283	79.46	38.34	56.20	1.611	1.165	1.727	*	*	*
-15.50	2.626	1.205	85.34	39.16	54.65	1.657	1.191	1.737	*	*	*
-20.50	2.591	0.901	95.17	33.09	47.40	1.814	1.363	1.837	*	*	*
-25.50	2.634	0.816	96.37	29.85	44.93	1.883	1.450	1.900	*	*	*
-30.50	2.655	0.726	100.00	27.34	42.06	1.959	1.538	1.959	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	C	ϕ	C_u	ϕ_u	C_d	ϕ_d	Su (kPa)	Cu	
-5.50	0.00	9.35	90.65	46.79	29.67	17.12	*	*	0.875	0	*	*	*	*	*
-10.50	0.00	7.48	92.52	48.28	28.49	19.79	*	*	1.270	0	*	*	*	*	*
-15.50	0.00	10.46	89.54	45.97	30.43	15.54	*	*	0.881	*	*	*	*	*	*
-20.50	Batu	Batu	Batu	NP	NP	NP	*	*	3.25	0	*	*	*	*	*
-25.50	Batu	Batu	Batu	NP	NP	NP	*	*	6.31	0	*	*	*	*	*
-30.50	Batu	Batu	Batu	NP	NP	NP	*	*	7.16	0	*	*	*	*	*

REMARK

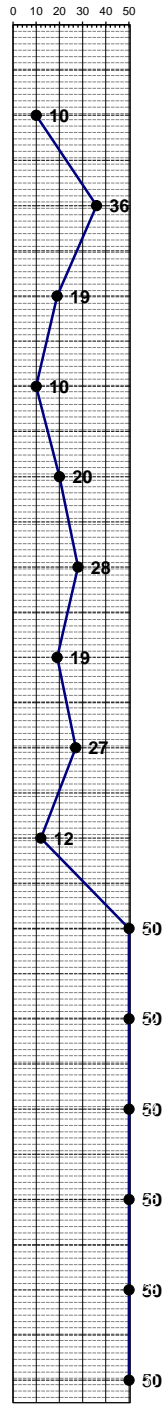
G = Gravel (%)	LL = Liquid Limit (%)	C = Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
S = Sand (%)	PL = Plastic Limit (%)	C_d = Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
S + Cl = Silt + Clay (%)	IP = Plastic Index (%)	C_u = Undrained cohesion (kg/cm ²)
e = Void ratio	Cc = Compression Index	Su = Strength of vane test (ka/cm ²)
Gs = Specific Gravity	Cv = Coefficient of Consolidation (cm ² /det)	ϕ = Angle of internal friction direct shear test (degree)
n = Porosity (%)	Pp = Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ϕ_d = Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
Sr = Degree of saturation (%)	* = Not test	ϕ_u = Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
W_c = Water content (%)	k = Coefficient of permeability (cm/sec)	
γ_t = Moisture density (gr/cc)		
γ_{sat} = Saturated density (gr/cc)		
γ_d = Dry density (gr/cc)		



DRILLING LOG

KLIEN	= PT. PP (Persero)	Tipe BOR	= ROTARY DRILLING	Remarks UD = Undisturb Sample CS = Core Sample SPT = SPT Test
NAMA PROYEK	= PEMBANGUNAN JEMBATAN	MULAI	= 8 JULI 2018	
TITIK BOR	= BH-1	SELESAI	= 10 JULI 2018	
MUKA AIR TANAH	= - METER	MASTER BOR	= HARNO CS	
LOKASI PROYEK	= TOL PANDAAN MALANG STA 31+750			

Scale in m	Elevation (LWL) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	UD / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test			N - Value	
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value Blows/30 cm	Blows per each 15 cm			
														15 cm	15 cm		15 cm
0.00	0.00				START OF BORING												
1.00	-1.00	-1.00			LANAU LEMPUNG	COKLAT	STIFF	SPT = 10									
2.00	-2.00	-2.00									-2.00	SPT 1	10	2	4	6	10
3.00	-3.00	-3.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT					-2.50						
4.00	-4.00	-4.00					STIFF TO HARD	SPT 10 s/d 36			-4.00	SPT 2	36	5	15	21	36
5.00	-5.00	-5.00			LANAU	COKLAT			-5.00	UD 01	-4.50						
6.00	-6.00	-6.00							-5.50		-6.00	SPT 3	19	4	7	12	19
7.00	-7.00	-7.00			LANAU SEDIKIT LEMPUNG	COKLAT	STIFF	SPT = 10			-6.50						
8.00	-8.00	-8.00									-8.00	SPT 4	10	3	4	6	10
9.00	-9.00	-9.00									-8.50						
10.00	-10.00	-10.00							-10.00	UD 02	-10.00	SPT 5	20	4	8	12	20
11.00	-11.00	-11.00			LANAU BERPASIR	COKLAT	STIFF TO VERY STIFF	SPT 10 s/d 28	-10.50		-10.50						
12.00	-12.00	-12.00									-12.00	SPT 6	28	5	10	18	28
13.00	-13.00	-13.00									-12.50						
14.00	-14.00	-14.00									-14.00	SPT 7	19	4	8	11	19
15.00	-15.00	-15.00			PASIR KERIKIL	ABU-ABU	MEDIUM	SPT 19 s/d 27	-15.00	UD 02	-14.50						
16.00	-16.00	-16.00							-15.50		-16.00	SPT 8	27	6	12	15	27
17.00	-17.00	-17.00			PASIR	ABU-ABU	MEDIUM	SPT = 27			-16.50						
18.00	-18.00	-18.00			LANAU	COKLAT	MEDIUM	SPT = 12			-18.00	SPT 9	12	3	5	7	12
19.00	-19.00	-19.00			LANAU SEDIKIT LEMPUNG	COKLAT	STIFF TO VERY STIFF	SPT 12 s/d >50			-18.50						
20.00	-20.00	-20.00			PASIR BERBATU	COKLAT	VERY DENSE	SPT >50	-20.00	UD 03	-20.00	SPT 10	>50	5	25	10/1 CM	50
21.00	-21.00	-21.00							-20.50		-20.50						
22.00	-22.00	-22.00				ABU-ABU GELAP					-22.00	SPT 11	>50	15/2 CM			50
23.00	-23.00	-23.00									-22.50						
24.00	-24.00	-24.00									-24.00	SPT 12	>50	15/1 CM			50
25.00	-25.00	-25.00									-24.50						
26.00	-26.00	-26.00			BATUAN		VERY DENSE	SPT >50	-25.00	UD 04	-25.00						
27.00	-27.00	-27.00				HITAM KEABU-ABUAN					-26.00	SPT 13	>50	15/2 CM			50
28.00	-28.00	-28.00									-26.50						
29.00	-29.00	-29.00									-28.00	SPT 14	>50	10/16 CM			50
30.00	-30.00	-30.00									-28.50						
									-30.00	UD 05	-30.00	SPT 15	>50	15/2 CM			50
									-30.50		-30.50						
END OF BORING																	



TABEL
PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

Bor No. : BH-1 **Depth. Increment** : 0,5 m
Project : GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UM
Location : UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Pile Dim. : Ø30 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ_{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	p_o (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	f_{si} (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 : (ton)
1	0,00	P	0,000	0,000	0,000	1,728	0,728	0,364	0,000	0	0,00	27,17	76,81	0,00	0,00	0,00	76,81	
1,5	2,50	P	2,500	2,500	2,500	1,728	0,728	0,728	7,745	5	5,00	33,47	94,64	1,00	0,47	0,47	95,12	
2,0	10,00	L	10,000	10,000	10	1,728	0,728	1,092	27,840	20	20,00	27,17	76,81	10,00	4,71	5,18	82,00	27,33
2,5	16,50	L	16,500	16,500	16,5	1,728	0,728	1,456	41,709	33	33,00	33,47	94,64	16,50	7,78	12,96	107,60	35,87
3,0	23,00	L	23,000	23,000	23	1,728	0,728	1,82	53,241	46	46,00	36,62	103,55	23,00	10,84	23,80	127,35	42,45
3,5	29,50	L	29,500	29,500	29,5	1,728	0,728	2,184	62,980	59	59,00	37,84	107,00	29,50	13,90	37,70	144,70	48,23
4,0	36,00	L	36,000	36,000	36	1,728	0,728	2,548	71,315	72	71,32	42,05	118,90	35,66	16,80	54,50	173,40	57,80
4,5	31,75	L	31,750	31,750	31,75	1,728	0,728	2,912	58,666	63,5	58,67	44,74	126,49	29,33	13,82	68,33	194,82	64,94
5,0	27,50	L	27,500	27,500	27,5	1,728	0,728	3,276	47,611	55	47,61	45,22	127,86	23,81	11,22	79,54	207,40	69,13
5,5	23,25	L	23,250	23,250	23,25	1,728	0,728	3,64	37,866	46,5	37,87	43,77	123,77	18,93	8,92	88,47	212,23	70,74
6,0	19,00	L	19,000	19,000	19	1,742	0,742	4,011	29,181	38	29,18	40,45	114,37	14,59	6,88	95,34	209,71	69,90
6,5	16,75	L	16,750	16,750	16,75	1,742	0,742	4,382	24,339	33,5	24,34	35,28	99,76	12,17	5,73	101,08	200,84	66,95
7,0	14,50	L	14,500	14,500	14,5	1,742	0,742	4,753	19,992	29	19,99	29,02	82,05	10,00	4,71	105,79	187,84	62,61
7,5	12,25	L	12,250	12,250	12,25	1,742	0,742	5,124	16,068	24,5	16,07	24,41	69,01	8,03	3,79	109,57	178,58	59,53
8,0	10,00	L	10,000	10,000	10	1,742	0,742	5,495	12,508	20	12,51	21,25	60,09	6,25	2,95	112,52	172,61	57,54
8,5	12,50	L	12,500	12,500	12,5	1,742	0,742	5,866	14,941	25	14,94	19,39	54,82	7,47	3,52	116,04	170,86	56,95
9,0	15,00	L	15,000	15,000	15	1,742	0,742	6,237	17,168	30	17,17	18,63	52,67	8,58	4,05	120,08	172,76	57,59
9,5	17,50	L	17,500	17,500	17,5	1,742	0,742	6,608	19,214	35	19,21	18,57	52,51	9,61	4,53	124,61	177,13	59,04
10,0	20,00	L	20,000	20,000	20	1,742	0,742	6,979	21,099	40	21,10	19,19	54,26	10,55	4,97	129,58	183,84	61,28
10,5	22,00	L	22,000	22,000	22	1,742	0,742	7,35	22,335	44	22,34	20,43	57,77	11,17	5,26	134,85	192,61	64,20
11,0	24,00	L	24,000	24,000	24	1,853	0,853	7,765	23,835	48	23,84	21,80	61,63	11,92	5,62	140,46	202,09	67,36
11,5	26,00	L	26,000	26,000	26	1,853	0,853	8,203	25,551	52	25,55	22,62	63,97	12,78	6,02	146,48	210,45	70,15
12,0	28,00	L	28,000	28,000	28	1,853	0,853	8,6295	27,231	56	27,23	22,94	64,87	13,62	6,42	152,90	217,77	72,59
12,5	25,75	L	25,750	25,750	25,75	1,853	0,853	9,056	24,786	51,5	24,79	21,99	62,18	12,39	5,84	158,74	220,92	73,64
13,0	23,50	L	23,500	23,500	23,5	1,853	0,853	9,4825	22,390	47	22,39	20,94	59,21	11,20	5,28	164,01	223,22	74,41

TABEL
PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

Bor No. : BH-1 **Depth. Increment** : 0,5 m
Project : GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UM
Location : UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Pile Dim. : Ø30 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ_{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	po (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	fsi (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 : (ton)
13,5	21,25	L	21,250	21,250	21,25	1,853	0,853	9,909	20,043	42,5	20,04	19,86	56,16	10,02	4,72	168,74	224,90	74,97
14,0	19,00	P	17,000	11,400	11,4	1,853	0,853	10,3355	10,645	22,8	10,65	18,73	52,95	2,13	1,00	169,74	222,69	74,23
14,5	21,00	P	18,000	12,600	12,6	1,853	0,853	10,762	11,650	25,2	11,65	17,50	49,49	2,33	1,10	170,84	220,32	73,44
15,0	23,00	P	19,000	13,800	13,8	1,853	0,853	11,1885	12,635	27,6	12,63	15,85	44,82	2,53	1,19	172,03	216,85	72,28
15,5	25,00	P	20,000	15,000	15	1,853	0,853	11,615	13,601	30	13,60	14,24	40,27	2,72	1,28	173,31	213,58	71,19
16,0	27,00	P	21,000	16,200	16,2	1,931	0,931	12,0805	14,536	32,4	14,54	12,67	35,81	2,91	1,37	174,68	210,50	70,17
16,5	23,25	P	19,125	13,950	13,95	1,931	0,931	12,546	12,387	27,9	12,39	11,59	32,76	2,48	1,17	175,85	208,61	69,54
17,0	19,50	P	17,250	11,700	11,7	1,931	0,931	13,0115	10,283	23,4	10,28	11,63	32,88	2,06	0,97	176,82	209,69	69,90
17,5	15,75	P	15,375	9,450	9,45	1,931	0,931	13,477	8,222	18,9	8,22	12,08	34,15	1,64	0,77	177,59	211,74	70,58
18,0	12,00	P	12,000	12,000	12	1,931	0,931	13,9425	10,335	24	10,34	12,93	36,56	2,07	0,97	178,57	215,13	71,71
18,5	21,50	P	18,250	12,900	12,9	1,931	0,931	14,408	11,000	25,8	11,00	14,18	40,10	2,20	1,04	179,60	219,70	73,23
19,0	31,00	P	23,000	18,600	18,6	1,931	0,931	14,8735	15,705	37,2	15,70	15,30	43,26	3,14	1,48	181,08	224,34	74,78
19,5	40,50	P	27,750	24,300	24,3	1,931	0,931	15,339	20,318	48,6	20,32	16,63	47,03	4,06	1,91	183,00	230,03	76,68
20,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,931	0,931	15,8045	24,842	60	24,84	18,18	51,39	4,97	2,34	185,34	236,73	78,91
20,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,931	0,931	16,27	24,605	60	24,61	19,93	56,34	4,92	2,32	187,66	244,00	81,33
21,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	16,703	24,389	60	24,39	21,42	60,56	4,88	2,30	189,96	250,52	83,51
21,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	17,136	24,176	60	24,18	22,81	64,50	4,84	2,28	192,24	256,74	85,58
22,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	17,569	23,967	60	23,97	23,66	66,91	4,79	2,26	194,49	261,40	87,13
22,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	18,002	23,761	60	23,76	23,98	67,80	4,75	2,24	196,73	264,54	88,18
23,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	18,435	23,559	60	23,56	23,77	67,22	4,71	2,22	198,95	266,17	88,72
23,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	18,868	23,361	60	23,36	23,57	66,64	4,67	2,20	201,16	267,80	89,27
24,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	19,301	23,166	60	23,17	23,37	66,08	4,63	2,18	203,34	269,42	89,81
24,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	19,734	22,974	60	22,97	23,17	65,52	4,59	2,17	205,50	271,03	90,34
25,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	20,167	22,785	60	22,78	22,98	64,97	4,56	2,15	207,65	272,62	90,87
25,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	20,6	22,599	60	22,60	22,78	64,42	4,52	2,13	209,78	274,20	91,40

TABEL
PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

Bor No. : BH-1 **Depth. Increment** : 0,5 m
Project : GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UM
Location : UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Pile Dim. : Ø30 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ_{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	p_o (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	f_{si} (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 : (ton)
26,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	21,07	22,401	60	22,40	22,59	63,88	4,48	2,11	211,89	275,77	91,92
26,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	21,54	22,206	60	22,21	22,40	63,34	4,44	2,09	213,99	277,32	92,44
27,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	22,01	22,014	60	22,01	22,21	62,80	4,40	2,07	216,06	278,86	92,95
27,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	22,48	21,826	60	21,83	22,02	62,27	4,37	2,06	218,12	280,39	93,46
28,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	22,95	21,641	60	21,64	21,84	61,74	4,33	2,04	220,16	281,90	93,97
28,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	23,42	21,459	60	21,46	21,65	61,22	4,29	2,02	222,18	283,40	94,47
29,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	23,89	21,280	60	21,28	21,56	60,95	4,26	2,01	224,19	285,14	95,05
29,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	24,36	21,104	60	21,10	21,47	60,69	4,22	1,99	226,17	286,87	95,62
30,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	24,83	20,931	60	20,93	21,37	60,43	4,19	1,97	228,15	288,58	96,19

TABEL
PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

Bor No. : BH-1 **Depth. Increment** : 0,5 m
Project : GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UM
Location : UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Pile Dim. : Ø40 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ_{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	p_o (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	f_{si} (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 : (ton)
1	0,00	P	0,000	0,000	0,000	1,728	0,728	0,364	0,000	0	0,00	27,17	136,55	0,00	0,00	0,00	136,55	
1,5	2,50	P	2,500	2,500	2,500	1,728	0,728	0,728	7,745	5	5,00	33,47	168,26	1,00	0,63	0,63	168,89	
2,0	10,00	L	10,000	10,000	10	1,728	0,728	1,092	27,840	20	20,00	33,47	168,26	10,00	6,28	6,91	175,17	58,39
2,5	16,50	L	16,500	16,500	16,5	1,728	0,728	1,456	41,709	33	33,00	36,62	184,09	16,50	10,37	17,28	201,36	67,12
3,0	23,00	L	23,000	23,000	23	1,728	0,728	1,82	53,241	46	46,00	37,84	190,22	23,00	14,45	31,73	221,95	73,98
3,5	29,50	L	29,500	29,500	29,5	1,728	0,728	2,184	62,980	59	59,00	37,85	190,23	29,50	18,54	50,27	240,50	80,17
4,0	36,00	L	36,000	36,000	36	1,728	0,728	2,548	71,315	72	71,32	37,06	186,27	35,66	22,40	72,67	258,94	86,31
4,5	31,75	L	31,750	31,750	31,75	1,728	0,728	2,912	58,666	63,5	58,67	36,00	180,95	29,33	18,43	91,10	272,05	90,68
5,0	27,50	L	27,500	27,500	27,5	1,728	0,728	3,276	47,611	55	47,61	37,66	189,32	23,81	14,96	106,06	295,38	98,46
5,5	23,25	L	23,250	23,250	23,25	1,728	0,728	3,64	37,866	46,5	37,87	38,59	193,96	18,93	11,90	117,95	311,91	103,97
6,0	19,00	L	19,000	19,000	19	1,742	0,742	4,011	29,181	38	29,18	37,96	190,82	14,59	9,17	127,12	317,94	105,98
6,5	16,75	L	16,750	16,750	16,75	1,742	0,742	4,382	24,339	33,5	24,34	36,46	183,25	12,17	7,65	134,77	318,02	106,01
7,0	14,50	L	14,500	14,500	14,5	1,742	0,742	4,753	19,992	29	19,99	34,05	171,18	10,00	6,28	141,05	312,23	104,08
7,5	12,25	L	12,250	12,250	12,25	1,742	0,742	5,124	16,068	24,5	16,07	30,74	154,51	8,03	5,05	146,10	300,61	100,20
8,0	10,00	L	10,000	10,000	10	1,742	0,742	5,495	12,508	20	12,51	26,55	133,48	6,25	3,93	150,03	283,50	94,50
8,5	12,50	L	12,500	12,500	12,5	1,742	0,742	5,866	14,941	25	14,94	23,53	118,26	7,47	4,69	154,72	272,98	90,99
9,0	15,00	L	15,000	15,000	15	1,742	0,742	6,237	17,168	30	17,17	21,55	108,30	8,58	5,39	160,11	268,41	89,47
9,5	17,50	L	17,500	17,500	17,5	1,742	0,742	6,608	19,214	35	19,21	20,52	103,14	9,61	6,04	166,15	269,29	89,76
10,0	20,00	L	20,000	20,000	20	1,742	0,742	6,979	21,099	40	21,10	20,36	102,32	10,55	6,63	172,78	275,10	91,70
10,5	22,00	L	22,000	22,000	22	1,742	0,742	7,35	22,335	44	22,34	20,39	102,51	11,17	7,02	179,79	282,31	94,10
11,0	24,00	L	24,000	24,000	24	1,853	0,853	7,7765	23,835	48	23,84	20,59	103,52	11,92	7,49	187,28	290,80	96,93
11,5	26,00	L	26,000	26,000	26	1,853	0,853	8,203	25,551	52	25,55	20,93	105,18	12,78	8,03	195,31	300,49	100,16
12,0	28,00	L	28,000	28,000	28	1,853	0,853	8,6295	27,231	56	27,23	20,77	104,40	13,62	8,55	203,86	308,27	102,76
12,5	25,75	L	25,750	25,750	25,75	1,853	0,853	9,056	24,786	51,5	24,79	20,50	103,02	12,39	7,79	211,65	314,67	104,89
13,0	23,50	L	23,500	23,500	23,5	1,853	0,853	9,4825	22,390	47	22,39	20,12	101,12	11,20	7,03	218,69	319,81	106,60

TABEL
PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

Bor No. : BH-1 **Depth. Increment** : 0,5 m
Project : GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UM
Location : UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Pile Dim. : Ø40 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ _{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	po (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	f _{si} (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 ; (ton)
13,5	21,25	L	21,250	21,250	21,25	1,853	0,853	9,909	20,043	42,5	20,04	19,65	98,77	10,02	6,30	224,98	323,75	107,92
14,0	19,00	P	17,000	11,400	11,4	1,853	0,853	10,3355	10,645	22,8	10,65	19,10	96,02	2,13	1,34	226,32	322,34	107,45
14,5	21,00	P	18,000	12,600	12,6	1,853	0,853	10,762	11,650	25,2	11,65	18,27	91,86	2,33	1,46	227,78	319,64	106,55
15,0	23,00	P	19,000	13,800	13,8	1,853	0,853	11,1885	12,635	27,6	12,63	17,14	86,18	2,53	1,59	229,37	315,55	105,18
15,5	25,00	P	20,000	15,000	15	1,853	0,853	11,615	13,601	30	13,60	15,70	78,92	2,72	1,71	231,08	310,00	103,33
16,0	27,00	P	21,000	16,200	16,2	1,931	0,931	12,0805	14,536	32,4	14,54	14,29	71,84	2,91	1,83	232,91	304,75	101,58
16,5	23,25	P	19,125	13,950	13,95	1,931	0,931	12,546	12,387	27,9	12,39	13,14	66,07	2,48	1,56	234,46	300,53	100,18
17,0	19,50	P	17,250	11,700	11,7	1,931	0,931	13,0115	10,283	23,4	10,28	12,59	63,27	2,06	1,29	235,76	299,02	99,67
17,5	15,75	P	15,375	9,450	9,45	1,931	0,931	13,477	8,222	18,9	8,22	12,61	63,38	1,64	1,03	236,79	300,17	100,06
18,0	12,00	P	12,000	12,000	12	1,931	0,931	13,9425	10,335	24	10,34	13,79	69,33	2,07	1,30	238,09	307,42	102,47
18,5	21,50	P	18,250	12,900	12,9	1,931	0,931	14,408	11,000	25,8	11,00	14,87	74,76	2,20	1,38	239,47	314,23	104,74
19,0	31,00	P	23,000	18,600	18,6	1,931	0,931	14,8735	15,705	37,2	15,70	15,85	79,68	3,14	1,97	241,44	321,12	107,04
19,5	40,50	P	27,750	24,300	24,3	1,931	0,931	15,339	20,318	48,6	20,32	16,73	84,11	4,06	2,55	244,00	328,11	109,37
20,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,931	0,931	15,8045	24,842	60	24,84	17,52	88,06	4,97	3,12	247,12	335,18	111,73
20,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,931	0,931	16,27	24,605	60	24,61	18,47	92,83	4,92	3,09	250,21	343,04	114,35
21,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	16,703	24,389	60	24,39	19,57	98,39	4,88	3,06	253,28	351,66	117,22
21,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	17,136	24,176	60	24,18	20,83	104,73	4,84	3,04	256,31	361,04	120,35
22,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	17,569	23,967	60	23,97	21,90	110,10	4,79	3,01	259,33	369,43	123,14
22,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	18,002	23,761	60	23,76	22,90	115,12	4,75	2,99	262,31	377,43	125,81
23,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	18,435	23,559	60	23,56	23,49	118,08	4,71	2,96	265,27	383,36	127,79
23,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	18,868	23,361	60	23,36	23,68	119,04	4,67	2,94	268,21	387,25	129,08
24,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	19,301	23,166	60	23,17	23,48	118,02	4,63	2,91	271,12	389,13	129,71
24,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	19,734	22,974	60	22,97	23,28	117,01	4,59	2,89	274,01	391,02	130,34
25,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	20,167	22,785	60	22,78	23,08	116,02	4,56	2,86	276,87	392,88	130,96
25,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	20,6	22,599	60	22,60	22,88	115,03	4,52	2,84	279,71	394,74	131,58

TABEL
PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

Bor No. : BH-1 **Depth. Increment** : 0,5 m
Project : GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UM
Location : UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Pile Dim. : Ø40 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ_{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	p_o (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	f_{si} (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 ; (ton)
26,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	21,07	22,401	60	22,40	22,69	114,06	4,48	2,81	282,52	396,58	132,19
26,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	21,54	22,206	60	22,21	22,50	113,09	4,44	2,79	285,31	398,41	132,80
27,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	22,01	22,014	60	22,01	22,31	112,14	4,40	2,77	288,08	400,22	133,41
27,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	22,48	21,826	60	21,83	22,12	111,19	4,37	2,74	290,82	402,02	134,01
28,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	22,95	21,641	60	21,64	21,94	110,26	4,33	2,72	293,54	403,80	134,60
28,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	23,42	21,459	60	21,46	21,84	109,78	4,29	2,70	296,24	406,02	135,34
29,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	23,89	21,280	60	21,28	21,75	109,31	4,26	2,67	298,91	408,22	136,07
29,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	24,36	21,104	60	21,10	21,65	108,83	4,22	2,65	301,57	410,40	136,80
30,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	24,83	20,931	60	20,93	21,56	108,36	4,19	2,63	304,20	412,56	137,52

TABEL
PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

Bor No. : BH-1 **Depth. Increment** : 0,5 m
Project : GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UM
Location : UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Pile Dim. : Ø50 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ_{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	p_o (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	f_{si} (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 : (ton)
1	0,00	P	0,000	0,000	0,000	1,728	0,728	0,364	0,000	0	0,00	27,17	213,37	0,00	0,00	0,00	213,37	
1,5	2,50	P	2,500	2,500	2,500	1,728	0,728	0,728	7,745	5	5,00	33,47	262,90	1,00	0,79	0,79	263,69	
2,0	10,00	L	10,000	10,000	10	1,728	0,728	1,092	27,840	20	20,00	33,47	262,90	10,00	7,85	8,64	271,54	90,51
2,5	16,50	L	16,500	16,500	16,5	1,728	0,728	1,456	41,709	33	33,00	36,62	287,63	16,50	12,96	21,60	309,23	103,08
3,0	23,00	L	23,000	23,000	23	1,728	0,728	1,82	53,241	46	46,00	37,84	297,22	23,00	18,06	39,66	336,89	112,30
3,5	29,50	L	29,500	29,500	29,5	1,728	0,728	2,184	62,980	59	59,00	37,85	297,24	29,50	23,17	62,83	360,07	120,02
4,0	36,00	L	36,000	36,000	36	1,728	0,728	2,548	71,315	72	71,32	37,06	291,05	35,66	28,01	90,84	381,89	127,30
4,5	31,75	L	31,750	31,750	31,75	1,728	0,728	2,912	58,666	63,5	58,67	36,00	282,73	29,33	23,04	113,88	396,60	132,20
5,0	27,50	L	27,500	27,500	27,5	1,728	0,728	3,276	47,611	55	47,61	34,77	273,06	23,81	18,70	132,57	405,63	135,21
5,5	23,25	L	23,250	23,250	23,25	1,728	0,728	3,64	37,866	46,5	37,87	36,00	282,77	18,93	14,87	147,44	430,21	143,40
6,0	19,00	L	19,000	19,000	19	1,742	0,742	4,011	29,181	38	29,18	36,58	287,30	14,59	11,46	158,90	446,20	148,73
6,5	16,75	L	16,750	16,750	16,75	1,742	0,742	4,382	24,339	33,5	24,34	36,19	284,25	12,17	9,56	168,46	452,71	150,90
7,0	14,50	L	14,500	14,500	14,5	1,742	0,742	4,753	19,992	29	19,99	34,97	274,68	10,00	7,85	176,31	450,99	150,33
7,5	12,25	L	12,250	12,250	12,25	1,742	0,742	5,124	16,068	24,5	16,07	32,91	258,50	8,03	6,31	182,62	441,12	147,04
8,0	10,00	L	10,000	10,000	10	1,742	0,742	5,495	12,508	20	12,51	30,00	235,60	6,25	4,91	187,53	423,13	141,04
8,5	12,50	L	12,500	12,500	12,5	1,742	0,742	5,866	14,941	25	14,94	26,23	206,01	7,47	5,87	193,40	399,41	133,14
9,0	15,00	L	15,000	15,000	15	1,742	0,742	6,237	17,168	30	17,17	23,55	184,97	8,58	6,74	200,14	385,11	128,37
9,5	17,50	L	17,500	17,500	17,5	1,742	0,742	6,608	19,214	35	19,21	21,85	171,64	9,61	7,55	207,69	379,33	126,44
10,0	20,00	L	20,000	20,000	20	1,742	0,742	6,979	21,099	40	21,10	21,04	165,21	10,55	8,29	215,97	381,19	127,06
10,5	22,00	L	22,000	22,000	22	1,742	0,742	7,35	22,335	44	22,34	20,70	162,56	11,17	8,77	224,74	387,30	129,10
11,0	24,00	L	24,000	24,000	24	1,853	0,853	7,7765	23,835	48	23,84	20,55	161,38	11,92	9,36	234,10	395,48	131,83
11,5	26,00	L	26,000	26,000	26	1,853	0,853	8,203	25,551	52	25,55	20,55	161,41	12,78	10,03	244,14	405,55	135,18
12,0	28,00	L	28,000	28,000	28	1,853	0,853	8,6295	27,231	56	27,23	20,13	158,14	13,62	10,69	254,83	412,97	137,66
12,5	25,75	L	25,750	25,750	25,75	1,853	0,853	9,056	24,786	51,5	24,79	20,07	157,62	12,39	9,73	264,56	422,18	140,73
13,0	23,50	L	23,500	23,500	23,5	1,853	0,853	9,4825	22,390	47	22,39	19,89	156,22	11,20	8,79	273,36	429,58	143,19

TABEL
PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

Bor No. : BH-1 **Depth. Increment** : 0,5 m
Project : GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UM
Location : UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Pile Dim. : Ø50 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ _{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	po (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	f _{si} (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 : (ton)
13,5	21,25	L	21,250	21,250	21,25	1,853	0,853	9,909	20,043	42,5	20,04	19,62	154,07	10,02	7,87	281,23	435,30	145,10
14,0	19,00	P	17,000	11,400	11,4	1,853	0,853	10,3355	10,645	22,8	10,65	19,26	151,24	2,13	1,67	282,90	434,14	144,71
14,5	21,00	P	18,000	12,600	12,6	1,853	0,853	10,762	11,650	25,2	11,65	18,59	145,98	2,33	1,83	284,73	430,71	143,57
15,0	23,00	P	19,000	13,800	13,8	1,853	0,853	11,1885	12,635	27,6	12,63	17,66	138,70	2,53	1,98	286,71	425,41	141,80
15,5	25,00	P	20,000	15,000	15	1,853	0,853	11,615	13,601	30	13,60	16,46	129,26	2,72	2,14	288,85	418,12	139,37
16,0	27,00	P	21,000	16,200	16,2	1,931	0,931	12,0805	14,536	32,4	14,54	15,29	120,07	2,91	2,28	291,13	411,21	137,07
16,5	23,25	P	19,125	13,950	13,95	1,931	0,931	12,546	12,387	27,9	12,39	14,04	110,27	2,48	1,95	293,08	403,35	134,45
17,0	19,50	P	17,250	11,700	11,7	1,931	0,931	13,0115	10,283	23,4	10,28	13,34	104,78	2,06	1,62	294,70	399,47	133,16
17,5	15,75	P	15,375	9,450	9,45	1,931	0,931	13,477	8,222	18,9	8,22	13,18	103,53	1,64	1,29	295,99	399,51	133,17
18,0	12,00	P	12,000	12,000	12	1,931	0,931	13,9425	10,335	24	10,34	13,55	106,43	2,07	1,62	297,61	404,04	134,68
18,5	21,50	P	18,250	12,900	12,9	1,931	0,931	14,408	11,000	25,8	11,00	14,62	114,86	2,20	1,73	299,34	414,20	138,07
19,0	31,00	P	23,000	18,600	18,6	1,931	0,931	14,8735	15,705	37,2	15,70	15,60	122,56	3,14	2,47	301,80	424,36	141,45
19,5	40,50	P	27,750	24,300	24,3	1,931	0,931	15,339	20,318	48,6	20,32	16,49	129,53	4,06	3,19	305,00	434,53	144,84
20,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,931	0,931	15,8045	24,842	60	24,84	17,29	135,79	4,97	3,90	308,90	444,69	148,23
20,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,931	0,931	16,27	24,605	60	24,61	18,00	141,37	4,92	3,86	312,76	454,13	151,38
21,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	16,703	24,389	60	24,39	18,86	148,12	4,88	3,83	316,59	464,71	154,90
21,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	17,136	24,176	60	24,18	19,86	156,02	4,84	3,80	320,39	476,41	158,80
22,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	17,569	23,967	60	23,97	21,01	165,05	4,79	3,76	324,16	489,20	163,07
22,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	18,002	23,761	60	23,76	21,99	172,68	4,75	3,73	327,89	500,57	166,86
23,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	18,435	23,559	60	23,56	22,89	179,80	4,71	3,70	331,59	511,39	170,46
23,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	18,868	23,361	60	23,36	23,42	183,97	4,67	3,67	335,26	519,23	173,08
24,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	19,301	23,166	60	23,17	23,58	185,22	4,63	3,64	338,90	524,12	174,71
24,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	19,734	22,974	60	22,97	23,38	183,63	4,59	3,61	342,51	526,14	175,38
25,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	20,167	22,785	60	22,78	23,18	182,07	4,56	3,58	346,09	528,15	176,05
25,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	20,6	22,599	60	22,60	22,98	180,52	4,52	3,55	349,64	530,15	176,72

TABEL
PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

Bor No. : BH-1 **Depth. Increment** : 0,5 m
Project : GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UM
Location : UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Pile Dim. : Ø50 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ_{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	p_o (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	f_{si} (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 ; (ton)
26,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	21,07	22,401	60	22,40	22,79	178,99	4,48	3,52	353,15	532,14	177,38
26,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	21,54	22,206	60	22,21	22,60	177,47	4,44	3,49	356,64	534,11	178,04
27,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	22,01	22,014	60	22,01	22,41	175,97	4,40	3,46	360,10	536,07	178,69
27,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	22,48	21,826	60	21,83	22,22	174,49	4,37	3,43	363,53	538,02	179,34
28,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	22,95	21,641	60	21,64	22,03	173,02	4,33	3,40	366,93	539,95	179,98
28,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	23,42	21,459	60	21,46	21,94	172,28	4,29	3,37	370,30	542,58	180,86
29,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	23,89	21,280	60	21,28	21,84	171,54	4,26	3,34	373,64	545,18	181,73
29,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	24,36	21,104	60	21,10	21,75	170,79	4,22	3,32	376,96	547,75	182,58
30,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	24,83	20,931	60	20,93	21,65	170,05	4,19	3,29	380,25	550,30	183,43

TABEL
PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

Bor No. : BH-1 **Depth. Increment** : 0,5 m
Project : GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UM
Location : UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Pile Dim. : Ø60 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ_{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	p_o (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	f_{si} (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 : (ton)
1	0,00	P	0,000	0,000	0,000	1,728	0,728	0,364	0,000	0	0,00	27,17	307,25	0,00	0,00	0,00	307,25	
1,5	2,50	P	2,500	2,500	2,500	1,728	0,728	0,728	7,745	5	5,00	33,47	378,58	1,00	0,94	0,94	379,52	
2,0	10,00	L	10,000	10,000	10	1,728	0,728	1,092	27,840	20	20,00	36,62	414,19	10,00	9,42	10,37	424,56	141,52
2,5	16,50	L	16,500	16,500	16,5	1,728	0,728	1,456	41,709	33	33,00	37,84	428,00	16,50	15,55	25,92	453,92	151,31
3,0	23,00	L	23,000	23,000	23	1,728	0,728	1,82	53,241	46	46,00	37,85	428,03	23,00	21,68	47,60	475,62	158,54
3,5	29,50	L	29,500	29,500	29,5	1,728	0,728	2,184	62,980	59	59,00	37,06	419,12	29,50	27,80	75,40	494,52	164,84
4,0	36,00	L	36,000	36,000	36	1,728	0,728	2,548	71,315	72	71,32	36,00	407,13	35,66	33,61	109,00	516,14	172,05
4,5	31,75	L	31,750	31,750	31,75	1,728	0,728	2,912	58,666	63,5	58,67	34,77	393,21	29,33	27,65	136,65	529,86	176,62
5,0	27,50	L	27,500	27,500	27,5	1,728	0,728	3,276	47,611	55	47,61	33,43	378,10	23,81	22,44	159,09	537,19	179,06
5,5	23,25	L	23,250	23,250	23,25	1,728	0,728	3,64	37,866	46,5	37,87	32,04	362,32	18,93	17,84	176,93	539,25	179,75
6,0	19,00	L	19,000	19,000	19	1,742	0,742	4,011	29,181	38	29,18	30,97	350,24	14,59	13,75	190,68	540,92	180,31
6,5	16,75	L	16,750	16,750	16,75	1,742	0,742	4,382	24,339	33,5	24,34	32,04	362,38	12,17	11,47	202,15	564,53	188,18
7,0	14,50	L	14,500	14,500	14,5	1,742	0,742	4,753	19,992	29	19,99	32,93	372,42	10,00	9,42	211,57	583,99	194,66
7,5	12,25	L	12,250	12,250	12,25	1,742	0,742	5,124	16,068	24,5	16,07	33,00	373,20	8,03	7,57	219,14	592,34	197,45
8,0	10,00	L	10,000	10,000	10	1,742	0,742	5,495	12,508	20	12,51	32,33	365,66	6,25	5,89	225,04	590,70	196,90
8,5	12,50	L	12,500	12,500	12,5	1,742	0,742	5,866	14,941	25	14,94	30,95	349,99	7,47	7,04	232,08	582,07	194,02
9,0	15,00	L	15,000	15,000	15	1,742	0,742	6,237	17,168	30	17,17	28,86	326,35	8,58	8,09	240,17	566,52	188,84
9,5	17,50	L	17,500	17,500	17,5	1,742	0,742	6,608	19,214	35	19,21	26,10	295,19	9,61	9,05	249,22	544,41	181,47
10,0	20,00	L	20,000	20,000	20	1,742	0,742	6,979	21,099	40	21,10	23,98	271,24	10,55	9,94	259,17	530,41	176,80
10,5	22,00	L	22,000	22,000	22	1,742	0,742	7,35	22,335	44	22,34	22,41	253,41	11,17	10,53	269,69	523,10	174,37
11,0	24,00	L	24,000	24,000	24	1,853	0,853	7,765	23,835	48	23,84	21,29	240,81	11,92	11,23	280,92	521,74	173,91
11,5	26,00	L	26,000	26,000	26	1,853	0,853	8,203	25,551	52	25,55	20,13	227,71	12,78	12,04	292,96	520,68	173,56
12,0	28,00	L	28,000	28,000	28	1,853	0,853	8,6295	27,231	56	27,23	19,34	218,74	13,62	12,83	305,80	524,54	174,85
12,5	25,75	L	25,750	25,750	25,75	1,853	0,853	9,056	24,786	51,5	24,79	18,88	213,54	12,39	11,68	317,48	531,02	177,01
13,0	23,50	L	23,500	23,500	23,5	1,853	0,853	9,4825	22,390	47	22,39	18,73	211,80	11,20	10,55	328,03	539,83	179,94

TABEL
PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

Bor No. : BH-1 **Depth. Increment** : 0,5 m
Project : GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UM
Location : UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Pile Dim. : Ø60 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ_{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	po (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	fsi (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 : (ton)
13,5	21,25	L	21,250	21,250	21,25	1,853	0,853	9,909	20,043	42,5	20,04	18,85	213,23	10,02	9,45	337,47	550,70	183,57
14,0	19,00	P	17,000	11,400	11,4	1,853	0,853	10,3355	10,645	22,8	10,65	18,69	211,43	2,13	2,01	339,48	550,91	183,64
14,5	21,00	P	18,000	12,600	12,6	1,853	0,853	10,762	11,650	25,2	11,65	18,26	206,56	2,33	2,20	341,68	548,23	182,74
15,0	23,00	P	19,000	13,800	13,8	1,853	0,853	11,1885	12,635	27,6	12,63	17,58	198,79	2,53	2,38	344,06	542,85	180,95
15,5	25,00	P	20,000	15,000	15	1,853	0,853	11,615	13,601	30	13,60	16,90	191,18	2,72	2,56	346,62	537,80	179,27
16,0	27,00	P	21,000	16,200	16,2	1,931	0,931	12,0805	14,536	32,4	14,54	16,20	183,17	2,91	2,74	349,36	532,53	177,51
16,5	23,25	P	19,125	13,950	13,95	1,931	0,931	12,546	12,387	27,9	12,39	15,69	177,42	2,48	2,33	351,70	529,12	176,37
17,0	19,50	P	17,250	11,700	11,7	1,931	0,931	13,0115	10,283	23,4	10,28	15,36	173,72	2,06	1,94	353,63	527,36	175,79
17,5	15,75	P	15,375	9,450	9,45	1,931	0,931	13,477	8,222	18,9	8,22	15,21	172,03	1,64	1,55	355,18	527,22	175,74
18,0	12,00	P	12,000	12,000	12	1,931	0,931	13,9425	10,335	24	10,34	15,20	171,91	2,07	1,95	357,13	529,04	176,35
18,5	21,50	P	18,250	12,900	12,9	1,931	0,931	14,408	11,000	25,8	11,00	15,32	173,32	2,20	2,07	359,21	532,52	177,51
19,0	31,00	P	23,000	18,600	18,6	1,931	0,931	14,8735	15,705	37,2	15,70	15,58	176,24	3,14	2,96	362,17	538,41	179,47
19,5	40,50	P	27,750	24,300	24,3	1,931	0,931	15,339	20,318	48,6	20,32	16,42	185,66	4,06	3,83	366,00	551,65	183,88
20,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,931	0,931	15,8045	24,842	60	24,84	17,17	194,22	4,97	4,68	370,68	564,90	188,30
20,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,931	0,931	16,27	24,605	60	24,61	17,86	201,94	4,92	4,64	375,32	577,26	192,42
21,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	16,703	24,389	60	24,39	18,47	208,84	4,88	4,60	379,91	588,75	196,25
21,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	17,136	24,176	60	24,18	19,00	214,94	4,84	4,56	384,47	599,41	199,80
22,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	17,569	23,967	60	23,97	19,67	222,42	4,79	4,52	388,99	611,41	203,80
22,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	18,002	23,761	60	23,76	20,45	231,26	4,75	4,48	393,47	624,73	208,24
23,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	18,435	23,559	60	23,56	21,35	241,42	4,71	4,44	397,91	639,33	213,11
23,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	18,868	23,361	60	23,36	22,10	249,95	4,67	4,40	402,31	652,26	217,42
24,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	19,301	23,166	60	23,17	22,80	257,87	4,63	4,37	406,68	664,55	221,52
24,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	19,734	22,974	60	22,97	23,20	262,33	4,59	4,33	411,01	673,34	224,45
25,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	20,167	22,785	60	22,78	23,29	263,40	4,56	4,29	415,30	678,70	226,23
25,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	20,6	22,599	60	22,60	23,09	261,13	4,52	4,26	419,56	680,70	226,90



REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT. PP (PERSERO)
PROYEK : PEMBANGUNAN JEMBATAN
LOKASI : TOL STA 31 + 750 PANDAAN - MALANG

BOR POINT : BH-1
BOR MASTER : HARNO, CS

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-5.50	2.615	1.218	75.16	35.01	54.91	1.592	1.179	1.728	*	*	*
-10.50	2.638	1.209	81.22	37.22	54.73	1.639	1.194	1.742	*	*	*
-15.50	2.577	0.849	83.78	27.60	45.92	1.778	1.394	1.853	*	*	*
-20.50	2.691	0.816	89.48	27.13	44.93	1.884	1.482	1.931	*	*	*
-25.50	2.549	0.789	92.35	28.59	44.10	1.832	1.425	1.866	*	*	*
-30.50	2.609	0.711	100.00	27.25	41.55	1.940	1.525	1.940	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	C	ϕ	C_u	ϕ_u	C_d	ϕ_d	Su (kPa)	Cu	
-5.50	0.00	8.79	91.21	46.79	29.67	17.12	*	*	0.875	0	*	*	*	*	*
-10.50	0.00	29.75	70.25	48.28	28.49	19.79	*	*	1.270	0	*	*	*	*	*
-15.50	35.45	51.97	12.58	NP	NP	NP	0	29	*	*	*	*	*	*	*
-20.50	36.75	54.76	8.49	NP	NP	NP	0	32	*	*	*	*	*	*	*
-25.50	Batu	Batu	Batu	NP	NP	NP	*	*	10.56	0	*	*	*	*	*
-30.50	Batu	Batu	Batu	NP	NP	NP	*	*	11.57	0	*	*	*	*	*

REMARK

G = Gravel (%)	LL = Liquid Limit (%)	C = Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
S = Sand (%)	PL = Plastic Limit (%)	C_d = Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
S + Cl = Silt + Clay (%)	IP = Plastic Index (%)	C_u = Undrained cohesion (kg/cm ²)
e = Void ratio	Cc = Compression Index	Su = Strength of vane test (ka/cm ²)
Gs = Specific Gravity	Cv = Coefficient of Consolidation (cm ² /det)	ϕ = Angle of internal friction direct shear test (degree)
n = Porosity (%)	Pp = Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ϕ_d = Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
Sr = Degree of saturation (%)	* = Not test	ϕ_u = Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
W_c = Water content (%)	k = Coefficient of permeability (cm/sec)	
γ_t = Moisture density (gr/cc)		
γ_{sat} = Saturated density (gr/cc)		
γ_d = Dry density (gr/cc)		



REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT. PP (PERSERO)
PROYEK : PEMBANGUNAN JEMBATAN
LOKASI : TOL STA 31 + 750 PANDAAN - MALANG

BOR POINT : BH-2
BOR MASTER : HARNO, CS

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-5.50	2.715	1.375	76.38	38.68	57.89	1.585	1.143	1.722	*	*	*
-10.50	2.659	1.283	79.46	38.34	56.20	1.611	1.165	1.727	*	*	*
-15.50	2.626	1.205	85.34	39.16	54.65	1.657	1.191	1.737	*	*	*
-20.50	2.591	0.901	95.17	33.09	47.40	1.814	1.363	1.837	*	*	*
-25.50	2.634	0.816	96.37	29.85	44.93	1.883	1.450	1.900	*	*	*
-30.50	2.655	0.726	100.00	27.34	42.06	1.959	1.538	1.959	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	C	ϕ	C_u	ϕ_u	C_d	ϕ_d	Su (kPa)	Cu	
-5.50	0.00	9.35	90.65	46.79	29.67	17.12	*	*	0.875	0	*	*	*	*	*
-10.50	0.00	7.48	92.52	48.28	28.49	19.79	*	*	1.270	0	*	*	*	*	*
-15.50	0.00	10.46	89.54	45.97	30.43	15.54	*	*	0.881	*	*	*	*	*	*
-20.50	Batu	Batu	Batu	NP	NP	NP	*	*	3.25	0	*	*	*	*	*
-25.50	Batu	Batu	Batu	NP	NP	NP	*	*	6.31	0	*	*	*	*	*
-30.50	Batu	Batu	Batu	NP	NP	NP	*	*	7.16	0	*	*	*	*	*

REMARK

G = Gravel (%)	LL = Liquid Limit (%)	C = Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
S = Sand (%)	PL = Plastic Limit (%)	C_d = Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
S + Cl = Silt + Clay (%)	IP = Plastic Index (%)	C_u = Undrained cohesion (kg/cm ²)
e = Void ratio	Cc = Compression Index	Su = Strength of vane test (ka/cm ²)
Gs = Specific Gravity	Cv = Coefficient of Consolidation (cm ² /det)	ϕ = Angle of internal friction direct shear test (degree)
n = Porosity (%)	Pp = Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ϕ_d = Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
Sr = Degree of saturation (%)	* = Not test	ϕ_u = Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
W_c = Water content (%)	k = Coefficient of permeability (cm/sec)	
γ_t = Moisture density (gr/cc)		
γ_{sat} = Saturated density (gr/cc)		
γ_d = Dry density (gr/cc)		

TABEL
PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

Bor No. : BH-1 **Depth. Increment** : 0,5 m
Project : GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UM
Location : UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Pile Dim. : Ø60 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ_{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	p_o (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	f_{si} (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 ; (ton)
26,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	21,07	22,401	60	22,40	22,89	258,91	4,48	4,22	423,79	682,70	227,57
26,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	21,54	22,206	60	22,21	22,70	256,71	4,44	4,19	427,97	684,68	228,23
27,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	22,01	22,014	60	22,01	22,51	254,54	4,40	4,15	432,12	686,66	228,89
27,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	22,48	21,826	60	21,83	22,32	252,40	4,37	4,11	436,23	688,63	229,54
28,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	22,95	21,641	60	21,64	22,22	251,31	4,33	4,08	440,31	691,62	230,54
28,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	23,42	21,459	60	21,46	22,12	250,23	4,29	4,04	444,36	694,58	231,53
29,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	23,89	21,280	60	21,28	22,03	249,15	4,26	4,01	448,37	697,52	232,51
29,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	24,36	21,104	60	21,10	21,94	248,08	4,22	3,98	452,35	700,43	233,48
30,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	24,83	20,931	60	20,93	21,84	247,01	4,19	3,95	456,29	703,31	234,44

TABEL
PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

Bor No. : BH-1 **Depth. Increment** : 0,5 m
Project : GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UM
Location : UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Pile Dim. : Ø70 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ_{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	p_o (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	f_{si} (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 : (ton)
1	0,00	P	0,000	0,000	0,000	1,728	0,728	0,364	0,000	0	0,00	27,17	418,20	0,00	0,00	0,00	418,20	
1,5	2,50	P	2,500	2,500	2,500	1,728	0,728	0,728	7,745	5	5,00	33,47	515,29	1,00	1,10	1,10	516,39	
2,0	10,00	L	10,000	10,000	10	1,728	0,728	1,092	27,840	20	20,00	37,84	582,56	10,00	11,00	12,10	594,65	198,22
2,5	16,50	L	16,500	16,500	16,5	1,728	0,728	1,456	41,709	33	33,00	37,85	582,59	16,50	18,14	30,24	612,83	204,28
3,0	23,00	L	23,000	23,000	23	1,728	0,728	1,82	53,241	46	46,00	37,06	570,47	23,00	25,29	55,53	625,99	208,66
3,5	29,50	L	29,500	29,500	29,5	1,728	0,728	2,184	62,980	59	59,00	36,00	554,15	29,50	32,44	87,96	642,11	214,04
4,0	36,00	L	36,000	36,000	36	1,728	0,728	2,548	71,315	72	71,32	34,77	535,20	35,66	39,21	127,17	662,37	220,79
4,5	31,75	L	31,750	31,750	31,75	1,728	0,728	2,912	58,666	63,5	58,67	33,43	514,63	29,33	32,25	159,43	674,06	224,69
5,0	27,50	L	27,500	27,500	27,5	1,728	0,728	3,276	47,611	55	47,61	32,04	493,16	23,81	26,18	185,60	678,76	226,25
5,5	23,25	L	23,250	23,250	23,25	1,728	0,728	3,64	37,866	46,5	37,87	30,97	476,71	18,93	20,82	206,42	683,13	227,71
6,0	19,00	L	19,000	19,000	19	1,742	0,742	4,011	29,181	38	29,18	30,16	464,22	14,59	16,04	222,46	686,68	228,89
6,5	16,75	L	16,750	16,750	16,75	1,742	0,742	4,382	24,339	33,5	24,34	29,55	454,86	12,17	13,38	235,84	690,70	230,23
7,0	14,50	L	14,500	14,500	14,5	1,742	0,742	4,753	19,992	29	19,99	29,10	448,02	10,00	10,99	246,83	694,85	231,62
7,5	12,25	L	12,250	12,250	12,25	1,742	0,742	5,124	16,068	24,5	16,07	30,28	466,11	8,03	8,83	255,67	721,78	240,59
8,0	10,00	L	10,000	10,000	10	1,742	0,742	5,495	12,508	20	12,51	31,27	481,37	6,25	6,88	262,54	743,92	247,97
8,5	12,50	L	12,500	12,500	12,5	1,742	0,742	5,866	14,941	25	14,94	31,56	485,87	7,47	8,21	270,76	756,63	252,21
9,0	15,00	L	15,000	15,000	15	1,742	0,742	6,237	17,168	30	17,17	31,26	481,20	8,58	9,44	280,20	761,39	253,80
9,5	17,50	L	17,500	17,500	17,5	1,742	0,742	6,608	19,214	35	19,21	30,14	464,01	9,61	10,56	290,76	754,77	251,59
10,0	20,00	L	20,000	20,000	20	1,742	0,742	6,979	21,099	40	21,10	28,22	434,35	10,55	11,60	302,36	736,71	245,57
10,5	22,00	L	22,000	22,000	22	1,742	0,742	7,35	22,335	44	22,34	25,52	392,81	11,17	12,28	314,64	707,45	235,82
11,0	24,00	L	24,000	24,000	24	1,853	0,853	7,7765	23,835	48	23,84	22,99	353,90	11,92	13,10	327,74	681,64	227,21
11,5	26,00	L	26,000	26,000	26	1,853	0,853	8,203	25,551	52	25,55	21,10	324,76	12,78	14,05	341,79	666,56	222,19
12,0	28,00	L	28,000	28,000	28	1,853	0,853	8,6295	27,231	56	27,23	19,77	304,32	13,62	14,97	356,76	661,08	220,36
12,5	25,75	L	25,750	25,750	25,75	1,853	0,853	9,056	24,786	51,5	24,79	18,95	291,70	12,39	13,63	370,39	662,09	220,70
13,0	23,50	L	23,500	23,500	23,5	1,853	0,853	9,4825	22,390	47	22,39	18,43	283,75	11,20	12,31	382,70	666,45	222,15

TABEL
PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

Bor No. : BH-1 **Depth. Increment** : 0,5 m
Project : GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UM
Location : UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Pile Dim. : Ø70 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ _{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	po (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	f _{si} (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 : (ton)
13,5	21,25	L	21,250	21,250	21,25	1,853	0,853	9,909	20,043	42,5	20,04	18,03	277,59	10,02	11,02	393,72	671,31	223,77
14,0	19,00	P	17,000	11,400	11,4	1,853	0,853	10,3355	10,645	22,8	10,65	17,73	272,91	2,13	2,34	396,06	668,97	222,99
14,5	21,00	P	18,000	12,600	12,6	1,853	0,853	10,762	11,650	25,2	11,65	17,50	269,43	2,33	2,56	398,62	668,06	222,69
15,0	23,00	P	19,000	13,800	13,8	1,853	0,853	11,1885	12,635	27,6	12,63	17,26	265,70	2,53	2,78	401,40	667,10	222,37
15,5	25,00	P	20,000	15,000	15	1,853	0,853	11,615	13,601	30	13,60	16,94	260,71	2,72	2,99	404,39	665,10	221,70
16,0	27,00	P	21,000	16,200	16,2	1,931	0,931	12,0805	14,536	32,4	14,54	16,75	257,86	2,91	3,20	407,59	665,45	221,82
16,5	23,25	P	19,125	13,950	13,95	1,931	0,931	12,546	12,387	27,9	12,39	16,71	257,23	2,48	2,72	410,31	667,54	222,51
17,0	19,50	P	17,250	11,700	11,7	1,931	0,931	13,0115	10,283	23,4	10,28	16,84	259,26	2,06	2,26	412,57	671,83	223,94
17,5	15,75	P	15,375	9,450	9,45	1,931	0,931	13,477	8,222	18,9	8,22	16,88	259,88	1,64	1,81	414,38	674,27	224,76
18,0	12,00	P	12,000	12,000	12	1,931	0,931	13,9425	10,335	24	10,34	16,82	258,94	2,07	2,27	416,65	675,60	225,20
18,5	21,50	P	18,250	12,900	12,9	1,931	0,931	14,408	11,000	25,8	11,00	16,66	256,47	2,20	2,42	419,07	675,54	225,18
19,0	31,00	P	23,000	18,600	18,6	1,931	0,931	14,8735	15,705	37,2	15,70	16,62	255,80	3,14	3,45	422,53	678,33	226,11
19,5	40,50	P	27,750	24,300	24,3	1,931	0,931	15,339	20,318	48,6	20,32	16,69	256,92	4,06	4,47	427,00	683,91	227,97
20,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,931	0,931	15,8045	24,842	60	24,84	16,87	259,76	4,97	5,46	432,46	692,22	230,74
20,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,931	0,931	16,27	24,605	60	24,61	17,54	270,07	4,92	5,41	437,87	707,94	235,98
21,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	16,703	24,389	60	24,39	18,15	279,40	4,88	5,36	443,23	722,63	240,88
21,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	17,136	24,176	60	24,18	18,69	287,77	4,84	5,32	448,55	736,32	245,44
22,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	17,569	23,967	60	23,97	19,18	295,21	4,79	5,27	453,82	749,03	249,68
22,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	18,002	23,761	60	23,76	19,60	301,75	4,75	5,23	459,05	760,79	253,60
23,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	18,435	23,559	60	23,56	20,13	309,86	4,71	5,18	464,23	774,09	258,03
23,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	18,868	23,361	60	23,36	20,76	319,52	4,67	5,14	469,36	788,88	262,96
24,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	19,301	23,166	60	23,17	21,48	330,69	4,63	5,09	474,46	805,15	268,38
24,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	19,734	22,974	60	22,97	22,09	340,00	4,59	5,05	479,51	819,51	273,17
25,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	20,167	22,785	60	22,78	22,65	348,62	4,56	5,01	484,52	833,15	277,72
25,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	20,6	22,599	60	22,60	22,95	353,29	4,52	4,97	489,49	842,78	280,93

TABEL
PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

Bor No. : BH-1 **Depth. Increment** : 0,5 m
Project : GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UM
Location : UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Pile Dim. : Ø70 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ_{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	p_o (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	f_{si} (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 ; (ton)
26,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	21,07	22,401	60	22,40	23,00	354,07	4,48	4,93	494,42	848,48	282,83
26,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	21,54	22,206	60	22,21	22,80	351,04	4,44	4,88	499,30	850,34	283,45
27,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	22,01	22,014	60	22,01	22,61	348,06	4,40	4,84	504,14	852,20	284,07
27,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	22,48	21,826	60	21,83	22,51	346,54	4,37	4,80	508,94	855,48	285,16
28,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	22,95	21,641	60	21,64	22,41	345,03	4,33	4,76	513,70	858,73	286,24
28,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	23,42	21,459	60	21,46	22,32	343,54	4,29	4,72	518,42	861,96	287,32
29,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	23,89	21,280	60	21,28	22,22	342,06	4,26	4,68	523,10	865,16	288,39
29,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	24,36	21,104	60	21,10	22,12	340,58	4,22	4,64	527,74	868,32	289,44
30,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	24,83	20,931	60	20,93	22,03	339,12	4,19	4,60	532,34	871,46	290,49

TABEL
PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

Bor No. : BH-1 **Depth. Increment** : 0,5 m
Project : GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UM
Location : UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Pile Dim. : Ø80 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ_{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	p_o (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	f_{si} (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 ; (ton)
1	0,00	P	0,000	0,000	0,000	1,728	0,728	0,364	0,000	0	0,00	27,17	546,22	0,00	0,00	0,00	546,22	
1,5	2,50	P	2,500	2,500	2,500	1,728	0,728	0,728	7,745	5	5,00	33,47	673,03	1,00	1,26	1,26	674,28	
2,0	10,00	L	10,000	10,000	10	1,728	0,728	1,092	27,840	20	20,00	37,85	760,94	10,00	12,57	13,82	774,76	258,25
2,5	16,50	L	16,500	16,500	16,5	1,728	0,728	1,456	41,709	33	33,00	37,06	745,10	16,50	20,73	34,56	779,66	259,89
3,0	23,00	L	23,000	23,000	23	1,728	0,728	1,82	53,241	46	46,00	36,00	723,79	23,00	28,90	63,46	787,25	262,42
3,5	29,50	L	29,500	29,500	29,5	1,728	0,728	2,184	62,980	59	59,00	34,77	699,03	29,50	37,07	100,53	799,56	266,52
4,0	36,00	L	36,000	36,000	36	1,728	0,728	2,548	71,315	72	71,32	33,43	672,18	35,66	44,81	145,34	817,52	272,51
4,5	31,75	L	31,750	31,750	31,75	1,728	0,728	2,912	58,666	63,5	58,67	32,04	644,13	29,33	36,86	182,20	826,33	275,44
5,0	27,50	L	27,500	27,500	27,5	1,728	0,728	3,276	47,611	55	47,61	30,97	622,65	23,81	29,91	212,12	834,76	278,25
5,5	23,25	L	23,250	23,250	23,25	1,728	0,728	3,64	37,866	46,5	37,87	30,16	606,33	18,93	23,79	235,91	842,23	280,74
6,0	19,00	L	19,000	19,000	19	1,742	0,742	4,011	29,181	38	29,18	29,55	594,10	14,59	18,34	254,24	848,35	282,78
6,5	16,75	L	16,750	16,750	16,75	1,742	0,742	4,382	24,339	33,5	24,34	29,10	585,16	12,17	15,29	269,54	854,70	284,90
7,0	14,50	L	14,500	14,500	14,5	1,742	0,742	4,753	19,992	29	19,99	28,77	578,36	10,00	12,56	282,10	860,46	286,82
7,5	12,25	L	12,250	12,250	12,25	1,742	0,742	5,124	16,068	24,5	16,07	28,53	573,64	8,03	10,10	292,19	865,83	288,61
8,0	10,00	L	10,000	10,000	10	1,742	0,742	5,495	12,508	20	12,51	29,75	598,10	6,25	7,86	300,05	898,15	299,38
8,5	12,50	L	12,500	12,500	12,5	1,742	0,742	5,866	14,941	25	14,94	30,81	619,39	7,47	9,39	309,44	928,83	309,61
9,0	15,00	L	15,000	15,000	15	1,742	0,742	6,237	17,168	30	17,17	31,03	623,97	8,58	10,79	320,23	944,20	314,73
9,5	17,50	L	17,500	17,500	17,5	1,742	0,742	6,608	19,214	35	19,21	30,53	613,81	9,61	12,07	332,30	946,11	315,37
10,0	20,00	L	20,000	20,000	20	1,742	0,742	6,979	21,099	40	21,10	29,29	588,96	10,55	13,26	345,56	934,51	311,50
10,5	22,00	L	22,000	22,000	22	1,742	0,742	7,35	22,335	44	22,34	26,99	542,66	11,17	14,03	359,59	902,25	300,75
11,0	24,00	L	24,000	24,000	24	1,853	0,853	7,7765	23,835	48	23,84	24,15	485,54	11,92	14,98	374,57	860,10	286,70
11,5	26,00	L	26,000	26,000	26	1,853	0,853	8,203	25,551	52	25,55	21,96	441,46	12,78	16,05	390,62	832,08	277,36
12,0	28,00	L	28,000	28,000	28	1,853	0,853	8,6295	27,231	56	27,23	20,34	408,90	13,62	17,11	407,73	816,63	272,21
12,5	25,75	L	25,750	25,750	25,75	1,853	0,853	9,056	24,786	51,5	24,79	19,23	386,56	12,39	15,57	423,30	809,87	269,96
13,0	23,50	L	23,500	23,500	23,5	1,853	0,853	9,4825	22,390	47	22,39	18,43	370,48	11,20	14,07	437,37	807,86	269,29

TABEL
PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

Bor No. : BH-1 **Depth. Increment** : 0,5 m
Project : GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UM
Location : UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Pile Dim. : Ø80 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ _{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	po (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	f _{si} (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 ; (ton)
13,5	21,25	L	21,250	21,250	21,25	1,853	0,853	9,909	20,043	42,5	20,04	17,76	357,03	10,02	12,59	449,96	806,99	269,00
14,0	19,00	P	17,000	11,400	11,4	1,853	0,853	10,3355	10,645	22,8	10,65	17,20	345,76	2,13	2,68	452,64	798,40	266,13
14,5	21,00	P	18,000	12,600	12,6	1,853	0,853	10,762	11,650	25,2	11,65	16,92	340,27	2,33	2,93	455,57	795,84	265,28
15,0	23,00	P	19,000	13,800	13,8	1,853	0,853	11,1885	12,635	27,6	12,63	16,85	338,83	2,53	3,18	458,74	797,57	265,86
15,5	25,00	P	20,000	15,000	15	1,853	0,853	11,615	13,601	30	13,60	16,89	339,56	2,72	3,42	462,16	801,72	267,24
16,0	27,00	P	21,000	16,200	16,2	1,931	0,931	12,0805	14,536	32,4	14,54	17,04	342,57	2,91	3,65	465,81	808,39	269,46
16,5	23,25	P	19,125	13,950	13,95	1,931	0,931	12,546	12,387	27,9	12,39	17,31	347,96	2,48	3,11	468,93	816,89	272,30
17,0	19,50	P	17,250	11,700	11,7	1,931	0,931	13,0115	10,283	23,4	10,28	17,47	351,32	2,06	2,58	471,51	822,83	274,28
17,5	15,75	P	15,375	9,450	9,45	1,931	0,931	13,477	8,222	18,9	8,22	17,57	353,28	1,64	2,07	473,58	826,86	275,62
18,0	12,00	P	12,000	12,000	12	1,931	0,931	13,9425	10,335	24	10,34	17,59	353,61	2,07	2,60	476,18	829,79	276,60
18,5	21,50	P	18,250	12,900	12,9	1,931	0,931	14,408	11,000	25,8	11,00	17,51	352,09	2,20	2,76	478,94	831,04	277,01
19,0	31,00	P	23,000	18,600	18,6	1,931	0,931	14,8735	15,705	37,2	15,70	17,35	348,77	3,14	3,95	482,89	831,66	277,22
19,5	40,50	P	27,750	24,300	24,3	1,931	0,931	15,339	20,318	48,6	20,32	17,29	347,60	4,06	5,11	487,99	835,59	278,53
20,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,931	0,931	15,8045	24,842	60	24,84	17,33	348,53	4,97	6,24	494,24	842,77	280,92
20,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,931	0,931	16,27	24,605	60	24,61	17,48	351,52	4,92	6,18	500,42	851,94	283,98
21,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	16,703	24,389	60	24,39	18,07	363,32	4,88	6,13	506,55	869,87	289,96
21,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	17,136	24,176	60	24,18	18,60	373,98	4,84	6,08	512,63	886,61	295,54
22,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	17,569	23,967	60	23,97	19,07	383,52	4,79	6,02	518,65	902,17	300,72
22,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	18,002	23,761	60	23,76	19,49	391,95	4,75	5,97	524,62	916,57	305,52
23,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	18,435	23,559	60	23,56	19,86	399,29	4,71	5,92	530,54	929,83	309,94
23,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	18,868	23,361	60	23,36	20,32	408,51	4,67	5,87	536,42	944,92	314,97
24,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	19,301	23,166	60	23,17	20,87	419,56	4,63	5,82	542,24	961,80	320,60
24,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	19,734	22,974	60	22,97	21,51	432,41	4,59	5,77	548,01	980,42	326,81
25,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	20,167	22,785	60	22,78	22,04	443,06	4,56	5,73	553,74	996,80	332,27
25,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,866	0,866	20,6	22,599	60	22,60	22,53	452,90	4,52	5,68	559,42	1012,32	337,44

TABEL
PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN (AKSIAL-TEKAN) TIANG PANCANG
BERDASARKAN HARGA SPT DAN DATA BOR, DGN FORMULA MAYEERHOF DAN BAZARA

Bor No. : BH-1 **Depth. Increment** : 0,5 m
Project : GEDUNG FAKULTAS ILMU SOSIAL UM
Location : UNIVERSITAS NEGERI MALANG
Pile Dim. : Ø80 cm

Depth (m)	N (blow/ft)	L/P	N >15sand 15+..	N >15sand 0,6 N	N >15sand	γ_{sat} (t/m3)	γ' (t/m3)	p_o (ton/m2)	N Corr	2N	N Corr	N rata2 ujung	Qujung (ton)	f_{si} (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qult = Qujung + Σ Rsi	Qijin = Qult/SF SF=3 ; (ton)
26,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	21,07	22,401	60	22,40	22,78	458,07	4,48	5,63	565,05	1023,12	341,04
26,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	21,54	22,206	60	22,21	22,81	458,66	4,44	5,58	570,63	1029,29	343,10
27,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	22,01	22,014	60	22,01	22,71	456,62	4,40	5,53	576,16	1032,78	344,26
27,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	22,48	21,826	60	21,83	22,61	454,61	4,37	5,49	581,65	1036,26	345,42
28,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	22,95	21,641	60	21,64	22,51	452,62	4,33	5,44	587,09	1039,71	346,57
28,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	23,42	21,459	60	21,46	22,41	450,66	4,29	5,39	592,48	1043,14	347,71
29,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	23,89	21,280	60	21,28	22,32	448,70	4,26	5,35	597,83	1046,53	348,84
29,5	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	24,36	21,104	60	21,10	22,22	446,77	4,22	5,30	603,13	1049,90	349,97
30,0	50,00	P	32,500	30,000	30	1,940	0,940	24,83	20,931	60	20,93	22,12	444,85	4,19	5,26	608,39	1053,24	351,08



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Prof Tavid, S.T., M.T., P.h.D.
NAMA MAHASISWA	: Fierly Amalia
NRP	: 03111745000045
JUDUL TUGAS AKHIR	: Desain Modifikasi Struktur Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang dengan Menggunakan Balok Pratekan dan SRPMK
TANGGAL PROPOSAL	: 7 Januari 2019
NO. SP-MMTA	: 15173 / IT2. VI-4.1 / PP. 05. 02. 00 / 2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	06/19 03	<ul style="list-style-type: none"> - Preliminary balok, kolom, tebal pelat - Penulangan pelat - pembebanan tangga 	<ul style="list-style-type: none"> - perencanaan tangga, penulangan tangga, balok anak, - pemodelan struktur - kontrol pemodelan struktur. 	
2.	14/03 19	<ul style="list-style-type: none"> - kontrol permodelan cek lagi - Batas periode cek lagi 	<ul style="list-style-type: none"> - Permodelan struktur - penulangan sekunder 	
3.	2/19 04	<ul style="list-style-type: none"> - Mutu tulangan cek lagi di SNI baru 2052:2017 	<ul style="list-style-type: none"> - penulangan sekunder: pelat, tangga, balok anak, bordes - balok induk dan balok pratekan. 	
4.	12/19 14	<ul style="list-style-type: none"> - Balok pratekan → cek SNI pasal 21.1 - kontribusi geser beton (Vc) → cek lagi di SNI - PCAcol → momennya input biaxial. 	<ul style="list-style-type: none"> - penulangan lunak balok pratekan - cek tulangan geser balok 	
5.	30/19 14	<ul style="list-style-type: none"> - penulangan pelat (gambar) - penulangan balok 	<ul style="list-style-type: none"> - penulangan potongan Pelat 	



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Prof. Tawio, ST., MT., Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Fierly Amalia
NRP	: 03111745000045
JUDUL TUGAS AKHIR	: Desain Modifikasi struktur Gedung Fakultas Ilmu sosial Universitas Negeri Malang dengan Menggunakan Balok pratekan dan SPPMK
TANGGAL PROPOSAL	: 7 Januari 2019
NO. SP-MMTA	: 15173 / IT2. VI.4.1 / PP. 05.02.00/2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6.	2/5 19	- Penulangan balok → gambar perbaiki : Panjang kait penyaluran	- Perencanaan pondasi tiang pancang	
7.	6/5 19	- pengolahan data tanah untuk pondasi - menghitung @ ijin	- perencanaan pondasi	
8.	9/5 19	- menentukan @ ijin setiap kedalamannya dengan diameter tiang yg berbeda - rencanakan pondasi	- penulangan pondasi → poer, geser pons, tulangan x, y,	
9.	14/5 19	- Perhitungan pondasi - Permodelan pondasi untuk lebih dari 1 kolom	- Penggambaran pondasi	
10.	17/5 19	- penulangan pondasi	- menyelesaikan semua struktur bawah	
11.	20/5 19	- Penggambaran balok, kolom, pondasi, balok pratekan	- menggambar semua komponen struktur	
12.	22/5 19	- Gambar detail balok, kolom, pondasi		



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Prof. Dr. Ir. J Gusti Putu Raka
NAMA MAHASISWA	: Fierly Amalia
NRP	: 03111745000045
JUDUL TUGAS AKHIR	: Desain Modifikasi Struktur Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang dengan Menggunakan Balok Pratekan
TANGGAL PROPOSAL	: 7 Januari 2019 dan SRPMK
NO. SP-MMTA	: 15173 / It.2.V1.4.1 / PP.05.02 .00/2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	01/03 19	- preliminary balok, kolom, tebal pelat - Penulangan pelat - hilangkan kolom di bagian tengah	- Perencanaan tangga, lift, balok anak - pembebanan dan permodelan struktur	
2.	15/03 19	- Balok anak ubah jadi balok silang	- kontrol permodolan struktur : kontrol beban, simpangan, partisipasi massa, dll.	
3.	22/03 19	- kontrol permodelan struktur.	<i>Selidikan Struktur Sekunder.</i>	
4.	29/03 19	Blok lift fct bagian M → loggia ult. int.	- merevisi balok lift - penulangan balok induk dan pratekan - penulangan kolom	
5.	5/04 19	Dicoba variasi Fo		
6.	26/04 19	- penulangan geser balok → tambah kaki - penulangan kolom → cek s	- Penggambaran balok, kolom, portal dan perhitungan pondasi	
7.	24/05 19	- penulangan balok, kolom, portal - penulangan pondasi	- merevisi gambar panjang penyaluran - merevisi gambar kolom	

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
 SEMINAR DAN LISAN
 TUGAS AKHIR**

Pada hari ini Jum'at tanggal 26 Juli 2019 jam 08:30 WIB telah diselenggarakan UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111745000045	Fierly Amalia	Desain Modifikasi Struktur Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang dengan Menggunakan Balok Pratekan dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

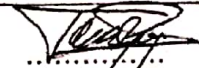
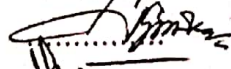

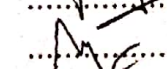
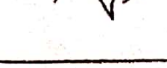
1. Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

- *Deleksi pada bagian yg porseling*
- *218/219 - moment head - cek!*
- *14 → lapis tulang*
- *jumlah sayap. 40-16. ✓*

2. Rentang nilai dari hasil diskusi Tim Penguji Tugas Akhir adalah : A / AB / B / BC / C / D / E

3. Dengan hasil ujian (wajib dibacakan oleh Ketua Sidang di depan Peserta Ujian dan Penguji) :

- Lulus Tanpa Perbaikan Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
 Lulus Dengan Perbaikan Mengulang Ujian Lisan

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Prof. Tavio, ST. MT. PhD (Pembimbing 1)	
Prof. Dr. Ir. I Gusti Putu Raka (Pembimbing 2)	
Harun AI Rasyid, ST. MT. PhD	
Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA	
Ir. Faimun, MSc. PhD	

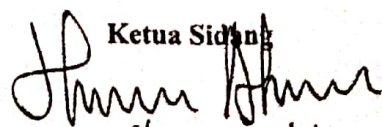
Surabaya, 26 Juli 2019

Mengetahui,
 Ketua Program Studi S1



Dr. techn. Umboro Lasminto, ST. MSc
 NIP 19721202 199802 1 001

Ketua Sidang


 (.....*Harun Alrasyid, Ph.D*.....)
 Nama terang

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Fierly Amalia, dilahirkan di Pekalongan 12 Januari 1996 oleh pasangan Ali Muhdhor dan Maghfiroh, S. AP. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Tirto 01, SMP N 2 Pekalongan, SMA N 1 Pekalongan. Setelah lulus SMA tahun 2014, penulis melanjutkan pendidikan di Diploma III Teknik Sipil UGM. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil Tugas Akhir di bidang studi manajemen konstruksi dan lulus pada tahun 2017. Setelah lulus, penulis melanjutkan ke jenjang S1 Teknik Sipil ITS melalui program lintas jalur sampai tahun 2019. Penulis juga aktif dalam beberapa kegiatan seminar dan pelatihan yang diselenggarakan oleh kampus ITS. Penulis pernah mengikuti kegiatan kerja praktek di PT Wijaya Karya Beton Tbk. Pabrik Produksi Beton Bogor pada pembangunan Gedung Rumah Sakit St. Carolus Borromeus. Penulis berharap sebuah Tugas Akhir yang berjudul “Desain Modifikasi Struktur Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang dengan Menggunakan Balok Pratekan dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus” ini dapat bermanfaat untuk merencanakan bangunan gedung dengan balok pratekan yang tahan terhadap gempa.

Narahubung

Email : fierlyamalia96@gmail.com