



TUGAS AKHIR - RC141501

**STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*) SESUAI ACI
318M-14 TERHADAP BANGUNAN GEDUNG
BERTINGKAT**

SUBECHAN FEBRIANTO

NRP. 3116 105 026

Dosen Pembimbing:

Harun Alrasyid, ST.,MT.,PhD

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018



TUGAS AKHIR - RC141501

**STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*) SESUAI
ACI 318M-14 TERHADAP BANGUNAN GEDUNG
BERTINGKAT**

SUBECHAN FEBRIANTO
NRP. 3116 105 026

Dosen Pembimbing:
Harun Alrasyid, ST.,MT.,PhD

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

Halaman ini sengaja dikosongkan



UNDERGRADUATE THESIS - RC141501

**STUDY OF COLUMN CONFINEMENT PARAMETER
DESIGN ACCORDING TO ACI 318M-14 FOR HIGH
RISE BUILDING**

SUBECHAN FEBRIANTO
NRP. 3116 105 026

Supervisor :
Harun Alrasyid, ST.,MT.,PhD

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty Civil, Environmental, and Geo Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2018

Halaman ini sengaja dikosongkan

**STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*) SESUAI
ACI 318M-14 TERHADAP BANGUNAN GEDUNG
BERTINGKAT**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

SUBECHAN FEBRIANTO

NRP. 3116 105 026

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D.



SURABAYA, JULI 2018

Halaman ini sengaja dikosongkan

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*) SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

Nama Mahasiswa : Subechan Febrianto
NRP : 3116 105 026
Departemen : Teknik Sipil FTSLK - ITS
Dosen Pembimbing : Harun Alrasyid, ST., MT., PhD

ABSTRAK

Perkembangan bangunan gedung tinggi (*High rise building*) di Indonesia saat ini sangat pesat sehingga menyebabkan kebutuhan akan desain perencanaan konstruksi bangunan yang juga semakin tinggi, juga Indonesia adalah negara yang terletak diantara dua lempengan gempal tektonik yang rawan untuk terjadinya gempa. Struktur yang tahan gempa dapat meminimalisir terjadinya kerusakan yang timbul akibat gempa. Mengingat tingginya resiko dan intensitas gempa di Indonesia, maka perencanaan harus sesuai dengan perhitungan letak bangunan yang dibangun. Salah satu dampak dari perkembangan bangunan tinggi ini adalah gaya aksial yang harus dipikul oleh kolom-kolom di lantai dasar semakin besar. Secara teoritis, kemampuan berdeformasi dari kolom akan semakin berkurang seiring dengan bertambahnya gaya aksial. Kemampuan deformasi elemen struktural sendiri sangat diperlukan untuk mencapai struktur tahan gempa. Untuk mengatasi masalah ini, persyaratan terbaru ACI 318M-14, yang akan dijadikan acuan dalam SNI 2847 seri berikutnya, mengenai rumusan kebutuhan tulangan pengekok (*confinement*) pada kolom menjadi lebih rapat. Persyaratan akan tulangan pengekok dalam ACI 318M-14 memasukkan pengaruh besarnya gaya aksial dan pendetailan kait seismik (*seismic hook*) dari tulangan sengkang dan tulangan silang (*cross ties*) terhadap tulangan longitudinal. Tugas akhir ini membahas implikasi dari persyaratan ACI 318M-14 terhadap kebutuhan tulangan

pengekang berdasarkan studi parametrik pada beberapa gedung fiktional. Adapun, parameter yang dibahas ialah bentuk denah, beberapa dimensi kolom, kuat tekan beton, dan kuat leleh baja tulangan sengkang.

Kata Kunci: ACI 318M-14, Gempa, Gaya Aksial, Gedung Tinggi, Kolom, Tulangan Pengekang (*Confinement*).

STUDY OF COLUMN CONFINEMENT PARAMETER DESIGN ACCORDING TO ACI 318M-14 FOR HIGH RISE BUILDING

Student Name : *Subechan Febrianto*
Student Id : *3116 105 026*
Department : *Civil Engineering FTSLK - ITS*
Supervisor : *Harun Alrasyid, ST., MT., PhD*

ABSTRACT

The development of high rise buildings in Indonesia is currently very rapid, causing high demand for the design of building construction planning. Besides, Indonesia is a country located between two tectonic earthquake plates that are prone to earthquakes. In addition, earthquake resistant structures can minimize the occurrence of damage caused by the earthquake. Since the high risk and intensity of the earthquake in Indonesia, then the planning must be in accordance with the calculation of the constructed buildings location. One impact of this high-rise building is the greater axial force that should be borne by the columns on the ground floor. Theoretically, the deformed ability of the column will decrease as the axial force increases. The ability of the deformation of the structural element itself is necessary to achieve the earthquake resistant structure. Hence, to solve this problem, the latest requirements of ACI 318M-14, which will be used as reference in the next SNI 2847 series, concerning the formulation of reinforcement needs (confinement) in the column becomes more tightly. Requirements for reinforcing bars in ACI 318M-14 include the influence of the magnitude of the axial force and the seismic hook detailing of cross links and cross ties against the longitudinal reinforcement. This final project discusses the implications of the ACI 318M-14 requirement on reinforcement requirements based on parametric studies on some fictional buildings. Lastly, the parameters discussed are the floor plan, the number of building floors, the compressive strength of the

concrete, and the steep strength of the reinforcing steel reinforcement.

Keyword: ACI 318M-14, Eartquake, Axial, High Rise Building, Column, Confinement .

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan hidayahnya yang telah memberi petunjuk dan kekuatan kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.

Penyusunan Tugas akhir ini diajukan oleh penulis dalam rangka memenuhi persyaratan akademis pada mata kuliah Tugas Akhir tahun ajaran 2018/2019, Program Studi Lintas Jalur Strata 1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipi, Lingkungan, dan Kebumihan (FTSLK) , Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya .

Adapun topik dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah **“STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*) SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT ”**.

Tersusunnya laporan tugas akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberi masukan serta arahan. Untuk itu begitu banyak ucapan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua, saudara-saudara tercinta , sebagai semangat, dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materiil, terutama doa.
2. Bapak Harun Alrasyid ST.,MT., PhD selaku Dosen Pembimbing Sekaligus sebagai Dosen Wali yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan Tugas akhir ini.
3. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Sipil FTSLK ITS Surabaya yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, atas kesabarannya memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat.
4. Keluarga Besar Lintas Jalur Angkatan 2016, kalian keluarga baru yang tidak akan pernah terlupa. Maaf kalau Subechan banyak salah, semoga suatu hari dapat bertemu dan berkumpul, see you on the top.

5. Geng PUTA khususnya Carolina, Habibil, Syafira, dan Fitry yang selalu menghibur saya dan mensupport finansial saya karena sudah pada kerja dan selalu ada pada saat subech down masalah tugas akhir ini , yang jelas kalian luar biasa.
Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir terapan ini masih belum sempurna dan untuk itu segala saran dan kritik maupun masukan yang sifatnya membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang.

Surabaya, Juli 2018

Subechan Febrianto
NRP. 3116 105 026

DAFTAR ISI

ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR GAMBAR	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum.....	5
2.2 Daktilitas dan Tulangan Transversal	6
2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen	8
2.4 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	8
BAB III METODOLOGI	9
3.1 Bagan Alur Perencanaan	9
3.2 Data Studi Parametrik Gedung Fiksional	10
3.3 Preliminary Design.....	10
3.4 Pembebanan.....	10
3.5.1 Beban Mati	10

3.5.2	Beban Hidup.....	10
3.5.3	Beban Angin.....	11
3.5.4	Beban Gempa	11
3.5.5	Kombinasi Pembebanan	16
3.5	Pemodelan Struktur	17
3.6	Perencanaan Struktur Sekunder.....	17
3.7.1	Perencanaan Pelat.....	17
3.7.1.1	Perencanaan ketebalan pelat.....	17
3.7.1.2	Pembebanan Pelat.....	20
3.7.1.3	Analisa gaya dalam	20
3.7.1.4	Perhitungan penulangan pelat lantai.....	20
3.7.2	Perencanaan Tangga.....	21
3.7.2.1	Perencanaan dimensi tangga.....	21
3.7.2.2	Pembebanan tangga.....	21
3.7.2.3	Analisa gaya dalam tangga.....	22
3.7.2.4	Penulangan struktur tangga	22
3.7.3	Perencanaan Balok Anak, Balok Lift, dan Balok Bordes	22
3.7.3.1	Perencanaan Dimensi Balok Anak, Balok Lift, dan Balok Bordes	22
3.7.3.2	Pembebanan Balok Anak, Balok Lift, dan Balok Bordes	22
3.7.3.3	Analisa Gaya Dalam Balok Anak, Balok Lift, dan Balok Bordes	23
3.7.3.4	Penulangan Balok Anak, Balok Lift, dan Balok Bordes	23
3.7	Perencanaan Struktur Primer.....	27

3.8.1	Perencanaan Balok Induk.....	27
3.8.1.1	Perencanaan Dimensi Balok Induk	27
3.8.1.2	Analisa Gaya dalam.....	27
3.8.1.3	Perhitungan Penulangan Balok.....	27
3.8.1.4	Ketentuan-Ketentuan Perhitungan Balok Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (ACI 318M-14 Pasal 18.6)	31
3.8.2	Perencanaan Kolom.....	32
3.8.2.1	Perencanaan dimensi kolom	32
3.8.2.2	Analisa Gaya dalam.....	32
3.8.2.3	Perhitungan penulangan kolom	32
3.8.2.4	Ketentuan-Ketentuan Perhitungan Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (ACI 318M-14 Pasal 18.7.5, 18.7.6,).....	34
3.8	Hubungan Balok-Kolom (HBK)	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		37
4.1	Perencanaan Dimensi Desain	37
4.1.1	Umum.....	37
4.1.2	Data-Data Perencanaan Struktur	37
4.1.3	Perencanaan Dimensi Balok.....	38
4.1.4	Perencanaan Dimensi Kolom	39
4.1.5	Perencanaan Dimensi Pelat	39
4.1.6	Perencanaan Dimensi Tangga	44
4.2	Perhitungan Struktur Sekunder	45
4.2.1	Umum.....	45
4.2.2	Perencanaan Penulangan Pelat Lantai	46
4.2.2.1	Data-Data Perencanaan Pelat Lantai	46

4.2.2.2	Pembebanan Pelat Lantai	46
4.2.2.3	Perhitungan Gaya Pelat Lantai	48
4.2.2.4	Perhitungan Tulangan Pelat Lantai	49
4.2.2.5	Rekapitulasi Penulangan Pelat	55
4.2.3	Perencanaan Penulangan Tangga dan Balok Bordes	55
4.2.3.1	Data-Data Perencanaan Tangga	56
4.2.3.2	Pembebanan Tangga dan bordes	57
4.2.3.3	Perhitungan Gaya tangga.....	58
4.2.3.4	Perhitungan Tulangan Tangga dan Balok Bordes	61
4.2.3.5	Rekapitulasi Penulangan Tangga dan Balok Bordes	70
4.2.4	Perencanaan Penulangan Balok Lift.....	70
4.2.4.1	Data-Data Perencanaan Balok Lift.....	71
4.2.4.2	Pembebanan Balok Lift.....	72
4.2.4.3	Perhitungan Gaya Balok Lift.....	73
4.2.4.4	Perhitungan Tulangan Lentur	73
4.2.2.5.	Perhitungan Tulangan Geser	74
4.2.2.6.	Rekapitulasi Penulangan Balok Lift.....	76
4.2.5	Perencanaan Penulangan Balok Anak	76
4.2.5.1	Data-Data Perencanaan Balok Anak	76
4.2.5.2	Hasil Output SAP	77
4.2.5.3	Perhitungan Tulangan Lentur	77
4.2.5.4	Perhitungan Tulangan Geser	80
4.2.5.5	Rekapitulasi Penulangan Balok Anak	82

4.3	Pembebanan dan Pemodelan Struktur	83
4.3.1	Umum.....	83
4.3.2	Pemodelan Struktur	83
4.3.3	Pembebanan Gravitasi.....	84
4.3.4	Pembebanan Gempa.....	85
4.3.4.1	Faktor Keutamaan Gempa.....	85
4.3.4.2	Kelas Situs.....	85
4.3.4.3	Parameter Respon Spectra.....	86
4.3.4.4	Parameter Percepatan Spectral Desain	86
4.3.4.5	Kategori Desain Seismic	87
4.3.4.6	Respon Spektrum Desain	87
4.3.4.7	Faktor Skala Gaya Beban Gempa dengan Respon Spektrum SAP 2000 untuk SRPMK	88
4.3.4.8	Kontrol Waktu getar Alami Fundamental	89
4.3.4.9	Kontrol Gaya Geser Dasar (<i>Base Shear</i>).....	91
4.3.4.10	Kontrol Partisipasi Masa	95
4.3.4.11	Kontrol Simpangan Antar Lantai (<i>Drift</i>).....	96
4.4	Perhitungan Struktur Utama.....	101
4.4.1	Umum.....	101
4.4.2	Perhitungan Penulangan Balok Induk	102
4.4.2.1	Data – data perencanaan.....	102
4.4.2.2	Perhitungan Tulangan Balok Induk.....	104
4.4.2.3	Rekapitulasi Penulangan Balok Induk.....	121
4.4.3	Perhitungan Penulangan Kolom.....	122
4.4.3.1	Data – Data Perencanaan.....	123
4.4.3.2	Perhitungan Tulangan Kolom.....	124

4.4.3.3	Hasil dan Rekapitulasi Penulangan Kolom ...	135
4.4.4	Pembahasan dan Analisa Studi <i>Confinement</i>	138
4.4.5	Hubungan Balok Kolom (HBK).....	140
4.4.4.1	Cek syarat panjang joint.	140
4.4.4.2	Menentukan luas efektif joint, Aj.....	140
4.4.4.3	Menghitung tulangan transversal untuk <i>confinement</i>	140
4.4.4.4	Menghitung gaya geser pada joint.....	141
4.4.4.5	Cek kuat geser joint.....	142
4.4.4.6	Rekapitulasi HBK.....	142
BAB V	KESIMPULAN	143
5.1	Kesimpulan.....	143
5.2	Saran.....	145
DAFTAR	PUSTAKA.....	147
LAMPIRAN	149

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Parameter/Variabel Studi Parametrik.....	10
Tabel 3. 2 Kategori Resiko Gempa	11
Tabel 3. 3. Faktor Keutamaan Gempa.....	12
Tabel 3. 4. Klasifikasi Situs.....	13
Tabel 3. 5. Koefisien Situs Fv	14
Tabel 3. 6. Koefisien Situs Fa	15
Tabel 3. 7. Kategori Resiko.....	15
Tabel 3. 8. Tabel Kombinasi Beban Ultimate	16
Tabel 3. 9. Tebal Minimum pelat Tanpa Balok Interior.....	17
Tabel 3. 10. Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir....	30
Tabel 4. 1 Data -Data Perencanaan Struktur	37
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai dan Atap.....	55
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Penulangan Pelat Tangga dan bordes	70
Tabel 4. 4 Rekapitulasi penulangan Balok Bordes.....	70
Tabel 4. 5 Rekapitulasi Penulangan Balok Lift.....	76
Tabel 4. 6 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak (BA).....	82
Tabel 4. 7 Perhitungan SPT Rata-Rata.....	85
Tabel 4. 8 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra.....	88
Tabel 4. 9 Nilai Parameter Periode Pendekatan, Ct dan x.....	89
Tabel 4.10 Koefisien untuk Batas Atas pada Periode yang Dihitung	90
Tabel 4. 11 Periode Struktur pada Modal di Program SAP 2000 untuk 12 Mode Pertama	90
Tabel 4.12 Rekapitulasi Hasil Kontrol Waktu getar Alami Fundamental Semua Kasus	91
Tabel 4. 13 Berat Struktur dari Base Reaction Fz untuk Beban Mati, Beban Mati Tambahan dan Beban Hidup.....	92
Tabel 4. 14 Gaya Geser Dasar Hasil SAP 2000	93
Tabel 4. 15 Base Reaction dari Program SAP 2000 setelah Dikali Faktor Pembesaran.	94
Tabel 4. 16 Rekapitulasi Hasil Kontrol Gaya Geser Dasar (Base Shear) Semua Kasus.....	95

Tabel 4. 17 Jumlah Respon Ragam	95
Tabel 4. 18 Simpangan Antar Lantai Ijin, Δa	97
Tabel 4.19 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X	97
Tabel 4.20 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y	98
Tabel 4. 21 Kontrol Simpangan Antar Lantai Kasus 1	99
Tabel 4. 22 Kontrol Simpangan Antar Lantai Kasus 2	99
Tabel 4. 23 Kontrol Simpangan Antar Lantai Kasus 3	100
Tabel 4. 24 Kontrol Simpangan Antar Lantai Kasus 4	101
Tabel 4. 25 Hasil Output SAP (Denah 1, f_c' 30 MPa, Kolom (600x600)	102
Tabel 4. 26 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk (BI).	121
Tabel 4. 27 Rekapitulasi Pemutusan Tulangan (cut off point), Panjang Penyaluran, dan panjang kait Pada Balok Induk	122
Tabel 4. 28 Kasus yang dibahas dalam Tugas Akhir	123
Tabel 4. 29 Momen dan Gaya Aksial Kolom Lantai.....	124
Tabel 4. 30 Hasil analisis dan detailing dari 4 studi kasus gedung fiksional.....	137
Tabel 4. 31 Rekapitulasi Pemasangan confinement di daerah sendi plastis (l_o), dan Sambungan Lewatan Kolom Semua Kasus.....	137
Tabel 4. 32 Rekapitulasi rulangan geser Hubungan Balok dan Kolom.....	142

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Bagan Alur Perencanaan Tugas Akhir	9
Gambar 3. 2. Peta respon spektra percepatan 0,2 detik (S_s) di batuan dasar (S_b) untuk probabilitas terampai 2% dalam 50 tahun	12
Gambar 3. 3. Peta respon spektra percepatan 1,0 detik (S_1) di batuan dasar (S_b) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun	13
Gambar 3. 4. Gaya Lintang Rencana Pada Balok Untuk SRPMK	28
Gambar 3. 5. Gaya Geser Desain Kolom SRPMK.....	33
Gambar 4. 1 Momen didalam pelat persegi yang menumpu pada keempat tepinya akibat beban merata (terjepit penuh).....	48
Gambar 4. 2 Denah Tangga.....	56
Gambar 4. 3 Potongan Tangga	57
Gambar 4. 4 Permodelan Struktur Tangga	58
Gambar 4. 5 Gaya Dalam (Gaya Lintang).....	60
Gambar 4. 6 Gaya Dalam (Momen)	61
Gambar 4. 7 Permodelan pada SAP 2000 (Denah 1)	83
Gambar 4. 8 Permodelan pada SAP 2000 (Denah 2)	83
Gambar 4. 9 Grafik respon spektrum Desain	88
Gambar 4. 10 Luasan (Acp) dan Keliling (Pcp).....	114
Gambar 4. 11 Luasan (Aoh) dan Keliling (Poh)	114
Gambar 4. 12 Reaksi Pemutusan Tulangan.....	118
Gambar 4. 13 Panjang Penyaluran Pada Kait.....	121
Gambar 4. 14 Diagram Interaksi Kolom	125
Gambar 4. 15 Output Diagram Interaksi P-M Kolom bawah dan Kolom Atas	126
Gambar 4. 16 Gaya Geser Disain untuk Kolom.....	131
Gambar 4. 17 Diagram Interaksi Kolom $f_s=1,25f_y$	132
Gambar 4. 18 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Desain Atas dan Bawah $f_s = 1,25 f_y$	132
Gambar 4. 19 Spasi vertikal tulangan pengekang untuk Kasus 1	135

Gambar 4. 20 Spasi vertikal tulangan pengekang untuk Kasus 2	136
Gambar 4. 21 Spasi vertikal tulangan pengekang untuk Kasus 3	136
Gambar 4. 22 Spasi vertikal tulangan pengekang untuk Kasus 4	137
Gambar 4. 23 Confinement design equation of ACI 318-11/ SNI 2847 2002).....	139
Gambar 4. 24 Skema Geser Yang Terjadi Di Joint	141

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia, pembangunan suatu gedung harus memenuhi standar gedung yang tahan gempa, mengingat wilayah Indonesia terletak diantara jalur pertemuan tiga lempengan tektonik yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia dan lempeng Pasifik. Hal ini menjadikan Indonesia merupakan daerah gempa dengan resiko tinggi. Berberapa kejadian gempa di Indonesia seperti di Aceh, Padang, Yogyakarta, Bengkulu, dan Mentawai ditemukan banyak kegagalan struktur bangunan khususnya struktur beton bertulang. Hal ini menjadikan perancangan gedung harus dirancang agar tahan gempa dan dapat meminimalisir adanya korban dari penguninya akibat bencana gempa bumi. (Imran and Hoedajanto 2006)

Bangunan gedung tingkat tinggi (*High rise building*) menjadi tren di Indonesia, Khususnya di kota-kota besar seperti Jakarta, Bandung, dan Surabaya dll. Secara struktural, sistem struktur yang sering digunakan dalam perencanaan gedung tingkat tinggi adalah sistem struktur rangka (kolom dan balok), sistem struktur dinding geser dan kombinasi dari keduanya (sistem ganda) , sesuai dengan kebutuhan dan keterbatasan dari tiap sistem.

Kolom sebagai komponen struktur mempunyai tugas utama yaitu menyangga beban aksial tekan vertikal. Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan kepondasi. Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban gravitasi seperti beban hidup (manusia dan barang- barang) dan beban mati yang memberikan dominasi gaya aksial pada kolom, serta beban lateral (beban gempa dan beban angin). Oleh karena itu, kapasitas dan deformasi kolom sangatlah bergantung akan interaksi aksial dan momen. Secara teoritis, beban aksial yang bekerja pada kolom akan mengurangi kemampuan deformasi yang dimiliki oleh kolom saat menerima gaya lateral.

Pada bangunan gedung tingkat tinggi, kolom-kolom pada lantai dasar menerima gaya aksial yang sangat besar daripada lantai-lantai di atasnya, namun dalam proses merencanakannya sesuai (SNI 2847 2013) belum memperhitungkan faktor gaya aksial yang besar tersebut terhadap deformasi kolom dalam menahan gaya lateral. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, persyaratan terbaru (ACI Committee 318 2014), yang akan dijadikan acuan dalam SNI 2847 berikutnya, menambahkan persyaratan kebutuhan tulangan pengekekang (*confinement*) kolom. ACI 318M-14 telah memperhitungkan pengaruh besarnya gaya aksial dan pendetailan kait seismic (*seismic hook*) dari tulangan sengkang dan tulangan silang (*cross ties*) terhadap tulangan longitudinal. Persyaratan perumusan ini bertujuan untuk memastikan kolom-kolom dengan gaya aksial yang besar masih dapat memiliki kemampuan deformasi yang diinginkan atau bersifat duktail.

Sistem struktur bangunan gedung yang sering digunakan pada pembangunan gedung di Indonesia pada umumnya menggunakan sistem struktur ganda dan sistem struktur rangka pemikul momen. Sistem struktur ganda diantaranya merupakan kombinasi sistem struktur rangka pemikul momen dan dinding struktural atau dinding geser. Pada sistem struktur rangka pemikul momen terdapat tiga jenis yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Pada perencanaan Tugas Akhir ini digunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRMPK). Pada sistem struktur rangka pemikul momen khusus ada bagian elemen-elemen struktur yang mengalami sendi-sendi plastis sebagai tempat untuk mendisipasikan beban gempa yang terjadi. Pada sistem struktur rangka pemikul momen khusus struktur akan mengalami perilaku inelastic yang diterima melalui pembentukan sendi-sendi plastis tersebut. Sistem rangka pemikul momen khusus mempunyai sifat fleksibilitas yang tinggi, sehingga mampu meredam gaya geser

sehingga gaya geser yang terjadi pada struktur akan berkurang, dan sistem ini juga mempunyai kapasitas yang tinggi untuk mendisipasikan beban gempa yang terjadi pada sendi-sendi plastis yang terbentuk pada ujung-ujung balok.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dihadapi dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini adalah :

1. Mengevaluasi parameter gaya aksial kolom, kuat tekan beton, kuat leleh tulangan pengekang, dan dimensi kolom, dalam merencanakan kebutuhan pengekangan sesuai ACI 318M-14.
2. Membandingkan perhitungan tulangan pengekangan (*Confinement*) ACI 318-11/(SNI 2847 2013) dengan peraturan ACI 318M-14
3. Bagaimana perhitungan dan perancangan penulangan struktur beton dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRMPK)

1.3 Tujuan

Tujuan dari penyusunan laporan tugas akhir ini adalah :

1. Mampu mengevaluasi parameter gaya aksial kolom, kuat tekan beton, kuat leleh tulangan pengekang, dan dimensi kolom, dalam merencanakan kebutuhan pengekangan sesuai ACI 318M-14
2. Mampu membandingkan perhitungan tulangan pengekangan (*Confinement*) ACI 318-11/(SNI 2847 2013) dengan peraturan ACI 318M-14
3. Mampu membuat perhitungan dan perencanaan penulangan struktur beton dengan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRMPK)

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Perencanaan ini membahas Struktur Atas (Kolom, Pelat, Balok, dan Tangga)
2. Perencanaan ini tidak membahas manajemen proyek,
3. Perencanaan ini tidak membahas arsitektural.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penyusunan laporan tugas akhir ini adalah :

1. Mampu memahami peraturan ACI 318M-14 sebagai acuan perencanaan bangunan beton (khususnya bangunan tinggi).
2. Sebagai referensi dalam mendesain tulangan pengekang (*confinement*) struktur beton bangunan tinggi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur (Sudarmoko 1996)

Tulangan pengekuat (*confinement*) pada elemen kolom memiliki fungsi penting untuk memberi perilaku yang daktail pada kolom (Lim, Haezer, and Wijaya 2013). Sebelumnya peraturan beton di Amerika Serikat (ACI 318-11 dan edisi sebelumnya) yang saat ini diaplikasikan sebagai peraturan beton di Indonesia (SNI 2847-2013). Pada seri ACI terbaru, yaitu ACI 318M-14, persamaan penentuan area tulangan pengekuat diperbarui dengan menambahkan faktor gaya aksial dan pengaruh kait (seismik atau bukan seismik) pada tulangan longitudinal kolom. Berikut disajikan beberapa persamaan penentuan area tulangan pengekuat dari ACI 318-11 :

1. ACI 318-11/(SNI 2847 2013) (dan edisi sebelumnya):

Rasio luas tulangan pengekuat ($A_{sh}/(s b_c)$) diambil yang terbesar diantara persamaan (a) dan (b):

$$\frac{A_{sh}}{s b_c} \geq 0.3 \frac{f_c'}{f_{yt}} \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \quad (a)$$

$$\frac{A_{sh}}{s b_c} \geq 0.09 \frac{f_c'}{f_{yt}} \quad (b)$$

dimana:

A_{sh} = kebutuhan area/luas tulangan pengekuat

s = spasi vertikal antar tulangan pengekuat

b_c = lebar kolom dari dihitung dari luar ke luar tulangan pengekuat

f_c' = kuat tekan beton

- f_{yt} = kuat leleh tulangan pengekang dan dibatasi ≤ 700 MPa
 A_g = luas bruto beton
 A_{ch} = luas beton terkekang (dihitung dari luar ke luar tulangan pengekang)

2. ACI 318M-14:

Pada edisi terbaru ACI 318M-14, ACI mulai memasukkan pengaruh gaya aksial, pengaruh beton mutu tinggi, dan kait seismik ke dalam rumus penentuan rasio tulangan pengekang seperti yang ditunjukkan sebagai berikut:

a. Untuk Kondisi $P_u \leq 0.3 A_g f'_c$ dan $f'_c \leq 70$ MPa

Diambil nilai terbesar antara persamaan (a) dan (b)

b. Untuk Kondisi $P_u > 0.3 A_g f'_c$ atau $f'_c > 70$ MPa

Diambil nilai terbesar antara persamaan (a) dan (b) dan (c)

$$\frac{A_{sh}}{s b_c} \geq 0.2 k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} \quad (c)$$

dimana

P_u = gaya aksial terfaktor

k_f = faktor kuat tekan beton $\left(\frac{f'_c}{175} + 0.6 \geq 1.0 \right)$

k_n = faktor keefektifan pengekang $\left(\frac{n_l}{n_l - 2} \right)$

n_l = jumlah tulangan longitudinal yang terkekang lateral (kait 135°/sudut)

2.2 Daktilitas dan Tulangan Transversal

Sudah menjadi hal yang umum di kalangan komunitas perencana struktur bahwa tulangan transversal pada kolom mempunyai tiga fungsi, yaitu (1) Sebagai tulangan geser, (2) Menahan tekuk pada tulangan longitudinal ketika mengalami tekan; dan (3) Mengekang inti beton pada kolom. Untuk elemen struktu yang terkena gaya geser, metode truss mechanism digunakan untuk menghitung kontribusi gaya geser yang diberikan oleh tulangan transversal. Ada atau tidaknya kontribusi beton ketika menahan geser, tulangan transversal akan dibutuhkan untuk

menahan sebagian atau seluruhnya dari desain gaya geser. Pada penelitian kali ini kebutuhan tulangan transversal untuk menahan gaya geser tidak akan dibahas.

Tekuk pada tulangan longitudinal pada saat menahan tekan dapat membatasi kinerja kolom yang mengalami beban gempa. Sehingga, penahan lateral dari tulangan longitudinal yang diberikan oleh tulangan transversal menjadi sebuah parameter di dalam desain kolom beton bertulang. Oleh karena itu jarak tulangan lateral pada ujung – ujung kolom beton bertulang, khususnya di tempat terjadinya sendi plastis, merupakan hal yang penting untuk mengurangi tekuk pada tulangan tekan. Akan tetapi pada penelitian kali ini tidak akan dibahas desain tulangan lateral sebagai penahan tekuk pada tulangan longitudinal.

Luas penampang, spasi dan orientasi dari tulangan lateral juga memainkan peran penting pada tingkat keefektifan dari tulangan transversal untuk mengekang inti beton pada kolom. Hubungan antara daktilitas dari kolom beton bertulang dan tulangan transversal sangat tergantung dari gaya pengekangan yang diberikan tulangan transversal. Oleh karena itu gaya pengekangan yang diberikan tulangan transversal akan menjadi fokus pada penelitian kali ini.

Penelitian penggunaan kait dengan sudut 90^0 pada tulangan pengekang kolom persegi mulai banyak dilakukan sejak tahun 1985. Beberapa hasil penelitian penting terkait penggunaan tulangan pengekang dengan kait 90^0 berikut memberikan gambaran perkembangan penelitian tulangan pengekang pada kolom.

(Rabbat et al. 1986) menggunakan benda uji beton normal dengan pembebanan siklis melaporkan bahwa penggunaan pengikat silang dengan kait 135^0 dan 90^0 memberikan hasil yang cukup memuaskan dalam mengekang inti beton khususnya untuk level beban aksial rendah, degradasi kekuatan terjadi pada beban aksial yang tinggi.

2.3 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen (SRPM) adalah sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur balok, kolom, dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. SRPM dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- a. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) : Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan untuk bangunan yang dikenakan maksimal KDS B.
- b. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) : Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas sedang dan dapat digunakan untuk bangunan yang dikenakan maksimal KDS C.
- c. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) : Sistem ini memiliki tingkat daktilitas penuh dan harus digunakan untuk bangunan yang dikenakan KDS D, E, dan F

2.4 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

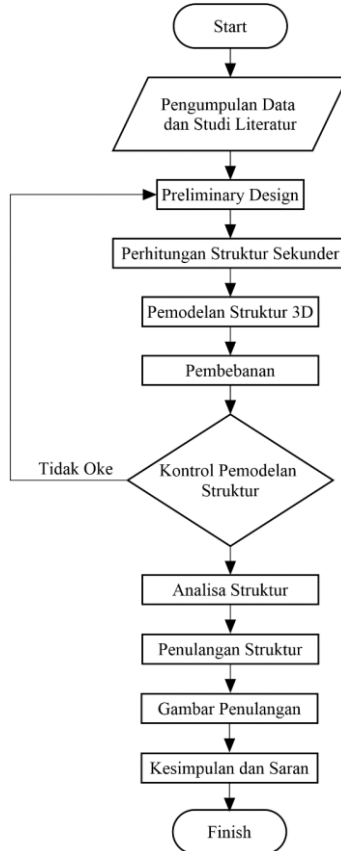
Sistem rangka pemikul momen mempunyai elemen-elemen struktur yang dirancang untuk mendisipasikan beban gempa dan juga ada yang dirancang tidak untuk mendisipasikan beban gempa yang terjadi baik beban gempa rencana atau yang lebih besar.

Pada sistem struktur rangka pemikul momen khusus (SRPMK) ada bagian elemen-elemen struktur yang mengalami sendi-sendi plastis sebagai tempat untuk mendisipasikan beban gempa yang terjadi. Pada sistem struktur rangka pemikul momen khusus, struktur akan mengalami perilaku inelastik yang diterima melalui pembentukan sendi-sendi plastis tersebut. Sistem rangka pemikul momen khusus mempunyai sifat fleksibilitas yang tinggi, sehingga mampu meredam gaya geser sehingga gaya geser yang terjadi pada struktur akan berkurang, dan sistem ini juga mempunyai kapasitas yang tinggi untuk mendisipasikan beban gempa yang terjadi pada sendi-sendi plastis yang terbentuk pada ujung-ujung balok

BAB III METODOLOGI

Tugas akhir ini membahas implikasi dari persyaratan ACI 318M-14 terhadap kebutuhan tulangan pengekang berdasarkan studi parametrik pada beberapa gedung fiktional. Adapun, parameter yang dibahas ialah bentuk denah, dimensi kolom, kuat tekan beton, dan kuat leleh baja tulangan sengkang.

3.1 Bagan Alur Perencanaan



Gambar 3. 1 Bagan Alur Perencanaan Tugas Akhir

3.2 Data Studi Parametrik Gedung Fiksional

Adapun Parameter/*Variabel* untuk menentukan implikasi dari persyaratan ACI 318M-14 adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Parameter/*Variabel* Studi Parametrik

No	Parameter/ <i>Variabel</i> Study Parametrik		
1	Gaya Aksial Kolom (P_u)	$P_u \leq 0.3 A_g f'_c$	$P_u > 0.3 A_g f'_c$
2	Dimensi Kolom (A_g)	Dimensi Sesuai Preliminary	Dimensi Pembesaran Kolom
3	Kuat Tekan Beton (f'_c)	30 MPa	70 MPa
4	Kuat Leleh Tulangan Pengekang (f_{yt})	400 MPa	700 MPa

3.3 Preliminary Design

Preliminary design adalah desain awal atau estimasi jenis, mutu, serta dimensi material yang akan digunakan untuk membentuk struktur bangunan. Dimensi material dalam gedung ini meliputi balok , dinding dan pelat. Penentuan dimensi inilah yang akan digunakan untuk tahapan perencanaan selanjutnya.

3.4 Pembebanan

Dalam perencanaan bangunan ada beberapa jenis beban yang harus ditinjau yaitu:

3.5.1 Beban Mati

Beban Mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, kleding gedung dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan layanan terpasang lain. (SNI 1727-2013, Pasal 3.1.1).

3.5.2 Beban Hidup

Beban Hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban

angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati (SNI 1727-2013, Pasal 4.1). Untuk beban hidup gedung ini berdasarkan SNI 1727-2013 pasal 4.1.

3.5.3 Beban Angin

Bangunan dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan seluruh komponen dan klading gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut Pasal 26 sampai Pasal 31. Ketentuan dalam pasal ini mendefinisikan parameter angin dasar untuk digunakan dengan ketentuan lain yang terdapat dalam standar ini (SNI 1727-2013, Pasal 26.1.1)

3.5.4 Beban Gempa

a. Gempa Rencana

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 4.1.1 Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 persen (Gempa 2500 tahun).

b. Perhitungan Gempa

1. Menentukan Faktor Keutamaan (Ie)

Faktor keutamaan gedung ini sesuai SNI 1726-2012 termasuk kategori resiko II dan berdasarkan table 2.1 didapatkan faktor keutamaan (Ie) =1

Tabel 3. 2 Kategori Resiko Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Semua gedung dan struktur lain ,kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:	
- Perumahan	
- Rumah toko dan rumah kantor	
- Pasar	
- Gedung perkantoran	II
- Gedung apartemen/ rumah susun	
- Pusat perbelanjaan/ mall	
- Bangunan industry	

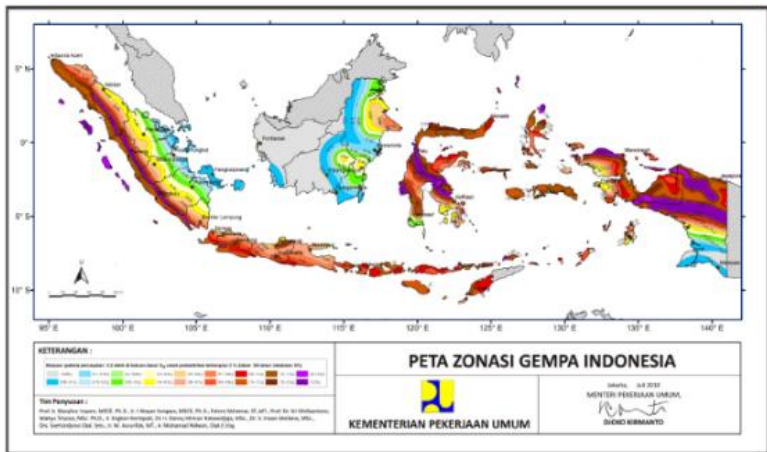
-
- Fasilitas manufaktur
 - Pabrik
-

Tabel 3. 3. Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa I_e
I atau II	1,00
III	1,25
IV	1,50

2. Menghitung parameter percepatan tanah (S_s , S_1)

Percepatan tanah S_s dan S_1 diperoleh berdasarkan peta *Hazard* Gempa Indonesia 2010. Dengan percepatan S_s dan S_1 untuk probabilitas terlampaui 2 % dalam 50 tahun. Berikut penentuan nilai S_s dan S_1 berdasarkan gambar 2.1 dan 2.2 berikut:



Gambar 3. 2. Peta respon spektra percepatan 0,2 detik (S_s) di batuan dasar (S_b) untuk probabilitas terampai 2% dalam 50 tahun



Gambar 3. 3. Peta respon spektra percepatan 1,0 detik (S_1) di batuan dasar (S_b) untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun.

3. Menentukan klasifikasi situs

Klasifikasi situs tanah ditentukan berdasarkan SNI 1726-2012 dengan menggunakan nilai rata-rata SPT (\bar{N}_{SPT}). Berikut rumus perhitungan rata-rata SPT dan klasifikasi situs pada tabel 2.3

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n_i}} \quad (1)$$

Tabel 3. 4. Klasifikasi Situs.

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuankeras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (Tanah Sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
	<175	<15	<50

SE (Tanah Lunak)	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik 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 sensitif, 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 $\bar{s}_u < 50$ kPa

4. Menentukan factor koefisien situs dan parameter respon (F_a, F_v, S_{ms}, S_{m1}) berdasarkan SNI 1726-2012.

$$S_{ms} = F_a \cdot S_s \quad (2)$$

$$S_{m1} = F_v \cdot S_1 \quad (3)$$

Dimana nilai F_a dan F_v ditentukan berdasarkan pada tabel 2.4 dan tabel 2.5 sesuai SNI- 1726-2012

Tabel 3. 5. Koefisien Situs F_v

Kelas Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=1$ detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 \leq 0,2$	$S_1 \leq 0,3$	$S_1 \leq 0,4$	$S_1 \leq 0,5$
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	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

Catatan : untuk nilai-nilai antara Ss dapat dilakukan interpolasi

Tabel 3. 6. Koefisien Situs Fa

Kelas Situs	Parameter Respon Spektral Percepatan Gempa (MCE _R) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik, Ss				
	S ₁ ≤ 0,25	S ₁ ≤ 0,50	S ₁ ≤ 0,75	S ₁ ≤ 1,00	S ₁ ≤ 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	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

Catatan : untuk nilai-nilai antara S1 dapat dilakukan interpolasi

5. Menghitung parameter percepatan desai (S_{D1}, S_{DS}) sesuai SNI 1726-2012 Pasal 6.3

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{ms} \quad (4)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{m1} \quad (5)$$

6. Menentukan kategori desain seismic (KDS)

Kategori desain seismic sesuai SNI 1726-2012 pasal 6.5 dibawah ini, digunakan untuk menentukan jenis rangka pemikul momen yang digunakan.

Tabel 3. 7. Kategori Resiko

Nilai S _{DS}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
S _{DS} < 0,167	A	A
0,167 ≤ S _{DS} < 0,33	B	C

$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \geq S_{DS}$	D	D

7. Menghitung Respon Spektrum Desain

Berdasarkan SNI 1726-2012, kurva respon spektrum mengikuti ketentuan dibawah ini :

- Untuk $T < T_0$, Spektrum respons percepatan desain (S_a), harus diambil dari persamaan:

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

- Untuk $T \geq T_0$ dan $T \leq T_s$, nilai $S_a = S_{ds}$
- Untuk perioda lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{d1}}{T} \quad (7)$$

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{d1}}{S_{ds}} \quad (8)$$

$$T_s = \frac{S_{d1}}{S_{ds}} \quad (9)$$

3.5.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan sesuai dengan ACI 318M-14 pasal 5.3.1 adalah sebagai berikut.

Tabel 3. 8. Tabel Kombinasi Beban Ultimate

No	Load combination	Primary Load
1	$U = 1,4D$	D
2	$U = 1,2D+1,6L+0,5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$	L
3	$U = 1,2D+1,6(L_r \text{ or } S \text{ or } R)+(1,0L \text{ or } 0,5W)$	$L_r \text{ or } S \text{ or } R$
4	$U = 1,2D+1,0W+1,0L+0,5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$	W
5	$U = 1,2D+1,0E+1,0L+0,2S$	E
6	$U = 0,9D+1,0W$	W
7	$U = 0,9D+1,0E$	E

Keterangan :

- U : Beban Ultimate
 D : Beban Mati
 L : Beban Hidup
 W : Beban Angin
 E : Beban Gempa
 S : Beban Salju

3.5 Pemodelan Struktur

Analisa struktur utama menggunakan SAP 2000 v14.2.2 untuk mendapatkan reaksi-reaksi dan gaya dalam yang terdapat pada struktur rangka utama. Pada analisa ini digunakan pembebanan gempa dinamik, sehingga menggunakan analisa respons dinamik sesuai ketentuan SNI 1726:2012

3.6 Perencanaan Struktur Sekunder

3.7.1 Perencanaan Pelat

3.7.1.1 Perencanaan ketebalan pelat

Untuk memenuhi syarat lendutan, ketebalan minimum dari pelat harus memenuhi persyaratan ACI 318M-14 Pasal 8.3.1.1 Tebal minimum pelat tanpa balok yang menghubungkan tumpuan-tumpuan dan yang mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari dua harus memenuhi ketentuan pada Tabel :

Tabel 3. 9. Tebal Minimum pelat Tanpa Balok Interior

fy, MPa [2]	Without drop panels ^[3]			With drop panels ^[3]		
	Exterior panels		Interior panels	Exterior panels		Interior panels
	Without edge beams	With edge beams ^[4]		Without edge beams	With edge beams ^[4]	
280	ℓ _n /33	ℓ _n /36	ℓ _n /36	ℓ _n /36	ℓ _n /40	ℓ _n /40
420	ℓ _n /30	ℓ _n /33	ℓ _n /33	ℓ _n /33	ℓ _n /36	ℓ _n /36
520	ℓ _n /28	ℓ _n /31	ℓ _n /31	ℓ _n /31	ℓ _n /34	ℓ _n /34

^[2] Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam table, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.

^[3] Panel drop didefinisikan dalam Pasal 8.2.4

^[4] Pelat dengan balok diantara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterioi. Nilai α_f untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8, nilai α_f didefinisikan dalam Pasal 8.10.2.7

Tebal pelat minimumnya harus memenuhi ketentuan pada ACI 318M-14 pasal 8.3.1.2 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :

- a. Untuk $\alpha_{fm} \leq 0.2$ menggunakan pasal 8.3.1.1
- b. Untuk $0.2 < \alpha_{fm} < 2$ ketebalan minimum plat tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{l_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0.2)} \quad (10)$$

Dan tidak boleh kurang dari 125 mm

- c. Untuk $\alpha_{fm} \geq 0.2$ ketebalan pelat harus memenuhi :

$$h = \frac{l_n \left(0.8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0.2)} \quad (11)$$

Dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

Untuk nilai α_{fm} didapatkan dari rumus berikut:

Rasio kekakuan balok terhadap plat diatur pada ACI 318M-14 pasal 8.10.2.7

$$\alpha_{fm} = \frac{E_{beam} \cdot I_{beam}}{E_{slab} \cdot I_{slab}} \quad (12)$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} \quad (13)$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3 \quad (14)$$

$$I_{balok} = Ly \times \frac{(hf)^3}{12} \quad (15)$$

Dimana nilai K adalah:

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right) \times \left[4 - 6\left(\frac{h_f}{h_w}\right) + 4\left(\frac{h_f}{h_w}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right) \times \left(\frac{h_f}{h_w}\right)} \quad (16)$$

Untuk mencari lebar flens pada balok tengah adalah sebagai berikut:

Nilai be:

$$be = bw + 2(hw - hf) \quad (17)$$

$$be = bw + 8hf \quad (18)$$

Dimana :

l_n = Panjang bentang bersih pada arah memanjang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka kemuka tumpuan pada pelat tanpa balok

f_y = Tegangan leleh

β = Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat

α_{fm} = Nilai rata – rata dari α untuk sebuah balok pada tepi dari semua panel

α = Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur dari pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis panel yang bersebelahan pada tiap sisi balok.

S_n = Panjang bentang bersih pada arah melintang dari konstruksi dua arah, yang diukur dari muka ke muka tumpuan pada plat tanpa balok

B = Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah melintang dari plat

be = Lebar efektif plat

bw = Lebar balok

hf = Tinggi plat

hw = Tinggi balok

3.7.1.2 Pembebanan Pelat

1. Beban Mati

Beban mati pada pelat terdiri dari berat sendiri pelat, spesi, keramik, plafond, penggantung, aspal, dan ducting plumbing sesuai SNI 1727:2013

2. Beban Hidup

Beban hidup pada tangga ditentukan berdasarkan SNI 1727-2013 Pasal 4.5

3. Kombinasi Beban

Pada Pembebanan pelat didapatkan berat dari beban mati dan beban hidup. Karena struktur sekunder tidak menerima beban gempa maka kombinasi dari tangga memakai kombinasi 1,2D+1,6L

3.7.1.3 Analisa gaya dalam

Pada analisa gaya dalam pelat lantai, dan pelat atap digunakan prosedur perhitungan sesuai ACI 318M-14 pasal 8.10.3. prosedur ini didapatkan momen momen yang bekerja pada pelat lantai dan pelat atap.

3.7.1.4 Perhitungan penulangan pelat lantai

1. Perhitungan penulangan pada pelat lantai

$$a \quad d = hf - \text{decking} - \frac{1}{2} \text{Øtul. utama} \quad (19)$$

$$b \quad M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (20)$$

(ACI 318M-14, Pasal 8.5.1.1)

$$c \quad R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \quad (21)$$

$$d \quad m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \quad (22)$$

(Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a)

$$e \quad \rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right) \quad (23)$$

(Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a)

$$f \quad \rho_{\min} = 0,0020 \text{ untuk } D < 420 \text{ MPa} \quad (24)$$

(ACI 318M-14, Pasal 7.6.1.1)

$$g \quad \rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c' \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \quad (25)$$

$$h \quad \rho_{\max} = 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \quad (26)$$

$$i \quad A_s_{\text{Perlu}} = p_{\text{perlu}} \times 1000 \times d \quad (27)$$

$$j \quad \rho_{\text{pakai}} = 1,3 \times \rho_{\text{perlu}} \text{ (Jika } p_{\text{perlu}} < p_{\min} \text{ maka } p_{\text{perlu}} \text{ dinaikkan } 30\% \text{)} \quad (28)$$

$$k \quad A_s = \rho_{\text{perlu}} \times 1000 \times d \quad (29)$$

2. Kontrol Jarak Spasi Tulangan

Berdasarkan ACI318M-14 Pasal 8.7.2

$$S_{\max} < 2h \text{ atau } 450 \text{ mm} \quad (30)$$

Keterangan :

- h = Tinggi pelat
- S_{\max} = Jarak maksimum tulangan

3.7.2 Perencanaan Tangga

3.7.2.1 Perencanaan dimensi tangga

Merencanakan dimensi anak tangga dan bordes.
Merencanakan dimensi injakan dan tanjakan dengan persyaratan :

$$0,6 \leq (2t + i) \leq 0,65 \quad (31)$$

(meter)

Dimana :

t = tanjakan ≤ 25 cm

i = injakan dengan $25 \text{ cm} \leq i \leq 40 \text{ cm}$ dan maksimal sudut tangga 40°

3.7.2.2 Pembebanan tangga

1. Beban Mati

Beban mati pada tangga terdiri dari berat sendiri tangga/bordes, anak tangga, spasi, susuran, dan keramik sesuai SNI 1727:2013

2. Beban Hidup

Beban hidup pada tangga ditentukan berdasarkan SNI 1727-2013 Pasal 4.5

3. Kombinasi Beban

Pada Pembebanan didapatkan berat dari beban mati dan beban hidup. Karena struktur sekunder tidak menerima beban gempa maka kombinasi dari tangga memakai kombinasi $1,2D+1,6L$

3.7.2.3 Analisa gaya dalam tangga

Pada proses analisa struktur tangga, perhitungan dengan menggunakan mekanika teknik statis dengan permisalan sendi-rol, dengan pembebanan tangga dan output.

3.7.2.4 Penulangan struktur tangga

Penulangan pada pelat anak tangga dan pelat bordes menggunakan perhitungan sesuai dengan perhitungan penulangan pelat.

3.7.3 Perencanaan Balok Anak, Balok Lift, dan Balok Bordes

3.7.3.1 Perencanaan Dimensi Balok Anak, Balok Lift, dan Balok Bordes

Untuk menentukan tinggi balok menggunakan ACI 318M-14 Pasal 9.3.1.1

- Komponen struktur balok atau pelat rusuk satu-arahkedua ujung menerus untuk perencanaan tebal minimum (h) menggunakan $L/21$.
- Apabila kuat leleh lentur (f_y) selain 420 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (h) harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

3.7.3.2 Pembebanan Balok Anak, Balok Lift, dan Balok Bordes

Untuk pembebanan balok anak digunakan ketentuan sesuai SNI 1727:2013 dimana ada berat sendiri balok, beban dinding, dan berat distribusi beban dari pelat yang meliputi beban mati pelat dan beban hidup pelat.

Untuk pembebanan balok lift sumber yang digunakan diperoleh dari brosur. Reaksi Beban Terpusat, Berdasarkan SNI 1727-2013 Pasal 4.6.3 beban mesin yang bergerak maju mundur atau unit tenaga-driven, meningkat sebesar 50%.

Pada Pembeban Balok anak dan balok lift didapatkan berat dari beban mati dan beban hidup. Karena struktur sekunder tidak menerima beban gempa maka kombinasi balok anak dan balok lift memakai kombinasi 1,2D+1,6L.

3.7.3.3 Analisa Gaya Dalam Balok Anak, Balok Lift, dan Balok Bordes

Pada proses analisa struktur tangga, perhitungan dengan menggunakan mekanika teknik statis dengan permisalan sendi-sendi.

3.7.3.4 Penulangan Balok Anak, Balok Lift, dan Balok Bordes

1. Perhitungan Tulangan Lentur

- Merencanakan f_y , f_c' , d , dan d'
- Menghitung kebutuhan tulangan pada balok (tulangan lentur tunggal):

$$a \quad d = hf - \text{decking} - \frac{1}{2} \text{Øtul. utama} \quad (32)$$

$$b \quad M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (33)$$

(ACI 318M-14, Pasal 9.5.1.1)

$$c \quad R_n = \frac{M_n}{bd^2} \quad (34)$$

$$d \quad m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \quad (35)$$

(Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a)

$$e \quad \rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right) \quad (36)$$

(Wang, C. Salmon hal.55 pers 3.8.4.a)

$$f \quad P_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} \quad \text{dan} \quad \rho_{\text{min}} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} \quad \text{mana} \quad (37)$$

yang lebih besar

(ACI 318M-14, Pasal 9.6.1.2)

$$g \quad \rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (38)$$

$$h \quad \rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_{\text{balance}} \quad (39)$$

$$i \quad A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \quad (40)$$

Bila $\rho_{\text{perlu}} > \rho_{\text{max}}$, dimensi balok diperbesar atau menggunakan tulangan rangkap

- Perhitungan Tulangan Lentur Rangkap
 - a. Menentukan momen tumpuan dan lapangan pada balok yang diperoleh dari program bantu SAP 2000.
 - b. Menghitung Mn
 - c. Menghitung Xb (garis netral dalam kondisi balanced)

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} d \quad (41)$$

- d. Menghitung Xr (garis netral rencana)

$$X_r \leq 0.75 X_b \quad (42)$$

- e. Menghitung Asc

$$A_{sc} = \frac{0.85 \beta_1 f_c' b X_r}{f_y} \quad (43)$$

- f. Menghitung Mnc

$$M_{nc} = A_{sc} f_y \left(d - \frac{\beta_1 X_r}{2} \right) \quad (44)$$

- g. Menghitung Mn-Mnc

- Bila $M_n - M_{nc} > 0$ perlu tulangan tekan
- Bila $M_n - M_{nc} < 0$ tidak perlu tulangan tekan

- h. Bila memerlukan tulangan tekan, menghitung

$$C_s' = T_2 = \frac{M_n - M_{nc}}{d - d''} \quad (45)$$

- i. Menghitung Kondisi tulangan tekan

- $f_s' = \left(1 - \frac{d''}{X_r} \right) 0.003 * E_s \geq f_y \Rightarrow$ tulangan tekan leleh

$$f_s' = f_y$$

$$- \quad f_s' = \left(1 - \frac{d''}{Xr}\right) 0.003 * E_s < f_y \Rightarrow \text{tulangan tekan tidak leleh } f_s' = f_s'$$

j. Menghitung tulangan tekan dan tarik perlu

$$A_s' = \frac{C_s'}{(f_s' - 0.85 f_c')} \quad (\text{Tulangan Tekan}) \quad (46)$$

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y} \quad (\text{Tulangan Tarik}) \quad (47)$$

k. Menghitung tulangan perlu

$$A_s = A_{sc} + A_{ss} \quad (48)$$

$$A_s = A_s' \quad (49)$$

l. Menghitung kapasitas momen balok

$$M_n = (A_s - A_s') f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) + A_s' f_y (d - t') \quad (50)$$

m. Kontrol jarak antar tulangan.

Berdasarkan *ACI 318M-14 pasal 25.2.1* jarak antar tulangan tidak boleh < 25 mm

$$s = \frac{bw - (2 \times \text{decking}) - (2 \times \emptyset_{\text{tul.sengkang}}) - (n \times D_{\text{tul.utama}})}{n-1} > 25 \text{ mm} \quad (51)$$

n. Kontrol kekuatan sesuai *ACI 318M-14 pasal 9.5.1.1*

$$\emptyset M_n \geq M_u \quad (52)$$

2. Perhitungan tulangan geser

Berdasarkan *ACI 318M-14 Pasal 22.5.5.1* nilai V_c adalah:

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d$$

Kuat geser tulangan geser

$$V_s \text{ min} = 0,33 \cdot bw \cdot d$$

$$V_s \text{ max} = 0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d$$

Perhitungan kondisi geser sebagai berikut :

- Kondisi 1 (tidak memerlukan tulangan geser)

$$V_u \leq 0.5 \emptyset V_c \quad (53)$$

- Kondisi 2 (memerlukan tulangan geser minimum)

$$0.5 \emptyset V_c \leq V_u \leq \emptyset V_c \quad (54)$$

$$\text{Luas tulangan geser minimum} = A_v = \frac{b_w \times s}{3 f_y}$$

$$\text{Syarat jarak tulangan geser} = S_{\max} \leq \frac{d}{2} \leq 60 \text{ cm}$$

- Kondisi 3 (perlu tulangan geser minimum)

$$\emptyset V_c \leq V_u \leq (\emptyset V_c + \emptyset V_{s_{\min}}) \quad (55)$$

$$\text{Luas tulangan geser minimum} = A_v = \frac{b_w \times s}{3 f_y}$$

$$\text{Syarat jarak tulangan geser} = S_{\max} \leq \frac{d}{2} \leq 60 \text{ cm}$$

- Kondisi 4 (Perlu tulangan geser)

$$(\emptyset V_c + \emptyset V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \emptyset \left(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b_w d \right) \quad (56)$$

Beban geser yang harus dipikul oleh tulangan

$$\emptyset V_s \text{ perlu} = V_u - \emptyset V_c \quad (57)$$

$$\text{Luas tulangan geser minimum} = A_v = \frac{V_s \times s}{f_y d}$$

$$\text{Syarat jarak tulangan geser} = S_{\max} \leq \frac{d}{2} \leq 60 \text{ cm}$$

- Kondisi 5 (Perlu tulangan geser)

$$\emptyset \left(V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} b_w d \right) \leq V_u \leq \emptyset \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} b_w d \right) \quad (58)$$

Beban geser yang harus dipikul oleh tulangan

$$\emptyset V_s \text{ perlu} = V_u - \emptyset V_c$$

$$\text{Luas tulangan geser minimum} = A_v = \frac{V_s \times s}{f_y d}$$

$$\text{Syarat jarak tulangan geser} = S_{\max} \leq \frac{d}{4} \leq 30 \text{ cm}$$

- Kondisi 6 (Perbesar Penampang)

$$V_s > 2 V_{s \text{ max}} \quad (59)$$

3.7 Perencanaan Struktur Primer

3.8.1 Perencanaan Balok Induk

3.8.1.1 Perencanaan Dimensi Balok Induk

Untuk menentukan tinggi balok menggunakan ACI 318M-14 Pasal 9.3.1.1

- Komponen struktur balok dua tumpuan sederhana untuk perencanaan tebal minimum (h) menggunakan $L/16$.
- Apabila kuat leleh lentur (f_y) selain 420 Mpa, hasil nilai perencanaan tebal minimum (h) harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

3.8.1.2 Analisa Gaya dalam

Perhitungan Momen, Geser, dan Torsi pada balok menggunakan program SAP 2000.

3.8.1.3 Perhitungan Penulangan Balok

1. Perhitungan Tulangan Lentur

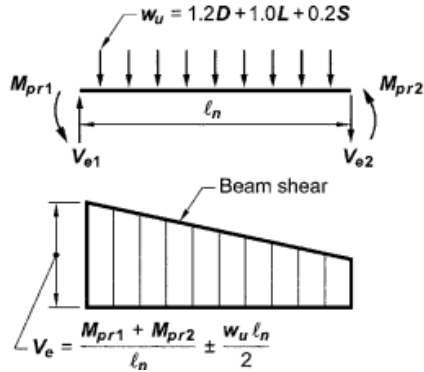
Perhitungan tulangan lentur untuk balok induk diperhitungkan sesuai prosedur perhitungan tulangan balok anak, balok lift, dan balok bodes

2. Perhitungan tulangan geser

Gaya geser desain, V_e , harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka-muka joint. Momen-momen dengan tanda berlawanan dengan kuat lentur maksimum, M_{pr} , harus dianggap bekerja pada muka-muka tumpuan, dan komponen struktur tersebut dibebani dengan beban gravitasi terfaktor disepanjang bentangnya.

Langkah-langkah perencanaan tulangan geser balok :

- a. Menentukan nilai f_c' , f_y , diameter sengkang, dan V_g
- b. Menghitung momen tumpuan:



Gambar 3. 4. Gaya Lintang Rencana Pada Balok Untuk SRPMK

- Momen Tumpuan Kiri

$$M_{pr1} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (60)$$

- Momen Tumpuan Kanan

$$M_{pr2} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (61)$$

- Menghitung reaksi di ujung-ujung balok

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u l_n}{2} \quad (62)$$

Dimana :

$$a = \frac{a_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \quad (63)$$

V_e : gaya geser desain

M_{pr1} : momen ujung negatif tumpuan kiri

M_{pr2} : momen ujung negatif tumpuan kanan

W_u : beban gravitasi (1,2D+1,0L) yang didapat dari program bantu SAP 2000

l_n : panjang bentang bersih balok

c. Menghitung kuat geser rencana (V_s)

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (64)$$

Dimana :

$V_c = 0$ (SNI 03-2847-2013 Pasal 21.5.4.2)

$V_u =$ gaya geser beton

$\phi =$ factor reduksi (untuk lentur diambil nilai = 0,75)

3. Perhitungan tulangan torsi (puntir)

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 22.7.4.1.(a) pengaruh punter pada struktur non-prategang dapat diabaikan bila nilai momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang dari :

$$T_u = \phi \times 0,083 \times \lambda \times \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \quad (65)$$

Tulangan yang dibutuhkan untuk menahan puntir (ACI 318M-14 pasal 9.5.1.1)

$$\phi T_n \geq T_u \quad (66)$$

Sedangkan tulangan sengkang yang dibutuhkan untuk menahan puntir (ACI 318M-14 pasal 9.5.1.1)

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yt}}{s} \text{ Cot } \theta \quad (67)$$

Dimana :

$T_u =$ momen puntir terfaktor pada penampang

$T_n =$ kuat momen puntir nominal

$A_{cp} =$ luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton

$P_{cp} =$ keliling luar penampang beton

4. Perhitungan panjang penyaluran tulangan

Berdasarkan ACI 318M-14 Pasal 25.4.2.2 Panjang penyaluran (ℓ_d), dinyatakan dalam diameter d_b . Nilai ℓ_d tidak boleh kurang dari 300 mm Untuk batang ulir atau kawat ulir, nilai ℓ_d harus diambil sebagai berikut :

Tabel 3. 10. Panjang Penyaluran Batang Ulir dan Kawat Ulir

<i>Spacing and cover</i>	<i>No. 19 and smaller bars and deformed wires</i>	<i>No. 22 and larger bars</i>
<i>Clear spacing of bars or wires being developed or lap spliced not less than d_b, clear cover at least d_b, and stirrups or ties throughout ℓ_d not less than the Code minimum</i>	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1\lambda\sqrt{f_c'}}\right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,7\lambda\sqrt{f_c'}}\right) d_b$
<i>or</i>		
<i>Clear spacing of bars or wires being developed or lap spliced at least $2d_b$ and clear cover at least d_b</i>		
<i>Other cases</i>	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1\lambda\sqrt{f_c'}}\right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1\lambda\sqrt{f_c'}}\right) d_b$

Dimana,

ℓ_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = diameter tulangan lentur yang dipakai

Ψ_t = faktor lokasi penulangan

ψ_e = faktor pelapis

Untuk batang tulangan ulir atau kawat ulir ℓ_d harus sebesar :

$$\ell_d = \left(\frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f_c'}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left(\frac{Cb + K_{tr}}{d_b}\right)} \right) d_b \quad (68)$$

Dimana ruas pengeangan $(Cb + K_{tr}) / d_b$ tidak boleh diambil lebih besar dari 2,5 dan :

$$K_{tr} = \frac{40 A_v}{sn} \quad (69)$$

Dimana n adalah jumlah batang tulangan atau kawat yang disambung atau disalurkan sepanjang bidang pembelahan.

Diizinkan untuk menggunakan $K_{tr} = 0$ sebagai penyederhanaan desain meskipun terdapat tulangan transversal.

3.8.1.4 Ketentuan-Ketentuan Perhitungan Balok Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (ACI 318M-14 Pasal 18.6)

1. Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur lentur dibatasi maksimum $0,1A_g f'_c$
2. Batas Ukuran
 - (a) Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya.
 - (b) Perbandingan lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari 0,3 dan 250 mm
 - (c) Melebihi lebar komponen struktur pendukung (diukur pada bidang tegak lurus terhadap sumbu longitudinal komponen struktur lentur) ditambah jarak pada tiap sisi komponen struktur pendukung yang tidak melebihi $3/4$ tinggi komponen struktur lentur.
3. Masing-masing luas tulangan atas dan bawah harus lebih besar dari luas tulangan minimum yang dipersyaratkan yaitu $1,4bwd/f_y$, dan rasio tulangan, ρ , tidak boleh melebihi 0,025. Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah.
4. Luas tulang momen positif $\geq 1/2$ Luas tulangan momen pada muka joint , Baik luas tulangan momen negatif /positif $\geq 1/4$ Luas momen maksimum di sepanjang panjang komponen struktur..
5. Sambungan lewatan tulangan lentur diizinkan hanya jika tulangan sengkang atau spiral disediakan sepanjang panjang sambungan. Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung lewatan tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari $d/4$ dan 100 mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan:
 - (a) Dalam joint;

- (b) Dalam jarak dua kali tinggi komponen struktur dari muka joint; dan
 - (c) Bila analisis menunjukkan pelelehan lentur diakibatkan oleh perpindahan lateral inelastis rangka.
6. Sengkang tertutup harus dipasang :
 - (a) Pada daerah hingga 2 kali tinggi balok diukur dari muka tumpuan.
 - (b) Di sepanjang daerah 2 kali tinggi balok pada kedua sisi dari suatu penampang yang berpotensi membentuk sendi plastis.
 7. Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b), dan (c):
 - (a) $d/4$;
 - (b) Enam kali diameter terkecil batang tulangan memanjang.
 - (c) 150 mm

3.8.2 Perencanaan Kolom

3.8.2.1 Perencanaan dimensi kolom

Dalam perencanaan dimensi kolom terdapat beberapa perencanaan, namun untuk tugas akhir ini perencanaan dimensi kolom telah ditetapkan sesuai studi kasus yaitu dengan beberapa dimensi dari mulai dimensi 60cm x 60cm, 80cm x 80cm, dan 100cm x 100cm.

3.8.2.2 Analisa Gaya dalam

Perhitungan Momen, Geser, dan Torsi pada balok menggunakan program SAP 2000.

3.8.2.3 Perhitungan penulangan kolom

- **Perhitungan tulangan lentur**

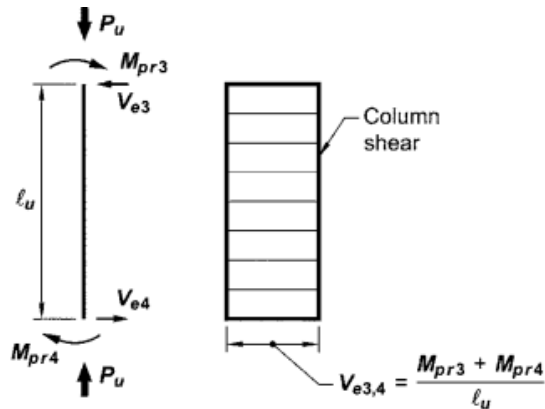
Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 18.7.4.1, luas tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari 0,01 A_g atau lebih dari 0,06

Ag. Untuk mendapatkan rasio tulangan kolom dan jumlah tulangan digunakan program PcaCol dengan cara trial error dengan memasukkan data perencanaan.

- **Perhitungan Penulangan Geser**

Langkah-langkah perencanaan tulangan geser kolom adalah sebagai berikut :

1. Menentukan nilai f_c' , f_y , dan diameter sengkang
2. Menghitung momen tumpuan pada kolom



Gambar 3. 5. Gaya Geser Desain Kolom SRMPK

- Momen tumpuan atas :

$$M_{pr3} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (71)$$

- Momen tumpuan bawah :

$$M_{pr4} = A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (72)$$

Dimana :

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \quad (73)$$

3. Menghitung reaksi di ujung-ujung kolom

$$V_e = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{\ell_u} \quad (74)$$

Dimana :

ℓ_u = panjang bentang bersih kolom

4. Menghitung kuat geser rencana

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad (75)$$

Dimana : $V_c = 0$

5. Untuk pengecekan kondisi tulangan geser pada kolom menggunakan prinsip perhitungan sama dengan pada penulangan geser balok.

3.8.2.4 Ketentuan-Ketentuan Perhitungan Kolom Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (ACI 318M-14 Pasal 18.7.5, 18.7.6,)

- (a) Gaya aksial terfaktor maksimum yang bekerja pada kolom harus melebihi $A_g \cdot f_c' / 10$.
- (b) Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm.
- (c) Rasio dimensi penampang tidak kurang dari 0,4.
- (d) Kuat kolom harus memenuhi $\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$.

Dengan:

- $hx = \frac{2}{3} hc$ = spasi horizontal maksimum kaki-kaki pengikat silang
 - Namun tidak boleh melebihi 150 mm, dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.
- (e) Tulangan Longitudinal
 A_{sh} tidak boleh kurang dari $0.01A_g$ atau lebih besar dari $0.06A_g$
 - (f) Tulangan Transversal
 - Panjang ℓ_o tidak boleh melebihi
 - a. Tinggi komponen struktur pada muka joint
 - b. 1/6 bentang bersih komponen struktur

- c. 450 mm
- Spasi tulangan transversal sepanjang panjang lo komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari :
 - a. 1/4 dimensi penampang kolom terkecil.
 - b. 6 kali diameter tulangan longitudinal.
 - c. So menurut persamaan :

$$S_0 \leq 100 + \frac{350 - h_x}{3} \quad (76)$$

3.8 Hubungan Balok-Kolom (HBK)

1. Untuk beton berat normal, nilai V_n joint tidak boleh lebih besar dari nilai:

- Untuk Joint yang terkekang oleh pada empat sisi

$$1,7 \sqrt{f_c'} A_j$$

- Untuk joint yang terkekang oleh balok pada ketiga sisinya atau pada kedua sisi yang berlawanan

$$1,2 \sqrt{f_c'} A_j$$

- Untuk kasus – kasus lainnya

$$1,0 \sqrt{f_c'} A_j$$

2. Ketentuan-ketentuan HBK SRPMK Berdasarkan ACI 318M-14.

- Pasal 18.8.4 : Luas efektif balok dinyatakan dalam A_j
- Pasal 18.8.2.3 : Panjang joint yang diukur paralel terhadap tulangan lentur balok menyebabkan geser di joint sedikitnya 20 db longitudinal terbesar.
- Pasal 18.8.3.1: Harus ada tulangan confinement dalam joint.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Dimensi Desain

4.1.1 Umum

Preliminary desain merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung. Perencanaan awal dilakukan menurut peraturan yang ada. Preliminary desain yang dilakukan terhadap komponen struktur antara lain balok induk, balok anak, pelat, dan kolom.

4.1.2 Data-Data Perencanaan Struktur

Pada tugas akhir studi parametrik ini terdapat data- data yang digunakan untuk struktur gedung ini adalah beton bertulang dengan data-data sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Data -Data Perencanaan Struktur

Parameter	Denah 1	Denah 2
Type Bangunan	Apartemen	Apartemen
Lokasi Bangunan	Surabaya	Surabaya
Letak Bangunan	Jauh dari pantai	Jauh dari pantai
Panjang Bangunan	30 m	45 m
Lebar Bangunan	30 m	20 m
Tinggi Bangunan	80 m (20 lantai)	80 m (20 lantai)
Dimensi Kolom Persegi	0.6 m , 0.8 m , 1,0 m	0,6 m, 0,8 m , 1,0 m
Mutu Beton (fc')	30 MPa , dan 70 Mpa	30 MPa , dan 70 Mpa
Mutu Tulangan Longitudinal	400 MPa dan 700 MPa	400 MPa dan 700 MPa
Mutu Tulangan transversal	400 MPa dan 700 MPa	400 MPa dan 700 MPa

4.1.3 Perencanaan Dimensi Balok

Perencanaan dimensi balok bertujuan untuk memperkirakan lebar dan tinggi balok. Tebal minimum balok (h_{\min}) tanpa memperhitungkan lendutan ditentukan berdasarkan ACI318M-14 Pasal 9.3.1.1. Lebar balok diestimasikan berkisar antara 1/2 -2/3 tinggi balok.

$$h_{\min} = \left(\frac{L}{16} \right)$$

Untuk f_y selain 420 Mpa nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$. Jadi untuk mutu baja 400 Mpa perhitungannya sebagai berikut :

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

- **Balok Induk (BI), dan Balok Lift (BL)**

L = 500 cm

- a. **Tinggi Balok (h)**

$$h_{\min} = \left(\frac{500}{16} \right) \left(0,4 + \left(\frac{400}{700} \right) \right) = 30,4 \text{ cm}$$

Maka digunakan h untuk balok yaitu 60 cm

- b. **Lebar balok**

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

Maka digunakan b untuk balok yaitu 40 cm

Dimensi balok induk, L=560 cm digunakan 40/60 cm.

- **Balok anak (BA), dan Balok bordes (BB),**

L = 500 cm

- a. **Tinggi Balok (h)**

$$h_{\min} = \left(\frac{500}{21} \right) \left(0,4 + \left(\frac{400}{700} \right) \right) = 23,1 \text{ cm}$$

Maka digunakan h untuk balok yaitu 40cm.

b. Lebar balok

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

Maka digunakan b untuk balok yaitu 25 cm

Dimensi balok anak, L=500 cm digunakan 25/40 cm

4.1.4 Perencanaan Dimensi Kolom

Dalam perencanaan dimensi kolom terdapat beberapa perencanaan, namun untuk kasus tugas akhir ini perencanaan dimensi kolom telah ditetapkan sesuai studi kasus di bab 3 yaitu dengan beberapa dimensi dari mulai dimensi 60cm x 60cm, 80cm x 80cm, dan 100cm x 100cm.

4.1.5 Perencanaan Dimensi Pelat

Dalam perencanaan dimensi pelat terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan dan perhitungan perencanaan dalam perencanaan struktur adalah sebagai berikut :

a. Data-data Perencanaan :

- Tipe pelat : A (Hunian)
- Kuat tekan beton (f_c') : 40 MPa dan 70 MPa
- Kuat leleh tulangan (f_y) : 400 Mpa
- Rencana tebal pelat : 12 cm
- Bentang pelat sb panjang (L_y) : 250 cm
- Bentang pelat sb pendek (L_x) : 250 cm
- Dimensi balok as A, (6'-7) : 40/60
- Dimensi balok as A', (6'-7) : 25/40
- Dimesnsi balok as 6', (A-A')
- Dimesnsi balok as 7, (A-A')

b. Perhitungan Perencanaan :

- Bentang bersih pelat sumbu panjang (l_n)
 - L_y : 250 cm
 - b balok as A, (6'-7) : 40 cm

b balok as A' (6'-7) : 25 cm

$$L_n = L_y - \left(\frac{b \text{ balok as A, (6'-7)} + b \text{ balok as A' (6'-7)}}{2} \right)$$

$$L_n = 250 - \left(\frac{40 + 25}{2} \right)$$

$$L_n = 217,5 \text{ cm}$$

- Bentang bersih pelat sumbu pendek (S_n)

L_x : 250 cm

b balok as 6', (A-A') : 40 cm

b balok as 7, (A-A') : 25 cm

$$S_n = L_x - \left(\frac{b \text{ balok as 6', (A-A')} + b \text{ balok as 7, (A-A')}}{2} \right)$$

$$S_n = 250 - \left(\frac{40 + 25}{2} \right)$$

$$S_n = 217,5 \text{ cm}$$

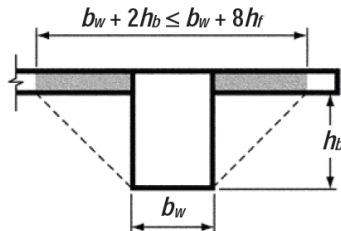
- Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek

$$\beta = \frac{L_n}{S_n}$$

$$\beta = \frac{217,5 \text{ cm}}{217,5 \text{ cm}}$$

$$\beta = 1,0 < 2 \text{ Two way slab (Pelat dua arah)}$$

- Rasio kekakuan (α) tiap balok terhadap pelat
- Tinjauan balok as A', (6'-7)



- lebar efektif pelat
 $b_e = b_w + 2h_w$

$$b_e = 25 + 2(40 - 12)$$

$$b_e = 81 \text{ cm}$$

$$b_e = b_w + 8h_f$$

$$b_e = 25 + 8 \cdot 12$$

$$b_e = 121 \text{ cm}$$

Maka yang digunakan nilai b_e terkecil yaitu 81 cm

- Faktor modifikasi (k)

Desain Beton Bertulang Edisi keempat jilid 2 (Chu-Kia Wang dan Wang G. Salmon 16.4.2.b)

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{81}{25} - 1\right) \times \left(\frac{12}{40}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{12}{40}\right) + 4 \left(\frac{12}{40}\right)^2 + \left(\frac{81}{25} - 1\right) \times \left(\frac{12}{40}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{81}{25} - 1\right) \times \left(\frac{12}{40}\right)}$$

$$k = 1,65$$

- Momen Inersia penampang T (I_b)

$$I_b = K \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,65 \cdot \frac{25 \cdot 40^3}{12}$$

$$I_b = 220172,5 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia lajur (I_p)

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

$$I_p = \frac{\{0,5(2,5 + 2,5)\} \cdot t^3}{12}$$

$$I_b = 36000 \text{ cm}^4$$

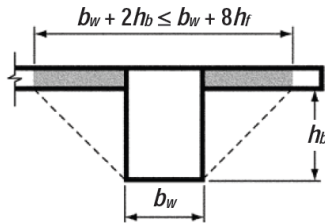
- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_1 = \frac{220172.5 \text{ cm}^4}{36000 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_1 = 6,11$$

- Tinjauan balok as A, (6'-7)



- lebar efektif pelat
 $b_e = b_w + 2h_w$
 $b_e = 40 + 2(60 - 12)$
 $b_e = 136 \text{ cm}$

$$b_e = b_w + 8h_f$$

$$b_e = 40 + 8 \cdot 12$$

$$b_e = 136 \text{ cm}$$

Maka yang digunakan nilai b_e terkecil yaitu 136 cm

- Faktor modifikasi (k)
 Desain Beton Bertulang Edisi keempat jilid 2 (Chu-Kia Wang dan Wang G. Salmon 16.4.2.b)

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right) \times \left[4 - 6 \left(\frac{12}{60}\right) + 4 \left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{136}{40} - 1\right) \times \left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$k = 1,64$$

- Momen Inersia penampang T (I_b)

$$I_b = K \cdot \frac{b_w \cdot h^3}{12}$$

$$I_b = 1,64 \cdot \frac{40 \cdot 60^3}{12}$$

$$I_b = 1182169,95 \text{ cm}^4$$

- Momen Inersia lajur (I_p)

$$I_p = \frac{b_p \cdot t^3}{12}$$

$$I_p = \frac{250 \cdot 12^3}{12}$$

$$I_p = 36000 \text{ cm}^4$$

- Rasio kekakuan balok terhadap pelat

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_p}$$

$$\alpha_2 = \frac{1182169,95 \text{ cm}^4}{36000 \text{ cm}^4}$$

$$\alpha_2 = 32,84$$

Dari perhitungan diatas didapatkan,

$$\alpha = \frac{2\alpha_1 + 2\alpha_2}{4}$$

$$\alpha = \frac{2 \times 6,12 + 2 \times 32,84}{4}$$

$$\alpha = 19,48$$

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 8.3.1.2 Untuk α_m lebih besar dari 2, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari persamaan berikut

$$h = \frac{l_n + \left[0,8 + \frac{f_y}{1400} \right]}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm sehingga,

$$h = \frac{217,5 + \left[0,8 + \frac{400}{1400} \right]}{36 + 9 \cdot 1,0} > 9 \text{ cm}$$

$$h = 5,25 \text{ cm} < 9 \text{ cm}$$

Maka dimensi pelat lantai yang digunakan adalah **12 cm**.

4.1.6 Perencanaan Dimensi Tangga

Dalam perencanaan dimensi tangga terdapat data-data perencanaan, gambar denah perencanaan dan perhitungan perencanaan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut :

a. Data-data perencanaan :

- Tangga Tipe : 1
- Kuat tekan beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan (f_y) : 400 Mpa
- Tebal Pelat : 15 cm
- Diameter tulangan lentur : 13 mm
- Tebal selimut beton : 40 cm
- Lebar injakan (i) : 30 cm
- Tinggi injakan (t) : 20 cm
- Tinggi tangga : 400 cm
- Tinggi bordes : 200 cm
- Panjang datar tangga : 300 cm

b. Perhitungan Perencanaan :

- Panjang miring tangga

$$L = \sqrt{\text{Tinggi bordes}^2 + \text{Panjang tangga}^2}$$

$$= \sqrt{200^2 + 300^2}$$

$$= 360,55 \text{ cm}$$

- Jumlah tanjakan
- $$n_t = \frac{\text{tinggi bordes}}{\text{tinggi tanjakan}}$$

$$n_t = \frac{200}{20}$$

$$n_t = 10 \text{ buah}$$

- Jumlah injakan

$$n_i = n_t - 1$$

$$n_i = 10 - 1$$

$$n_i = 9 \text{ buah}$$

- Sudut kemiringan

$$\alpha = \arctan \frac{t}{l}$$

$$\alpha = \arctan \frac{20}{30}$$

$$\alpha = 33,69^\circ$$

- Syarat sudut kemiringan

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

$$25^\circ \leq 33,69^\circ \leq 40^\circ \text{ (memenuhi)}$$

4.2 Perhitungan Struktur Sekunder

4.2.1 Umum

Perencanaan Struktur gedung dibagi menjadi dua yaitu struktur utama (primer) dan struktur sekunder. Struktur sekunder tidak menahan beban secara lateral (beban gempa dan beban angin), namun tetap mengalami tegangan akibat pembebanan yang bekerja secara langsung akibat beban gravitasi (beban mati

dan hidup) pada bagian tersebut. Bagian dari struktur sekunder antara lain meliputi tangga, pelat lantai, balok lift dan balok anak.

4.2.2 Perencanaan Penulangan Pelat Lantai

Pada analisa pelat Gedung parametrik ini menggunakan tebal 12 cm sesuai preliminary desain. Pada analisa perhitungan plat 2 arah yang ditinjau adalah pada pelat lantai ukuran 2,5 m x 2,5 m dengan fungsi ruang sebagai ruang hunian.

4.2.2.1 Data-Data Perencanaan Pelat Lantai

Type Pelat	: A (Hunian)
Mutu beton	: 30 MPa
Mutu baja	: 240 MPa
Tebal pelat atap	: 12 cm
Tebal pelat lantai	: 12 cm
Diameter tulangan lentur (\emptyset)	: 10 mm
Bentang pelat sumbu panjang (L_y)	: 250 cm
Bentang pelat sumbu pendek (L_x)	: 250 cm
Bentang bersih pelat sb Panjang (S_n)	: 225 cm
Bentang bersih pelat sb Panjang (l_n)	: 210 cm

4.2.2.2 Pembebanan Pelat Lantai

Pembebanan pada pelat dibagi menjadi dua yaitu pembebanan pada pelat atap dan pembebanan pada pelat lantai. Hal ini dikarenakan beban yang bekerja pada pelat atap berbeda dari pelat lantai. Oleh karena itu perhitungan pembebanan dan penulangan dibedakan.

1. Pembebanan Pelat Lantai Untuk Hunian

a. Beban Mati :

B.S Pelat	=	0,12m x 23,6 kN/m ²	=	2,83	kN/m ²
Spesi 1 cm	=	1 x 0,21 kN/m ²	=	0,21	kN/m ²
Keramik	=	1 x 0,24 kN/m ²	=	0,24	kN/m ²
Plafon	=	0,11 kN/m ²	=	0,11	kN/m ²
Penggantung	=	0,07 kN/m ²	=	0,07	kN/m ²

Ducting mekanikal	0,30 kN/m ²	= 0,03	kN/m ²
	<hr/>		
	q _d	= 3,75	kN/m ²
b. Beban hidup			
Beban hidup lantai Hunian (q _l)		= 1,92	kN/m ²
c. Beban ultimit :			
q _{ultimate t}	= 1,2D+1,6 L	=	
	1,2. 3,75+1,6. 1,92	= 7.58	kN/m ²

2. Pembebanan Pelat Lantai Untuk Koridor

a. Beban Mati :			
B.S Pelat	= 0,12m x 23,6 kN/m ²	= 2,83	kN/m ²
Spesi 1 cm	= 1 x 0,21 kN/m ²	= 0,21	kN/m ²
Keramik	= 1 x 0,24 kN/m ²	= 0,24	kN/m ²
Plafon	= 0,11 kN/m ²	= 0,11	kN/m ²
Penggantung	= 0,07 kN/m ²	= 0,07	kN/m ²
Ducting mekanikal	0,30 kN/m ²	= 0,03	kN/m ²
	<hr/>		
	q _d	= 3,75	kN/m ²
b. Beban hidup			
Beban hidup lantai Koridor (q _l)		= 4,97	kN/m ²
c. Beban ultimit :			
q _{ultimate t}	= 1,2D+1,6 L	=	
	1,2. 3,75+1,6. 4,97	= 12,45	kN/m ²

3. Pembebanan Pelat Atap

a. Beban Mati :			
B.S Pelat	= 0,12m x 23,6 kN/m ²	= 2,83	kN/m ²
Spesi 1 cm	= 1 x 0,21 kN/m ²	= 0,21	kN/m ²
Plafon	= 0,11 kN/m ²	= 0,11	kN/m ²
Penggantung	= 0,07 kN/m ²	= 0,07	kN/m ²

Ducting mekanikal	0,30 kN/m ²	=	0,03	kN/m ²
	q_d	=	3,51	kN/m ²

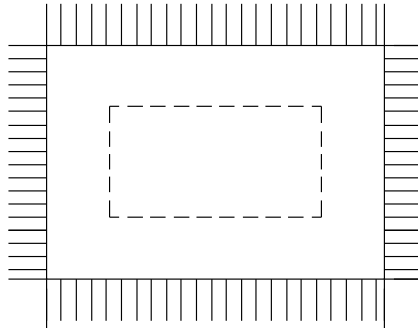
b. Beban hidup
 Beban hidup lantai Atap (q_l) = 0,97 kN/m²

c. Beban ultimit :

$q_{ultimate}$	= 1,2D+1,6 L	=		
	1,2. 3,51+1,6. 0,97	=	5.76	kN/m ²

4.2.2.3 Perhitungan Gaya Pelat Lantai

Untuk menganalisa gaya-gaya dalam yang terjadi pada pelat digunakan peraturan beton bertulang Indonesia (PBBI 1971 Ps. 13.3 tabel 13.3.1 hal 202). Perhitungan momen yang terjadi pada pelat diasumsikan sebagai terjepit penuh pada keempat tumpuannya sehingga perhitungannya menggunakan persamaan :



Gambar 4. 1 Momen didalam pelat persegi yang menumpu pada keempat tepinya akibat beban merata (terjepit penuh)

Pelat Lantai Untuk Hunian

$$Q_u = 7.58 \text{ kN/m}^2$$

$$L_y = 250 \text{ cm}$$

$$L_x = 250 \text{ cm}$$

Rasio sumbu panjang dan sumbu pendek bentang pelat:

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{250}{250} = 1 < 2 \text{ (Dua arah)}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut ($I_y/I_x=1.0$)

Tumpuan : $X M_{tx} = 21$

$X M_{ty} = 21$

Lapangan : $X M_{lx} = 52$

$X M_{ly} = 52$

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0.001 q \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= 0.001 \times 7.575 \times 2,5^2 \times 52 \\ &= 2.462 \text{ kNm} \\ &= 2461836 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= 0.001 q \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= 0.001 \times 7.575 \times 2,5^2 \times 52 \\ &= 2.462 \text{ kNm} \\ &= 2461836 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

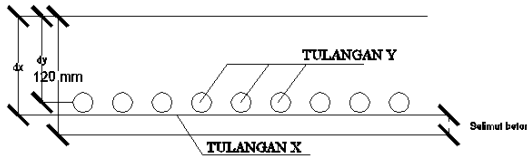
$$\begin{aligned} M_{lx} &= -0.001 q \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= -0.001 \times 7.575 \times 2,5^2 \times 21 \\ &= -0.994 \text{ kNm} \\ &= -994203 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= -0.001 q \cdot l_x^2 \cdot X \\ &= -0.001 \times 7.575 \times 2,5^2 \times 21 \\ &= -0.994 \text{ kNm} \\ &= -994203 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

4.2.2.4 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai

a. Data Perencanaan :

Tipe Pelat	= A (Hunian)
Bentang sumbu pendek (L_x)	= 2,5 m
Bentang sumbu panjang (L_y)	= 2,5 m
Mutu beton (f_c')	= 30 MPa
Mutu Baja (f_y)	= 240 Mpa
β_1	= 0,85
ϕ	= 0,9
Selimut beton	= 20 mm

(ACI 318M-14 Pasal 20.6.1.3.2)**b. Tebal manfaat**

$$dx = \text{tebal pelat} - \text{tebal selimut} - \frac{1}{2} \phi$$

$$dx = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}\right)$$

$$dx = 95 \text{ mm}$$

$$dy = \text{tebal pelat} - \text{tebal selimut} - \phi - \frac{1}{2} \phi$$

$$dy = 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 10 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 10 \text{ mm}\right)$$

$$dy = 85 \text{ mm}$$

c. Tulangan minimum dan maksimum

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{240}{0,85 \times 30} = 9,411$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{240} = 0,00583 \text{ atau}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25\sqrt{30}}{400} = 0,00571$$

Diambil yang terbesar

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{240} \left(\frac{600}{600 + 240} \right) \\ &= 0,0475 \end{aligned}$$

d. Penulangan pada pelat

1. Tulangan Tumpuan x

Menghitung kebutuhan tulangan awal :

$$M_u = 994203 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{994203 \text{ Nmm}}{0,9} = 1104670 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{1104670 \text{ Nmm}}{1000 \times 95^2} = 0,122$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,122}{240}} \right) \\ &= 0,000511 \end{aligned}$$

Cek :

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

$$0,00583 < 0,000511 < 0,0474 \quad (\text{NO OK})$$

Maka di pakai ρ_{min}

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

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,00583 \times 1000 \times 95$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 554,17 \text{ mm}^2$$

$$A_s (\emptyset 10) = 0,25 \pi \times D^2 = 0,25 \times \pi \times 10^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_s (\emptyset 10)} = \frac{554,17 \text{ mm}^2}{78,54 \text{ mm}^2} = 7,05 \approx 8 \text{ bh}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{1000}{n \text{ tulangan}} = \frac{1000}{8} = 125$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{\text{maks}} \leq 2h$ atau 450 mm

(ACI 318M-14 Pasal 8.7.2.2)

$$S_{\max} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\emptyset 10 - 125$ mm maka diperoleh A_s pasang
 $= 628 \text{ mm}^2$

$$A_{s\text{pasang}} > A_{s\text{perlu}}$$

$$628 \text{ mm}^2 > 554,17 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

2. Tulangan Tumpuan Y

$$M_u = 994203 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{994203 \text{ Nmm}}{0,9} = 1104670 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{1104670 \text{ Nmm}}{1000 \times 95^2} = 0,122$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,122}{240}} \right) \\ &= 0,000511 \end{aligned}$$

Cek :

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

$$0,00583 < 0,000511 < 0,0474 \quad (\text{NO OK})$$

Maka di pakai ρ_{\min}

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

$$A_{s\text{perlu}} = 0,00583 \times 1000 \times 95$$

$$A_{s\text{perlu}} = 554,17 \text{ mm}^2$$

$$A_s (\emptyset 10) = 0,25 \pi \times D^2 = 0,25 \times \pi \times 10^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s (\emptyset 10)} = \frac{554,17 \text{ mm}^2}{78,54 \text{ mm}^2} = 7,05 \approx 8 \text{ bh}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{1000}{n \text{ tulangan}} = \frac{1000}{8} = 125$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{maks} \leq 2h$ atau 450 mm
(ACI 318M-14 Pasal 8.7.2.2)

$$S_{maks} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\emptyset 10 - 125$ mm maka diperoleh A_s pasang
= 628 mm²

$$A_{s \text{ pasang}} > A_{s \text{ perlu}}$$

$$628 \text{ mm}^2 > 554,17 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

3. Tulangan Lapangan X

$$M_u = 2461836 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2461836 \text{ Nmm}}{0,9} = 2735373,33 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{2735373,33 \text{ Nmm}}{1000 \times 85^2} = 0.378$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,378}{240}} \right) \\ &= 0,00159 \end{aligned}$$

Cek :

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

$$0,00583 > 0,00159 < 0,0475$$

NO OK

Maka dipakai ρ_{min}

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

$$A_{s \text{ perlu}} = 0,00583 \times 1000 \times 85$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 495.84 \text{ mm}^2$$

$$A_s (\emptyset 10) = 0,25 \pi \times D^2 = 0,25 \times \pi \times 10^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_s (\emptyset 10)} = \frac{495,84 \text{ mm}^2}{78,54 \text{ mm}^2} = 6,31 \approx 7 \text{ bh}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{1000}{n \text{ tulangan}} = \frac{1000}{7} = 143 = 125$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{\text{maks}} \leq 2h$ atau 450 mm

(ACI 318M-14 Pasal 8.7.2.2)

$$S_{\text{max}} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan **$\emptyset 10 - 125$** mm maka diperoleh A_s pasang
 $= 628 \text{ mm}^2$

$$A_{s_{\text{pasang}}} > A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$628 \text{ mm}^2 > 495,84 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

4. Tulangan Lapangan Y

$$M_u = 2461836 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2461836 \text{ Nmm}}{0,9} = 2735373,33 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{2735373,33 \text{ Nmm}}{1000 \times 85^2} = 0,378$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9,41 \times 0,378}{240}} \right) \\ &= 0,00159 \end{aligned}$$

Cek :

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

$$0,00583 > 0,00159 < 0,0475$$

NO OK

Maka dipakai ρ_{min}

$$A_{s_{perlu}} = \rho_{min} \times b \times d$$

$$A_{s_{perlu}} = 0,00583 \times 1000 \times 85$$

$$A_{s_{perlu}} = 495.84 \text{ mm}^2$$

$$A_s (\emptyset 10) = 0,25 \pi \times D^2 = 0,25 \times \pi \times 10^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_s (\emptyset 10)} = \frac{495.84 \text{ mm}^2}{78,54 \text{ mm}^2} = 6,31 \approx 7 \text{ bh}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{1000}{n \text{ tulangan}} = \frac{1000}{7} = 143 = 125$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{maks} \leq 2h$ atau 450 mm
(ACI 318M-14 Pasal 8.7.2.2)

$$S_{max} = 2 \times 120 \text{ mm} = 240 \text{ mm} \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\emptyset 10$ –125 mm maka diperoleh A_s pasang = 628 mm²

$$A_{s_{pasang}} > A_{s_{perlu}}$$

$$628 \text{ mm}^2 > 495.84 \text{ mm}^2 \quad (\text{memenuhi})$$

4.2.2.5 Rekapitulasi Penulangan Pelat

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai dan Atap

Tipe Plat	Lx	Ly	Tumpuan		Lapangan		Tipe Arah
			X	Y	X	Y	
A Hunian	2,5 m	2,5 m	$\emptyset 10$ -125	$\emptyset 10$ -125	$\emptyset 10$ -125	$\emptyset 10$ -125	Dua Arah
B Koridor	2,5 m	2,5 m	$\emptyset 10$ -125	$\emptyset 10$ -125	$\emptyset 10$ -125	$\emptyset 10$ -125	Dua Arah
C Atap	2,5 m	2,5 m	$\emptyset 10$ -125	$\emptyset 10$ -125	$\emptyset 10$ -125	$\emptyset 10$ -125	Dua Arah

4.2.3 Perencanaan Penulangan Tangga dan Balok Bordes

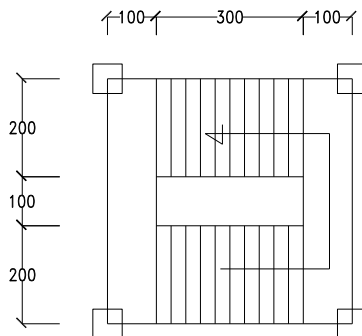
Perencanaan struktur tangga dapat mengambil beberapa alternatif, baik itu konstruksi maupun perletakan. Dalam perencanaan tangga ini diasumsikan sebagai frame 2 dimensi yang kemusiaan dianalisa untuk menentukan gaya-gaya dalamnya

dengan perencanaan struktur statis tertentu. Perletakan dapat diasumsikan sebagai sendi-sendi, sendijepit, sendi-rol maupun jepit-jepit. Perbedaan asumsi menentukan cara penulangan konstruksi serta pengaruh terhadap struktur secara keseluruhan. Dalam perhitungan ini perletakan diasumsikan sebagai sendi-rol.

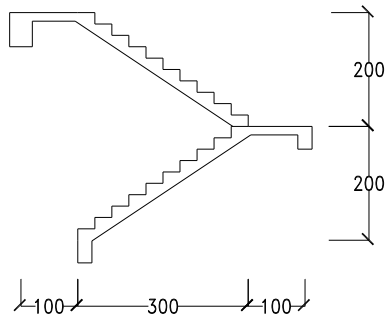
Dalam Tugas Akhir ini jenis Tangga hanya menggunakan 1 type yang nantinya diaplikasikan ke semua bangunan , karena semua denah tangga juga mempunyai lebar dan Panjang serta tinggi yang sama.

4.2.3.1 Data-Data Perencanaan Tangga

Tinggi antar lantai	= 400 cm
Tinggi bordes	= 200 cm
Panjang tangga	= 300 cm
Panjang bordes	= 100 cm
Lebar bordes	= 500 cm
Tebal bordes	= 15 cm
Lebar injakan trap tangga	= 30 cm
Tinggi injakan trap tangga	= 20 cm
Tebal pelat tangga	= 15 cm



Gambar 4. 2 Denah Tangga



Gambar 4. 3 Potongan Tangga

4.2.3.2 Pembebanan Tangga dan bordes

2. Pembebanan tangga

• Beban Mati

$$\text{B.S Tangga} = \frac{0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ Kg/m}^3}{\text{Cos } 33,69^\circ} = 432,66 \text{ kg/m}^2$$

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

$$\text{Keramik} = 1 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 21 \text{ kg/m}^2$$

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

$$q_d = 518,66 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{dt} = q_d \times \text{Lebar Tangga} = 518,66 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m} = 1037,33 \text{ kg/m}$$

• Beban Hidup

$$q_{it} = q_i \times \text{Lebar Tangga} = 479 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m} = 958 \text{ kg/m}$$

$$q_{\text{ultimate t}} = 1,2D + 1,6L = 1,2 \cdot 1037,33 + 1,6 \cdot 958 = 2777,59 \text{ kg/m}$$

3. Pembebanan Bordes

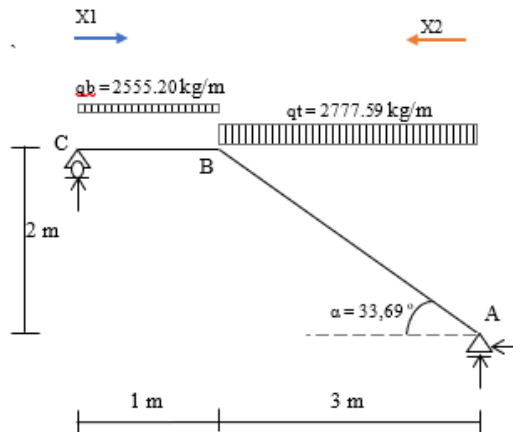
• Beban Mati

$$\text{B.S Bordes} = 0,15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 360 \text{ kg/m}^2$$

Spesi 2cm	=	$2 \times 21 \text{ kg/m}^2$	=	42	kg/m^2
Keramik	=	$1 \times 24 \text{ kg/m}^2$	=	21	kg/m^2
<hr/>					
		q_d	=	426,00	kg/m^2
q_{dt}	=	$q_d \times \text{Lebar Tangga}$	=		
		$426,00 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$	=	852,00	kg/m
• Beban Hidup = 479 kg/m^2					
q_{lb}	=	$q_l \times \text{Lebar Tangga}$	=		
		$479 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m}$	=	958	kg/m
$q_{\text{ultimate b}}$	=	$1,2D + 1,6 L$	=		
		$1,2 \cdot 852,00 + 1,6 \cdot 958$	=	2555.20	kg/m

4.2.3.3 Perhitungan Gaya tangga

Pada proses analisa struktur tangga, perhitungan dengan menggunakan mekanika teknik statis dengan permisalan sendi-rol, dengan pembebanan tangga dan output.



Gambar 4. 4 Permodelan Struktur Tangga

Perhitungan gaya

$$\sum H = 0$$

$$H_a = 0$$

$$\begin{aligned}\sum M_c &= 0 & V_a & \quad (\uparrow) \\ -V_a \cdot 4m + 2777.59 \text{ kg/m} \cdot 3m \cdot 2,5m + 2555,2 \text{ kg/m} \cdot 1m \cdot 0.5m &= 0 \\ V_a \cdot 4m &= 22109.59 \text{ kgm} \\ V_a &= 5527.40 \text{ kg} & & \quad (\uparrow)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum M_a &= 0 & V_c & \quad (\uparrow) \\ V_c \cdot 4m - 2777.59 \text{ kg/m} \cdot 3m \cdot 1,5m - 2555,2 \text{ kg/m} \cdot 1m \cdot 3.5m &= 0 \\ V_c \cdot 4m &= 21442.39 \text{ kgm} \\ V_c &= 5360.59 \text{ kg} & & \quad (\uparrow)\end{aligned}$$

Kontrol

$$\begin{aligned}\sum V &= 0 \\ V_a + V_c - q_b \cdot r - q_t \cdot r &= 0 \\ 5527.40 \text{ kg} + 5360.59 \text{ kg} - 2777.59 \text{ kg/m}^2 \cdot 3m - 2555,20 \text{ kg/m}^2 \cdot 1m &= 0 \\ 5527.40 \text{ kg} + 5360.59 \text{ kg} - 8332.79 \text{ kg} - 2555,20 \text{ kg} &= 0 \\ &0 = 0 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Perhitungan gaya Dalam pada Tangga

1. Gaya Lintang (D)

Potongan X_1 ($0 \leq X_1 \leq 1,0$ m)

$$D_{x1} = V_c - q_b \cdot x_1$$

$$D_{x1} = 5360.59 \text{ kg} - (2555,20 \text{ kg/m} \cdot x_1)$$

Untuk

$$x_1 = 0 \text{ m} \quad DC = 5360.59 \text{ kg}$$

$$x_1 = 1,0 \text{ m} \quad DB = 5360.59 \text{ kg} - (2555,20 \text{ kg/m} \cdot 1,0 \text{ m})$$

$$DB = 2805,4 \text{ kg}$$

Potongan X_2 ($0 \leq X_2 \leq 3,0$ m)

$$D_{x2} = V_a \cos 33,69^\circ - q_t \cdot x_2 \cos 33,69^\circ$$

$$D_{x2} = 5527.40 \text{ kg} \cdot \cos 33,69^\circ - (2777.59 \text{ kg/m} \cdot x_2 \cdot \cos 33,69^\circ)$$

Untuk

$$x_2 = 0 \text{ m} \quad DA = 5527.40 \text{ kg} \cdot \cos 33,69^\circ$$

$$DA = 4599.07 \text{ kg}$$

$$x_2 = 3,0 \text{ m} \quad DB = 5527.40 \text{ kg} \cdot \cos 33,69^\circ - (2777.59 \text{ kg/m} \cdot 3 \text{ m} \cdot \cos 33,69^\circ)$$

$$DB = -2334.23 \text{ kg}$$

Gaya Momen (M)

Potongan X_1 ($0 \leq X_1 \leq 1,0$ m)

$$\begin{aligned}
 M_{x1} &= V_c \cdot x1 - q_b \cdot x1 \cdot \frac{1}{2} x1 \\
 &= 5360.59 \text{ kg} \cdot x1 - (2555,20 \text{ kg/m} \cdot x1 \cdot \frac{1}{2} x1)
 \end{aligned}$$

Untuk

$$x1 = 0 \text{ m} \quad MC = 0$$

$$\begin{aligned}
 x1 = 1,0 \text{ m} \quad MB &= 5360.59 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m} - (2555,20 \text{ kg/m} \cdot 1 \text{ m} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,0 \text{ m}) \\
 MB &= 4082.99 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Potongan X2 $(0 \leq X2 \leq 3,0 \text{ m})$

$$\begin{aligned}
 M_{x2} &= V_a \cdot x2 - q_t \cdot x2 \cdot \frac{1}{2} x2 \\
 &= 5527.40 \text{ kg} \cdot x2 - (2777.59 \text{ kg/m} \cdot x2 \cdot \frac{1}{2} x2)
 \end{aligned}$$

Untuk

$$x2 = 0 \text{ m} \quad MA = 0$$

$$\begin{aligned}
 x2 = 3,0 \text{ m} \quad MB &= 5527.40 \text{ kg} \cdot 3 \text{ m} - (2777.59 \text{ kg/m} \cdot 3 \text{ m} \cdot \frac{1}{2} \cdot 3 \text{ m}) \\
 MB &= 4082.99 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Momen Maksimum terjadi pada Tangga

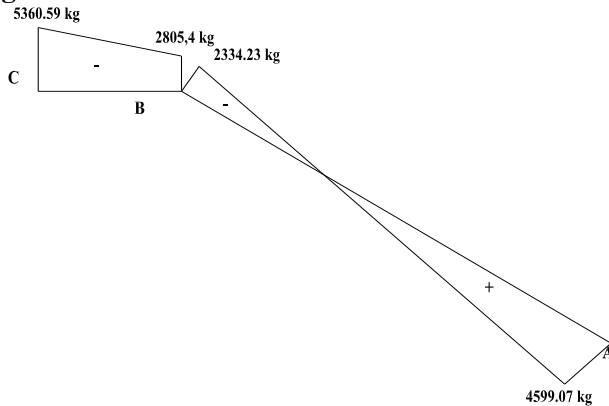
$$D_{x2} = V_a - (q_t \cdot x2) = 0$$

$$D_{x2} = 5527.40 \text{ kg} - (2777.59 \text{ kg/m} \cdot x2) = 0$$

$$x2 = \frac{5527.40 \text{ kg}}{2777.59 \text{ kg/m}} = 1,99 \text{ m}$$

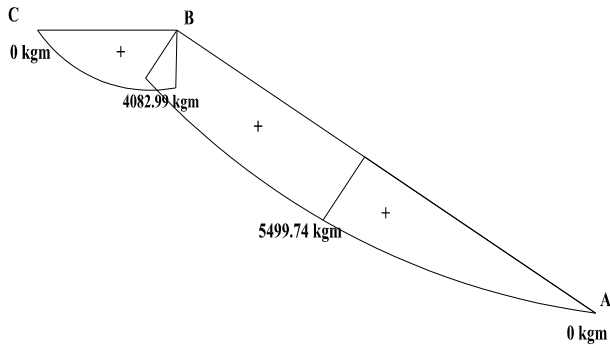
$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= V_a \cdot x2 - q_t \cdot x2 \cdot \frac{1}{2} x2 \\
 &= 5527.40 \text{ kg} \cdot 1,99 \text{ m} - 2777.59 \text{ kg/m} \cdot 1,99 \text{ m} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,99 \text{ m} \\
 &= \mathbf{5499.74 \text{ kgm}}
 \end{aligned}$$

Bidang D



Gambar 4. 5 Gaya Dalam (Gaya Lintang)

Bidang M



Gambar 4. 6 Gaya Dalam (Momen)

4.2.3.4 Perhitungan Tulangan Tangga dan Balok Bordes

Data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan balok anak adalah sebagai berikut :

a. Data perencanaan :

Mutu beton (f_c')	= 30 MPa
Mutu Baja (f_y)	= 400 MPa
Mutu Geser (f_{yv})	= 240 MPa
β_1	= 0,85
ϕ	= 0,9
Tebal pelat (h)	= 150 mm
D-tulangan lentur	= 16 mm
D-tulangan Bordes	= 16 mm
\emptyset Tulangan Bagi	= 10 mm
Cover Balok	= 40 mm
Cover Pelat	= 20 mm

(ACI 318M-14 Pasal 20.6.1.3.2)

b. Tebal manfaat

$$d_x = \text{tebal pelat} - \text{tebal selimut} - \frac{1}{2} D$$

$$d_x = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 16 \text{ mm}\right)$$

$$d_x = 122 \text{ mm}$$

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

$$dy = 150 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 16 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 16 \text{ mm}\right)$$

$$dy = 106 \text{ mm}$$

- c. Tulangan Minimum dan Maksimum

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

Untuk Pelat ρ_{\min}

$$\rho_{\min} = 0,0020 \text{ Untuk mutu } < 420 \text{ Mpa}$$

Untuk Balok ρ_{\min} diambil yang terbesar

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \text{ atau}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25\sqrt{30}}{400} = 0,00342$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,0244$$

- d. Perhitungan Penulangan

Gaya dalam pada plat tangga, dan bordes

$$M_{\max} = \mathbf{5499.74 \text{ kgm}}$$

$$M_{\text{bordes}} = \mathbf{4082.99 \text{ kgm}}$$

1. Penulangan Pelat Tangga

- a. Tulangan Memanjang (Lentur)

$$Mu = 54997369.61 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b \times d^2} = \frac{54997369.61 \text{ Nmm}}{0,9 \times 1000 \times 122^2} = 4,106$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 4,106}{400}} \right) \\ &= 0,0113\end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned}\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{max}} \\ 0,002 < 0,0113 < 0,0244 \qquad \qquad \qquad \text{OK}\end{aligned}$$

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

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 0,0113 \times 1000 \times 122$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 1373,50 \text{ mm}^2$$

$$A_s (\text{D16}) = 0,25 \pi \times D^2 = 0,25 \times \pi \times 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_s (\text{D16})} = \frac{1373,5 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2} = 6,84 \approx 7 \text{ bh}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{1000}{n \text{ tulangan}} = \frac{1000}{7} = 146,3 \approx 125 \text{ mm}$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{\text{maks}} \leq 3h$ atau 450 mm

(ACI 318M-14 Pasal 7.7.2.3)

$$S_{\text{max}} = 3 \times 150 \text{ mm} = 450 \text{ mm atau } 450 \text{ mm}$$

Dicoba tulangan **D16 – 125 mm** maka diperoleh A_s pasang = 1607,68 mm²

$$A_{S_{\text{pasang}}} > A_{S_{\text{perlu}}}$$

$$1607,68 \text{ mm}^2 > 1373,50 \text{ mm}^2 \qquad \text{Memenuhi}$$

b. Tulangan Melintang (Bagi)

Tulangan arah melintang merupakan tulangan minimum atau tulangan bagi struktur tangga. Dengan ρ untuk mutu

tulangan <420 MPa adalah 0,0020 (**ACI 318M-14 Pasal 7.6.1.1 atau Pasal 8.6.1.1**)

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s\text{perlu}} = 0,002 \times 1000 \text{ mm} \times 106 \text{ mm}$$

$$A_{s\text{perlu}} = 212 \text{ mm}^2$$

$$A_s (\text{D10}) = 0,25 \pi \times D^2 = 0,25 \times \pi \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s (\text{D10})} = \frac{212 \text{ mm}^2}{78,5 \text{ mm}^2} = 2,7 \approx 3 \text{ bh}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{1000}{n \text{ tulangan}} = \frac{1000}{3} = 333,34 \approx 300 \text{ mm}$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{\text{maks}} \leq 3h$ atau 450 mm
(**ACI 318M-14 Pasal 7.7.2.3**)

$$S_{\text{max}} = 3 \times 150 \text{ mm} = 450 \text{ mm} \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

Dicoba tulangan **Ø10 – 300 mm** maka diperoleh A_s pasang
= 261,67 mm²

$$A_{s\text{pasang}} > A_{s\text{perlu}}$$

$$261,67 \text{ mm}^2 > 212 \text{ mm}^2$$

Memenuhi

2. Penulangan Pelat Bordes

a. Tulangan Memanjang (Lentur)

$$M_u = 40054216.4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b \times d^2} = \frac{40054216.4 \text{ Nmm}}{0,9 \times 1000 \times 122^2} = 2,990$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 2,990}{400}} \right)$$

$$= 0,00797$$

Cek :

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

$$0,002 < 0,00797 < 0,0244 \quad \text{OK}$$

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

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 0,00797 \times 1000 \times 122$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 972.82 \text{ mm}^2$$

$$A_s (D16) = 0,25 \pi \times D^2 = 0,25 \times \pi \times 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_s (D16)} = \frac{972.82 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2} = 4,84 \approx 5 \text{ bh}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{1000}{n \text{ tulangan}} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{\max} \leq 3h$ atau 450 mm
(ACI 318M-14 Pasal 7.7.2.3)

$$S_{\max} = 3 \times 150 \text{ mm} = 450 \text{ mm} \text{ atau } 450 \text{ mm}$$

Dicoba tulangan **D16 – 200 mm** maka diperoleh A_s pasang
 $= 1004.8 \text{ mm}^2$

$$A_{S_{\text{pasang}}} > A_{S_{\text{perlu}}}$$

$$1004.8 \text{ mm}^2 > 972.82 \text{ mm}^2 \quad \text{Memenuhi}$$

b. Tulangan Melintang (Bagi)

Tulangan arah melintang merupakan tulangan minimum atau tulangan bagi struktur tangga. Dengan ρ untuk mutu tulangan $< 420 \text{ MPa}$ adalah 0,0020 **(ACI 318M-14 Pasal 7.6.1.1 atau Pasal 8.6.1.1)**

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

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 0,002 \times 1000 \text{ mm} \times 106 \text{ mm}$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 212 \text{ mm}^2$$

$$A_s (D10) = 0,25 \pi \times D^2 = 0,25 \times \pi \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s (D10)} = \frac{212 \text{ mm}^2}{78,5 \text{ mm}^2} = 2,7 \approx 3 \text{ bh}$$

$$S \text{ tulangan} = \frac{1000}{n \text{ tulangan}} = \frac{1000}{3} = 333,34 \approx 300 \text{ mm}$$

Syarat spasi antar tulangan : $S_{\text{maks}} \leq 3h$ atau 450 mm

(ACI 318M-14 Pasal 7.7.2.3)

$S_{\text{max}} = 3 \times 150 \text{ mm} = 450 \text{ mm}$ atau 450 mm

Dicoba tulangan $\text{Ø}10 - 300$ mm maka diperoleh A_s pasang
 $= 261,67 \text{ mm}^2$

$A_{s\text{pasang}} > A_{s\text{perlu}}$

$261,67 \text{ mm}^2 > 212 \text{ mm}^2$

Memenuhi

3. Penulangan Balok Bordes

Gunakan dimensi balok bordes 25/40.

Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Pelat bordes} &= 360 \text{ kg/m}^2 \times 1.0 \text{ m} \\ &= 360 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat balok} &= 0,25 \times 0,40 \times 2400 \\ &= 240 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$q_{DT} = 600 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup

$$\begin{aligned} q_{LT} &= 479 \text{ kg/m}^2 \times 1.0 \text{ m} \\ &= 479 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi} &= 1,2 \cdot q_{DT} + 1,6 \cdot q_{LT} \\ &= (1,2 \times 600 \text{ kg/m}) + (1,6 \times 479 \text{ kg/m}) \\ &= 1486,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= -1/10 \times Q_u \times l^2 \\ &= -1/10 \times 1486,4 \times 5^2 \\ &= -3716,0 \text{ kgm} \\ &= -36453960 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 0,5 \times Q_u \times l \\ &= 0,5 \times 1486,4 \text{ kg/m} \times 5 \text{ m} \\ &= 3716 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 37160 \text{ N} \\
 d &= 400 - 40 - 0,5 \cdot 16 - 10 = 342 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

a. Penulangan Lentur

Tulangan Tarik

$$M_u = 36453960 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b \times d^2} = \frac{36453960 \text{ Nmm}}{0,9 \times 250 \times 342^2} = 1,38$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,37}{400}} \right) \\
 &= 0,00356
 \end{aligned}$$

Cek :

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

$$0,0035 < 0,00356 < 0,0244$$

OK

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,00356 \times 250 \times 342$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 304,59 \text{ mm}^2$$

$$A_s (D16) = 0,25 \pi \times D^2 = 0,25 \times \pi \times 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_s (D16)} = \frac{304,59 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2} = 1,51 \approx 2 \text{ bh}$$

Maka digunakan Tulangan Tarik **2D16** → **As Pakai 401.92 mm²**

Tulangan Tekan

Maka :

$$A_{s'_{\text{perlu}}} = 0,3 \cdot A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$A_{s'_{\text{perlu}}} = 0,3 \times 302,72 \text{ mm}^2 = 90,82 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{As'_{\text{perlu}}}{As (D16)} = \frac{90,82 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2} = 0,4 \approx 2 \text{ bh}$$

Karena nilai banyaknya tulangan kurang dari minimum maka tulangan tekan dibulatkan menjadi 2 buah untuk kebutuhan pengekangan.

Maka digunakan Tulangan Tekan **2D16** → **As Pakai 401.92 mm²**

b. Penulangan Geser

$$V_u = 37160 \text{ N}$$

Berdasarkan ACI 318M Pasal 11.2.1.1 nilai V_c adalah :

$$V_c = 0.17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d = 0.17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 250 \cdot 342$$

$$V_c = 79611,47 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 79611,47 \text{ N} = 59708,6 \text{ N}$$

$$0,5 \cdot \phi V_c = 0,5 \cdot 59708,6 \text{ N} = 29854,30 \text{ N}$$

Kuat geser tulangan geser

$$V_s \text{ min} = \frac{1}{3} b_w d = \frac{1}{3} \cdot 250 \cdot 342 = 28500 \text{ N}$$

Periksa kondisi geser pada penampang balok :

Kondisi 1

$$V_u \leq 0,5 \cdot \phi V_c$$

$$37160 \text{ N} \leq 29854,30 \text{ N}$$

Tidak Memenuhi

Kondisi 2

$$0,5 \cdot \phi V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$29854,30 \text{ N} \leq 37160 \text{ N} \leq 59708,6 \text{ N}$$

Memenuhi

Karena, termasuk dalam kondisi 2, maka perlu tulangan geser minimum. Untuk perhitungan V_s perlu menggunakan rumus tulangan $V_s \text{ min}$

Direncanakan sengkang 2 Ø10

$$A_v = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi D^2 \right) = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi 10^2 \right) = 157,14 \text{ mm}^2$$

Perencanaan jarak perlu tulangan geser :

$$S_{\text{Perlu}} = \frac{A_v f_{yv} d}{V_{s \text{ perlu}}}$$

$$S_{\text{Perlu}} = \frac{157,14 \cdot 240 \cdot 342}{28500} = 452,16 \text{ mm}$$

Kontrol spasi tulangan geser :

$$S_{\text{max}} \leq \frac{d}{2}$$

$$S_{\text{max}} \leq \frac{342 \text{ mm}}{2}$$

$$S_{\text{max}} \leq 171 \text{ mm}$$

Maka, dipakai sengkang **2 Ø10-150 mm.**

- Wilayah Lapangan (2h – tengah bentang)

$$\frac{V_{u2}}{0,5L - 2h} = \frac{V_u}{0,5L}$$

$$\frac{V_{u2}}{0,5 \cdot 5000 - 2 \cdot 450} = \frac{V_u}{0,5 \cdot 5000}$$

$$V_{u2} = 2526,88 \text{ N}$$

Periksa kondisi geser pada penampang balok :

Kondisi 1

$$V_{u2} \leq 0,5 \cdot \phi V_c$$

$$2526,88 \text{ N} \leq 29854,30 \text{ N}$$

Memenuhi

Karena, termasuk dalam kondisi 1, maka tidak perlu tulangan geser.

Direncanakan sengkang 2 Ø10

$$A_v = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi D^2 \right) = 2 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi 10^2 \right) = 157,14 \text{ mm}^2$$

Perencanaan jarak perlu tulangan geser :

$$S_{\text{Perlu}} = \frac{A_v f_{yv} d}{V_{s \text{ perlu}}}$$

$$S_{\text{Perlu}} = \frac{157,14 \cdot 240 \cdot 342}{28500} = 452,16 \text{ mm}$$

Kontrol spasi tulangan geser :

$$S_{\text{max}} \leq \frac{d}{2}$$

$$S_{\text{max}} \leq \frac{342 \text{ mm}}{2}$$

$$S_{\text{max}} \leq 171 \text{ mm}$$

Maka, dipakai sengkang **2 Ø10-150 mm.**

4.2.3.5 Rekapitulasi Penulangan Tangga dan Balok Bordes

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Penulangan Pelat Tangga dan bordes

Penulangan Pelat Tangga dan bordes t=12 cm				
Gaya Dalam (Momen)	Tulangan			
	Memanjang		Melintang	
Pelat	54.99 kNm	D16	-125	Ø10 -300
Bordes	40.05 kNm	D16	-200	Ø10 -300

Tabel 4. 4 Rekapitulasi penulangan Balok Bordes

Penulangan Balok Bordes 25/40					
Gaya	Momen			Geser	
Dalam	36.45 kNm			37.16 kN	
Tarik	2D	16	Tumpuan	2Ø	10- 150
Tekan	2D	16	Lapangan	2Ø	10- 150

4.2.4 Perencanaan Penulangan Balok Lift

Lift merupakan struktur sekunder yang berfungsi untuk mengangkut orang/barang menuju ke lantai yang berbeda tinggi. Perencanaan balok lift meliputi balok balok yang ada di sekeliling ruang lift maupun mesin lift. Balok balok tersebut diantaranya ialah balok penggantung lift dan balok penumpu lift. Lift yang digunakan pada perencanaan Tugas Akhir ini adalah lift yang diproduksi oleh *Hyundai elevator* dengan spesifikasi sebagai berikut :

Kecepatan	= 1 m/s
Kapasitas	= 9 orang / 600 kg
Lebar pintu	= 800 mm
Dimensi sangkar :	
Outside	= 1460 x 1295
Inside	= 1400 x 1130
Hoistway	= 3700 x 1710
Beban ruang mesin :	
R1	= 4100 kg
R2	= 2450 kg

Dalam perencanaan struktur gedung ini dimensi balok lift yang digunakan adalah 40/60 untuk bentang 500 cm,

4.2.4.1 Data-Data Perencanaan Balok Lift

Bentang Balok Penggantung	= 5000 mm
Lebar balok Penggantung	= 400 mm
Tinggi balok Penggantung	= 600 mm
Mutu beton (f'_c)	= 30 MPa
Mutu Baja Lentur (f_y)	= 400 MPa
Mutu Baja geser (f_{yv})	= 400 MPa
D lentur	= 22 mm
Ø geser	= 13 mm
Jarak spasi (s)	= 25 mm
Selimit beton	= 40 mm
f.reduksi lentur (ϕ)	= 0.9
f.reduksi geser (ϕ)	= 0.75
Faktor β_1	= 0,85

Tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{selimit} - \phi_{\text{sengkang}} - D_{\text{lentur}}/2 \\
 &= 600 - 40 - 13 - 22/2 \\
 &= 536 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

Untuk Balok ρ_{\min} diambil yang terbesar

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \text{ atau}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25\sqrt{30}}{400} = 0,00342$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0244 \end{aligned}$$

4.2.4.2 Pembebanan Balok Lift

1. Beban yang bekerja pada balok penumpang

Beban yang bekerja merupakan beban akibat dari ruang mesin yaitu R1 dan R2

2. Koefisien kejut beban hidup oleh keran

Pasal 3.3.(3) PPIUG 1983 menyatakan bahwa beban keran yang membebani struktur pemikulnya terdiri dari berat sendiri keran ditambah muatan yang diangkatnya, dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau. Sebagai beban rencana harus diambil beban keran tersebut dengan mengalikannya dengan suatu koefisien kejut yang ditentukan dengan rumus berikut :

$$\psi = (1 + k1k2v) \geq 1.15$$

Dimana :

Ψ = koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1.15

v = kecepatan angkat maksimum dalam m/det pada pengangkatan muatan maksimum dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau, dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/s.

k_1 = koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6.

k_2 = koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan diambil sebesar 1,3

Jadi beban yang bekerja pada balok adalah :

$$\begin{aligned} P &= \Sigma R \cdot \psi \\ &= (4100 \times 2450) \times (1 + 0.6 \times 1.3 \times 1) \\ &= 11659 \text{ kg} \end{aligned}$$

4.2.4.3 Perhitungan Gaya Balok Lift

- Beban mati (q_d) :

$$\text{Berat sendiri balok} = 0.4 \times 0.6 \times 2400 = 576 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat pelat beton} = 0.12 \times 5 \times 2400 = 720 \text{ kg/m}$$

$$q_d = 1296 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup (q_l) :

$$q_l = 400 \text{ kg/m}$$

- Beban ultimate :

$$\begin{aligned} q_u &= 1.2 q_d + 1.6 q_l \\ &= 1.2 (1296) + 1.6 (400) \\ &= 2195 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban terpusat :

$$P = 11659 \text{ kg}$$

$$V_u = \frac{1}{2} q_u \cdot L + \frac{1}{2} P = \frac{1}{2} 2195.5 + \frac{1}{2} 11659$$

$$V_u = 11318 \text{ kg} = 110,98 \text{ kN}$$

$$M_u = \frac{1}{2} q_u \cdot L^2 + \frac{1}{2} P L = \frac{1}{2} 2195 \cdot 5^2 + \frac{1}{2} 11659 \cdot 5$$

$$M_u = 21434 \text{ kgm} = 210,19 \text{ kNm} = 210193284.4 \text{ Nmm}$$

4.2.4.4 Perhitungan Tulangan Lentur

$$M_u = 210193284.4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b x d^2} = \frac{210193284.4 \text{ Nmm}}{0,9 \times 250 \times 536^2} = 2,75$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 2,75}{400}} \right) \\ &= 0,0073\end{aligned}$$

Cek :

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

$$0,0035 < 0,0073 < 0,0244$$

OK

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,0073 \times 250 \times 536$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 1560,97 \text{ mm}^2$$

$$A_s (D16) = 0,25 \pi \times D^2 = 0,25 \times \pi \times 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_s (D16)} = \frac{1560,97 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2} = 4,11 \approx 5 \text{ bh}$$

Jadi dipasang Tulangan **5 D22** → **A_s Pakai 1899,7 mm²**

Jarak tulangan (s) :

$$S = \frac{b - 2t_{\text{selimut}} - 2\phi_{\text{geser}} - n D_{\text{Lentur}}}{n - 1}$$

$$S = \frac{400 - 2.40 - 2.13 - 2.22}{5 - 1}$$

$$S = 46 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

memenuhi

4.2.2.5. Perhitungan Tulangan Geser

$$\begin{aligned}V_c &= 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d \\ &= 0,17 \times \sqrt{30} \times 400 \times 536 \\ &= 199633,9178 \text{ N}\end{aligned}$$

Kuat geser tulangan geser

$$V_s \text{ min} = 0,33 \times b \times d$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.33 \times 400 \times 536 \\
 &= 70752 \text{ N} \\
 V_s \text{ max} &= 0.33 \times \sqrt{f_c} \times b \times d \\
 &= 0.33 \times \sqrt{30} \times 400 \times 536 \\
 &= 387524.6639 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Penulangan geser balok

Pada daerah tumpuan dan Lapangan

$$V_u = 132169.12 \text{ N}$$

- Kondisi 1

$$\begin{array}{rcl}
 V_u & \leq & 0.5 \times \phi \times V_c \\
 132169.12 \text{ N} & > & 74862.72 \text{ N}
 \end{array}$$

Tidak Memenuhi

- Kondisi 2

$$\begin{array}{rcl}
 0.5 \times \phi \times V_c \leq & V_u & \leq \phi \times V_c \\
 74862.72 \text{ N} \leq & 132169.12 \text{ N} & \leq 149725.44 \text{ N}
 \end{array}$$

Memenuhi

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ perlu} &= V_s \text{ min} \\
 &= 70752 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser

$$D = 13, n \text{ kaki} = 2$$

$$\begin{aligned}
 A_v &= 0.25 \times \pi \times D^2 \times n \text{ kaki} \\
 &= 0.25 \times \pi \times 13^2 \times 2 \\
 &= 265,46 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu (Sperlu)

$$\begin{aligned}
 S_{\text{Perlu}} &= \frac{A_v f_{yv} d}{V_s \text{ perlu}} \\
 S_{\text{Perlu}} &= \frac{265,46 \cdot 400 \cdot 536}{70752 \text{ N}} = 804,44 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 250 mm antar tulangan.

$$S_{\text{max}} < d/2 \quad \text{atau} \quad S_{\text{max}} < 600 \text{ mm}$$

$$250 \text{ mm} < 268 \text{ mm} \quad \text{atau} \quad 250 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai tualangan geser **2 D13 – 250**

4.2.2.6. Rekapitulasi Penulangan Balok Lift

Tabel 4. 5 Rekapitulasi Penulangan Balok Lift

Penulangan Balok Lift (BL) 40/60						
Gaya	Momen			Geser		
Dalam	236.67 kNm			132.17 kN		
Tarik	5D	22	Tumpuan	2D	13-	250
Tekan	3D	22	Lapangan	2D	13-	250

4.2.5 Perencanaan Penulangan Balok Anak

Balok anak merupakan struktur sekunder yang berfungsi sebagai pembagi/pendistribusi beban. Dalam perencanaan struktur gedung ini dimensi balok anak yang digunakan adalah 25/40 untuk bentang 500 cm,

4.2.5.1 Data-Data Perencanaan Balok Anak

Bentang Balok	= 5000 mm
Lebar balok	= 250 mm
Tinggi balok	= 400 mm
Mutu beton ($f'c$)	= 30 MPa
Mutu Baja Lentur (f_y)	= 400 MPa
Mutu Baja geser (f_{yv})	= 240 MPa
D lentur	= 16 mm
Ø geser	= 10 mm
Jarak spasi (s)	= 25 mm
Selimut beton	= 40 mm
f.reduksi lentur (ϕ)	= 0.9
f.reduksi geser (ϕ)	= 0.75
Faktor β_1	= 0,85

Tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{selimut} - \phi_{\text{sengkang}} - D_{\text{lentur}}/2 \\
 &= 400 - 40 - 10 - 16/2 \\
 &= 342 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

Untuk Balok ρ_{\min} diambil yang terbesar

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \text{ atau}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25\sqrt{30}}{400} = 0,00342$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \times \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0244 \end{aligned}$$

4.2.5.2 Hasil Output SAP

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1.2DL + 1.6LL, dari analisa SAP2000 didapatkan :

Momen Tumpuan	=	36.09	kNm =	36099100.00	Nmm
Momen Lapangan	=	18.57	kNm =	18575100.00	Nmm
Gaya Geser	=	39.56	kN =	39559.00	N

4.2.5.3 Perhitungan Tulangan Lentur

a. Tumpuan atas (negatif)

$$Mu = 36099100.00 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b \times d^2} = \frac{36099100.00 \text{ Nmm}}{0,9 \times 250 \times 342^2} = 1,37$$

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

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,37}{400}} \right) \\
 &= 0,00352
 \end{aligned}$$

Cek :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max} \\
 0,0035 < 0,00352 < 0,0244 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

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

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 0,00352 \times 250 \times 342$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 301,544 \text{ mm}^2$$

$$A_s (D16) = 0,25 \pi \times D^2 = 0,25 \times \pi \times 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_s (D16)} = \frac{301,544 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2} = 1,501 \approx 2 \text{ bh}$$

Jadi dipasang Tulangan **2D16** → $A_{S_{\text{pakai}}} = 401,92 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan (s) :

$$S = \frac{b - 2t_{\text{selimut}} - 2\phi_{\text{geser}} - n D_{\text{Lentur}}}{n - 1}$$

$$S = \frac{250 - 2.40 - 2.10 - 2.16}{2 - 1}$$

$$S = 118 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

b. Tumpuan bawah (positif)

$$\begin{aligned}
 A_{S_{\min}} &= \frac{1}{2} \times A_{S_{\text{perlu}}} \\
 &= \frac{1}{2} \times 301,544 \text{ mm}^2 \\
 &= 150,771 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_s (D16) = 0,25 \pi \times D^2 = 0,25 \times \pi \times 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_s (D16)} = \frac{150,771 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2} = 0,75 \approx 2 \text{ bh}$$

Jadi dipasang Tulangan **2D16** → $A_{S_{\text{pakai}}} = 401,92 \text{ mm}^2$

c. Lapangan bawah (positif)

$$Mu = 18575100.00 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b x d^2} = \frac{18575100.00 \text{ Nmm}}{0,9 \times 250 \times 342^2} = 0,705$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,705}{400}} \right) \\ &= 0,00179 \end{aligned}$$

Cek :

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

$$0,0035 < 0,00179 < 0,0244$$

NO OK

Maka Menggunakan ρ_{min}

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

$$A_{s\text{perlu}} = 0,0035 \times 250 \times 342$$

$$A_{s\text{perlu}} = 299.25 \text{ mm}^2$$

$$A_s (D16) = 0,25 \pi \times D^2 = 0,25 \times \pi \times 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s (D16)} = \frac{299.25 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2} = 1,489 \approx 2 \text{ bh}$$

Jadi dipasang Tulangan **2D16** → $A_{s \text{ Pakai}} \mathbf{401.92 \text{ mm}^2}$

d. Tumpuan Atas (negatif)

$$\begin{aligned} A_{s\text{min}} &= \frac{1}{2} \times A_{s\text{perlu}} \\ &= \frac{1}{2} \times 299.25 \text{ mm}^2 \\ &= 149,625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_s (D16) = 0,25 \pi \times D^2 = 0,25 \times \pi \times 16^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_s (D16)} = \frac{149,625 \text{ mm}^2}{200,96 \text{ mm}^2} = 0,744 \approx 2 \text{ bh}$$

Jadi dipasang Tulangan **2D16** → $A_{s \text{ Pakai}} \mathbf{401.92 \text{ mm}^2}$

Jarak tulangan (s) :

$$S = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\phi_{geser} - n D_{Lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{250 - 2.40 - 2.10 - 2.16}{2 - 1}$$

$$S = 118 \text{ mm} > 25 \text{ mm}$$

Memenuhi

4.2.5.4 Perhitungan Tulangan Geser

Berdasarkan hasil output dan diagram gaya dalam akibat kombinasi 1.2DL + 1.6LL, dari analisa SAP2000 didapatkan :

Gaya geser terfaktor (V_u) = 39559 N

A. Kuat geser beton (SNI 2847:2013 Ps. 11.2.1.1)

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d \\ &= 0.17 \times \sqrt{30} \times 250 \times 342 \\ &= 79611.47373 \text{ N} \end{aligned}$$

Kuat geser tulangan geser

$$\begin{aligned} V_s \text{ min} &= 0.33 \times b \times d \\ &= 0.33 \times 250 \times 342 \\ &= 28215 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s \text{ max} &= 0.33 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d \\ &= 0.33 \times \sqrt{35} \times 250 \times 342 \\ &= 309079.84 \text{ N} \end{aligned}$$

B. Penulangan geser balok

1. Pada daerah tumpuan

$$V_{u1} = 39559 \text{ N}$$

- Kondisi 1

$$\begin{aligned} V_u &\leq 0.5 \times \phi \times V_c \\ 39559 \text{ N} &\leq 29854.30 \text{ N} \end{aligned}$$

Tidak memenuhi

- Kondisi 2

$$\begin{aligned} 0.5 \times \phi \times V_c &\leq V_u \leq \phi \times V_c \\ 29854.30 \text{ N} &\leq 39559 \text{ N} \leq 59708.61 \text{ N} \end{aligned}$$

Memenuhi

Syarat :

- Apabila masuk kondisi 1, maka tidak perlu tulangan geser

- Apabila masuk kondisi 2, maka perlu tulangan geser minimum
Perhitungan Tulangan geser masuk kondisi 2

$$\begin{aligned} V_s \text{ perlu} &= V_s \text{ min} \\ &= 28215 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan menggunakan tulangan geser

$$\phi = 10, n \text{ kaki} = 2$$

$$\begin{aligned} A_v &= 0.25 \times \pi \times \phi^2 \times n \text{ kaki} \\ &= 0.25 \times \pi \times 10^2 \times 2 \\ &= 157.08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan geser perlu (Sperlu)

$$\begin{aligned} S_{\text{Perlu}} &= \frac{A_v f_{yv} d}{V_s \text{ perlu}} \\ S_{\text{Perlu}} &= \frac{157,08 \ 240 \ 342}{28215} = 456,96 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 150 mm antar tulangan.

$$S_{\text{max}} < d/2 \quad \text{atau} \quad S_{\text{max}} < 600 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} < 196 \text{ mm} \quad \text{atau} \quad 150 \text{ mm} < 600 \text{ mm}$$

Sehingga dipakai tualangan geser **2Ø10 – 150**

2. Pada daerah lapangan

Gaya geser pada wilayah 2 diperoleh dengan menggunakan metode perbandingan segitiga, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{V_{u2}}{0,5L - 2h} &= \frac{V_u}{0,5L} \\ \frac{V_{u2}}{0,5 \cdot 5000 - 2 \cdot 400} &= \frac{39559 \text{ N}}{0,5 \cdot 5000} \\ V_{u2} &= 25799.35 \text{ N} \end{aligned}$$

• Kondisi 1

$$V_{u2} \leq 0.5 \times \phi \times V_c$$

$$25799.35 \text{ N} \leq 29854.30 \text{ N}$$

Memenuhi

Perhitungan tulangan geser masuk kondisi 1

Apabila masuk kondisi 1, maka tidak perlu tulangan geser, tetapi tetap memakai tulangan geser yang dipasang sama dengan daerah tumpuan.

Sehingga dipakai tualangan geser 2Ø10 – 150

4.2.5.5 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak

Tabel 4. 6 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak (BA)

Penulangan Balok Anak 25/40							
Gaya Dalam	Tumpuan		Lapangan		Geser		
	36.1 kNm	18.6 kNm	39.559 kN				
Tarik	2D	16	2D	16	Tumpuan	2Ø	10- 150
Tekan	2D	16	2D	16	Lapangan	2Ø	10- 150

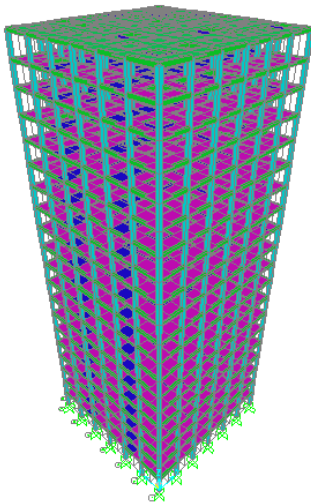
4.3 Pembebanan dan Pemodelan Struktur

4.3.1 Umum

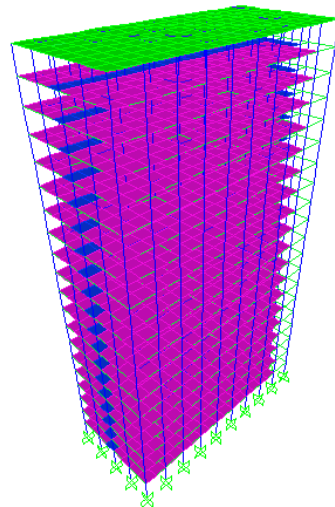
Dalam perencanaan gedung bertingkat perlu dilakukan adanya perencanaan pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur gedung tersebut mampu untuk beban yang terjadi. Pembebanan gravitasi mengacu pada ketentuan SNI 1727:2013 dan pembebanan gempa mengacu pada SNI 1726:2012.

4.3.2 Pemodelan Struktur

Perhitungan analisis beban gempa perlu suatu permodelan struktur, dimana struktur Gedung Parametrik ini memiliki lebih dari 3 lantai, sehingga harus dilakukan analisa dengan menggunakan analisa respon dinamik. Struktur Gedung memiliki total 20 lantai, tinggi total gedung ± 80 meter.



Gambar 4. 7 Permodelan pada SAP 2000 (Denah 1)



Gambar 4. 8 Permodelan pada SAP 2000 (Denah 2)

4.3.3 Pembebanan Gravitasi

Data-data perencanaan pembebanan Gedung parametrik digunakan adalah sebagai berikut :

1. Mutu beton (f_c') : 30 MPa dan 70 MPa
2. Mutu Baja (f_y) : 400 MPa
3. Mutu Baja Transversal : 400 MPa dan 700 Mpa
4. Ketinggian Lantai : @4m
5. Dimensi Balok Induk : 40/60
6. Dimensi Balok Anak : 25/40
7. Dimensi Kolom
 - Denah 1 (30m x 30m) : 3 parameter
 - 0,6 m x 0,6 m
 - 0,8 m x 0,8 m
 - 1,0 m x 1,0 m
 - Denah 2 (20m x 45m) : 3 parameter
 - 0,6 m x 0,6 m
 - 0,8 m x 0,8 m
 - 1,0 m x 1,0 m

Input beban hidup :

c. Beban Hidup Atap

- Hujan : 20 kg/m²
- Pekerja : 100 kg/m²

d. Beban Hidup Lantai :

- Lantai Apartemen : 1,92 kN/m²
- Koridor Apartemen : 4,79 kN/m²

Input Beban mati tambahan :

- Keramik : 0,24 kN/m²
- Spesi : 0,21 kN/m²
- Dinding bata ringan : 0,82 kN/m²
- Plafon : 0,11 kN/m²
- Penggantung : 0,07 kN/m²
- Plumbing + ducting : 0,30 kN/m²

*berat sendiri elemen dikalkulasi oleh SAP 2000, sehingga didapatkan rekap pembebanan gravitasi sesuai SAP 2000

4.3.4 Pembebanan Gempa

Dalam pembeban gempa untuk gedung parametrik ini menggunakan acuan SNI 1726:2016, yang didalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa

4.3.4.1 Faktor Keutamaan Gempa

Faktor keutamaan gempa ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung sesuai dengan kategori resiko pada peraturan. Kategori resiko untuk gedung parametrik ini adalah II yaitu sesuai fungsi hunian apartemen dengan faktor keutamaan gempa (I_e) 1,00.

4.3.4.2 Kelas Situs

Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang didapat dari proses pengumpulan data. Pada Studi ini data tanah yang digunakan berada di **Kota Surabaya** dan didapatkan nilai N (tes NSPT) kedalaman 50 m

Tabel 4. 7 Perhitungan SPT Rata-Rata

Lapisan ke-i	Tebal lapisan (d_i) (m)	Deskripsi tanah	Nilai N SPT (N_i)	d_i/N_i
1	1.5	Fill (sand and gravel, little silt brown, very loose)	26.50	0.06
2	9	Clay and silt, grey, inorganic, trace to little sand, very soft.	1.00	9.00
3	2.5	Sand, brown, some silt.	31.00	0.08
4	3	Silt and clay, brown, inorganic, little sand, very stiff.	15.50	0.19
5	3.5	Sand, brown, some silt, medium to dense.	25.00	0.14
6	6	Sand and silt, brown, little clay, medium to dense.	32.33	0.19

7	3.5	Silt and sand, brown, little clay contains lime, medium.	28.00	0.13
8	8.5	Clay and silt, brown, inorganic, trace sand, contains lime, very stiff.	26.20	0.32
9	4.5	Sand, grey, trace to little silt, very dense.	50.00	0.09
10	8	Sand, dark grey, trace silt, very dense.	50.00	0.16
Σ	50			10.36

Sehingga didapat nilai \bar{N} sebagai berikut :

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

$$\bar{N} = \frac{50}{10,34}$$

$$\bar{N} = 4,83$$

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 3, untuk $N < 15$ maka termasuk **situs E**.

4.3.4.3 Parameter Respon Spectra

Direncanakan bangunan berumur 2% dalam 50 tahun (gempa 2500 tahun). Lokasi berada di kota Surabaya.

$$S_s = 0,7 \text{ g}$$

$$S_1 = 0,25 \text{ g}$$

4.3.4.4 Parameter Percepatan Spectral Desain

Parameter percepatan spectra didisain untuk periode pendek 0,2 detik (SD_s) dan periode 1 detik (SD_1) adalah sebagai berikut:

$$(Fa) = 1,3 \text{ sesuai SNI 1726:2012 tabel 4}$$

$$(Fv) = 3 \text{ sesuai SNI 1726:2012 tabel 5}$$

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 didapat :

$$S_{MS} = Fa \cdot S_s = 1,3 \cdot 0,7 = 0,91$$

$$S_{M1} = Fv \cdot S_1 = 3 \cdot 0,25 = 0,75$$

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 didapat :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \cdot S_{ms} = \frac{2}{3} \cdot 0,91 = 0,606$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \cdot S_{m1} = \frac{2}{3} \cdot 0,75 = 0,500$$

Untuk perioda pendek 0.2 detik (S_s) sebesar **0,75** g dan parameter respon spectral percepatan gempa terpetakan untuk perioda 1 detik (S_1) sebesar **0,25** g dengan kelas situs SE didapatkan daerah Denpasar memiliki S_{DS} sebesar **0,606** dan S_{D1} sebesar **0,500**

4.3.4.5 Kategori Desain Seismic

Kategori desain seismic dibagi berdasarkan tabel pada SNI 1726:2012 Tabel 6 dan tabel 7 yaitu $0,5 \leq S_{DS}$, $0,2 \leq S_{D1}$. Untuk S_{DS} sebesar 0,606 dan S_{D1} sebesar 0,500 dan kategori resiko II kategori desain seismic tergolong kategori D. Untuk kategori D tipe struktur menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SPRMK). Dengan itu didapatkan parameter koefisien modifikasi respon (R), dan faktor pembesaran defleksi (C_d) yaitu :

$$R = 8$$

$$C_d = 5,5$$

4.3.4.6 Respon Spektrum Desain

Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan:

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

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

$$S_a = S_{DS}$$

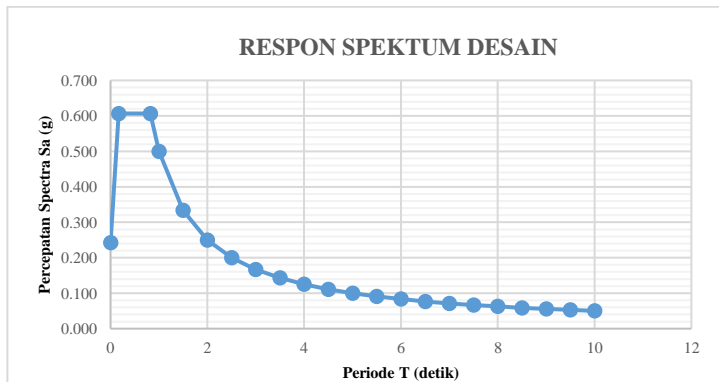
Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 6.4 didapatkan :

$$T_0 = 0,2 \cdot \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \cdot \frac{0,500}{0,606} = 0,165 \text{ detik}$$

$$T_s = \frac{S_{d1}}{S_{ds}} = \frac{0,500}{0,606} = 0,824 \text{ detik}$$

Tabel 4. 8 Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra

T (detik)	T (detik)	Sa (g)
0	0	0.243
T ₀	0.164	0.607
T _s	0.825	0.607
T _s +0,17	1.000	0.500
T _s +0,5	1.500	0.333
T _s +0,5	2.000	0.250
T _s +0,5	2.500	0.200
T _s +0,5	3.000	0.167
T _s +0,5	3.500	0.143
T _s +0,5	4.000	0.125
T _s +0,5	4.500	0.111
T _s +0,5	5.000	0.100
T _s +0,5	5.500	0.091
T _s +0,5	6.000	0.083
T _s +0,5	6.500	0.077
T _s +0,5	7.000	0.071
T _s +0,5	7.500	0.067
T _s +0,5	8.000	0.063
T _s +0,5	8.500	0.059
T _s +0,5	9.000	0.056
T _s +0,5	9.500	0.053
T _s +0,5	10.000	0.050



Gambar 4. 9 Grafik respon spektrum Desain

4.3.4.7 Faktor Skala Gaya Beban Gempa dengan Respon Spektrum SAP 2000 untuk SRPMK

Faktor skala gaya gempa diambil dari persamaan sebagai berikut:

$$\text{Faktor pembebanan} = \frac{I}{R} g = \frac{1}{8} \times 9,81 = 1,226$$

Faktor beban tersebut adalah untuk arah gempa yang ditinjau sedangkan arah yang tegak lurus dari peninjauan gempa

tersebut akan dikenakan gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktor skala gaya pada arah tegak lurus gempa yang ditinjau adalah $0,3 \times 1,226 = \mathbf{0,368}$.

4.3.4.8 Kontrol Waktu getar Alami Fundamental

Nilai T (waktu getar alami struktur) dibatasi oleh waktu getar alami fundamental untuk mencegah penggunaan struktur yang terlalu fleksibel dengan perumusan berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 15 dengan batas bawah sebesar :

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

Dimana :

h_n = Ketinggian struktur

C_t = Parameter pendekatan tipe struktur

x = Parameter pendekatan tipe struktur

Untuk nilai parameter perioda pendekatan dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 9 Nilai Parameter Perioda Pendekatan, C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rngka beton pemikul momen	0,0466^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Untuk nilai struktur beton SRPMK didapatkan nilai $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$. sehingga :

$$T_a = 0,0466 \times (80 \text{ m})^{0,9} = 2,405 \text{ detik}$$

Dengan batas atas perioda fundamental struktur berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tabel 14 sebesar :

Tabel 4.10 Koefisien untuk Batas Atas pada Perioda yang Dihitung

Parameter Percepatan Respon 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

Karena nilai $S_{D1} = 0,5$ diantara $C_u > 0,4$, maka didapatkan nilai $C_u = 1,4$. sehingga :

$$C_u \cdot T_a = 1,4 \cdot 2,405 \text{ detik} = 3,367 \text{ detik}$$

Dari permodelan pada SAP 2000 didapatkan :

Tabel 4. 11 Perioda Struktur pada Modal di Program SAP 2000 untuk 12 Mode Pertama

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
Output Case	Step Type	Step Num	Period	Frequency	Circ Freq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
MODAL	Mode	1	2.5493	0.39227	2.4647	6.0747
MODAL	Mode	2	2.5484	0.39241	2.4656	6.0791
MODAL	Mode	3	0.8376	1.1938	7.5011	56.267
MODAL	Mode	4	0.8374	1.1942	7.5037	56.305
MODAL	Mode	5	0.4815	2.0769	13.049	170.28
MODAL	Mode	6	0.4814	2.0774	13.053	170.38
MODAL	Mode	7	0.3374	2.9641	18.624	346.85
MODAL	Mode	8	0.3373	2.9649	18.629	347.03
MODAL	Mode	9	0.2384	4.1942	26.353	694.48
MODAL	Mode	10	0.2384	4.1952	26.359	694.81
MODAL	Mode	11	0.1301	7.6836	48.277	2330.7
MODAL	Mode	12	0.1301	7.685	48.286	2331.5

Perbandingan nilai untuk periode fundamental struktur sebagai berikut :

$$T \leq C_u \cdot T_a$$

2.549 s ≤ 3,367 s OK

Rekapitulasi Hasil Kontrol Waktu getar Alami Fundamental

Tabel 4.12 Rekapitulasi Hasil Kontrol Waktu getar Alami Fundamental Semua Kasus

Kasus	Denah (m)	Mutu (MPa)			Type Kolom (mm)	T (SAP) (s)	Cu .Ta (s)	T < Cu. Ta
		(f'c)	(fy)	(fyv)				
1	Denah 1 (30x30)	30	400	400	600x600	2.549	3.367	OK
					800x800	2.338	3.367	OK
					1000x1000	2.353	3.367	OK
2	Denah 2 (45x20)	30	400	400	600x600	2.686	3.367	OK
					800x800	2.453	3.367	OK
					1000x1000	2.454	3.367	OK
3	Denah 1 (30x30)	70	700	700	600x600	2.063	3.367	OK
					800x800	1.891	3.367	OK
					1000x1000	1.904	3.367	OK
4	Denah 2 (45x20)	70	700	700	600x600	2.173	3.367	OK
					800x800	1.984	3.367	OK
					1000x1000	1.986	3.367	OK

4.3.4.9 Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Kontrol gaya dinamis struktur digunakan untuk melihat apakah gaya gempa yang dimasukkan dengan menggunakan *respon spectrum* sudah sesuai dengan yang di isyaratkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.1. Untuk kontrol gaya gempa dasar dinamis ditentukan koefisien C_s adalah sebagai berikut :

1. Nilai C_s minimum

$$C_{s\min} = 0,044 S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01$$

$$C_{s\min} = 0,044 \cdot 0,606 \cdot 1,00 \geq 0,01$$

$$C_{s\min} = 0,0267 \geq 0,01$$

2. Nilai C_s

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,606}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,0758$$

3. Nilai C_s max

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,500}{2.549 \cdot \left(\frac{8}{1}\right)} = 0,0245$$

Kontrol :

$$C_s \text{ min} < C_s < C_s \text{ mx}$$

$$0,0267 < 0,0758 > 0,0245 \text{ (No Ok)}$$

Maka digunakan C_s min Sebagai nilai C_s yaitu 0,0267

Penentuan gaya geser dasar dinamis struktur menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V = C_s \cdot W_t$$

Dimana :

C_s = Koefisien respon seismic

W_t = Total beban mati, beban mati tambahan dan beban hidup

Tabel 4. 13 Berat Struktur dari Base Reaction Fz untuk Beban Mati, Beban Mati Tambahan dan Beban Hidup

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	KN	KN	KN
1D+1L	Combination	-1.384E-12	-1.65E-12	230820.191

Maka diperoleh berat struktur 230820.191 kN

$$V = C_s \cdot W_t$$

$$= 0,0267 \cdot 230820.191 \text{ kN}$$

$$= 6161.360 \text{ kN}$$

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_t) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan $0,85 \frac{V}{V_t}$ (SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1). Dari hasil analisa struktur

menggunakan program bantu SAP 2000 didapatkan gaya geser dasar ragam (Vt)

Tabel 4. 14 Gaya Geser Dasar Hasil SAP 2000

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Text	KN	KN
QUAKE X	LinRespSpec	Max	3078.716	923.344
QUAKE Y	LinRespSpec	Max	923.616	3077.809

$$V = 6161.360 \text{ kN}$$

$$V_{tx} = 3078.716 \text{ kN}$$

$$V_{ty} = 3077.809 \text{ kN}$$

Untuk Arah x :

$$V_{tx} > 0,85 V$$

$$3078.716 \text{ kN} > 0,85 \cdot 6161.360 \text{ kN}$$

$$3078.716 \text{ kN} < 5237.156 \text{ kN} \quad \text{NO OK}$$

Untuk Arah y :

$$V_{ty} > 0,85 V$$

$$3077.809 \text{ kN} > 0,85 \cdot 6161.360 \text{ kN}$$

$$3077.809 \text{ kN} < 5237.156 \text{ kN} \quad \text{NO OK}$$

Oleh karena itu, untuk memenuhi persyaratan SNI 03-1726:2012 Pasal 7.9.4.1, maka gaya geser tingkat nominal akibat gempa rencana struktur gedung hasil analisis harus dikalikan dengan faktor skala $0,85 \frac{V}{V_t}$

Arah x :

$$0,85 \frac{V}{V_{tx}} = 0,85 \frac{6161.360 \text{ kN}}{3078.716 \text{ kN}} = 1,7011$$

Arah y :

$$0,85 \frac{V}{V_{ty}} = 0,85 \frac{6161.360 \text{ kN}}{3077.809 \text{ kN}} = 1,7016$$

Faktor pembesaran skala gaya

faktor skala $0,85 \frac{V}{V_t}$ dikalikan Pembebanan gaya $\frac{I_e \cdot g}{R}$

Untuk arah x :

Untuk 100% = $1,7011 \times 1,226 = 2.08595$

Untuk 30 % = $0,3 \times 1,7011 \times 1,226 = 0.62579$

Untuk arah y :

Untuk 100% = $1,7016 \times 1,226 = 2.08657$

Untuk 30 % = $0,3 \times 1,7016 \times 1,226 = 0.62597$

Setelah pada program bantu SAP 2000 faktor pembebanan gempa diatas dimasukkan, dapat diperoleh hasil *base reaction* sebagai berikut :

Tabel 4. 15 Base Reaction dari Program SAP 2000 setelah Dikali Faktor Pembesaran.

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Text	KN	KN
QUAKE X	LinRespSpec	Max	5239.780	1570.72
QUAKE Y	LinRespSpec	Max	1571.685	5238.237

V = 6161.360 kN

Vtx = 5239.780 kN

Vty = 5238.237 kN

Untuk Arah x :

Vtx > 0,85 V

5239.780 kN > 0,85. 6161.360 kN

5239.780 kN > 5237.16 kN OK

Untuk Arah y :

Vty > 0,85 V

5238.237 kN > 0,85. 6161.360 kN

5238.237 kN > 5237.16 kN OK

Rekapitulasi Hasil Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Tabel 4. 16 Rekapitulasi Hasil Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base Shear*) Semua Kasus

Kasus	Type Kolom (mm)	0,85.V (kN)	Vtx (kN)	Vty (kN)	Vtx > 0,85.V	Vty > 0,85.V
1	600x600	5237.156	5237.156	5238.237	OK	OK
	800x800	5823.291	5823.291	5823.291	OK	OK
	1000x1000	6576.894	6576.894	6576.894	OK	OK
2	600x600	5028.254	5028.254	5028.254	OK	OK
	800x800	5626.352	5626.352	5626.352	OK	OK
	1000x1000	6395.333	6395.333	6395.333	OK	OK
3	600x600	5237.156	5237.156	5237.156	OK	OK
	800x800	5823.291	5823.291	5823.291	OK	OK
	1000x1000	6576.894	6576.894	6576.894	OK	OK
4	600x600	5028.254	5028.254	5028.254	OK	OK
	800x800	5626.352	5626.352	5626.352	OK	OK
	1000x1000	6395.333	6395.333	6395.333	OK	OK

4.3.4.10 Kontrol Partisipasi Masa

Sesuai dengan SNI 1726:2012, Perhitungan respons dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total sekurang kurangnya adalah 90%.

Tabel 4. 17 Jumlah Respon Ragam

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Output Case	Step Type	Step Num	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	2.549282	0.00738	0.78943
MODAL	Mode	2	2.548357	0.79684	0.79681
MODAL	Mode	3	0.83763	0.79782	0.90255
MODAL	Mode	4	0.83735	0.90354	0.90353
MODAL	Mode	5	0.481496	0.90389	0.93799
MODAL	Mode	6	0.48136	0.93835	0.93834
MODAL	Mode	7	0.337371	0.93853	0.95696
MODAL	Mode	8	0.337282	0.95715	0.95714
MODAL	Mode	9	0.238425	0.95731	0.97497
MODAL	Mode	10	0.238367	0.97514	0.97513

MODAL	Mode	11	0.130148	0.97533	0.99663
MODAL	Mode	12	0.130124	0.99682	0.99682

4.3.4.11 Kontrol Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Untuk mengetahui besarnya simpangan antar lantai perlu dicari terlebih dahulu nilai perpindahan elastis, δ_{xe} dari analisis struktur. Setelah itu nilai δ_{xe} dikalikan dengan faktor pembesaran C_d/I_e . Setelah itu dapat diketahui besarnya simpangan antar tingkat yang merupakan selisih nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada suatu tingkat dengan nilai perpindahan elastis yang diperbesar pada tingkat dibawahnya. Nilai simpangan ini selanjutnya dikontrol terhadap batas simpangan. Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \cdot \delta_{ex}}{I_e} \quad (\text{SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.6})$$

Dimana :

C_d = Faktor pembesaran defleksi = 5,5

δ_{xe} = Defleksi pada lantai x yang ditentukan dengan analisis elastis

I_e = Faktor keutamaan = 1

Pada Pasal 7.9.3 SNI 1726-2012 dijelaskan untuk defleksi antar lantai dijelaskan sesuai persamaan

$$\Delta_i = \frac{(\delta_{ei} - \delta_{e(i-1)}) \cdot C_d}{I_e}$$

δ_{ei} = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan

$\delta_{e(i-1)}$ = Perpindahan elastis yang dihitung akibat gaya gempa desain tingkat kekuatan di bawahnya

Δ_i = Simpangan antar lantai tingkat desain

$\Delta_i < \Delta_a$

Δ_a = Simpangan antar lantai tingkat ijin

Untuk nilai simpangan antar lantai ijin, Δ_a , berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 16 diperoleh sebagai berikut :

Tabel 4. 18 Simpangan Antar Lantai Ijin, Δa

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{sx}	0,020 h_{sx}	0,015 h_{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}	0,010 h_{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}	0,007 h_{sx}
Semua struktur lainnya	0,020h_{sx}	0,015 h_{sx}	0,010 h_{sx}

h_{sx} = tinggi setiap lantai

Δa = 0,020 h_{sx}
= 0,020 4000 mm
= 80 mm

1 Analisa simpangan antar lantai gempa arah X

Tabel 4.19 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah X

Lantai	Elevasi (m)	h_i (m)	δ_{ei} (mm)	$\delta_{ei}-\delta_{e(i-1)}$ (mm)	Δ_i (mm)	Δ_a (mm)	Ket (mm)
Atap	80	4	89.48	1.432	7.9	80	OKE
19	76	4	88.05	1.904	10.5	80	OKE
18	72	4	86.14	2.386	13.1	80	OKE
17	68	4	83.76	2.826	15.5	80	OKE
16	64	4	80.93	3.224	17.7	80	OKE
15	60	4	77.71	3.583	19.7	80	OKE
14	56	4	74.12	3.909	21.5	80	OKE
13	52	4	70.22	4.208	23.1	80	OKE
12	48	4	66.01	4.486	24.7	80	OKE
11	44	4	61.52	4.751	26.1	80	OKE

10	40	4	56.77	5.008	27.5	80	OKE
9	36	4	51.76	5.259	28.9	80	OKE
8	32	4	46.50	5.506	30.3	80	OKE
7	28	4	41.00	5.745	31.6	80	OKE
6	24	4	35.25	5.973	32.8	80	OKE
5	20	4	29.28	6.178	34.0	80	OKE
4	16	4	23.10	6.345	34.9	80	OKE
3	12	4	16.76	6.434	35.4	80	OKE
2	8	4	10.32	6.226	34.2	80	OKE
1	4	4	4.10	4.096	22.5	80	OKE

2 Analisa simpangan antar lantai gempa arah Y

Tabel 4.20 Kontrol Simpangan Antar Lantai Portal Gempa Dinamis Arah Y

Lantai	Elevasi (m)	h_i (m)	δ_{ei} (mm)	$\delta_{ei}-\delta_{e(i-1)}$ (mm)	Δ_i (mm)	Δ_a (mm)	Ket (mm)
Atap	80	4	26.84	0.427	2.3	80	OKE
19	76	4	26.41	0.572	3.1	80	OKE
18	72	4	25.84	0.716	3.9	80	OKE
17	68	4	25.12	0.848	4.7	80	OKE
16	64	4	24.28	0.967	5.3	80	OKE
15	60	4	23.31	1.075	5.9	80	OKE
14	56	4	22.23	1.173	6.5	80	OKE
13	52	4	21.06	1.262	6.9	80	OKE
12	48	4	19.80	1.346	7.4	80	OKE
11	44	4	18.45	1.425	7.8	80	OKE
10	40	4	17.03	1.502	8.3	80	OKE
9	36	4	15.53	1.578	8.7	80	OKE
8	32	4	13.95	1.652	9.1	80	OKE
7	28	4	12.30	1.723	9.5	80	OKE
6	24	4	10.57	1.792	9.9	80	OKE
5	20	4	8.78	1.853	10.2	80	OKE
4	16	4	6.93	1.903	10.5	80	OKE
3	12	4	5.03	1.930	10.6	80	OKE
2	8	4	3.10	1.866	10.3	80	OKE
1	4	4	1.23	1.230	6.8	80	OKE

Rekapitulasi Hasil Kontrol Simpangan Antar Lantai (Drift)

Tabel 4. 21 Kontrol Simpangan Antar Lantai Kasus 1

Kasus		1						Δa
Type Kolom	600	800		1000				
Simpangan	Δ_{i_x}	Δ_{i_y}	Δ_{i_x}	Δ_{i_y}	Δ_{i_x}		Δ_{i_y}	
Lantai	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	7.9	2.3	5.9	1.8	5.8	1.7	80	
19	10.5	3.1	7.9	2.4	7.5	2.3	80	
18	13.1	3.9	10.1	3.0	9.5	2.9	80	
17	15.5	4.7	12.2	3.7	11.6	3.5	80	
16	17.7	5.3	14.1	4.2	13.6	4.1	80	
15	19.7	5.9	15.9	4.8	15.4	4.6	80	
14	21.5	6.5	17.5	5.3	17.1	5.1	80	
13	23.1	6.9	19.0	5.7	18.7	5.6	80	
12	24.7	7.4	20.5	6.1	20.2	6.1	80	
11	26.1	7.8	21.8	6.5	21.7	6.5	80	
10	27.5	8.3	23.1	6.9	23.0	6.9	80	
9	28.9	8.7	24.3	7.3	24.4	7.3	80	
8	30.3	9.1	25.5	7.7	25.6	7.7	80	
7	31.6	9.5	26.7	8.0	26.8	8.0	80	
6	32.8	9.9	27.7	8.3	27.7	8.3	80	
5	34.0	10.2	28.6	8.6	28.3	8.5	80	
4	34.9	10.5	29.1	8.7	28.2	8.5	80	
3	35.4	10.6	28.7	8.6	26.7	8.0	80	
2	34.2	10.3	25.7	7.7	22.0	6.6	80	
1	22.5	6.8	13.8	4.1	10.4	3.1	80	

Tabel 4. 22 Kontrol Simpangan Antar Lantai Kasus 2

Kasus		2						Δa
Type Kolom	600	800		1000				
Simpangan	Δ_{i_x}	Δ_{i_y}	Δ_{i_x}	Δ_{i_y}	Δ_{i_x}		Δ_{i_y}	
Lantai	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	5.4	2.8	4.3	2.1	4.5	2.0	80	
19	7.8	3.4	6.0	2.5	6.0	2.4	80	
18	10.2	4.0	8.1	3.0	7.9	2.9	80	
17	12.5	4.5	10.0	3.5	9.8	3.4	80	

16	14.5	5.0	11.8	4.0	11.7	3.8	80
15	16.4	5.4	13.5	4.4	13.4	4.3	80
14	18.2	5.8	15.1	4.7	15.1	4.7	80
13	19.8	6.2	16.5	5.1	16.6	5.1	80
12	21.3	6.5	17.9	5.4	18.1	5.5	80
11	22.7	6.8	19.2	5.7	19.4	5.8	80
10	24.1	7.1	20.5	6.0	20.8	6.1	80
9	25.5	7.3	21.7	6.3	22.0	6.5	80
8	26.8	7.6	22.9	6.5	23.2	6.7	80
7	28.1	7.8	24.0	6.8	24.3	7.0	80
6	29.4	8.1	25.0	7.0	25.3	7.2	80
5	30.5	8.3	25.8	7.2	25.9	7.4	80
4	31.5	8.4	26.4	7.3	25.9	7.3	80
3	32.0	8.5	26.2	7.1	24.6	6.8	80
2	31.2	8.1	23.6	6.3	20.4	5.6	80
1	20.7	5.2	12.7	3.3	9.6	2.6	80

Tabel 4. 23 Kontrol Simpangan Antar Lantai Kasus 3

Kasus		3						Δa
Type Kolom	600	800		1000		Δa		
Simpangan	Δ_{ix}	Δ_{iy}	Δ_{ix}	Δ_{iy}	Δ_{ix}		Δ_{iy}	
Lantai	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Atap	5.2	1.6	3.9	1.2	3.8	1.1	80	
19	6.9	2.1	5.2	1.6	4.9	1.5	80	
18	8.7	2.6	6.6	2.0	6.3	1.9	80	
17	10.3	3.1	8.1	2.4	7.7	2.3	80	
16	11.9	3.6	9.4	2.8	9.1	2.7	80	
15	13.3	4.0	10.7	3.2	10.4	3.1	80	
14	14.6	4.4	11.8	3.5	11.6	3.5	80	
13	15.8	4.7	12.9	3.9	12.7	3.8	80	
12	16.9	5.1	13.9	4.2	13.8	4.1	80	
11	17.9	5.4	14.8	4.5	14.8	4.4	80	
10	18.9	5.7	15.7	4.7	15.7	4.7	80	
9	19.8	5.9	16.6	5.0	16.6	5.0	80	
8	20.7	6.2	17.3	5.2	17.4	5.2	80	
7	21.5	6.4	18.0	5.4	18.1	5.4	80	
6	22.2	6.7	18.6	5.6	18.6	5.6	80	

5	22.8	6.8	19.1	5.7	18.9	5.7	80
4	23.3	7.0	19.3	5.8	18.8	5.6	80
3	23.4	7.0	19.0	5.7	17.7	5.3	80
2	22.6	6.8	16.9	5.1	14.5	4.4	80
1	14.8	4.4	9.1	2.7	6.8	2.1	80

Tabel 4. 24 Kontrol Simpangan Antar Lantai Kasus 4

Kasus		4						Δa
Type Kolom	600	800		1000		Δa		
Simpangan Lantai	Δ_{ix} (mm)	Δ_{iy} (mm)	Δ_{ix} (mm)	Δ_{iy} (mm)	Δ_{ix} (mm)		Δ_{iy} (mm)	
Atap	3.6	1.9	2.8	1.4	3.0	1.3	80	
19	5.1	2.3	4.0	1.7	3.9	1.6	80	
18	6.7	2.7	5.3	2.0	5.2	1.9	80	
17	8.2	3.0	6.6	2.3	6.5	2.2	80	
16	9.7	3.4	7.9	2.7	7.8	2.6	80	
15	11.0	3.7	9.0	2.9	9.0	2.9	80	
14	12.3	4.0	10.1	3.2	10.1	3.2	80	
13	13.4	4.2	11.2	3.5	11.2	3.5	80	
12	14.5	4.4	12.1	3.7	12.2	3.7	80	
11	15.5	4.7	13.0	3.9	13.2	4.0	80	
10	16.5	4.9	13.9	4.1	14.1	4.2	80	
9	17.4	5.0	14.7	4.3	14.9	4.4	80	
8	18.2	5.2	15.4	4.4	15.7	4.6	80	
7	19.0	5.3	16.1	4.6	16.4	4.8	80	
6	19.8	5.5	16.7	4.7	16.9	4.9	80	
5	20.4	5.6	17.2	4.8	17.3	4.9	80	
4	20.9	5.6	17.5	4.8	17.2	4.9	80	
3	21.2	5.6	17.3	4.7	16.2	4.5	80	
2	20.6	5.4	15.5	4.1	13.4	3.7	80	
1	13.6	3.4	8.3	2.2	6.3	1.7	80	

4.4 Perhitungan Struktur Utama

4.4.1 Umum

Perencanaan struktur primer ini meliputi perencanaan balok induk, kolom, dan hubungan balok kolom. Perhitungan yang dilakukan mengacu pada ketentuan ACI 318M-14, dan

pembebanan gempa dengan mengacu pada SNI 1726-2012, yang didalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa.

4.4.2 Perhitungan Penulangan Balok Induk

Dalam perhitungan balok Induk didapatkan gaya dalam dan diagram gaya dari analisa program SAP 2000 yang memodelkan struktur yang ditinjau. Pada hasil analisa SAP 2000 digunakan data yang menunjukkan analisa gaya-gaya terbesar dari semua frame balok pada struktur bangunan, sehingga didapatkan hasil gaya terbesar dengan kombinasi yang digunakan yaitu Envelope.

Tabel 4. 25 Hasil Output SAP (Denah 1, f_c' 30 MPa, Kolom (600x600))

Mu	Tumpuan Kiri (-)	325.514	kNm
	Tumpuan Kiri (+)	192.505	kNm
	Lapangan	95.312	kNm
	Tumpuan Kanan (-)	262.9107	kNm
	Tumpuan Kanan (+)	69.3102	kNm
Vu (Envelope)	172.199	kN	
Vu (1,2D+1L)	123.873	kN	
Pu	41.999	kN	
Tu	26.804	kNm	

4.4.2.1 Data – data perencanaan

Ket Balok	: BI (Denah 1)
Dimensi balok (b balok)	: 400 mm
Dimensi balok (h balok)	: 600 mm
Bentang balok (L)	: 5000 mm
Kuat Tekan Beton (f_c')	: 30 Mpa
Kuat Leleh Tul. Lentur (f_y)	: 400 Mpa
Kuat Leleh Tul. Geser (f_{yv})	: 400 Mpa
Diameter Tulangan Lentur	: D22
Diameter Tulangan Geser	: D13
Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm
(ACI 318M-14 Pasal 20.6.1.3.2)	
Faktor reduksi lentur (ϕ)	: 0,9

(ACI 318M-14 Pasal 21.2.1)Faktor reduksi Geser dan Torsi (ϕ) : 0,75**(ACI 318M-14 Pasal 21.2.1)**

A. Tinggi efektif balok :

$$d = h - \text{decking} - D \text{ sengkang} - \frac{1}{2} D \text{ tul. lentur}$$

$$d = 600 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \cdot 22 \text{ mm}\right)$$

$$d = 536 \text{ mm}$$

B. Cek Syarat Komponen Struktur Penahan Gempa

1. Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur lentur dibatasi maksimum $0,1 A_g \cdot f_c'$. (ACI 318M-14 Pasal 18.6.1)
 $0,1 \cdot A_g \cdot f_c' = 0,1 \times 400 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \times 30 \text{ Mpa} = 720 \text{ kN}$.
 Dari program bantu SAP 2000 v.14 didapatkan :

$$P_u = 41,999 \text{ kN} < 720 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

2. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya (ACI 318M-14 Pasal 18.6.2.1(a)).

$$4d = 4 \times 536 \text{ mm} = 2144 \text{ mm}$$

$$L_n = 4400 \text{ mm} > 4d = 2144 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

3. Lebar komponen (b) tidak boleh kurang dari $0,3h$ dan 250 mm (ACI 318M-14 Pasal 18.6.2.1(b))

$$b = 400 \text{ mm}, h = 600 \text{ mm}$$

$$400 \text{ mm} > 0,3 \cdot 600 \text{ mm} = 180 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

4. Lebar komponen (b balok) tidak boleh melebihi b kolom yang terkecil dan $0,75 b$ kolom terbesar (ACI 318M-14 Pasal 18.6.2.1(c))

$$b \text{ balok} = 400 \text{ mm}, b \text{ kolom terkecil} = b \text{ kolom terbesar} = 600 \text{ mm}$$

$$400 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$400 \text{ mm} < 0,75 \cdot 600 \text{ mm} = 450 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

C. Tulangan Minimum dan Maksimum.

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,69$$

Rasio Tulangan Minimum dipilih berdasarkan yang paling besar dari persamaan di bawah ini :

(ACI 318M-14 Pasal 9.6.1.2)

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{30}}{400} = 0,00342$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

Rasio Tulangan Maksimum berdasarkan (ACI 318M-14 Pasal 18.6.3.1)

$$\rho_{\max} = 0,025$$

4.4.2.2 Perhitungan Tulangan Balok Induk

A. Perhitungan Tulangan Lentur

Untuk perhitungan penulangan lentur balok di daerah tumpuan kanan dan kiri disamakan. Sehingga nilai momen untuk daerah tumpuan diambil yang terbesar.

Tumpuan Negatif (Tarik)

$$M_u = 325514000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{325514000 \text{ Nmm}}{0,9} = 361682222,2 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{361682222,2 \text{ Nmm}}{400 \times 536^2} = 3,147$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 3,147}{400}} \right) \\ &= 0,0084 \end{aligned}$$

Cek :

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

$$0,0035 < 0,0084 < 0,025$$

OK

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 0,00281 \times 400 \times 536$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = 1806,31 \text{ mm}^2$$

$$A_s (D22) = 0,25 \pi \times D^2 = 0,25 \times \pi \times 22^2 = 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_s (D22)} = \frac{1806,31 \text{ mm}^2}{379,94 \text{ mm}^2} = 4,75 \approx 6 \text{ bh}$$

Jadi dipasang Tulangan **6D22** → **$A_{s_{\text{pakai}}}$ 2280,80 mm²**

Cek :

$$A_{s_{\text{pakai}}} > A_{s_{\text{perlu}}}$$

$$2280,80 \text{ mm}^2 > 1806,31 \text{ mm}^2$$

OK

Kontrol Jarak tulangan :

Kontrol S tulangan

$$S = \frac{b - 2t_{\text{selimut}} - 2 \phi_{\text{geser}} - n n_{\text{Lentur}}}{n - 1}$$

$$S = \frac{400 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 13 - 6 \cdot 22}{6 - 1}$$

$$S = 32,40 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$S \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$32,40 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

OK

Kontrol Kemampuan Penampang :

$$a = \frac{A_{s_{\text{pakai}}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_w} = \frac{2280,80 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 400 \text{ mm}} = 89,44 \text{ mm}$$

$$M_n = A_{s_{\text{pakai}}} \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 2280,80 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} \left(536 \text{ mm} - \frac{89,44 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 448,20 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 448,20 \text{ kNm}$$

$$= 403,38 \text{ kNm}$$

Cek :

$$\phi M_n > M_u$$

$$403,38 \text{ kNm} > 325,514 \text{ kNm} \quad \text{OK}$$

Tumpuan Positif (Tekan)

Berdasarkan ACI 318M-14 Pasal 18.6.3.2 mensyaratkan bahwa kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari 1/2 kuat lentur negatifnya pada muka tersebut.

- $1/2 \cdot \phi M_n = 1/2 \times 403,38 \text{ kNm} = 201.69 \text{ kNm}$
- $M_u \text{ Tumpuan Positif (SAP)} = 192.51 \text{ kNm}$

Maka, digunakan momen lentur hasil perhitungan kapasitas.

$$M_u = 201691112.2 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{201691112.2 \text{ Nmm}}{0,9} = 224101235.8 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{224101235.8 \text{ Nmm}}{400 \times 536^2} = 1,950$$

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

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,950}{400}} \right)$$

$$= 0,0051$$

Cek :

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

$$0,0035 < 0,0051 < 0,025$$

OK

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

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 0,0051 \times 400 \times 536$$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = 1088.60 \text{ mm}^2$$

$$A_s (D22) = 0,25 \pi \times D^2 = 0,25 \times \pi \times 22^2 = 379.94 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_s (D22)} = \frac{1088.60 \text{ mm}^2}{379.94 \text{ mm}^2} = 2,86 \approx 4 \text{ bh}$$

Jadi dipasang Tulangan **4D22** → $A_{s \text{ Pakai}} = 1520.53 \text{ mm}^2$

Cek :

$A_{s \text{ Pakai}} > A_{s \text{ Perlu}}$

$$1520.53 \text{ mm}^2 > 1088,60 \text{ mm}^2 \quad \text{OK}$$

Kontrol Jarak tulangan :

Kontrol S tulangan

$$S = \frac{b - 2t_{\text{selimut}} - 2\phi_{\text{geser}} - n n_{\text{Lentur}}}{n - 1}$$

$$S = \frac{400 - 2.40 - 2.13 - 4.22}{4 - 1}$$

$$S = 68,67 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$S \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$68,67 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Kontrol Kemampuan Penampang :

$$a = \frac{A_{s \text{ pakai}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_w} = \frac{1520.53 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 400 \text{ mm}} = 59,63 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_{s \text{ pakai}} \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1520.53 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} \left(536 \text{ mm} - \frac{59,63 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 307,87 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 307,87 \text{ kNm}$$

$$= 277,08 \text{ kNm}$$

Cek :

$$\phi M_n > M_u$$

$$277,08 \text{ kNm} > 201,69 \text{ kNm} \quad \text{OK}$$

Lapangan

Berdasarkan ACI 318M-14 Pasal 18.6.3.2 mensyaratkan bahwa baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap penampang disepanjang bentang tidak boleh kurang dari 1/4 (seperempat) kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut.

- $1/4 \cdot \phi M_n = 1/4 \times 403,38 \text{ kNm} = 100.85 \text{ kNm}$

- Mu Tumpuan Positif (SAP) = 95.312 kNm

Maka, digunakan momen lentur hasil perhitungan kapasitas.

$$Mu = 100845556.1 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{100845556.1 \text{ Nmm}}{0,9} = 112050617.91 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{112050617.91 \text{ Nmm}}{400 \times 536^2} = 0,975$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,975}{400}} \right) \\ &= 0,0025 \end{aligned}$$

Cek :

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

$$0,0035 > 0,0025 < 0,025$$

NO OK

Karena memenehi maka dipakai nilai ρ_{\min} .

$$As_{\text{perlu}} = \rho_{\min} \times b \times d$$

$$As_{\text{perlu}} = 0,0035 \times 400 \times 536$$

$$As_{\text{perlu}} = 750,40 \text{ mm}^2$$

$$As (D22) = 0,25 \pi \times D^2 = 0,25 \times \pi \times 22^2 = 379.94 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{As_{\text{perlu}}}{As (D22)} = \frac{750,40 \text{ mm}^2}{379.94 \text{ mm}^2} = 1,97 \approx 3 \text{ bh}$$

Jadi dipasang Tulangan **3D22** → **AS Pakai 1140.40 mm²**

Cek :

$$AS_{\text{Pakai}} > AS_{\text{Perlu}}$$

$$1140.40 \text{ mm}^2 > 750,40 \text{ mm}^2$$

OK

Kontrol Jarak tulangan :

Kontrol S tulangan

$$S = \frac{b - 2t_{\text{selimut}} - 2\phi_{\text{geser}} - n n_{\text{Lentur}}}{n - 1}$$

$$S = \frac{400 - 2.40 - 2.13 - 3.22}{3 - 1}$$

$$S = 114 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$S \geq S_{\text{syarat agregat}}$$

$$114 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm}$$

OK

Kontrol Kemampuan Penampang :

$$a = \frac{A_{\text{spakai}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_w} = \frac{1140,40 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 400 \text{ mm}} = 44,72 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mn &= A_{\text{spakai}} \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1520,53 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} \left(536 \text{ mm} - \frac{44,72 \text{ mm}}{2} \right) \end{aligned}$$

$$= 234,30 \text{ kNm}$$

$$\phi Mn = 0,9 \cdot 234,30 \text{ kNm}$$

$$= 210,87 \text{ kNm}$$

Cek :

$$\phi Mn > Mu$$

$$210,87 \text{ kNm} > 100,85 \text{ kNm}$$

OK

Kontrol Penampang dan Momen Rencana

$$\text{Tulangan Tekan (As')} = 1520,53 \text{ mm}^2 \text{ (4D22)}$$

$$\text{Tulangan Tarik (As)} = 2280,80 \text{ mm}^2 \text{ (6D22)}$$

$$d = 536 \text{ mm}$$

$$d' = 64 \text{ mm}$$

Cek jika $f_s = f_y$

$$a = \frac{A_{\text{spakai}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_w} = \frac{2280,80 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 400 \text{ mm}} = 89,44 \text{ mm}$$

$$\frac{a_b}{d} = \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,51$$

$$\frac{a}{d} < \frac{a_b}{d} = \frac{89,44 \text{ mm}}{536 \text{ mm}} < 0,51 = 0,167 < 0,51$$

Maka f'_s (mutu tulangan tekan) = f_y (mutu tulangan tarik) sehingga tulangan tekan leleh

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{89,44 \text{ mm}}{0,85} = 105,22 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{d - c}$$

$$\frac{\varepsilon_c}{0,003} = \frac{\varepsilon_s}{536 \text{ mm} - 105,22 \text{ mm}}$$

$$\varepsilon_s = 0,012 > 0,005 ; \text{ Maka } \phi = 0,9$$

Momen nominal selanjutnya dibandingkan dengan momen rencana

$$M_n = A_{s\text{pakai}} \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 2280,80 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} \left(536 \text{ mm} - \frac{89,44 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 448,20 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 448,20 \text{ kNm}$$

$$= 403,38 \text{ kNm}$$

Cek :

$$\phi M_n > M_u$$

$$403,38 \text{ kNm} > 325,514 \text{ kNm} \quad \text{OK}$$

Maka tulangan yang direncanakan kuat menahan beban ultimate dari balok.

B. Perhitungan Tulangan Geser

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 18.6.5 mengisyaratkan bahwa geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan mengasumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok dengan tegangan tulangan lentur balok mencapai $1,25 f_y$ dengan faktor reduksi kuat lentur $\phi = 1$. Perhitungan gaya geser akibat gaya gempa akibat gempa kiri maupun kanan baik (+) maupun (-) memiliki direncanakan dengan tulangan yang sama, sehingga dihitung salah satu sisi saja.

Tulangan Tumpuan Geser

Kapasitas Momen Ujung Ujung Balok (M_{pr})

Tumpuan Negatif

$$a_{pr1} = \frac{A_{Spakai} \cdot 1,25 \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_w} = \frac{2280,80 \text{ mm}^2 \cdot 1,25 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 400 \text{ mm}} = 111,80 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr1} &= A_{Spakai} \cdot 1,25 \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 2280,80 \text{ mm}^2 \cdot 1,25 \cdot 400 \text{ MPa} \left(536 \text{ mm} - \frac{111,80 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 547,50 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Tumpuan Positif

$$a_{pr2} = \frac{A_{Spakai} \cdot 1,25 \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_w} = \frac{1520,53 \text{ mm}^2 \cdot 1,25 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 400 \text{ mm}} = 74,54 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr2} &= A_{Spakai} \cdot 1,25 \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1520,53 \text{ mm}^2 \cdot 1,25 \cdot 400 \text{ MPa} \left(536 \text{ mm} - \frac{74,54 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 379,17 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Diagram Geser

Reaksi geser diujung kanan dan kiri balok akibat gaya gravitasi yang bekerja pada struktur diambil dari output SAP 2000 dengan kombinasi 1,2D + 1L : 123.87 kN

$$V_g = 123,87 \text{ kN}$$

$$V_{sway} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} = \frac{547,50 \text{ k} + 379,17 \text{ kNm}}{4,4 \text{ m}} = 210,61 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Reaksi Akibat Gempa Kiri } (V_e) &= V_{sway} + V_g \\ &= 210,61 \text{ kN} + 123,87 \text{ kN} \\ &= 334,48 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Reaksi Akibat Gempa Kanan } (V_e) &= V_{sway} - V_g \\ &= 210,61 \text{ kN} - 123,87 \text{ kN} \\ &= 86,73 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya geser total yang menentukan, $V_e = 334,48 \text{ kN}$

Sengkang untuk gaya geser.

Berdasarkan ACI 318M-14 Pasal 18.6.5.2 kontribusi beton dalam menahan gaya geser, yaitu $V_c = 0$ pada perencanaan sendi plastis, apabila :

- (1) Gaya geser V_{sway} akibat sendi plastis diujung-ujung balok melebihi $1/2$ kuat geser perlu maksimum, V_u disepanjang bentang.

$$V_{sway} = 210.61 \text{ kN}$$

$$V_{u \text{ perlu}} = V_e \text{ pakai} = 334.48 \text{ kN}$$

$$V_{sway} > 0,5 V_{u \text{ perlu}}$$

$$210.61 \text{ kN} > 0.5 \cdot 334.48 \text{ kN}$$

$$210.61 \text{ kN} > 167.24 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

- (2) Gaya tekan aksial terfaktor (P_u), termasuk akibat pebebanan gempa, kurang dari $A_g \cdot f_c' / 20$.

$$P_u = 41.999 \text{ kN}$$

$$\frac{A_g \cdot f_c'}{20} = \frac{400 \text{ mm} \cdot 600 \text{ mm} \cdot 30 \text{ Mpa}}{20} = 360 \text{ kN}$$

$$P_u < \frac{A_g \cdot f_c'}{20}$$

$$41.999 \text{ kN} < 360 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Dengan demikian, karena dari persyaratan (1) dan (2) ada yang terpenuhi, maka $V_c = 0$

Sesuai ACI 318M-14 Pasal 22.5.10.1 adalah :

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{334.48 \text{ kN}}{0,75} - 0 = 445,974 \text{ kN} = 445974 \text{ N}$$

Berdasarkan ACI 318M-14 Pasal 22.6.8.2 nilai spasi tulangan dihitung sesuai :

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Dicoba menggunakan Sengkang D13 dipasang 2 kaki maka :

$$A_v = 2 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \right) = 265,33 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{265,33 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} \cdot 536 \text{ mm}}{445974 \text{ N}} = 127,56 \text{ mm}$$

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 18.6.4.4 sengkang pertama dipasang pada jarak 50 mm dari muka kolom terdekat, dan berikutnya dipasang dengan spasi terkecil diantara :

$$1. \quad d/4 = 536 \text{ mm}/4 = 134 \text{ mm}$$

2. 6 x diameter tulangan longitudinal terkecil = 6 x 22 mm = 132 mm
3. 150 mm.

Dengan demikian , tulangan sengkang di daerah sendi plastis digunakan sengkang **2D13-90 mm**.

Tulangan Lapangan Geser

Pada daerah lapangan (Luar sendi plastis)

$$V_g = 123.87 \text{ kN}$$

$$V_g = \frac{W_u \cdot L_n}{2}$$

$$W_u = \frac{V_g \cdot 2}{L_n} = \frac{123.87 \text{ kN} \cdot 2}{4,4 \text{ m}} = 56.31 \text{ kN/m}$$

Gaya geser didaerah lapangan (diluar sendi plastis), yaitu:

$2h = 2 \times 600 \text{ mm} = 1,2 \text{ m}$ dari muka kolom, adalah :

$$\begin{aligned} V_{u'} &= V_u - (2h \cdot w_u) = 334.48 \text{ kN} - (1,2 \text{ m} \times 56.31 \text{ kN/m}) \\ &= 266.91 \text{ kN}. \end{aligned}$$

Pada zona ini kontribusi V_c diperhitungkan. Berdasarkan ACI 318M-14 Pasal 22.5.5.1 nilai V_c adalah :

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d = 0,17 \cdot 1 \cdot \sqrt{30 \text{ MPa}} \cdot 400 \text{ mm} \cdot 536 \text{ mm}$$

$$V_c = 199633.92 \text{ N} = 199,63 \text{ kN}$$

Dengan demikian,

$$V_s = \frac{V_{u'}}{\phi} - V_c = \frac{266.91 \text{ kN}}{0,75} - 199,63 = 156,25 \text{ kN} = 156250 \text{ N}$$

Berdasarkan ACI 318M-14 Pasal 22.6.8.2 nilai spasi tulangan dihitung sesuai :

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Dicoba menggunakan Sengkang D13 dipasang 2 kaki maka :

$$A_v = 2 \cdot \left(\frac{1}{4} \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \right) = 265,33 \text{ mm}^2$$

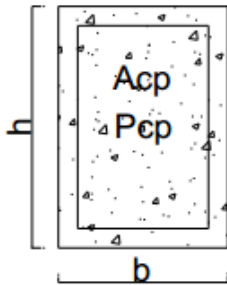
$$s = \frac{265,33 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} \cdot 536 \text{ mm}}{156250 \text{ N}} = 364,07 \text{ mm}$$

Berdasarkan ACI 318M-14 pasal 18.6.4.6 spasi maksimum tulangan geser disepanjang balok SRPMK adalah $d/2$.
 $S_{max} = d/2 = 536\text{mm}/2 = 268 \text{ mm}$.

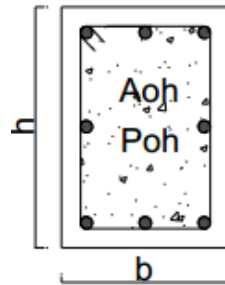
Dari perhitungan di atas, untuk bentang diluar sendi plastis digunakan sengkang **2D13-175 mm**.

C. Perhitungan Tulangan Torsi

Kontrol kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan punter. Ukuran penampang balok yang dipakai = 40/60



Gambar 4. 10 Luasan (A_{cp}) dan Keliling (P_{cp})



Gambar 4. 11 Luasan (A_{oh}) dan Keliling (P_{oh})

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b_{balok} \times h_{balok} \\ &= 400 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \\ &= 240000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton A_{cp}

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \times (b_{balok} + h_{balok}) \\ &= 2 \times (400 \text{ mm} + 600 \text{ mm}) \\ &= 2000 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \cdot t_{deking} - \phi_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{deking} - \phi_{geser}) \\ &= (400 - 2 \cdot 40 - 13) \times (600 - 2 \cdot 40 - 13) \\ &= 155649 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \times ((b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{deking}} - \phi_{\text{geser}}) + (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{deking}} - \phi_{\text{geser}})) \\ &= 2 \times ((400 - 2 \cdot 40 - 13) + (600 - 2 \cdot 40 - 13)) \\ &= 1628 \text{ mm} \end{aligned}$$

Periksa kecukupan penampang menahan momen punter menurut ACI 318M-14 Pasal 22.7.7.1(a)

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut:

$$V_u = -172.199 \text{ kN} = 172199 \text{ N}$$

$$T_u = -26.804 \text{ kNm} = 26804000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} \sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_h}{1,7 A^2_{oh}}\right)^2} &\leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d}\right) + 0,66\sqrt{f'c} \\ \sqrt{\left(\frac{172199,00}{400 \times 536}\right)^2 + \left(\frac{26804000 \times 1628}{1,7 \times 155649^2}\right)^2} &\leq 0,75 \left(\frac{199633,92}{400 \times 536}\right) + 0,66\sqrt{30} \\ 1,33 &\leq 3,41 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Periksa Persyaratan Pengaruh punter menurut ACI 318M-14 Pasal 22.7.4.1(a) yaitu pengaruh puntir dapat diabaikan jika

$$T_u < T_{u \text{ min}}$$

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

$$T_u < 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot \left(\frac{240000^2}{2000}\right)$$

$$26804000 \text{ Nmm} < 9819570,011 \text{ Nmm} \quad \text{OK}$$

Perhitungan Tulangan Transversal penahan torsi

Dalam menghitung penulangan torsi transversal penahan torsi nilai A_o dapat diambil sama dengan $0,85 A_{oh}$, dan nilai $\theta = 45^\circ$ (Berdasarkan ACI 318M-14 Pasal 22.7.6.1(a)).

$$A_o = 0,85 A_{oh} = 0,85 \cdot 155649 \text{ mm}^2 = 132301,65 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_{yt}}{s} \text{Cot } \theta$$

$$\frac{T_u}{\phi} = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_T \cdot f_{yt}}{s} \text{Cot } \theta$$

$$\frac{A_T}{s} = \frac{T_u}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_{yt} \cdot \text{Cot } \theta} = \frac{26804000}{0,75 \cdot 2 \cdot 132301,65 \cdot 400 \cdot \text{Cot } 45^\circ}$$

$$\frac{A_T}{s} = 0.34 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Daerah Tumpuan

Tulangan Transversal Sebelum Torsi

$$\frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_{yv} \cdot d} = \frac{445974 \text{ N}}{400 \text{ MPa} \cdot 536 \text{ mm}} = 2,08 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Tulangan Transversal Setelah Torsi

$$\frac{A_{vt}}{s} = \frac{A_v}{s} + \frac{2 \cdot A_T}{s} = 2,08 + 2 \cdot 0,34 = 2,755 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Tulangan Transversal terpasang daerah tumpuan sebelum torsi

2D13 – 90 mm.

$$\frac{A_{v \text{ pakai}}}{s} = \frac{2 \cdot 0,25 \cdot 3,14 \cdot 13^2}{90} = 2,945 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena $\frac{A_{v \text{ pakai}}}{s} > \frac{A_{vt}}{s}$, maka tulangan Transversal terpasang cukup untuk menahan torsi. Sehingga, tulangan transversal terpasang setelah ditambah torsi : **2D13-90 mm**

Daerah Lapangan

Tulangan transversal daerah lapangan sebelum torsi 2D13 - 175 mm. Dengan perhitungan yang sama tulangan transversal setelah ditambah torsi cukup kuat menahan momen torsi sehingga tulangan **2D13 - 175 mm** dapat digunakan.

Perhitungan Tulangan Longitudinal Penahan Torsi.

Dalam menghitung penulangan torsi longitudinal penahan torsi nilai A_o dapat diambil sama dengan $0,85 A_{oh}$, dan nilai $\Theta = 45^\circ$ (Berdasarkan ACI 318M-14 Pasal 22.7.6.1(b)).

$$A_o = 0,85 A_{oh} = 0,85 \cdot 155649 \text{ mm}^2 = 132301.65 \text{ mm}^2$$

$$P_h = 1628 \text{ mm}$$

$$T_n = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_l \cdot f_y}{P_h} \text{Cot } \Theta$$

$$\frac{T_u}{\phi} = \frac{2 \cdot A_o \cdot A_l \cdot f_y}{P_h} \text{Cot } \Theta$$

sehingga,

$$A_l = \frac{T_u \cdot P_h}{\phi \cdot 2 \cdot A_o \cdot f_y \cdot \text{Cot } \theta} = \frac{26804000}{0,75} \cdot \frac{1628}{2 \cdot 132301,65 \cdot 400 \cdot \text{Cot } 45^\circ}$$

$$A_l = 549,71 \text{ mm}^2$$

A_l didistribusikan secara sama di semua empat muka balok, digunakan $1/4 A_l$ di dua sudut teratas dan $1/4 A_l$ di dua sudut terbawah. $1/4 A_l$ didistribusikan secara sama pada sudut kanan dan kiri balok.

Pemasangan penulangan torsi pada tulangan Longitudinal .

- Luasan pasang tulangan puntir longitudinal (sisi tengah)

A_l untuk tulangan kiri dan kanan $1/2 A_l$ maka :

$$\frac{A_l}{4} = \frac{549,71 \text{ mm}^2}{4} = 137,43 \text{ mm}^2$$

Digunakan batang **2D13** $\rightarrow A_s = 265,33 \text{ mm}^2$ disetiap sisi samping kiri dan kanan balok baik disepanjang tumpuan maupun lapangan.

- Luasan pasang tulangan puntir longitudinal daerah tumpuan (sisi atas)

Kebutuhan tulangan tarik sebelum ditambah torsi :

$$A_s \text{ perlu} = 1806,31 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 2280,80 \text{ mm}^2$$

Kebutuhan tulangan tarik setelah ditambah torsi :

$$A_s \text{ perlu}' = A_s \text{ perlu} + A_l$$

$$A_s \text{ perlu}' = 1806,31 \text{ mm}^2 + 137,43 \text{ mm}^2 = 1943,74 \text{ mm}^2$$

Tulangan tarik terpasang daerah tumpuan sebelum ditambah torsi **6D-22** ($A_s = 2280,80 \text{ mm}^2$).

Cek :

$$\begin{array}{rcl} A_s \text{ pasang} & > & A_s \text{ perlu}' \\ 2280,80 \text{ mm}^2 & > & 1943,74 \text{ mm}^2 \end{array} \quad \text{OK}$$

setelah ditambah torsi, maka tulangan lentur tarik terpasang daerah tumpuan cukup menahan torsi.

- Luasan pasang tulangan puntir longitudinal daerah tumpuan (sisi bawah)

Tulangan tekan daerah tumpuan sebelum torsi = **4D-22** ($A_s' = 1520,530 \text{ mm}^2$) Dengan perhitungan yang sama, tulangan tekan daerah tumpuan setelah ditambah torsi **4D-22**.

- Luasan pasang tulangan puntir longitudinal daerah lapangan (sisi bawah)

Tulangan tarik daerah lapangan sebelum torsi = 3D-22 ($A_s = 1140,4 \text{ mm}^2$) Dengan perhitungan yang sama, tulangan tarik daerah lapangan setelah ditambah torsi **3D-22**.

D. Pemutusan Tulangan (*Cut off Point*)

Dari diagram momen balok, terdapat tulangan atas 6D-22 dimana tulangan 2D-22 akan diteruskan sepanjang bentang balok. Berikut merupakan perhitungan *cut off* :

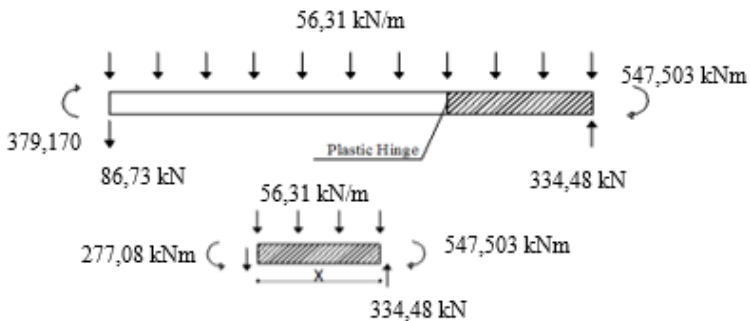
- Tulangan negatif di muka kolom interior dan eksterior. Jumlah tulangan yang terpasang adalah 6D-22, 2D-22 buah tulangan lapis atas akan dibuat menerus. Sehingga $A_s \text{ sisa} = 1520,53 \text{ mm}^2$.

$$a = \frac{A_{s\text{sisa}} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_w} = \frac{1520,53 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 400 \text{ mm}} = 59,63 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= A_{s\text{sisa}} \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1520,53 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} \left(536 \text{ mm} - \frac{59,63 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 307,87 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 307,87 = 277,08 \text{ kNm}$$

Untuk mengetahui lokasi momen **277,08 kNm** berikut merupakan perhitungannya.



Gambar 4. 12 Reaksi Pemutusan Tulangan

Mencari nilai x :

$$\sum Ma = 0$$

$$0 = 56,31X \cdot 0,5X - 334,48X + (547,503 - 277,080)$$

$$0 = 28,15X^2 - 334,48X + 270,421$$

Dengan menggunakan rumus abc diperoleh :

$$X_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$X_1 = 11,01 \text{ m}$$

$$X_2 = 0,873 \text{ m}$$

Momen rencana **277,08 kNm** terletak di **0,873 m** baik dari muka kolom interior maupun kolom eksterior. Data ini digunakan untuk menentukan lokasi cut off point.

Berdasarkan ACI 318M-14 Pasal 7.7.3.3, tulangan 2D 22 akan dihentikan sejauh yang terbesar diantara :

1. $0,873 \text{ m} + d = 873 \text{ mm} + 536 \text{ mm} = 1409 \text{ mm}$
2. $0,873 \text{ m} + 12.db = 873 \text{ mm} + 12.22 \text{ mm} = 1137 \text{ mm}$

Maka diambil titik putus dari muka kolom sebesar **1500 mm**.

E. Panjang Penyaluran

Perhitungan panjang penyaluran tulangan D = 22 mm berdasarkan ACI 318M-14 pasal 25.4.2.3; 25.3.1 ; 25.4.2.2 ; dan 25.4.3 ; 25.4.9.2 dimana perhitungannya adalah sbagai berikut :

1. Panjang Penyaluran Tulangan Kondisi Tarik (l_d)

$$d_b = 22 \text{ mm}$$

$$\Psi_t = 1,0 \quad (\text{ACI 318M-14 pasal 25.4.2.4})$$

$$\Psi_e = 1,0 \quad (\text{ACI 318M-14 pasal 25.4.2.4})$$

$$\Psi_s = 1,0 \quad (\text{ACI 318M-14 pasal 25.4.2.4})$$

$$\Psi_r = 1,0 \quad (\text{ACI 318M-14 Pasal 25.4.9.3})$$

$$\Psi_c = 1,0 \quad (\text{ACI 318M-14 Pasal 25.4.9.3})$$

$$\lambda = 1,0 \quad (\text{ACI 318M-14 pasal 25.4.2.4})$$

$$c_b = \text{Decking} + D_{\text{tul geser}} + 0,5D_{\text{tul lentur}} \\ = 40\text{mm} + 13\text{mm} + 0,5 \cdot 22\text{mm} = 64 \text{ mm}$$

$$K_{tr} = 0 \quad (\text{ACI 318M-14 pasal 25.4.2.3b})$$

Panjang penyaluran tulangan tarik dihitung sesuai dengan rumus dari ACI 318M-14 Pasal. 25.4.2.3

$(cb+Ktr)/d_b = (64 + 0)/22 = 2,91 > 2,5$, maka diambil = 2.5

Panjang penyaluran tulangan tarik dihitung sesuai dengan rumus pada tabel ACI 318M-14 Pasal. 25.4.2.2

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \times \frac{\psi_t\psi_e\psi_s}{\left(\frac{cb + Ktr}{d_b}\right)} \right) d_b$$

$$l_d = \left(\frac{400}{1,1 \cdot 1\sqrt{30}} \times \frac{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0}{(2,5)} \right) 22$$

$$l_d = 584,24 \text{ mm}$$

$$l_d \text{ min} = 300 \text{ mm} \quad (\text{ACI 318M-14 pasal 25.4.2.1})$$

dipakai $l_d = 584,24 \text{ mm} = \mathbf{600 \text{ mm}}$

2. Panjang Penyaluran Tulangan Kondisi Tekan (l_{dc})

Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik (l_{dc}) tidak boleh diambil lebih kecil dari 200 mm (ACI 318M-14 pasal 25.4.2.1)

$$l_{dc1} = \left(\frac{0,24 f_y \psi_r}{\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b = \left(\frac{0,24 \cdot 400 \cdot 1,0}{1\sqrt{30}} \right) 22 = 385.60 \text{ mm}$$

$$l_{dc2} = 0,043 f_y \psi_r d_b = 0,043 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 22 = 378.4 \text{ mm}$$

dipakai $l_{dc} = 385.60 \text{ mm} = \mathbf{400 \text{ mm}}$

3. Panjang Kait

Sesuai ACI 318M-14 Pasal 25.4.3.1 harus lebih besar dari pers a-c. Panjang penyaluran yang dibutuhkan oleh kait diilustrasikan pada Tabel 25.3.1 ACI 318M-14 dan dapat dihitung untuk kait 90' sbb:

Pers a

$$l_{dh1} = \left(\frac{0,24 f_y \psi_e \psi_c \psi_r}{\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b = \left(\frac{0,24 \cdot 400 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0}{1\sqrt{30}} \right) 22$$

$$l_{dh1} = 385.60 \text{ mm}$$

$$l_{dh2} = 8d_b = 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$$

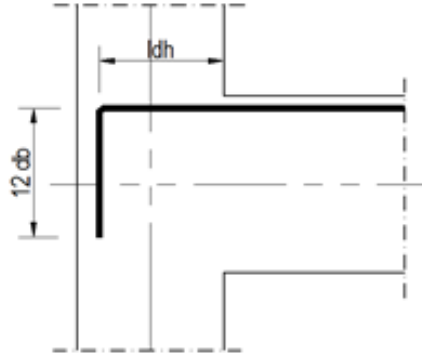
$l_{dh3} = 150 \text{ mm}$

dipakai $l_{dh} = 385,60 \text{ mm} = \mathbf{400 \text{ mm}}$

Panjang Kait

$12 \text{ db} = 12 \times 19 = 228 \text{ mm}$, diambil $\mathbf{300 \text{ mm}}$

Untuk lebih jelasnya pada panjang penyaluran yang dibutuhkan oleh kait dapat dilihat pada dibawah ini.



Gambar 4. 13 Panjang Penyaluran Pada Kait

4.4.2.3 Rekapitulasi Penulangan Balok Induk

Rekapitulasi kebutuhan tulangan pada Balok BI pada Tabel dibawah ini

Tabel 4. 26 Rekapitulasi Tulangan Balok Induk (BI).

Kasus	Type Balok Induk (BI)	Denah (m)	Mutu (MPa)			Bentang	Dimensi	Type Kolom (mm)	Tulangan Torsi	Tulangan Lentur				Tulangan Geser	
			(F _c)	(f _y)	(f _{yk})					Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
										Tarik	Tekan	Tarik	Tekan		
1	Balok Induk (BI)	Denah 1 (30x30)	30	400	400	5000	40/60	600x600	2D 13	6D 22	4D 22	4D 22	2D 22	2D 13- 90	2D 13- 175
								800x800	2D 13	6D 22	4D 22	4D 22	2D 22	2D 13- 90	2D 13- 175
								1000x1000	2D 13	6D 22	4D 22	4D 22	2D 22	2D 13- 90	2D 13- 175
2	Balok Induk (BI)	Denah 2 (45x20)	30	400	400	5000	40/60	600x600	2D 13	6D 22	4D 22	4D 22	2D 22	2D 13- 90	2D 13- 175
								800x800	2D 13	6D 22	4D 22	4D 22	2D 22	2D 13- 90	2D 13- 175
								1000x1000	2D 13	6D 22	4D 22	4D 22	2D 22	2D 13- 90	2D 13- 175
3	Balok Induk (BI)	Denah 1 (30x30)	70	700	700	5000	40/60	600x600	2D 13	4D 19	3D 19	2D 19	2D 13- 100	2D 13- 250	
								800x800	2D 13	4D 19	3D 19	2D 19	2D 13- 100	2D 13- 250	
								1000x1000	2D 13	5D 19	3D 19	2D 19	2D 13- 100	2D 13- 250	
4	Balok Induk (BI)	Denah 2 (45x20)	70	700	700	5000	40/60	600x600	2D 13	5D 19	3D 19	2D 19	2D 13- 100	2D 13- 250	
								800x800	2D 13	5D 19	3D 19	2D 19	2D 13- 100	2D 13- 250	
								1000x1000	2D 13	5D 19	3D 19	2D 19	2D 13- 100	2D 13- 250	

Tabel 4. 27 Rekapitulasi Pemutusan Tulangan (*cut off point*), Panjang Penyaluran, dan panjang kait Pada Balok Induk

Kasus	Type	Denah (m)	Mutu (MPa)			Bentang	Dimensi	Type Kolom (mm)	Panjang Penyaluran Tarik (l_d) (mm)	Panjang penyaluran Tekan (l_{dc}) (mm)	Panjang Kait (mm)		Cut off Point (mm)
			(f'_c)	(f_y)	(f_{yv})						(l_{db})	12D	
1	Balok Induk (BI)	Denah 1 (30x30)	30	400	400	5000	40/60	600x600	600	400	400	300	1500
								800x800	600	400	400	300	1500
								1000x1000	600	400	400	300	1500
2	Balok Induk (BI)	Denah 2 (45x20)	30	400	400	5000	40/60	600x600	600	400	400	300	1500
								800x800	600	400	400	300	1500
								1000x1000	600	400	400	300	1500
3	Balok Induk (BI)	Denah 1 (30x30)	70	700	700	5000	40/60	600x600	600	600	400	300	1700
								800x800	600	600	400	300	1700
								1000x1000	600	600	400	300	1700
4	Balok Induk (BI)	Denah 2 (45x20)	70	700	700	5000	40/60	600x600	600	600	400	300	1700
								800x800	600	600	400	300	1700
								1000x1000	600	600	400	300	1700

4.4.3 Perhitungan Penulangan Kolom

Dalam Tugas Akhir dilakukan 4 studi kasus dalam studi parametrik pada Gedung fiksional. Parameter tiap kasus adalah denah, dimensi kolom dan mutu material yang digunakan sebagaimana terlihat pada tiga baris pertama pada **Tabel 4.28**. Untuk Kasus 1, Kasus 2, Kasus 3, dan Kasus 4, tinggi bangunan menggunakan tinggi 80m dengan ketinggian setiap lantai adalah 4 m , dimensi kolom yang digunakan masing-masing adalah 600 x 600 mm², 800 x 800 mm², dan 1000 x 1000 mm². Sementara itu, Kasus 1 menggunakan mutu material normal ($f'_c = 30$ MPa dan $f_{yt} = 400$ MPa) dengan bentuk denah 1 (30m x 30m), dan kasus 2 menggunakan mutu material normal ($f'_c = 30$ MPa dan $f_{yt} = 400$ MPa) dengan bentuk denah 2 (45m x 20m) sedangkan Kasus 3 menggunakan mutu material tinggi ($f'_c = 70$ MPa dan $f_{yt} = 700$ MPa) dengan bentuk denah 1 (30m x 30m) dan kasus 4 menggunakan mutu material tinggi ($f'_c = 70$ MPa dan $f_{yt} = 700$ MPa) dengan bentuk denah 1 (45m x20m). Beberapa kriteria desain kolom sesuai dengan studi kasus yang ditentukan:

- Tulangan longitudinal disediakan sesuai kebutuhan (min = 1% dan max = 6%). Namun selalu dipasang dengan konfigurasi

24Dxx (7 tulangan per sisi), dimana nilai xx adalah diameter tulangan longitudinal disesuaikan dengan kebutuhan .

- Tulangan pengekang (confinement) terpasang pada semua case adalah 5D13 (Ash = $663,325 \text{ mm}^2$) dipasang dengan kait $135^\circ - 90^\circ$, dengan demikian, untuk analisis hanya perlu dibandingkan spasi vertikal antar tulangan saja.

Tabel 4. 28 Kasus yang dibahas dalam Tugas Akhir

Kasus	Denah (m)	Mutu (MPa)			Bentang (mm)	Type Kolom (mm)
		(f'c)	(fy)	(fyv)		
1	Denah 1 (30x30)	30	400	400	4000	600x600
						800x800
						1000x1000
2	Denah 2 (45x20)	30	400	400	4000	600x600
						800x800
						1000x1000
3	Denah 1 (30x30)	70	700	700	4000	600x600
						800x800
						1000x1000
4	Denah 2 (45x20)	70	700	700	4000	600x600
						800x800
						1000x1000

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder, balok induk, dan berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi. Perencanaan kolom harus di desain dengan prinsip *Beam Sway Mecanism* dimana kekuatan kolom harus lebih kuat dibanding dengan kuat balok (*Strong Coloum Weak Beam*). Dalam perhitungan tulangan kolom diambil contoh pada kolom K1 dengan data-data perencanaan sbb:

4.4.3.1 Data – Data Perencanaan

Tipe Kolom	=	K1 Kasus 1 K600
Tinggi Kolom	=	4000 mm
H Kolom	=	600 mm
B Kolom	=	600 mm

H Balok	=	600	mm
Ln Kolom	=	3400	mm
Mutu Beton (f_c')	=	30	Mpa
Mutu Baja Lentur (f_y)	=	400	Mpa
Mutu Baja Geser (f_{yv})	=	400	Mpa
D - Tul. Memanjang	=	22	mm
D - Tul Geser	=	16	mm
Cover	=	40	mm

4.4.3.2 Perhitungan Tulangan Kolom

A. Kontrol Dimensi

Sesuai ACI 318M-14 Pasal 18.7.2.1 Persyaratan Batas dimensi untuk kolom harus terpenuhi :

- Sisi terpendek penampang kolom tidak kurang dari 300 mm
Sisi terpendek kolom = 600 mm > 300 mm (Memenuhi)
- Rasio penampang tidak kurang dari 0,4
Rasio antara b dan h = 600 mm / 600 mm = 1 > 0,4 Memenuhi

B. Output Gaya Dalam

Gaya dalam yang diambil untuk perhitungan terletak pada kolom K1 frame 449 pada lantai 1 yang nilai gayanya ultimit. Gaya dalam yang terjadi pada kolom K1 ditabelkan pada Tabel 29

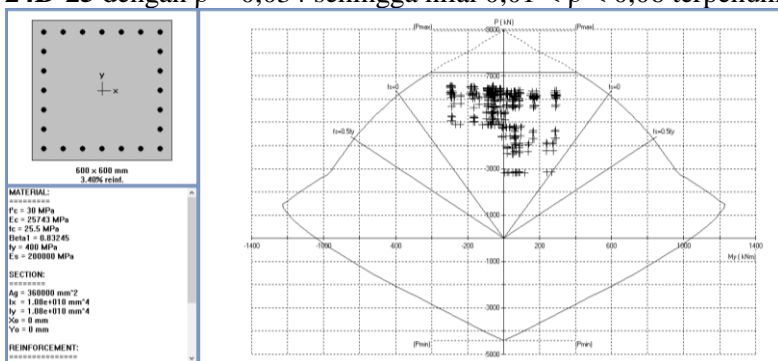
Tabel 4. 29 Momen dan Gaya Aksial Kolom Lantai

Kombinasi	Lokasi	P	M2	M3
		KN	KN-m	KN-m
1.4D	Atas	-6083.204	0.403	2.362
1.4D	Bawah	-6035.756	-1.151	-4.428
1.2D+1L+1Qx	Atas	-6161.007	88.739	295.136
1.2D+1L+1Qx	Bawah	-6120.337	46.881	165.515
1.2D+1L+1Qx	Atas	-6584.053	-85.396	-288.232
1.2D+1L+1Qx	Bawah	-6543.383	-54.612	-178.825
1.2D+1L+1Qy	Atas	-6284.350	292.035	90.943
1.2D+1L+1Qy	Bawah	-6243.680	165.370	44.988
1.2D+1L+1Qy	Atas	-6460.710	-288.691	-84.039
1.2D+1L+1Qy	Bawah	-6420.040	-173.101	-58.298

0.9D+1Qx	Atas	-3699.109	87.326	293.202
0.9D+1Qx	Bawah	-3668.606	50.006	169.323
0.9D+1Qx	Atas	-4122.154	-86.809	-290.165
0.9D+1Qx	Bawah	-4091.651	-51.487	-175.017
0.9D+1Qy	Atas	-3822.452	290.622	89.010
0.9D+1Qy	Bawah	-3791.949	168.495	48.796
0.9D+1Qy	Atas	-3998.811	-290.104	-85.973
0.9D+1Qy	Bawah	-3968.308	-169.976	-54.489

C. Menentukan Tulangan Longitudinal Kolom

Sesuai ACI 318M-14 Pasal 18.7.4.1, luas tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari 0,01 A_g atau lebih dari 0,06 A_g . Dari analisa trial error menggunakan spColumn diperoleh **24D-25** dengan $\rho = 0,034$ sehingga nilai $0,01 < \rho < 0,06$ terpenuhi



Gambar 4. 14 Diagram Interaksi Kolom

D. Cek Persyaratan Strong Column Weak Beam

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, maka ACI 318M-14 pasal 18.7.3.2 mensyaratkan bahwa:

$$\sum M_{nc} \geq (6/5) \sum M_{nb}$$

- Menentukan Nilai $\sum M_{nb}$
 - Menentukan lebar efektif balok
 - Lebar balok (b_w) = 400 mm
 - Tinggi balok (h_w) = 600 mm
 - Tebal Pelat (h_f) = 120 mm

$$be = bw + 8 hf = 400 \text{ mm} + 8.120 \text{ mm} = 1360 \text{ mm}$$

$$be = bw + 8.hw = 400 \text{ mm} + 2.600 \text{ mm} = 1600 \text{ mm}$$

Dipilih yang terkecil, maka $be = 1360 \text{ mm}$

- As tul atas balok = 6D22 (2280.80 mm²)

- As tul bawah balok = 4D22 (1520.53 mm²)

$$a = \frac{A_{spakai} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_w} = \frac{2280.80 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 400 \text{ mm}} = 89.44 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{nb-} &= A_{spakai} \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 2280.80 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} \left(536 \text{ mm} - \frac{89.44 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 448,2 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$a = \frac{A_{spakai} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_w} = \frac{1520.53 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa}}{0,85 \cdot 30 \text{ MPa} \cdot 400 \text{ mm}} = 59,63 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{nb+} &= A_{spakai} \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 1520.53 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} \left(522,26 \text{ mm} - \frac{59,63 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 299.51 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_{nb} &= M_{nb-} + M_{nb+} \\ &= 448,2 \text{ kNm} + 299.51 \text{ kNm} \\ &= 747,71 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (6/5) \sum M_{nb} &= 6/5 \cdot 747,71 \text{ kNm} \\ &= 897,25 \text{ kNm} \end{aligned}$$

b. Menentukan Nilai $\sum M_{nc}$

Untuk menentukan nilai M_{nc} , didapatkan dari diagram interaksi P-M antara kolom atas dengan kolom desain dengan program bantu `pcaCounmn`. Berikut merupakan hasil dari diagram interaksi antara kolom atas dan kolom desain.

No.	Pu kN	Muy kNm	PhiMny kNm	PhiMn/Mu	NA depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
232	6584.05	-85.40	-517.01	6.054	580	547	-0.00017	0.650
233	6563.72	-19.30	-520.64	26.972	578	547	-0.00016	0.650
234	6543.38	-54.61	-524.26	9.600	577	547	-0.00015	0.650

Gambar 4. 15 Output Diagram Interaksi P-M Kolom bawah dan Kolom Atas

Dari gambar diatas , didapatkan nilai M_{nc} kolom atas dan M_{nc} kolom bawah yakni :

$$\begin{aligned} M_{nc} \text{ kolom atas} &= 524,26 \text{ kNm} \\ M_{nc} \text{ kolom bawah} &= 517,01 \text{ kNm} \\ \sum M_{nc} &= M_{nc} \text{ atas} + M_{nc} \text{ bawah} \\ &= 524,26 \text{ kNm} + 517,01 \text{ kNm} \\ &= 1041,27 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Maka dilakukan cek syarat

$$\begin{aligned} \sum M_{nc} &\geq 6/5 \sum M_{nb} \\ 1041,27 \text{ kNm} &\geq 897,25 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Maka syarat “***Strong Column Weak Beam*** “ terpenuhi.

E. Perhitungan Tulangan transversal sebagai Tulangan Confinement

Daerah sendi plastis kolom

Daerah Pemasangan Tulangan

Daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (*hoop*). Tulangan *hoop* diperlukan sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom dengan l_o merupakan nilai terbesar dari 1,2 atau 3 sbb:

(ACI 318M-14 pasal 18.7.5.1)

- 1) Tinggi komponen struktur di joint, $h = 600 \text{ mm}$
- 2) $1/6$ bentang bersih komponen struktur = $1/6 \times (4000-600) = 566,67 \text{ mm}$
- 3) 450 mm

Maka jarak untuk l_o digunakan 600 mm

Spasi maksimum hoop

Spasi maksimum *hoop*, s_{max} , pada daerah sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom. Nilai s_{max} tidak boleh melebihi dari nilai terkecil dari 1,2 dan 3 sbb: (ACI 318M-14 pasal 18.7.5.3):

- 1) Seperempat dimensi komponen struktur minimum = $1/4 \times 600 = 150 \text{ mm}$
- 2) Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil = $6d_b = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$

- 3) s_o , dengan s_o tidak melebihi 150 mm dan tidak kurang dari 100 mm.

$$S_o = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot h_x}{3}$$

h_x = adalah nilai terbesar dari x_i

$$h_x = \frac{\text{B kolom} - 2 \times \text{cover}}{\text{jumlah sisi tulangan lentur} - 1} = \frac{600 - 2 \cdot 40}{7 - 1}$$

$$h_x = 86,67 \text{ mm}$$

$$S_o = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot h_x}{3} = 100 + \frac{350 - 0,5 \cdot 86,67}{3}$$

$$S_o = 202,22 \text{ mm}$$

Syarat :

$$150 \text{ mm} < S_o < 100 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} < 202,22 \text{ mm} > 100 \text{ mm} \quad \text{NO OK}$$

Maka :

$$S_o = 150 \text{ mm}$$

Maka digunakan spasi *hoop* (s_{\max}) = 150 mm (maksimum) sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom.

Luas tulangan *confinement*.

Untuk daerah sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom total luas penampang *hoop* tidak boleh kurang dari salah satu yang terbesar antara a, b, dan c.

Sesuai ACI 318M-14 pasal 18.7.5.4 , ACI mulai memasukkan pengaruh gaya aksial, pengaruh beton mutu tinggi, dan kait seismik ke dalam rumus penentuan rasio tulangan pengeang seperti yang ditunjukkan sebagai berikut:

a. Untuk Kondisi $P_u \leq 0.3 A_g f'_c$ dan $f'_c \leq 70 \text{ MPa}$

Diambil nilai terbesar antara persamaan (a) dan (b)

b. Untuk Kondisi $P_u > 0.3 A_g f'_c$ atau $f'_c > 70 \text{ MPa}$

Diambil nilai terbesar antara persamaan (a) dan (b) dan (c)

$$\frac{A_{sh}}{s b_c} \geq 0.3 \frac{f'_c}{f_{yt}} \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \quad (a)$$

$$\frac{A_{sh}}{s b_c} \geq 0.09 \frac{f_c'}{f_{yt}} \quad (b)$$

$$\frac{A_{sh}}{s b_c} \geq 0.2 k_f k_n \frac{P_u}{f_{yt} A_{ch}} \quad (c)$$

dimana

- A_{sh} = kebutuhan area/luas tulangan pengekang
 s = spasi vertikal antar tulangan pengekang
 b_c = lebar kolom dari dihitung dari luar ke luar tulangan pengekang
 f_c' = kuat tekan beton
 f_{yt} = kuat leleh tulangan pengekang dan dibatasi ≤ 700 MPa
 A_g = luas bruto beton
 A_{ch} = luas beton terkekang (dihitung dari luar ke luar tulangan pengekang)
 P_u = gaya aksial terfaktor
 k_f = faktor kuat tekan beton $\left(\frac{f_c'}{175} + 0.6 \geq 1.0\right)$
 k_n = faktor keefektifan pengekang $\left(\frac{n_l}{n_l - 2}\right)$
 n_l = jumlah tulangan longitudinal yang terkekang lateral (kait 135° /sudut)

$$P_u = 6584.053 \text{ kN} = 6543383 \text{ N}$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$0.3 A_g f_c' = 0,3 \cdot 600 \times 600 \cdot 30 = 3240000 \text{ N}$$

Karena $P_u > 0.3 A_g f_c'$ dan $f_c' < 70$ MPa, Maka menggunakan semua persamaan a, b, dan c diambil berdasarkan nilai yang terbesar.

$$\begin{aligned}
 bc &= \text{lebar inti penampang beton (yang terkekang)} \\
 &= b_w - 2 \times (t + 0,5 \cdot db) \\
 &= 600 \text{ mm} - 2 \times (40 \text{ mm} + 0,5 \cdot 13 \text{ mm}) = 533 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{ch} &= \text{Luas penampang inti beton} \\
 &= (b_w - 2 \cdot t) \times (b_w - 2 \cdot t) \\
 &= (600 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm}) \times (600 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm}) \\
 &= 270400 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 kf &= \frac{f_c'}{175} + 0,6 \geq 1 \\
 &= \frac{30}{175} + 0,6 \geq 1 \\
 &= 0,77 \geq 1 \text{ Maka menggunakan nilai } 1,00 \\
 kn &= \frac{n_1}{n_1-2} = \frac{24}{24-2} \\
 &= 1,09
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 \frac{A_{sh(a)}}{s} &= 0.3 \frac{b_c f_c'}{f_{yt}} \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\
 &= 0.3 \frac{533.30}{400} \left(\frac{600 \times 600}{270400} - 1 \right) \\
 &= 3,97 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{A_{sh(b)}}{s} &= 0.09 \frac{b_c f_c'}{f_{yt}} \\
 &= 0.09 \frac{533.30}{400} \\
 &= 3,59 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{A_{sh(c)}}{s} &= 0.2 k_f k_n \frac{b_c P_u}{f_{yt} A_{ch}} \\
 &= 0.2 \cdot 1,00 \cdot 1,09 \frac{533.6584,053}{400.270400} \\
 &= 7,03 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

Maka dipakai yang terbesar yakni $A_{sh}/s = 7,03 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Digunakan sengkang (hoop) **5 kaki D13**

$$A_{sh} = 5 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 13^2 \right) = 663,325 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{sh(c)}}{s} = 7,03 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$s = \frac{A_{sh}}{A_{sh(c)}} = \frac{663,325 \text{ mm}^2}{7,03 \text{ mm}^2/\text{mm}} = 94,28 \text{ mm} = 90 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 S &< S_{\max} \\
 90 \text{ mm} &< 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

OK

Jadi digunakan Sengkang 5 kaki D13-90 mm

Daerah luar sendi plastis kolom

Untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi l_o di masing-masing ujung kolom) diberi *hoops* dengan spasi minimum yang terkecil antara 1 dan 2 sbb: (ACI 318M-14 pasal 18.7.5.5) :

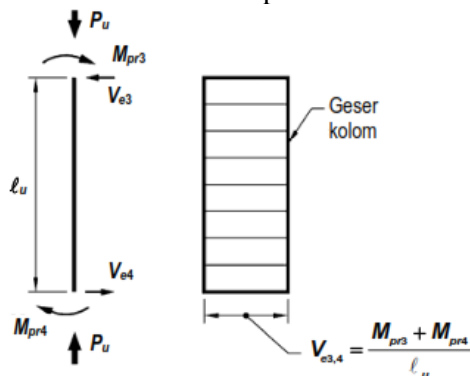
- 1) Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil = $6d_b = 6 \times 25 = 150$ mm
- 2) 150 mm

Digunakan Sengkang (hoop) 5D13 – 150 mm

F. Tulangan Transversal Sebagai Penahan Gaya Geser

Daerah sendi plastis kolom

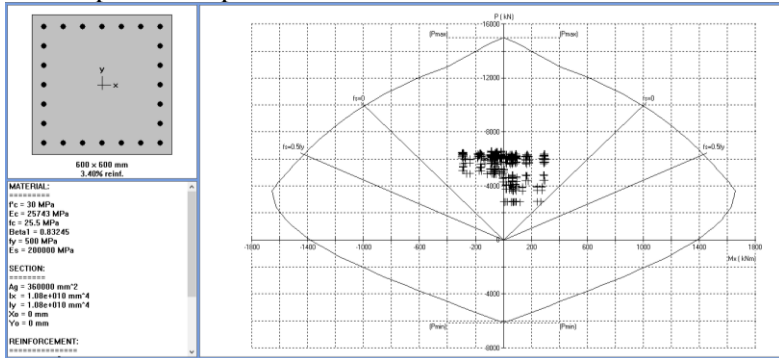
Tulangan transversal sebagai penahan gaya geser harus di desain dengan gaya geser desain V_e yang diatur dalam ACI 318M-14 Pasal 18.7.6.2.1, dimana nilai V_e tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor dari analisis struktur. Perhitungan V_e dihitung dengan ketentuan Pasal 21.6.2.2 seperti Gambar dibawah ini :



Gambar 4. 16 Gaya Geser Disain untuk Kolom

Nilai M_{pr} didapat dari diagram interaksi kolom yang menghasilkan nilai momen terfaktor terbesar akibat beban P_u terfaktor yang bekerja dengan menggunakan $f_s=1.25 f_y$ dan $\phi=1$

dan dengan $l_n=3,4$ m (lantai dasar). perhitungan Mpr dengan beban aksial terfaktor di-input dari Tabel beban menggunakan spColumn, hasil dapat dilihat pada Gambar dibawah ini :



Gambar 4. 17 Diagram Interaksi Kolom $f_s=1,25f_y$

No.	Pu kN	Muy kNm	PhiMny kNm	PhiMn/Mu NA	depth mm	Dt depth mm	eps_t	Phi
232	6584.05	-85.40	-1401.57	16.413	396	547	0.00115	1.000
233	6563.72	-19.30	-1403.51	72.708	395	547	0.00115	1.000
234	6543.38	-54.61	-1405.45	25.735	394	547	0.00116	1.000

Gambar 4. 18 Output Diagram Interaksi P-M Kolom Desain Atas dan Bawah $f_s = 1,25 f_y$

Mpr atas = 1401,57 kNm

Mpr bawah = 1405,45 kNm

Maka V_e dapat dihitung :

$$V_e = \frac{(M_{pr \text{ atas}} + M_{pr \text{ bawah}}) \cdot 0,5}{L_n}$$

$$V_e = \frac{(1401,57 \text{ kNm} + 1405,45 \text{ kNm}) \cdot 0,5}{3,4 \text{ m}} = 825,59 \text{ kN}$$

V_u dari SAP = 113,415 kN

Menghitung Kebutuhan Tulangan Geser

Nilai $V_c=0$ untuk daerah sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom bila mana syarat keduanya (a) dan (b) terpenuhi (ACI 318M-14 pasal 18.7.6.2.1) :

- a) Gaya geser yang ditimbulkan gempa, mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam l_o .

$$\begin{aligned} 50\% \times V_c &> V_u \\ 50\% \times 825,59 \text{ kN} &> 113,415 \text{ kN} \\ 412,80 &> 113,415 \text{ kN} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

- b) Gaya tekan Aksial terfaktor termasuk gaya aksial gempa tidak melampaui $A_g f'_c / 20$. (nilai P_u diambil nilai dari gaya terfaktor terkecil table 7.1)

$$\begin{aligned} P_u &< A_g f'_c / 20 = 0,6 \times 0,6 \times 30 (1000) / 20 \\ 6584,053 \text{ kN} &> 540 \text{ kN} \quad \text{NO OK} \end{aligned}$$

Maka diambil nilai V_c diperhitungkan :

$$d = b_w - \text{cover} - D \text{ Sengkang} - D \text{ lentur} / 2$$

$$d = 600 - 40 - 13 - 25 / 2 = 534,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{6584,053}{14 \cdot 600 \times 600} \right) 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 600 \cdot 534,5 = 688,71 \text{ kN}$$

Besarnya nilai V_s dihitung berdasarkan tulangan sengkang terpasang dari hasil perhitungan *confinement* yaitu 5 kaki D13-94,28 mm

$$A_{sh} = 5 \times 0,25 \times \pi \times (13)^2 = 663,325 \text{ mm}^2$$

sehingga;

$$V_{s \text{ pasang}} = \frac{A_{sh} \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{663,325 \cdot 400 \cdot 534,5}{94,28}$$

$$V_{s \text{ pasang}} = 1504143,008 \text{ N} = 1504,143 \text{ kN}$$

Maka ;

$$\begin{aligned} \phi \cdot (V_c + V_s) &= 0,75 \times (688,71 \text{ kN} + 1504,143 \text{ kN N}) \\ &= 1644,64 \text{ kN} > 825,59 \text{ kN} \end{aligned}$$

OK

Maka, tulangan transversal penahan geser hasil perhitungan tulangan transversal sebagai *confinement* aman digunakan untuk menahan geser.

Daerah luar sendi plastis kolom

Untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi l_o di masing-masing ujung kolom) diberi *hoops* dengan spasi minimum (ACI 318M-14 pasal 18.7.5.5) :

- 1) Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil = $6d_b = 6 \times 25 = 150$ mm
- 2) 150 mm

Digunakan Sengkang (hoop) **5D13 – 150 mm**

G. Sambungan Lewatan Tulangan Longitudinal Kolom (l_d)

Sesuai ACI 318M-14 Pasal 25.4.2.2 sambungan lewatan harus diletakkan ditengah panjang kolom dan dihitung sebagai sambungan tarik, karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong kelas B.

Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah $1,3l_d$. (ACI-318M-14 pasal 25.5.2.1).

$$d_b = 25 \text{ mm}$$

$$\Psi_t = 1,0 \quad (\text{ACI 318M-14 pasal 25.4.2.4})$$

$$\Psi_e = 1,0 \quad (\text{ACI 318M-14 pasal 25.4.2.4})$$

$$\Psi_s = 0,8 \quad (\text{ACI 318M-14 pasal 25.4.2.4})$$

$$\lambda = 1,0 \quad (\text{ACI 318M-14 pasal 25.4.2.4})$$

$$c_b = \text{Decking} + D_{\text{tul geser}} + 0,5D_{\text{tul lentur}} \\ = 40\text{mm} + 13\text{mm} + 0,5 \cdot 25\text{mm} = 65,5 \text{ mm}$$

$$K_{tr} = 0 \quad (\text{ACI 318M-14 pasal 25.4.2.3b})$$

Panjang penyaluran tulangan tarik dihitung sesuai dengan rumus dari ACI 318M-14 Pasal. 25.4.2.3

$$(c_b + K_{tr}) / d_b = (65,5 + 0) / 25 = 2,62 > 2,5, \text{ maka diambil } = 2,5$$

Panjang penyaluran tulangan tarik dihitung sesuai dengan rumus pada tabel ACI 318M-14 Pasal. 25.4.2.2

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \times \frac{\Psi_t\Psi_e\Psi_s}{\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b}\right)} \right) d_b$$

$$l_d = \left(\frac{400}{1,1 \cdot 1\sqrt{30}} \times \frac{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0}{(2,5)} \right) 25$$

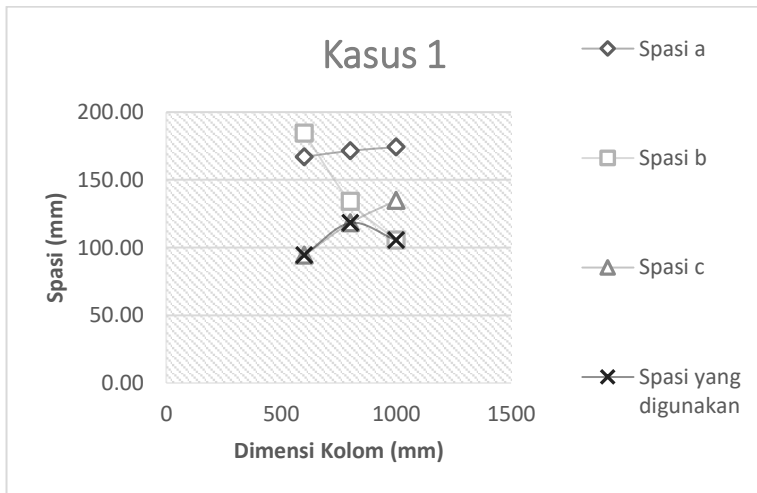
$$l_d = 664 \text{ mm}$$

$$l_d \text{ min} = 300 \text{ mm} \quad (\text{ACI 318M-14 pasal 25.4.2.1})$$

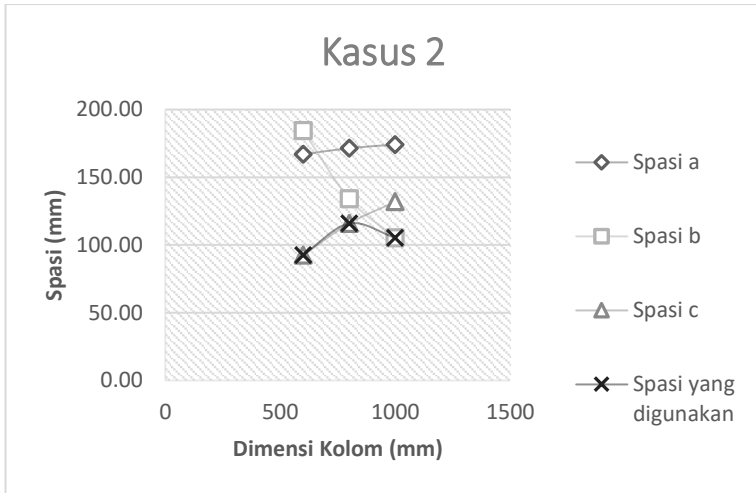
$$1,3 \cdot l_d = 1,3 \cdot 664 \text{ mm} = 863,08 \text{ mm} = \mathbf{900 \text{ mm}}$$

4.4.3.3 Hasil dan Rekapitulasi Penulangan Kolom

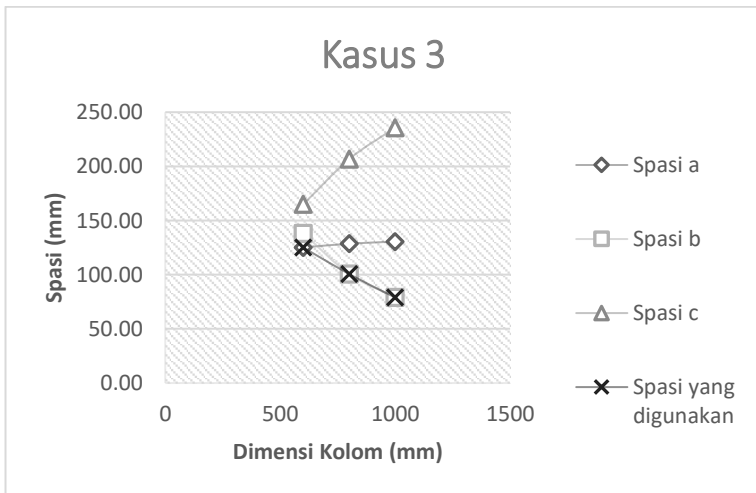
Rasio tulangan longitudinal berkisar antara 1.0% - 3.4%, sedangkan rasio gaya aksial, $P_u/(A_g f'_c)$ berkisar antara 0.118 - 0.613. Karena konfigurasi tulangan dan luas tulangan sengkang sudah ditentukan sama untuk semua kasus, maka cukup dibandingkan spasi vertikal yang dihasilkan dari Persamaan (a), (b), dan (c) dan disajikan pada tiga baris terakhir pada **Tabel 4.30**. Untuk desain, spasi vertikal tulangan sengkang diambil yang terkecil di antara tiga persamaan tersebut dan diplot pada Gambar 4.18, 4.19, 4.20, dan 4.21.



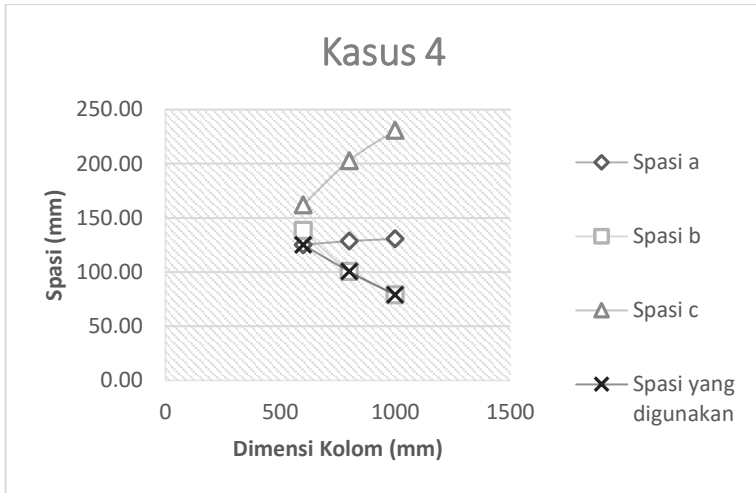
Gambar 4. 19 Spasi vertikal tulangan pengekang untuk Kasus 1



Gambar 4. 20 Spasi vertikal tulangan pengegang untuk Kasus 2



Gambar 4. 21 Spasi vertikal tulangan pengegang untuk Kasus 3



Gambar 4. 22 Spasi vertikal tulangan pengegang untuk Kasus 4

Tabel 4. 30 Hasil analisis dan detailing dari 4 studi kasus gedung fiktional

Kasus	Denah (m)	Mutu (MPa)			Bentang	Type Kolom (mm)	Ag Ach	ρ (%)	Pu (Ag.fc)	Tulangan Lentur	Tulangan Geser	Tulangan Pakai	Spasi minimum dari Persamaan - (mm)		
		(f'c)	(fy)	(fyv)									a	b	c
1	Denah 1 (30x30)	30	400	400	4000	600x600	1.33	3.40	0.610	24D 25	5D 13-	90	167	184	94
						800x800	1.23	1.45	0.383	24D 22	5D 13-	110	171	134	118
						1000x1000	1.18	1.22	0.277	24D 25	5D 13-	100	174	105	135
2	Denah 2 (45x20)	30	400	400	4000	600x600	1.33	3.40	0.613	24D 25	5D 13-	90	167	184	93
						800x800	1.23	1.45	0.383	24D 22	5D 13-	110	171	134	116
						1000x1000	1.18	1.22	0.275	24D 25	5D 13-	100	174	105	132
3	Denah 1 (30x30)	70	700	700	4000	600x600	1.33	1.33	0.261	24D 16	5D 13-	120	125	138	165
						800x800	1.23	1.07	0.164	24D 19	5D 13-	100	129	101	207
						1000x1000	1.18	1.22	0.119	24D 25	5D 13-	70	131	79	236
4	Denah 2 (45x20)	70	700	700	4000	600x600	1.33	1.33	0.263	24D 16	5D 13-	120	125	138	162
						800x800	1.23	1.07	0.164	24D 19	5D 13-	100	129	101	203
						1000x1000	1.18	1.22	0.118	24D 25	5D 13-	70	131	79	231

Tabel 4. 31 Rekapitulasi Pemasangan *confinement* di daerah sendi plastis (l_o), dan Sambungan Lewatan Kolom Semua Kasus

Kasus	Denah (m)	Mutu (MPa)			Bentang	Type Kolom (mm)	l_o (mm)	Sambungan Lewatan (l_o) (mm)
		(f'c)	(fy)	(fyv)				

1	Denah 1 (30x30)	30	400	400	4000	600x600	600	900
						800x800	800	800
						1000x1000	1000	900
2	Denah 2 (45x20)	30	400	400	4000	600x600	600	900
						800x800	800	800
						1000x1000	1000	900
3	Denah 1 (30x30)	70	700	700	4000	600x600	600	600
						800x800	800	700
						1000x1000	1000	1000
4	Denah 2 (45x20)	70	700	700	4000	600x600	600	600
						800x800	800	700
						1000x1000	1000	1000

4.4.4 Pembahasan dan Analisa Studi *Confinement*

Perhitungan tulangan transversal pada kolom didasarkan pada kebutuhan tulangan transversal untuk menahan gaya geser dari analisa desain kapasitas dan kebutuhan akan pengengkangan (*confinement*). Seluruh perhitungan kebutuhan tulangan transversal pada **tabel 4.30** didasarkan oleh kebutuhan pengengkangan. Jumlah tulangan transversal tersebut juga telah memenuhi kebutuhan tulangan transversal untuk menahan geser.

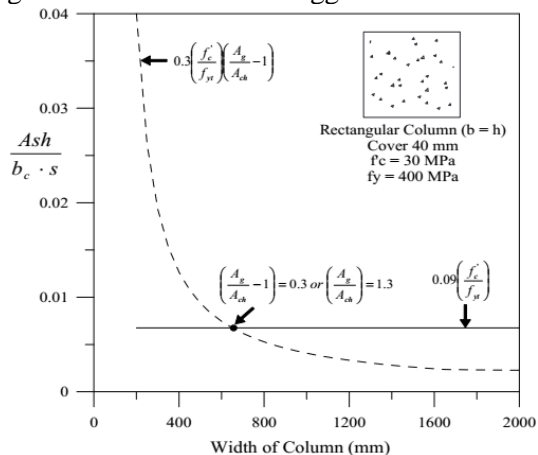
Pada kasus 1 dan 2 dimana kolom menggunakan mutu beton dan mutu tulangan normal didapat bahwa spasi minimum untuk tulangan transversal didapat dari persamaan (b) dan (c). Untuk kolom dengan dimensi 600 x 600 mm dan 800 x 800 mm kebutuhan spasi tulangan transversal didapat dari persamaan (c), karena rasio $P_u/Ag f_c > 0.3$. Sedangkan untuk dimensi 1000 x 1000 mm kebutuhan tulangan transversal didapat dari persamaan (b).

Pada kasus 3 dan 4 dimana kolom menggunakan mutu beton dan tulangan tinggi didapat bahwa kebutuhan spasi tulangan transversal ditentukan oleh persamaan (a) dan (b). Untuk kolom dengan dimensi 600 x 600 mm menggunakan persamaan (a) dan kolom 800 mm x 800mm, 1000mm x 1000mm menggunakan persamaan (b).

Dari keempat kasus yang telah dianalisa didapat bahwa penambahan rumusan (c) pada perumusan *confinement* sebelumnya digunakan untuk mengakomodir kebutuhan *confinement* akibat pengaruh beban aksial. Di sisi lain kebutuhan

tulangan transversal akan meningkat dan menyebabkan permasalahan konstruksi yang disebabkan konfigurasi tulangan yang rapat. Namun hal ini dapat diatasi dengan penggunaan material mutu tinggi.

Kolom ukuran 1000 x 1000 mm pada kasus 1 hingga 4, kolom ukuran 800x800 mm kasus 3 dan 4 kebutuhan tulangan transversal kolom ditentukan oleh rumusan (b). Berdasarkan kajian **“Assesment Of Confinement Design Provision Of SNI 2847 2013”** (Prasetya and Alrasyid 2016) didapat jika $A_g/A_{ch} < 1.3$ maka kebutuhan tulangan transversal untuk kolom dengan mutu normal cenderung ditentukan oleh rumusan (b). **Table 4.30** menunjukkan bahwa kolom-kolom dengan A_g/A_{ch} yang range dari 1,18 hingga 1,23 kebutuhan tulangan tranversal ditentukan oleh perumusan (b). Walaupun kajian **“Assesment Of Confinement Design Provision Of SNI 2847 2013”** (Prasetya and Alrasyid 2016) itu menggunakan data mutu normal akan tetapi hal tersebut juga berlaku untuk mutu tinggi



Gambar 4. 23 Confinement design equation of ACI 318-11/ SNI 2847 2002)

Sumber : Kajian **“Assesment Of Confinement Design Provision Of SNI 2847 2013”** (Prasetya and Alrasyid 2016)

4.4.5 Hubungan Balok Kolom (HBK)

4.4.4.1 Cek syarat panjang joint.

Dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar berdasarkan ACI 318M-14 Pasal 18.8.2.3

$$b = h = 600 \text{ mm}$$

$$20 \cdot db = 20 \cdot 22 \text{ mm} = 440 \text{ mm} < 600 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

4.4.4.2 Menentukan luas efektif joint, A_j

A_j merupakan perkalian tinggi joint dengan lebar joint efektif berdasarkan ACI 318M-14 pasal 18.8.4.3

$$b \text{ balok} = 400 \text{ mm}$$

$$h \text{ kolom} = 600 \text{ mm}$$

$$x = (600-400)/2 = 100 \text{ mm}$$

Tinggi joint = tinggi keseluruhan kolom, $h = 600 \text{ mm}$

Lebar joint efektif merupakan nilai terkecil dari :

- $b + h = 400 \text{ mm} + 600 \text{ mm} = 1000 \text{ mm}$
- $b + 2x = 400 \text{ mm} + 2 \cdot 100 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$

$$A_j = \text{tinggi joint} \times \text{lebar efektif joint} = 600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} = 360000 \text{ mm}^2$$

4.4.4.3 Menghitung tulangan transversal untuk *confinement*.

Untuk joint, jumlah tulangan *confinement* setidaknya setengah dari tulangan *confinement* yang dibutuhkan di ujung-ujung kolom. Spasi vertikal tulangan *confinement* ini diizinkan untuk diperbesar hingga 150 mm sesuai ACI 318M-14 pasal 18.8.3.2.

$$\frac{A_{sh}}{s} \cdot \text{Joint} = 0,5 \cdot \frac{A_{sh}}{s} \cdot \text{Kolom}$$

$$\frac{663,325}{90} = 0,5 \cdot \frac{663,325}{90} = 3,69 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Digunakan jarak (s) = 150 mm

$$\frac{A_{sh}}{s} = 3,69 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

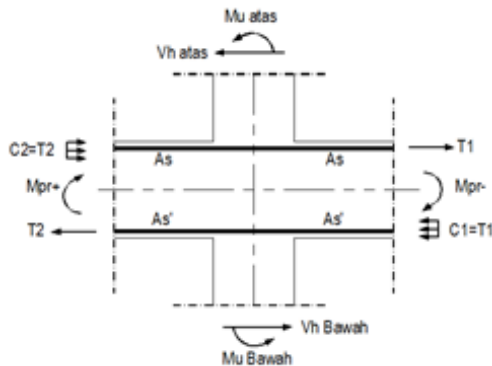
$$A_{sh} = 3,69 \text{ mm}^2/\text{mm} \times 150 \text{ mm} = 552,9 \text{ mm}^2$$

Dipakai sengkang **5 kaki D13 = 663,325 mm²**

4.4.4.4 Menghitung gaya geser pada joint

Hitung M_e

Balok yang memasuki joint memiliki $M_{pr}^{(+)} = 379.17$ kNm, dan $M_{pr}^{(-)} = 547.50$ kNm. Pada joint, kekakuan kolom atas dan kolom bawah sama.



Gambar 4. 24 Skema Geser Yang Terjadi Di Joint

Sehingga :

$$M_e = \frac{M_{pr}^+ + M_{pr}^-}{2} = \frac{547.50 \text{ kNm} + 379.17 \text{ kNm}}{2} = 463 \text{ kNm}$$

- Hitung geser pada kolom atas

$$V_{sway} = \frac{M_e + M_e}{L_n} = \frac{463 \text{ kNm} + 463 \text{ kNm}}{3,4 \text{ m}} = 272,55 \text{ kN}$$

- Menghitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal

- Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kiri

$$A_s \text{ balok kiri } \mathbf{6D22} = \mathbf{2280,80 \text{ mm}^2}$$

$$T_1 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 2280,80 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} = 1140,40 \text{ kN}$$

Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kiri

$$T_1 = C_1 = 1140,40 \text{ kN}$$

- Gaya tarik pada tulangan balok di bagian kanan

$$A_s \text{ balok kanan } \mathbf{6D22} = \mathbf{2280,80 \text{ mm}^2}$$

$$T_2 = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y = 1,25 \cdot 2280,80 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} = 1140,40 \text{ kN}$$

Gaya tekan yang bekerja pada balok ke arah kanan

$$T_2 = C_2 = 1140,40 \text{ kN}$$

- Hitung gaya geser pada joint

$$V_j = V_{\text{sway}} - T_1 - C_2$$

$$V_j = 272,55 \text{ kN} - 1140,40 \text{ kN} - 1140,40 \text{ kN} = -2008,25 \text{ kN}$$

4.4.4.5 Cek kuat geser joint

Kuat geser joint yang dikekang di keempat sisinya adalah sesuai **ACI 318M-14 pasal 18.8.4.1**

$$V_n = 1,7 \cdot \sqrt{f'c} \cdot A_j = 1,7 \cdot \sqrt{30 \text{ Mpa}} \cdot 360000 \text{ mm}^2$$

$$V_n = 3352.06 \text{ kN}$$

Syarat :

$$\begin{array}{rcl} \phi V_n & \geq & V_u \\ 0,75 \cdot 3352.06 \text{ kN} & \geq & 2008.25 \text{ kN} \\ 2514.05 \text{ kN} & \geq & 2008.25 \text{ kN} \end{array} \quad \text{OK}$$

Sehingga kuat geser joint memenuhi.

4.4.4.6 Rekapitulasi HBK

Tabel 4. 32 Rekapitulasi rulangan geser Hubungan Balok dan Kolom

Kasus	Denah (m)	Mutu (MPa)			Type Kolom (mm)	Tulangan Geser HBK	ØVn	Vu	ØVn > Vu
		(f'c)	(fy)	(fyv)					
1	Denah 1 (30x30)	30	400	400	600x600	5D 13- 150	2514.05	2008.25	OK
					800x800	5D 13- 150	4469.42	2008.25	OK
					1000x1000	5D 13- 150	6983.46	2008.25	OK
2	Denah 2 (45x20)	30	400	400	600x600	5D 13- 150	2514.05	2008.25	OK
					800x800	5D 13- 150	4469.42	2008.25	OK
					1000x1000	5D 13- 150	6983.46	2008.25	OK
3	Denah 1 (30x30)	70	700	700	600x600	5D 13- 150	3840.27	1719.67	OK
					800x800	5D 13- 150	6827.15	1712.15	OK
					1000x1000	5D 13- 140	10667.42	2180.05	OK
4	Denah 2 (45x20)	70	700	700	600x600	5D 13- 150	3840.27	2180.05	OK
					800x800	5D 13- 150	6827.15	2180.05	OK
					1000x1000	5D 13- 140	10667.42	2180.05	OK

BAB V KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari perhitungan-perhitungan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya didapatkan kesimpulan sesuai tujuan Tugas Akhir “**Studi Parameter Desain Kebutuhan Pengekang Kolom (Confinement) Sesuai ACI 318M-14 Terhadap Bangunan Gedung Bertingkat**” dengan gambar teknis pada lampiran dan hasil analisa sebagai berikut :

1. Studi ini membandingkan beberapa parameter yang ada, parameter tersebut menjadi 12 bangunan yang di bagi menjadi 4 kasus, seperti :

Kasus	Denah (m)	Mutu (MPa)			Type Kolom (mm)
		(f'c)	(fy)	(fyv)	
1	Denah 1 (30x30)	30	400	400	600x600
					800x800
					1000x1000
2	Denah 2 (45x20)	30	400	400	600x600
					800x800
					1000x1000
3	Denah 1 (30x30)	70	700	700	600x600
					800x800
					1000x1000
4	Denah 2 (45x20)	70	700	700	600x600
					800x800
					1000x1000

2. Perencanaan Gedung Parametrik ini menghasilkan dimensi – dimensi struktur baik struktur sekunder maupun struktur primer sesuai preliminary desain, adapun sebagai berikut :

- Struktur Sekunder :
 - Balok anak : 25/40 cm
 - Balok lift : 40/60 cm
 - Tebal plat : 12 cm

- Tebal Pelat Tangga : 15 cm
 - Balok Bordes : 25/40
 - Struktur Utama :
 - Balok Induk : 40/60 cm
 - Kolom adalah parameter studi ini yaitu dengan dimensi 60x60, 80x80, dan 100x100 cm.
3. Tugas Akhir ini menunjukkan pentingnya perubahan yang dilakukan dalam ACI 318M-14 mengenai persyaratan tulangan pengekang. Penambahan persamaan (c) ke dalam peraturan ACI 318M-14 semakin membuat desain kolom semakin rapat (aman) karena telah memperhitungkan besarnya gaya aksial dan konfigurasi tulangan. Namun, perubahan ini juga menyebabkan timbulnya permasalahan konstruksi karena kebutuhan tulangan pengekang yang meningkat secara signifikan, terutama pada kolom dengan rasio gaya aksial $P_u/(A_g f'_c)$ lebih besar daripada 0.3 seperti ditunjukkan dalam kasus 1 dan 2 terdapat pada type kolom (600x600). Peningkatan kebutuhan tulangan pengekang ini akan semakin signifikan seiring dengan bertambahnya rasio gaya aksial $P_u/(A_g f'_c)$. Permasalahan tersebut dapat dihindari dengan menggunakan material mutu tinggi dan pembesaran kolom seperti yang ditunjukkan dalam studi parametrik Kasus 3 dan Kasus 4 terdapat pada type (600x600), terutama tulangan pengekang mutu tinggi.
4. Dalam studi parametrik kasus 1 dan 2 tipe kolom 1000x1000 dimana dalam perhitungan struktur menghasilkan spasi confinement 100 cm dimana spasi tersebut berdasarkan persyaratan rumusan (**b**), dibandingkan dengan kasus 3 dan 4 dengan type kolom yang sama menghasilkan spasi *confinement* 70 cm dimana spasi pada kasus 3 dan menghasilkan konfigurasi tulangan transversal lebih rapat, hal tersebut dikarenakan dimensi kolom 1000x1000 menghasilkan rasio penampang $A_g/A_{ch} < 1,3$ menggunakan rumusan (**b**) dan dikarenakan akibat dari rasio mutu beton dan mutu baja. Maka dari itu dari kasus 3 dan 4 yang mengaplikasikan beton mutu tinggi dan baja

mutu tinggi konfigurasi tulangan transversal yang dihasilkan menjadi lebih rapat

5. Dalam Studi parametrik pada parameter denah yaitu denah 1 (30m x 30m) dengan denah 2 (45m x 20m) dapat dilihat pada **tabel 4.30** kasus 1 dengan 2, dan kasus 3 dengan 4, perbedaan konfigurasi tulangan transversal (*confinement*) menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan, dikarenakan gaya aksial yang terjadi menunjukkan perbedaan yang tidak besar.

5.2 Saran

Saran untuk Tugas Akhir selanjutnya agar menggunakan parameter-parameter yang variatif. Parameter Mutu Material yang digunakan dari tugas akhir ini menggunakan parameter yang seimbang yaitu mutu beton normal dengan mutu tulangan transversal yang normal, dan mutu beton tinggi dengan mutu tulangan transversal yang tinggi. Mutu material yang variatif misalnya menggunakan mutu material dengan mengkombinasikan mutu beton normal dengan mutu tulangan transversal yang tinggi, dan sebaliknya mutu beton yang tinggi dengan mutu tulangan transversal yang normal.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 318. 2014. *Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318M-14) and Commentary (ACI 318RM-14)*. Farmington Hills, MI 48331.
- Imran, Iswandi and Fajar Hendrik. 2014. *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. edited by T. Sarah. Bandung.
- Imran, Iswandi and Dradjat Hoedajanto. 2006. "Permasalahan Detailing Pada Bangunan Beton Bertulang Sederhana Tahan Gempa."
- KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM. 2010. *Peta Hazard Gempa Indonesia 2010 Sebagai Acuan Dasar Perencanaan Dan Perancangan Infrastruktur Tahan Gempa*. Jakarta.
- Lim, Erwin, Eben Haezer, and Tanri Wijaya. 2013. "Studi Parametrik Pengaruh Peraturan ACI 318-14 Terhadap Kebutuhan Tulangan Pengekang (Confinement) Pada Kolom." 1–12.
- Prasetya, Dwi and Harun Alrasyid. 2016. "ASSESSMENT OF CONFINEMENT DESIGN PROVISION OF SNI 2847 2013." 11(24):14369–72.
- Rabbat, Basile G., James L. Daniel, Norman W. Hanson, and Thomas L. Weinmann. 1986. "Seismic Behavior of Concrete, Lightweight and Normal Weight Columns." Pp. 69–79 in. Skokie, Illinois 60077.
- SNI 1726. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*. Jakarta.
- SNI 1727. 2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain*.
- SNI 2847. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta.
- Sudarmoko. 1996. "Perancangan Dan Analisis Kolom Beton Bertulang." Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS FT UGM.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Halaman ini sengaja dikosongkan

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK – ITS

BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR

Pada hari ini **Senin** tanggal **23 Juli 2018** jam **09.00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

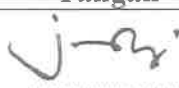

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111645000026	Subechan Febrianto	Studi Parameter Desain Kebutuhan Pengekang Kolom (Confinement) Sesuai ACI 318M-14 Terhadap Bangunan Gedung Bertingkat

Dengan Hasil :

<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

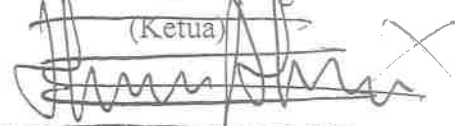
- * *Pertimbangan koefisien reduksi pada balok harus dikontrol terhadap Eo pada tulangan tarik. (tension control / compression control)*
- * *Hal es gambar ^{grafik} jangan dibuat ~~bea~~ warna-warni. Semua grafik dibuat warna hitam putih*
- * *Bahasa Inggris diperbaiki → Abstrak*
- * *Kebutuhan spasi minimum dibulatkan*
- * *Ringkasan ~~data~~ ^{studi} literatur dimasukkan ke dalam referensi*
- * *Gambar diperjelas*

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Dr. Eng. Januarti Jaya Ekaputri, ST. MT	
Bambang Pisceca, ST. MT	

Surabaya, 23 Juli 2018

Dosen Pembimbing I

(Ketua)


Harun Al-Rasyid, ST-MT

Dosen Pembimbing 2

(Sekretaris) (Ketua)


 (Dr. Eng. Januarti Jaya Ekaputri ST)

Dosen Pembimbing 3

(Sekretaris)



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	: Harun Alrasyid ST, MT., PhD.
NAMA MAHASISWA	: Subechan Febrianto
NRP	: 03111645.000026
JUDUL TUGAS AKHIR	: STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN PENGKANG KOLON (CONFINEMENT) SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP BANGUNAN GEDUNG
TANGGAL PROPOSAL	: 1 Februari 2018
NO. SP-MMTA	: 023795 / IT2.VI.41 / PP.05.02.00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	9-04-2018	PRELIMINARY, PERHITUNGAN STR SEKUNDER & TANGGA, PELAT, BALOK ANAK)	BALOK LFT, PEMODELAN SAP (ANALISA BEBAN),	
2	23-04-2018	Pemodelan SAP, Chek Respon spektrum model denah 1 (K60 & 30MPa)	Perhitungan balok Induk, balok anak.	
3		Perhitungan Balok Induk (lentur, geser Torsi)	Perhitungan Kolom	
4	5/18/2018	Perhitungan Kolom (Strong Column weak Beam	Chek ulang ulang	
5	8/06/2018	Chek Kolom Lagi	Draf Tugas Akhir	



PROJECT : Apartment, Hotel, Convention Hall & Ruko.

DATE OF TESTING : August 20 to 23, 2012

GROUND WATER LEVEL : - 1.00 m

LOCATION : Jl. Ir. H. Soekarno, Surabaya.

DEPTH : 43.5 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m.	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS				γ	Gs	eo	Sr	
		0	10	20	30	40	TYPE	c	φ	0	20	40					60
0	Fill (sand and gravel, little silt brown, very loose)																
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6	Clay and silt, grey, inorganic, trace to little sand, very soft.																
7																	
8																	
9																	
10																	
11	Sand and silt, grey, trace shell, dense.																
12	Sand, brown, some silt.																
13																	
14	Silt and clay, brown, inorganic, little sand, very stiff.																
15																	
16																	
17	Sand, brown, some silt, medium to dense.																
18																	
19																	
20	Clay and silt, brown, inorganic, trace sand.																
21																	
22																	
23	Sand and silt, brown, little clay, medium to dense.																
24																	
25																	
26																	
27	Silt and sand, brown, little clay contains lime, medium.																
28																	
29																	
30																	
31																	
32																	
33	Clay and silt, brown, inorganic, trace sand, contains lime, very stiff.																
34																	
35																	
36																	
37																	
38																	
39																	
40	Sand, grey, trace to little silt, very dense.																
41																	
42																	
43	Sand, dark grey, trace silt, very dense.																
44	End of boring																
45																	
46																	
47																	
48																	
49																	
50																	

NOTE :

0 to 10 % = Trace
 10 to 20 % = Little
 20 to 35 % = Some
 35 to 50 % = And

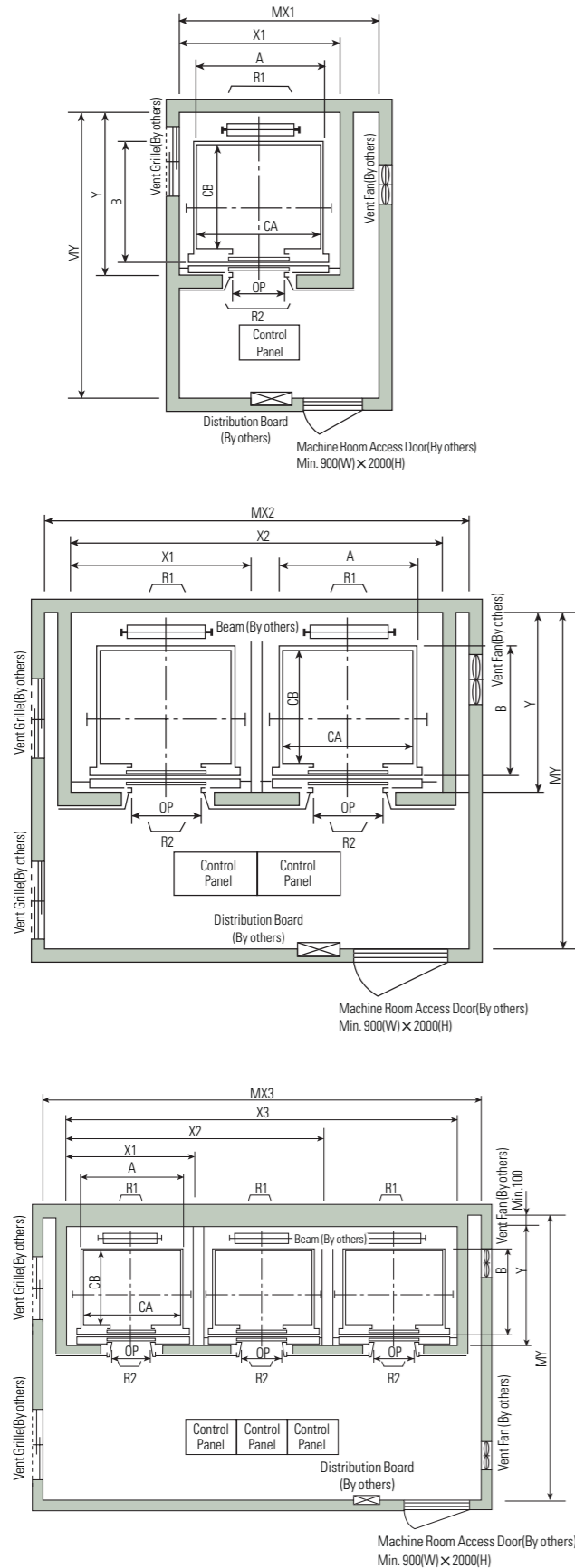
▲ = Undisturbed sample
 □ = SPT
 ⊠ = Core sample
 c = Cohesion intercept, kg/cm²
 φ = Internal friction angle, deg

SPT = Standard penetration test (blows / ft)
 UU = Triaxial, Unconsolidated undrained
 CU = Triaxial, Consolidated undrained
 Vane = Vane shear test
 UCT = Unconfined compression strength, kg/cm²
 QT = Direct shear, quick test.

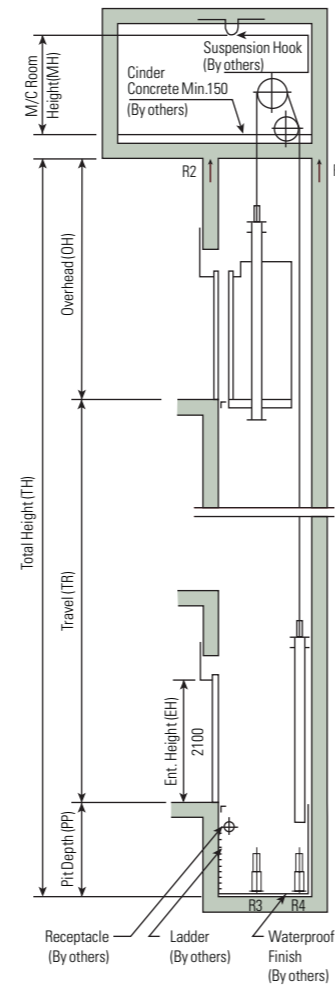
○ = W_n = Moisture content, %
 ● = W_p = Plastic limit, %
 Δ = W_t = Liquid limit, %
 γ = Bulk density, t/m³
 G_s = Specific gravity
 e_o = Void ratio
 S_r = Saturation, %

Layout Plan - LUXEN(Gearless Elevators) 1~2.5m/sec

Plan of Hoistway & Machine Room



Section of Hoistway



Standard Dimensions & Reactions

(Unit : mm)

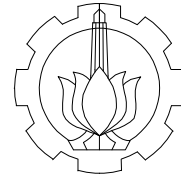
Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg		Internal	External	1Car	2Cars	3Cars	Depth	1Car	2Cars	3Cars	Depth	R1	R2	R3	R4
1	6	450	800	1400 × 850	1460 × 1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000	5400	4500
	8	550	800	1400 × 1030	1460 × 1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250	6000	4900
	9	600	800	1400 × 1130	1460 × 1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	6300	5100
1.5	10	700	800	1400 × 1250	1460 × 1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	6800	5400
	11	750	800	1400 × 1350	1460 × 1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800	7100	5600
1.75	13	900	900	1600 × 1350	1660 × 1505	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750	8100	6300
	15	1000	900	1600 × 1500	1660 × 1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300	8600	6600
2 (Note 4)	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6600	5100	11000	8700
			1100	2000 × 1350	2100 × 1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800				
2.5 (Note 4)	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200	7800	6000	12200	9500
			1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000				
			1100	2000 × 1750	2100 × 1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300				
24	1600	1100	2150 × 1600	2250 × 1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8700	4200	8500	6800	13600	10400	

- Notes :
- Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.
 - Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.
 - When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.
 - The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN81=75kg/person)
 - Above dimensions are applied in case the door is standard. In case fire protection door that the clear opening is over 1000mm is applied, hoistway size for 1 car should be applied above X1 dimension plus 100mm.
 - In case of 2m/sec and 2.5m/sec, hoistway size is above plus 100mm, the machine room size is above plus 100mm.

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Overhead (O H)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
1	4600	1500	2200
1.5	4800	1800	2400
1.75	5000	2100	2400
2	5000	2100	2600
2.5	5500	2400	2600

- Notes :
- Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.
 - The minimum hoistway dimensions are shown on the above table. Therefore, some allowances should be made considering the sloping of the hoistways.
 - The minimum machine room height should be 2800mm in case of the traction machine with double isolation pad.
 - For gearless (1:1 roping) elevators, the minimum machine room height should be 2400mm.



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
 PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
 SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
 BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
 0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

1. DENAH ARSITEKTUR KASUS 1
 DAN 3

1:250

KODE GAMBAR

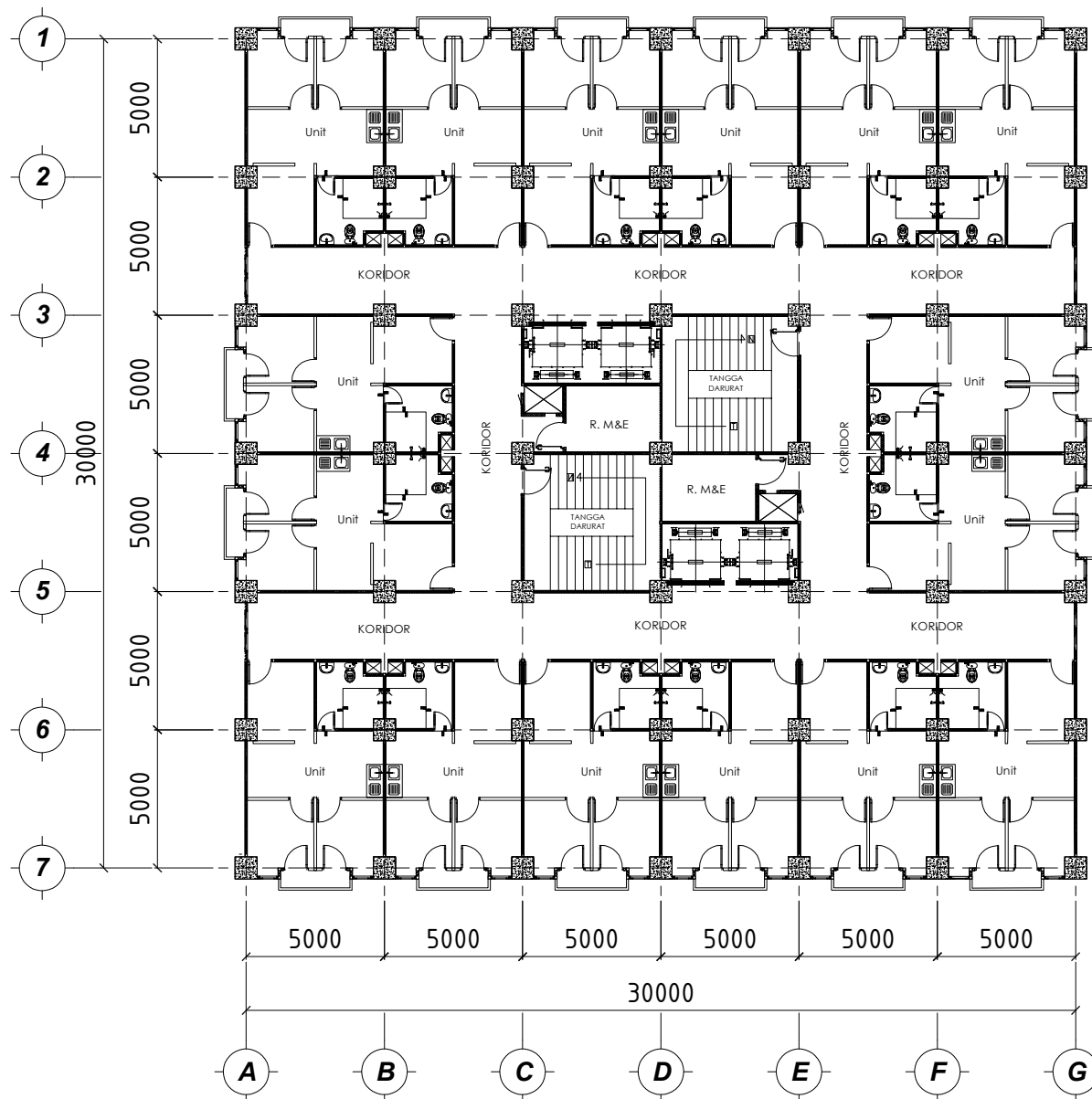
NO. LMBR

JML.LEMBAR

ARS

1

36



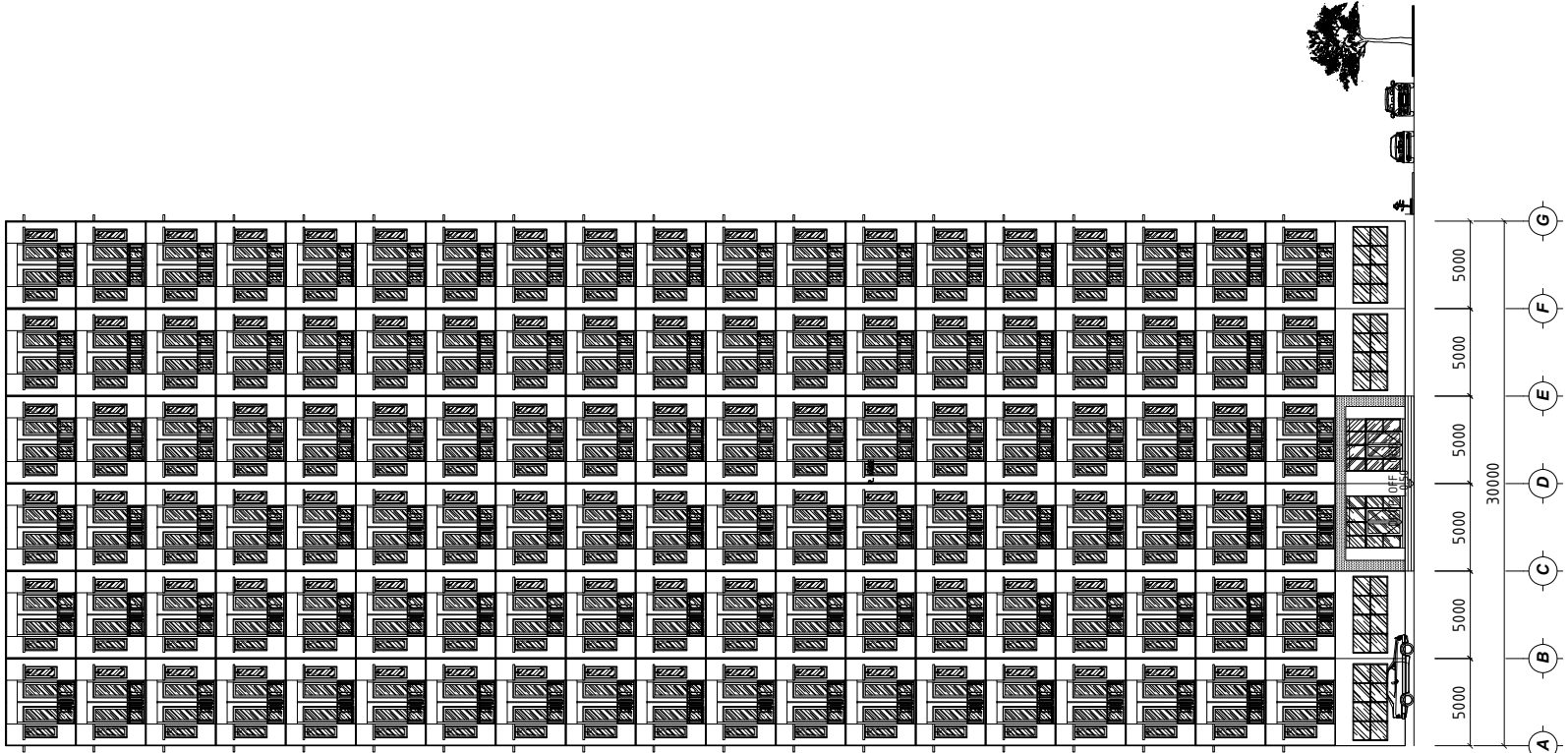
DENAH LANTAI 1-19
DENAH 1 (30m X 30m) KASUS 1 DAN 3

01

SKALA

1:250

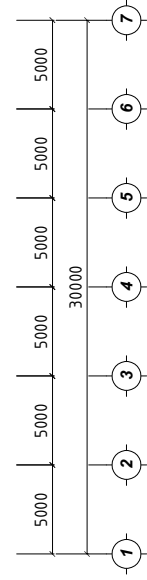
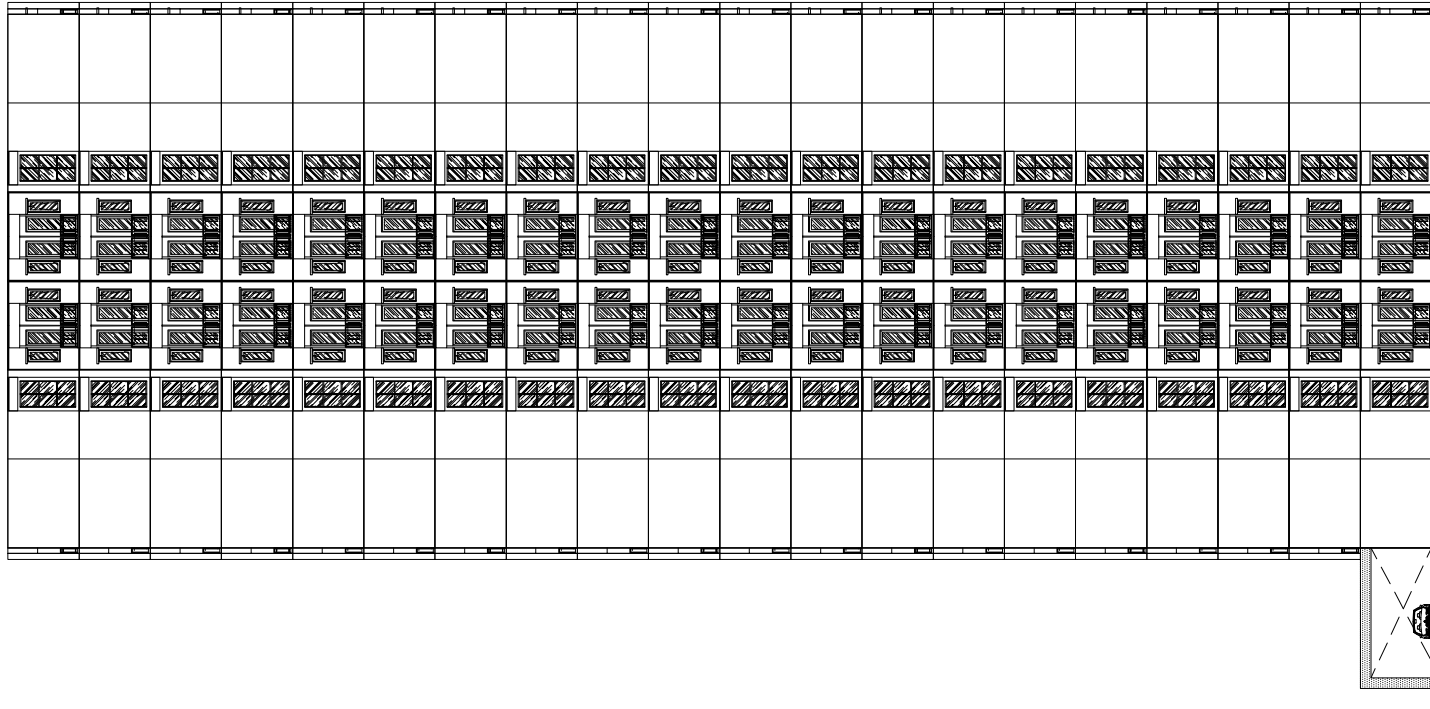
L.I. ATAP	±80.00
L.I. 19	±76.00
L.I. 18	±72.00
L.I. 17	±68.00
L.I. 16	±64.00
L.I. 15	±60.00
L.I. 14	±56.00
L.I. 13	±52.00
L.I. 12	±48.00
L.I. 11	±44.00
L.I. 10	±40.00
L.I. 9	±36.00
L.I. 8	±32.00
L.I. 7	±28.00
L.I. 6	±24.00
L.I. 5	±20.00
L.I. 4	±16.00
L.I. 3	±12.00
L.I. 2	±8.00
L.I. 1	±4.00
L.I. LOBBY	±0.00



TAMPAK DEPAN
DENAH 1 (30m X30m) KASUS 1 DAN 3
SKALA 1:425

KETERANGAN		
REVISI		
JUDUL TUGAS AKHIR		
STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN PENGEKANG KOLOM (<i>CONFINEMENT</i>) SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT		
FUNGSI BANGUNAN		
APARTEMEN		
DOSEN PEMBIMBING		
Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD		
NAMA MAHASISWA		
Subechan Febrianto 0311 16 45 000 026		
NAMA GAMBAR	SKALA	
1. TAMPAK DEPAN KASUS 1 DAN KASUS 3	1:425	
KODE GAMBAR	NO. LMBR	JML.LEMBAR
ARS	2	36

LI. ATAP	±80.00
LI. 19	±76.00
LI. 18	±72.00
LI. 17	±68.00
LI. 16	±64.00
LI. 15	±60.00
LI. 14	±56.00
LI. 13	±52.00
LI. 12	±48.00
LI. 11	±44.00
LI. 10	±40.00
LI. 9	±36.00
LI. 8	±32.00
LI. 7	±28.00
LI. 6	±24.00
LI. 5	±20.00
LI. 4	±16.00
LI. 3	±12.00
LI. 2	±8.00
LI. 1	±4.00
LI. LOBBY	±0.00



01
SKALA
TAMPAK SAMPING KANAN
DENA 1 (30m X30m) KASUS 1 DAN 3
1:425



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

1. TAMPAK SAMPING KANAN
KASUS 1 DAN KASUS 3

1:425

KODE GAMBAR

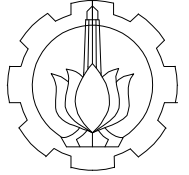
NO. LMBR

JML.LEMBAR

ARS

3

36



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

1. TAMPAK SAMPIG KIRI KASUS 1 DAN KASUS 3

1:425

KODE GAMBAR

NO. LMBR

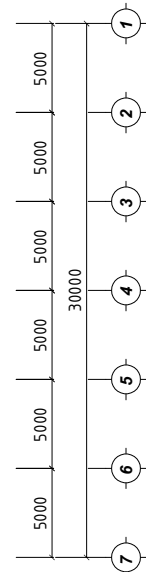
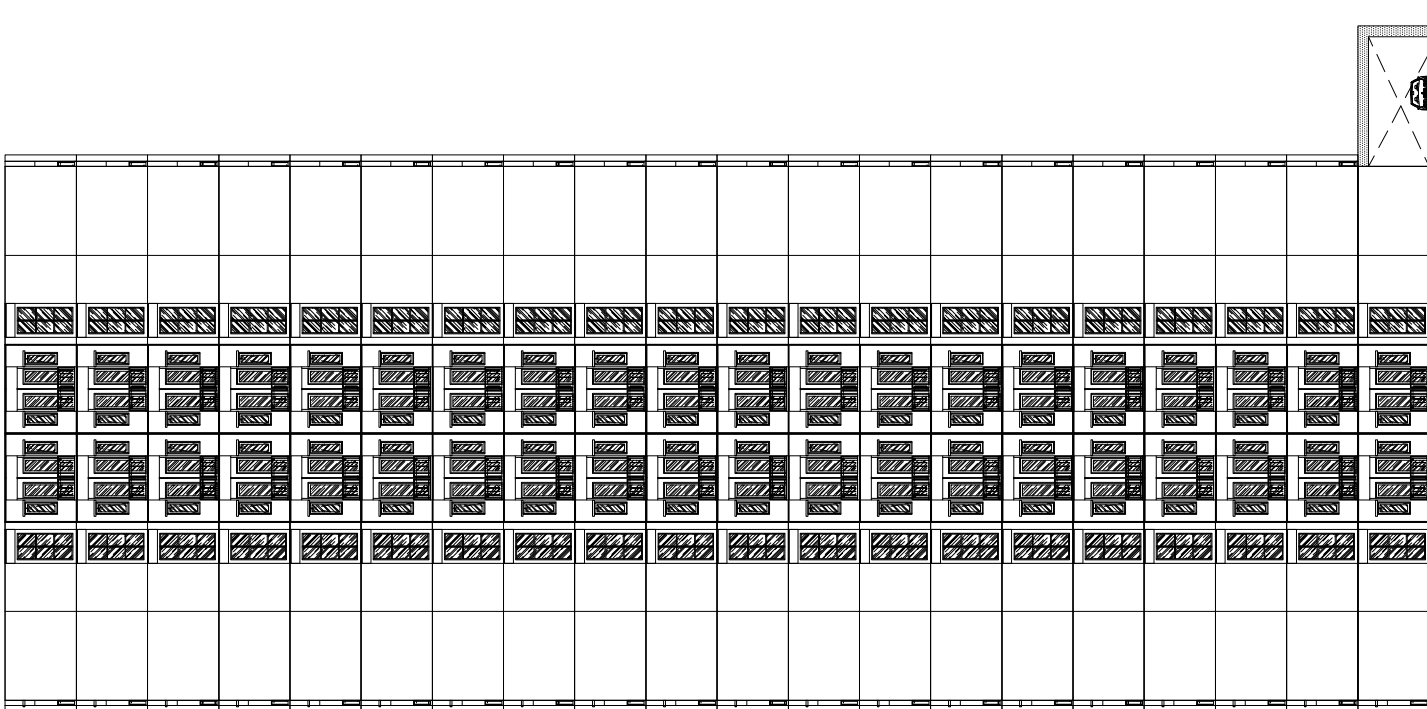
JML.LEMBAR

ARS

4

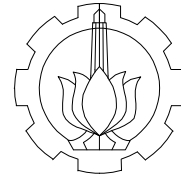
36

±80.00 L.T. ATAP
±76.00 L.I. 19
±72.00 L.I. 18
±68.00 L.I. 17
±64.00 L.I. 16
±60.00 L.I. 15
±56.00 L.I. 14
±52.00 L.I. 13
±48.00 L.I. 12
±44.00 L.I. 11
±40.00 L.I. 10
±36.00 L.I. 9
±32.00 L.I. 8
±28.00 L.I. 7
±24.00 L.I. 6
±20.00 L.I. 5
±16.00 L.I. 4
±12.00 L.I. 3
±8.00 L.I. 2
±4.00 L.I. 1
±0.00 L.T. LOBBY



TAMPAK SAMPIG KIRI
DENAH 1 (30m X30m) KASUS 1 DAN 3
SKALA 1:425

01



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
 PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
 SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
 BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
 0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

1. DENAH ARSITEKTUR KASUS 2
 DAN 4

1:250

KODE GAMBAR

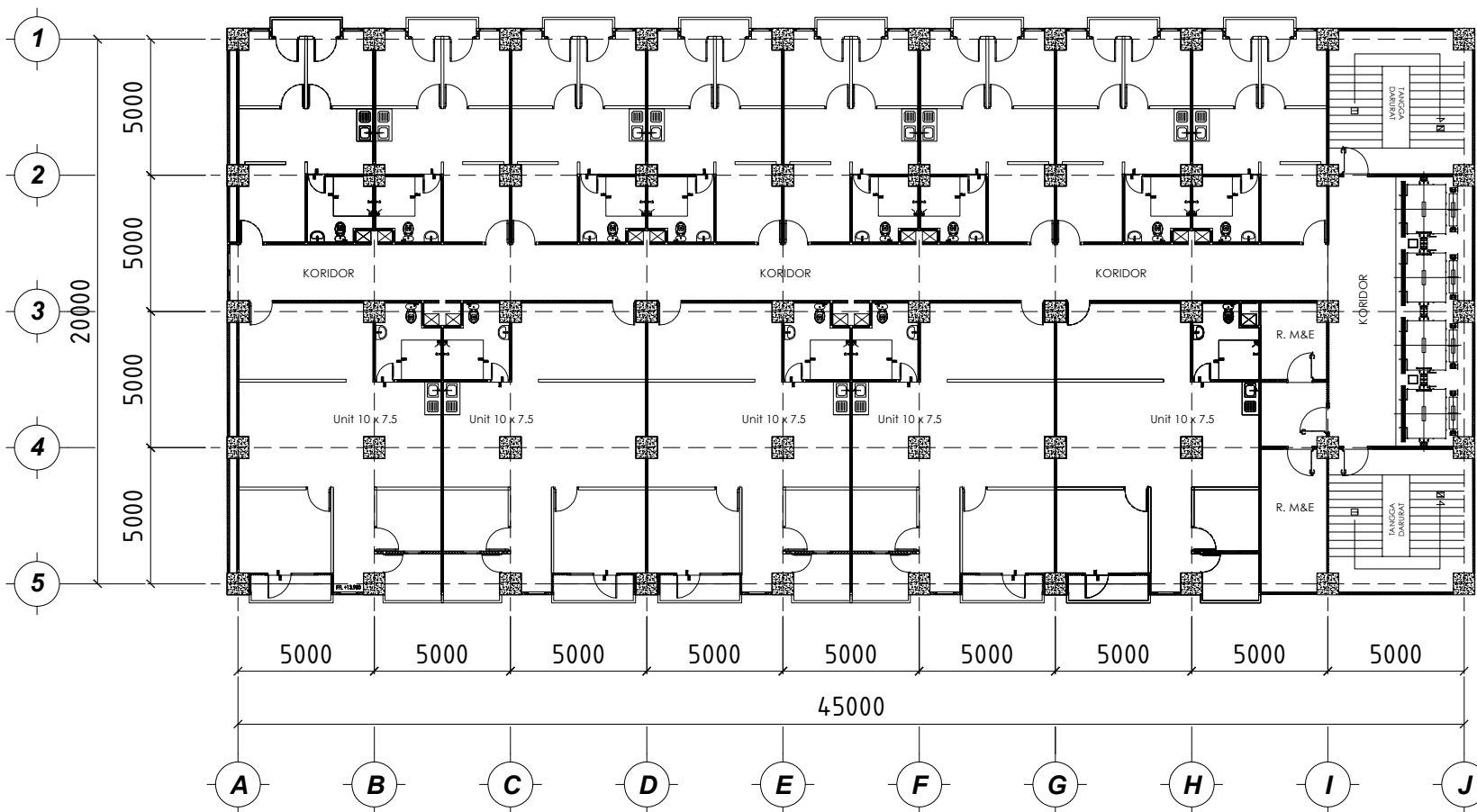
NO. LMBR

JML.LEMBAR

ARS

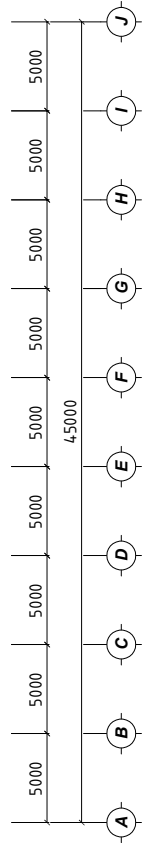
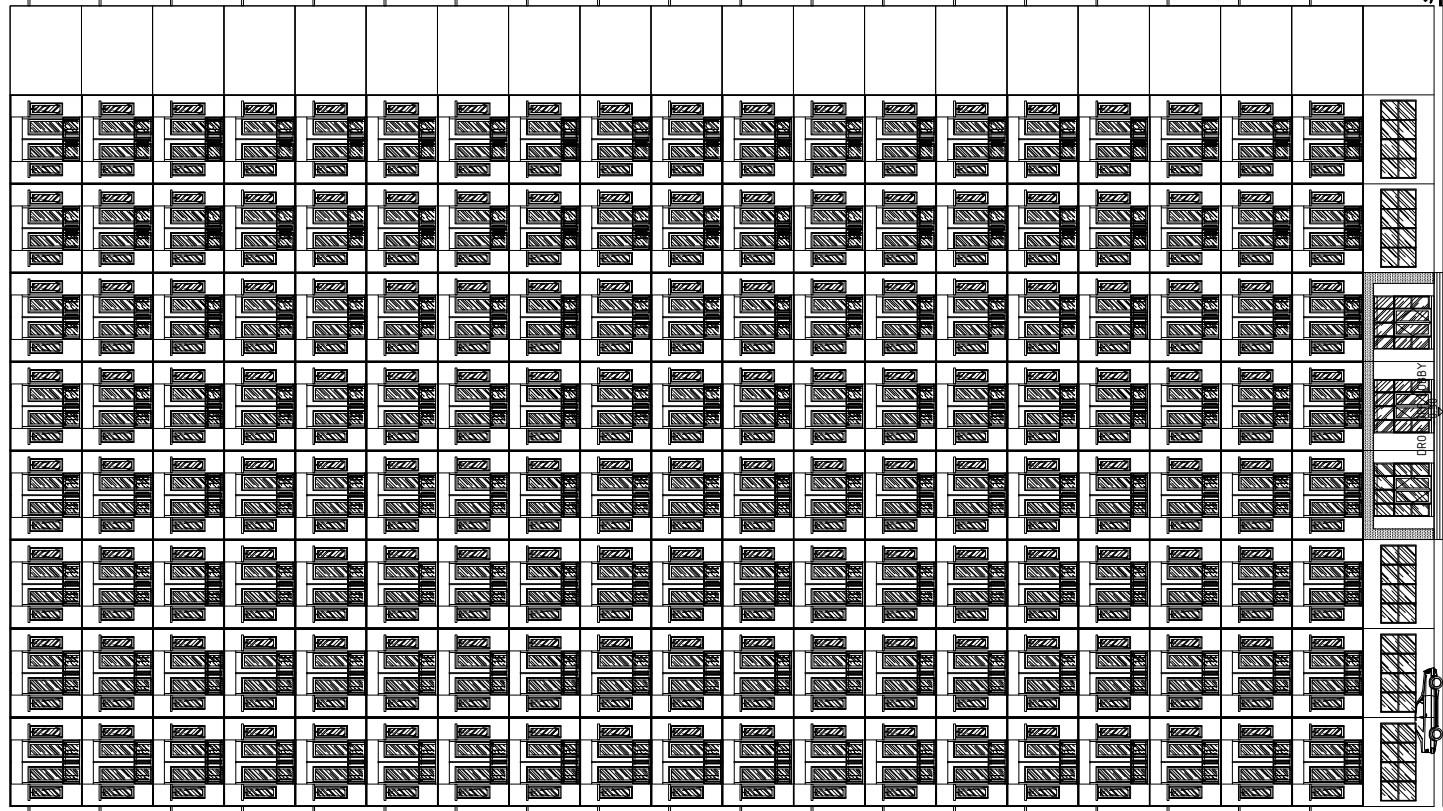
5

30



01 DENAH LANTAI 1-19
 DENAH 2 (45m X 20m) KASUS 2 DAN 4
 SKALA 1:250

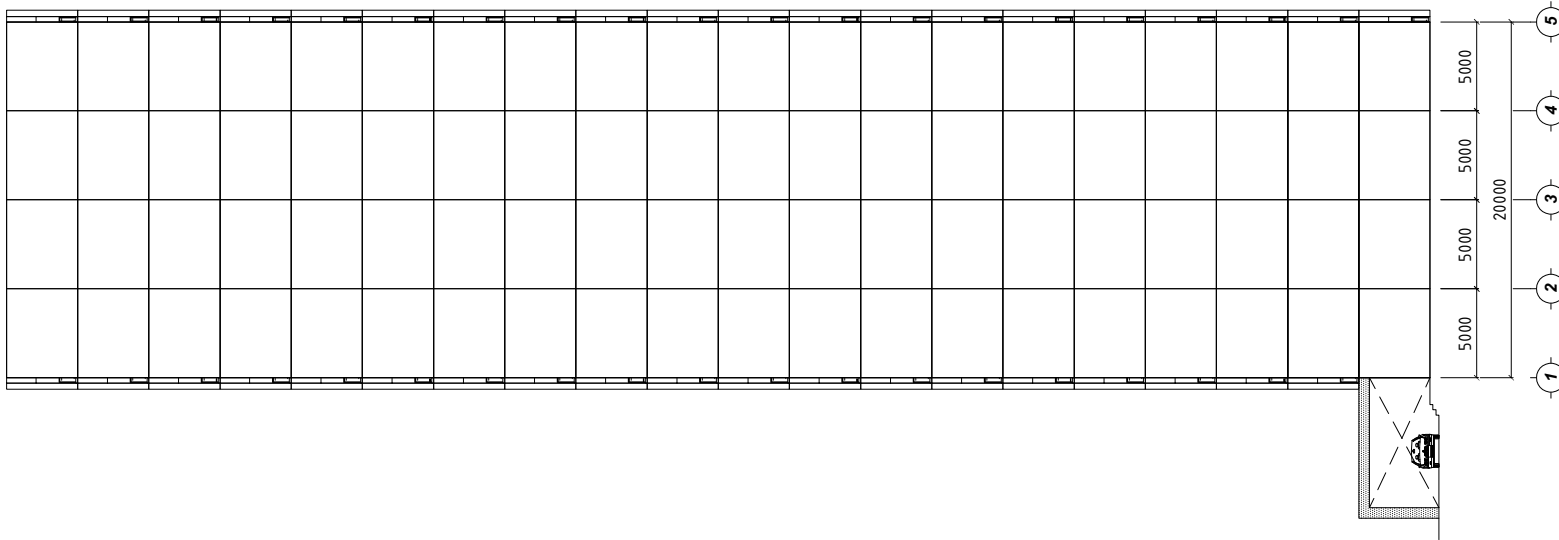
LI. ATAP	±80.00
LI. 19	±76.00
LI. 18	±72.00
LI. 17	±68.00
LI. 16	±64.00
LI. 15	±60.00
LI. 14	±56.00
LI. 13	±52.00
LI. 12	±48.00
LI. 11	±44.00
LI. 10	±40.00
LI. 9	±36.00
LI. 8	±32.00
LI. 7	±28.00
LI. 6	±24.00
LI. 5	±20.00
LI. 4	±16.00
LI. 3	±12.00
LI. 2	±8.00
LI. 1	±4.00
LI. LOBBY	±0.00



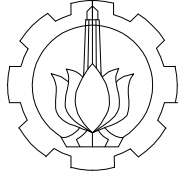
TAMPAK DEPAN
DENAH 2 (45m X20m) KASUS 2 DAN 4
SKALA 1:425

KETERANGAN		
REVISI		
JUDUL TUGAS AKHIR		
STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN PENGEKANG KOLOM (<i>CONFINEMENT</i>) SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT		
FUNGSI BANGUNAN		
APARTEMEN		
DOSEN PEMBIMBING		
Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD		
NAMA MAHASISWA		
Subechan Febrianto 0311 16 45 000 026		
NAMA GAMBAR	SKALA	
1. TAMPAK DEPAN KASUS 2 DAN KASUS 4	1:425	
KODE GAMBAR	NO. LMBR	JML.LEMBAR
ARS	6	36

L.I. ATAP	±80.00
L.I. 19	±76.00
L.I. 18	±72.00
L.I. 17	±68.00
L.I. 16	±64.00
L.I. 15	±60.00
L.I. 14	±56.00
L.I. 13	±52.00
L.I. 12	±48.00
L.I. 11	±44.00
L.I. 10	±40.00
L.I. 9	±36.00
L.I. 8	±32.00
L.I. 7	±28.00
L.I. 6	±24.00
L.I. 5	±20.00
L.I. 4	±16.00
L.I. 3	±12.00
L.I. 2	±8.00
L.I. 1	±4.00
L.I. LOBBY	±0.00



01 TAMPAK SAMPING KANAN
DENAH 2 (45m X 20m) KASUS 2 DAN 4
SKALA 1:425



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

1. TAMPAK SAMPING KANAN
KASUS 2 DAN KASUS 4

1:425

KODE GAMBAR

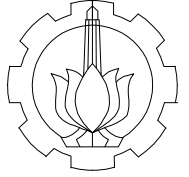
NO. LMBR

JML.LEMBAR

ARS

7

36



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
 PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
 SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
 BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
 0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

1. TAMPAK SAMPIING KIRI KASUS
 2 DAN KASUS 4

1:425

KODE GAMBAR

NO. LMBR

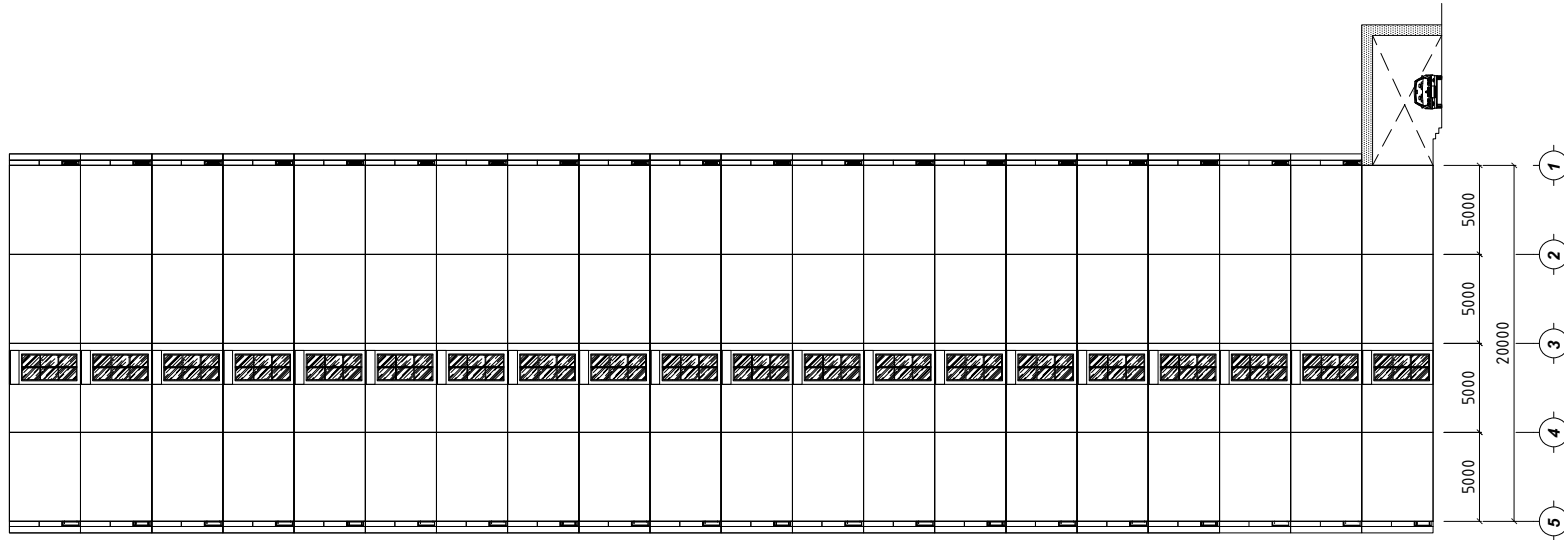
JML.LEMBAR

ARS

8

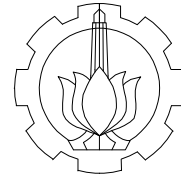
36

±80.00	L.I. ATAP
±76.00	L.I. 19
±72.00	L.I. 18
±68.00	L.I. 17
±64.00	L.I. 16
±60.00	L.I. 15
±56.00	L.I. 14
±52.00	L.I. 13
±48.00	L.I. 12
±44.00	L.I. 11
±40.00	L.I. 10
±36.00	L.I. 9
±32.00	L.I. 8
±28.00	L.I. 7
±24.00	L.I. 6
±20.00	L.I. 5
±16.00	L.I. 4
±12.00	L.I. 3
±8.00	L.I. 2
±4.00	L.I. 1
±0.00	L.I. LOBBY



TAMPAK SAMPIING KIRI
 DENAH 2 (45m X20m) KASUS 2 DAN 4
 SKALA 1:425

01



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

1. DENAH BALOK, KOLOM, DAN
PELAT LT 1-19

SKALA

1: 250

KODE GAMBAR

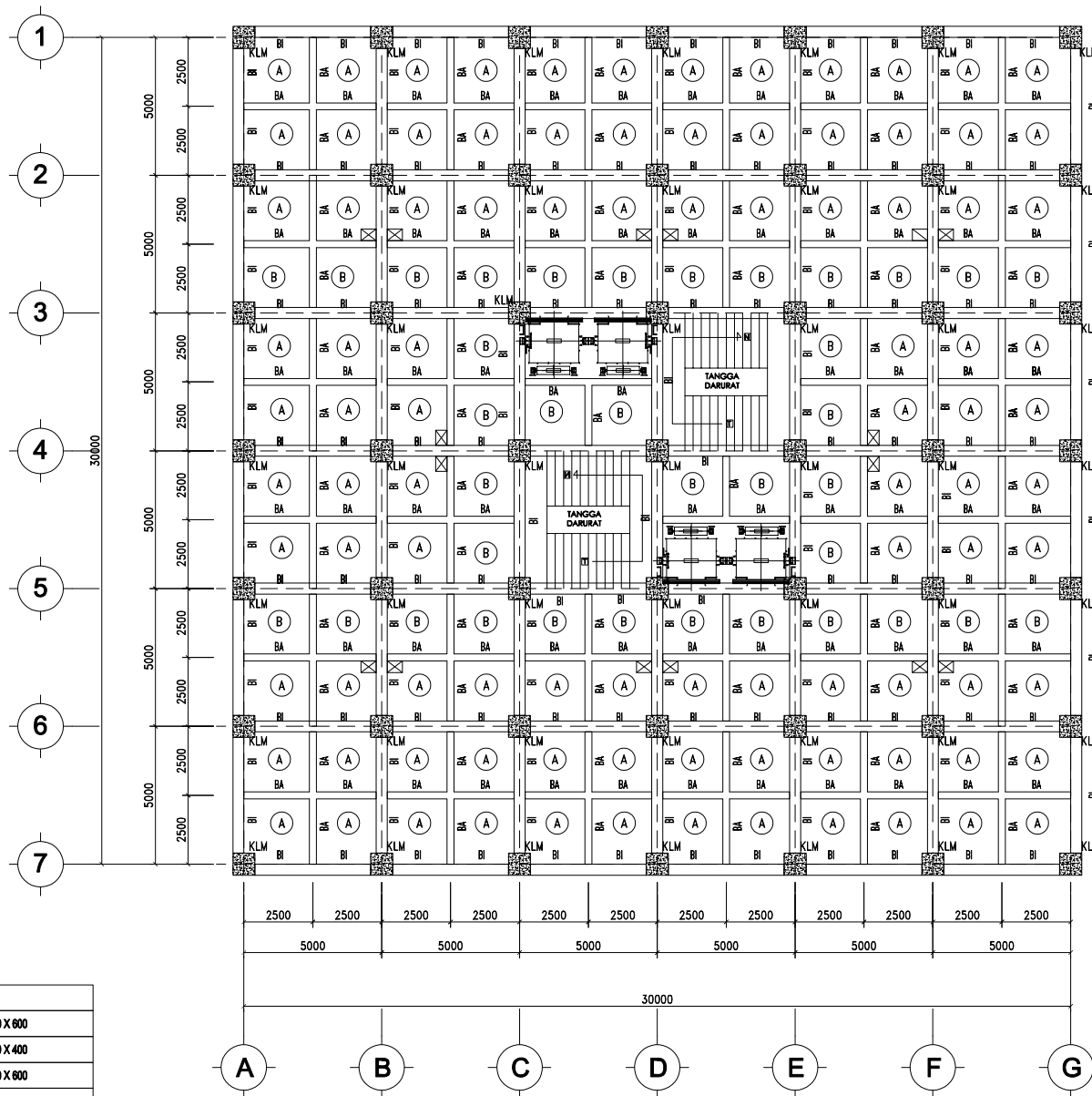
STR

NO. LMBR

9

JML.LEMBAR

36

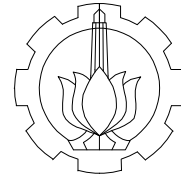


BALOK	
BI = BALOK INDUK	400 X 600
BA = BALOK ANAK	250 X 400
BL = BALOK LIFT	400 X 600
BB = BALOK BORDES	250 X 400

PELAT	
A = HUNIAN	T = 120
B = KORIDOR	T = 120
C = ATAP	T = 120
TANGGA	T = 150

KOLOM	
KLM =	KOLOM TYPE
K1 =	600 X 600
K2 =	800 X 800
K3 =	1000 X 1000

01 DENAH 1 (30m X 30m) KASUS 1 DAN 3
DENAH BALOK, KOLOM, DAN PELAT LT 1-19
SKALA 1: 250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

1. DENAH BALOK, KOLOM, DAN
PELAT LT ATAP

SKALA

1: 250

KODE GAMBAR

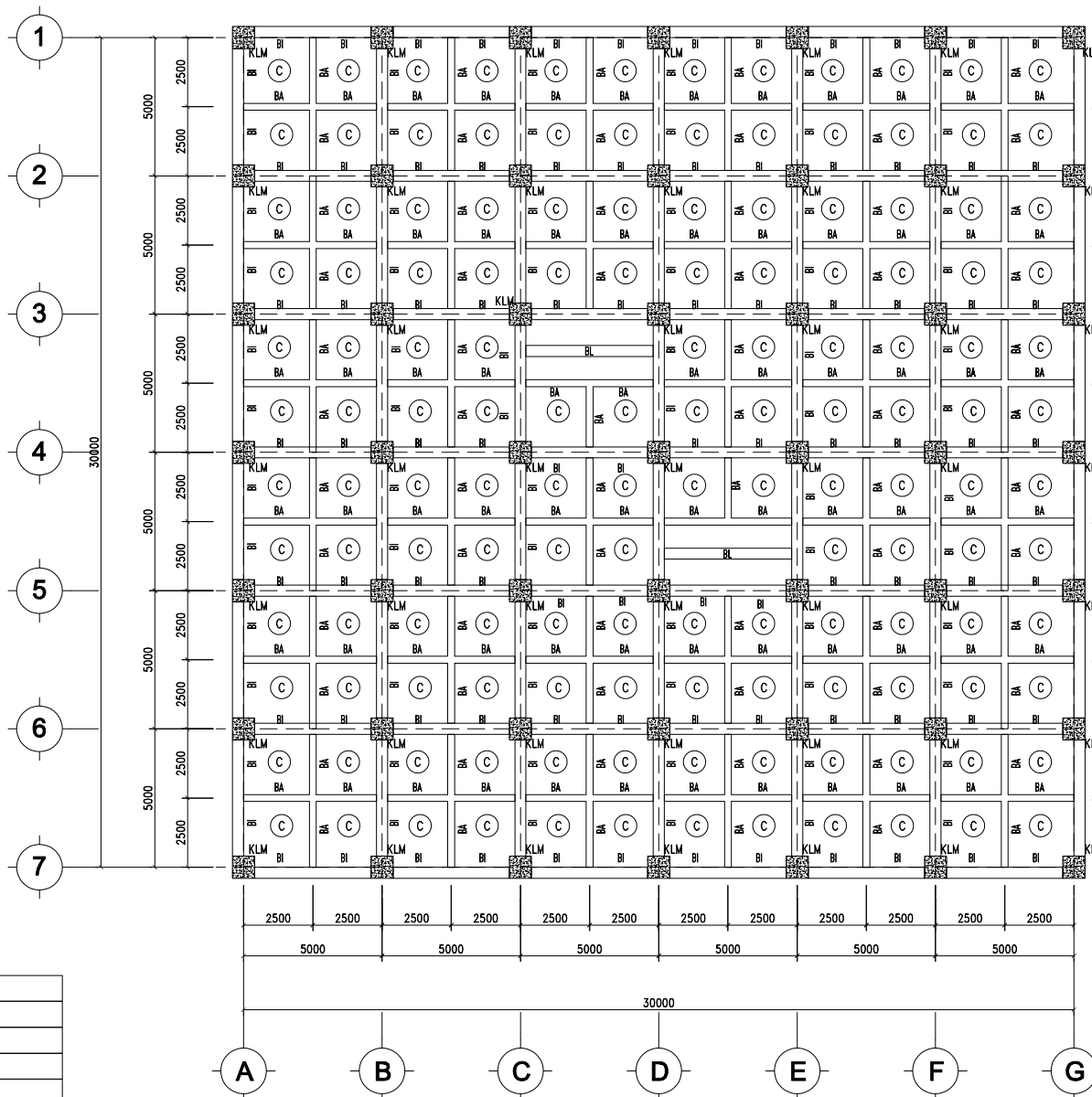
STR

NO. LMBR

10

JML.LEMBAR

36

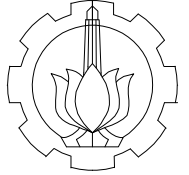


BALOK	
BI = BALOK INDUK	400 X 600
BA = BALOK ANAK	250 X 400
BL = BALOK LIFT	400 X 600
BB = BALOK BORDES	250 X 400

PELAT	
A = HUNIAN	T = 120
B = KORIDOR	T = 120
C = ATAP	T = 120
TANGGA	T = 150

KOLOM	
KLM =	KOLOM TYPE
K1 =	600 X 600
K2 =	800 X 800
K3 =	1000 X 1000

01 DENAH 1 (30m X 30m) KASUS 1 DAN 3
DENAH BALOK, KOLOM, DAN PELAT LT ATAP
SKALA 1: 250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

1. DENAH BALOK, KOLOM, DAN
PELAT LT ATAP

1: 250

KODE GAMBAR

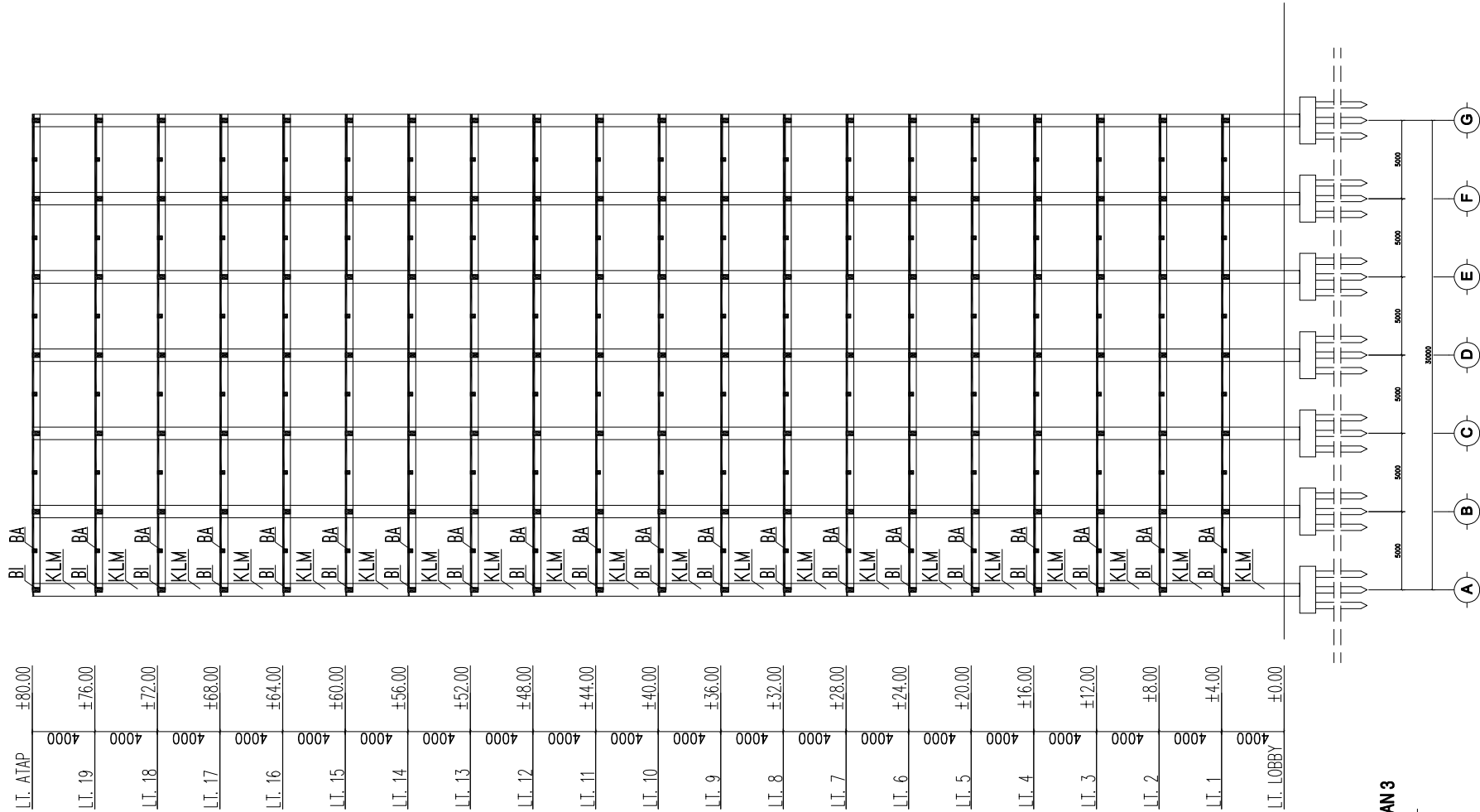
NO. LMBR

JML.LEMBAR

STR

11

36



LT. ATAP	±80.00	4000
LT. 19	±76.00	4000
LT. 18	±72.00	4000
LT. 17	±68.00	4000
LT. 16	±64.00	4000
LT. 15	±60.00	4000
LT. 14	±56.00	4000
LT. 13	±52.00	4000
LT. 12	±48.00	4000
LT. 11	±44.00	4000
LT. 10	±40.00	4000
LT. 9	±36.00	4000
LT. 8	±32.00	4000
LT. 7	±28.00	4000
LT. 6	±24.00	4000
LT. 5	±20.00	4000
LT. 4	±16.00	4000
LT. 3	±12.00	4000
LT. 2	±8.00	4000
LT. 1	±4.00	4000
LT. LOBBY	±0.00	4000

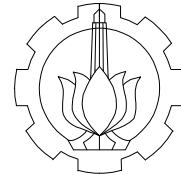
BALOK	
BI = BALOK INDUK	400 X 600
BA = BALOK ANAK	250 X 400
BL = BALOK LIFT	400 X 600
BB = BALOK BORDES	250 X 400

PELAT	
A = HUNIAN	T = 120
B = KORIDOR	T = 120
C = ATAP	T = 120
TANGGA	T = 150

KOLOM	
KLM =	KOLOM TYPE
K1 =	600 X 600
K2 =	800 X 800
K3 =	1000 X 1000

01
DENAH 2 (30m X 30m) KASUS 1 DAN 3
POTONGAN
SKALA

1:400



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

1. DENAH BALOK, KOLOM, DAN
PELAT LT 1-19

1: 250

KODE GAMBAR

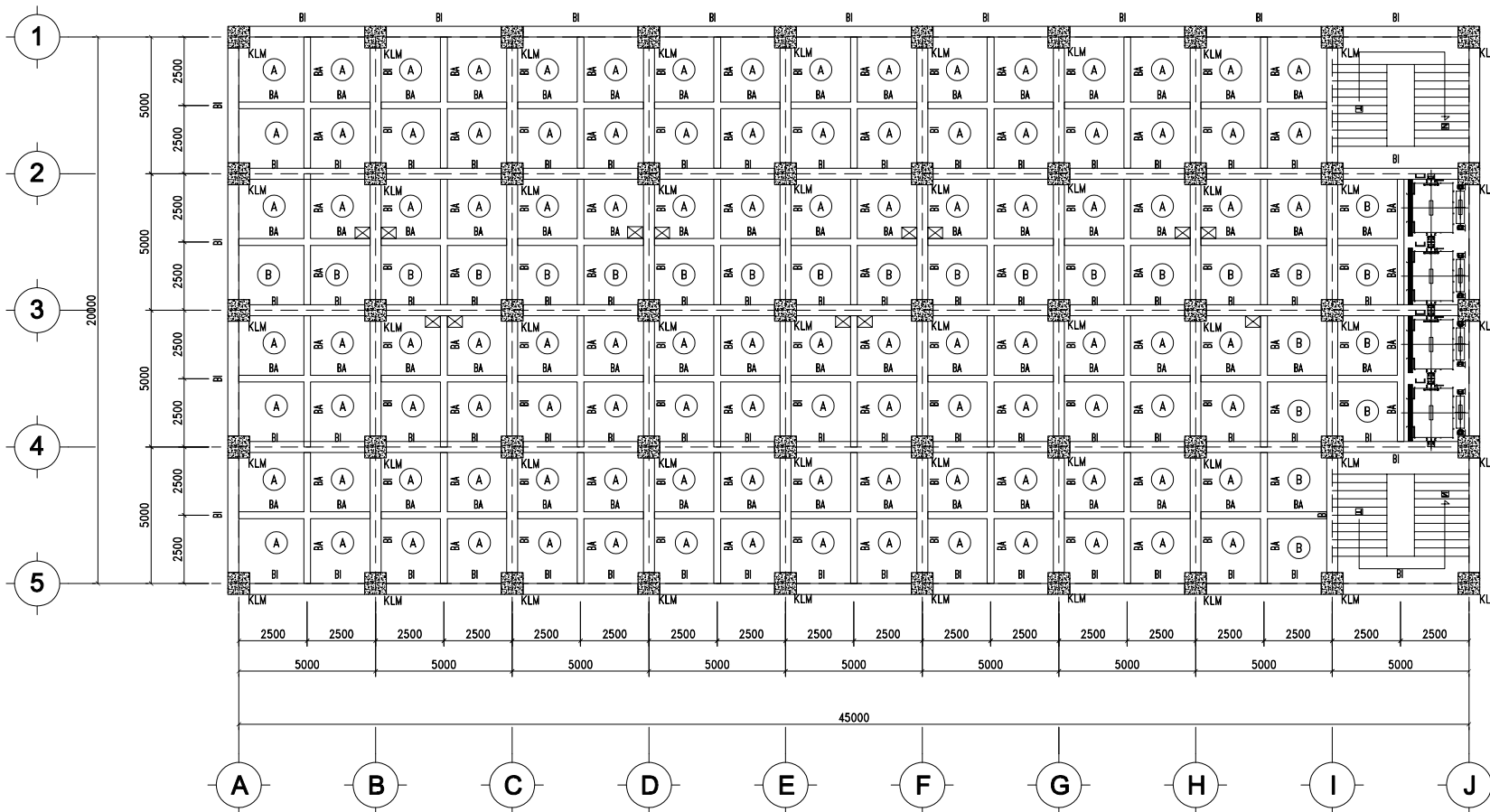
NO. LMBR

JML.LEMBAR

STR

12

36

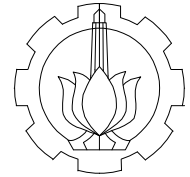


BALOK	
BI = BALOK INDUK	400 X 600
BA = BALOK ANAK	250 X 400
BL = BALOK LIFT	400 X 600
BB = BALOK BORDES	250 X 400

PELAT	
A = HUNIAN	T = 120
B = KORIDOR	T = 120
C = ATAP	T = 120
TANGGA	T = 150

KOLOM	
KLM =	KOLOM TYPE
K1 =	600 X 600
K2 =	800 X 800
K3 =	1000 X 1000

01
DENAH 2 (45m X 20m) KASUS 2 DAN 4
DENAH BALOK, KOLOM, DAN PELAT LT 1-19
SKALA 1: 250



KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
 PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
 SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
 BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
 0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

1. DENAH BALOK, KOLOM, DAN
 PELAT LT ATAP

1: 250

KODE GAMBAR

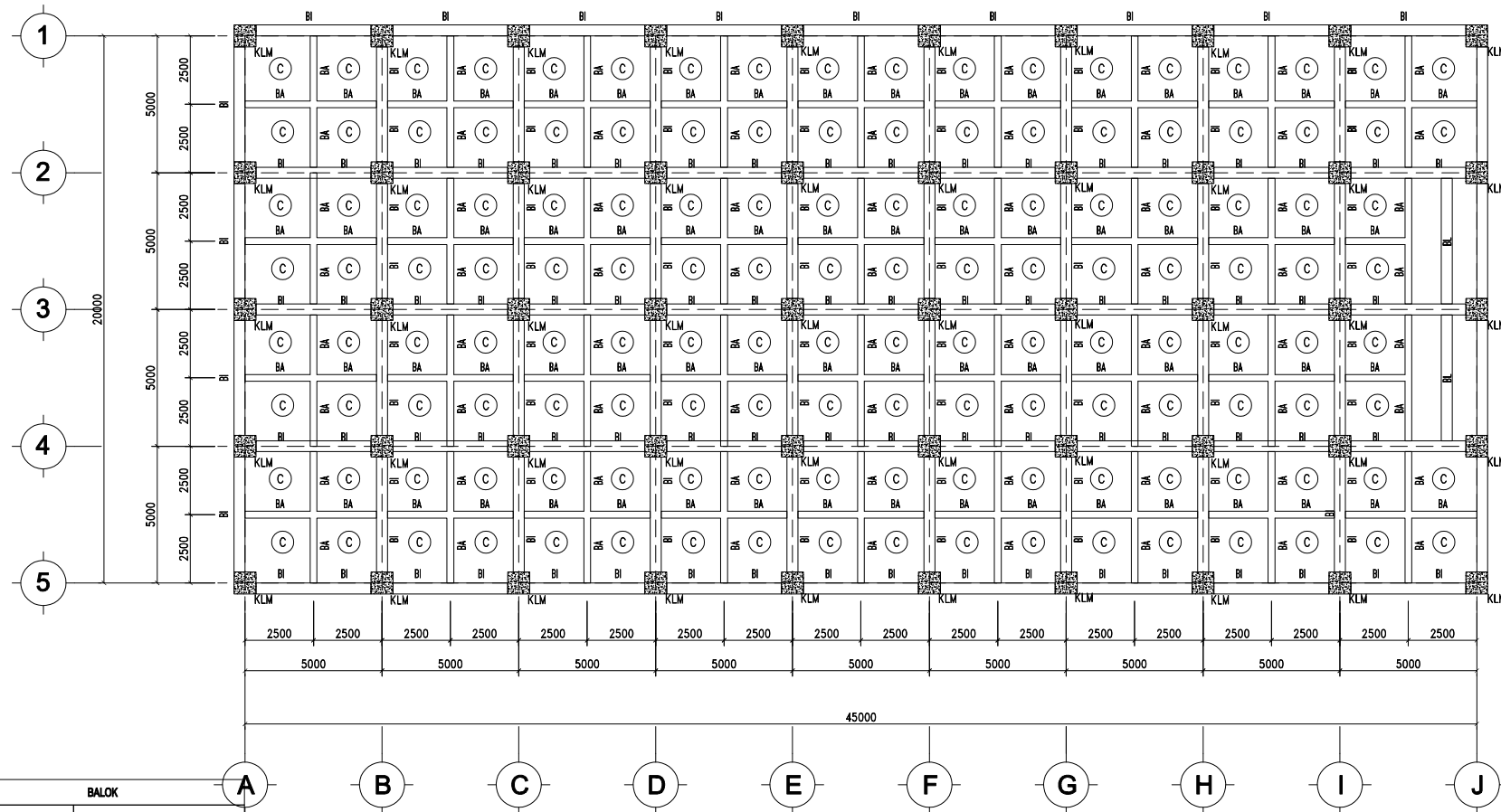
NO. LMBR

JML.LEMBAR

STR

13

36

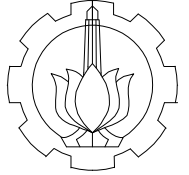


BALOK	
BI = BALOK INDUK	400 X 600
BA = BALOK ANAK	250 X 400
BL = BALOK LIFT	400 X 600
BB = BALOK BORDES	250 X 400

PELAT	
A = HUNIAN	T = 120
B = KORIDOR	T = 120
C = ATAP	T = 120
TANGGA	T = 150

KOLOM	
KLM =	KOLOM TYPE
K1 =	600 X 600
K2 =	800 X 800
K3 =	1000 X 1000

01
 DENAH 2 (45m X 20m) KASUS 2 DAN 4
 DENAH BALOK, KOLOM, DAN PELAT LT ATAP
 SKALA 1 : 250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

1. DENAH BALOK, KOLOM, DAN
PELAT LT ATAP

1: 250

KODE GAMBAR

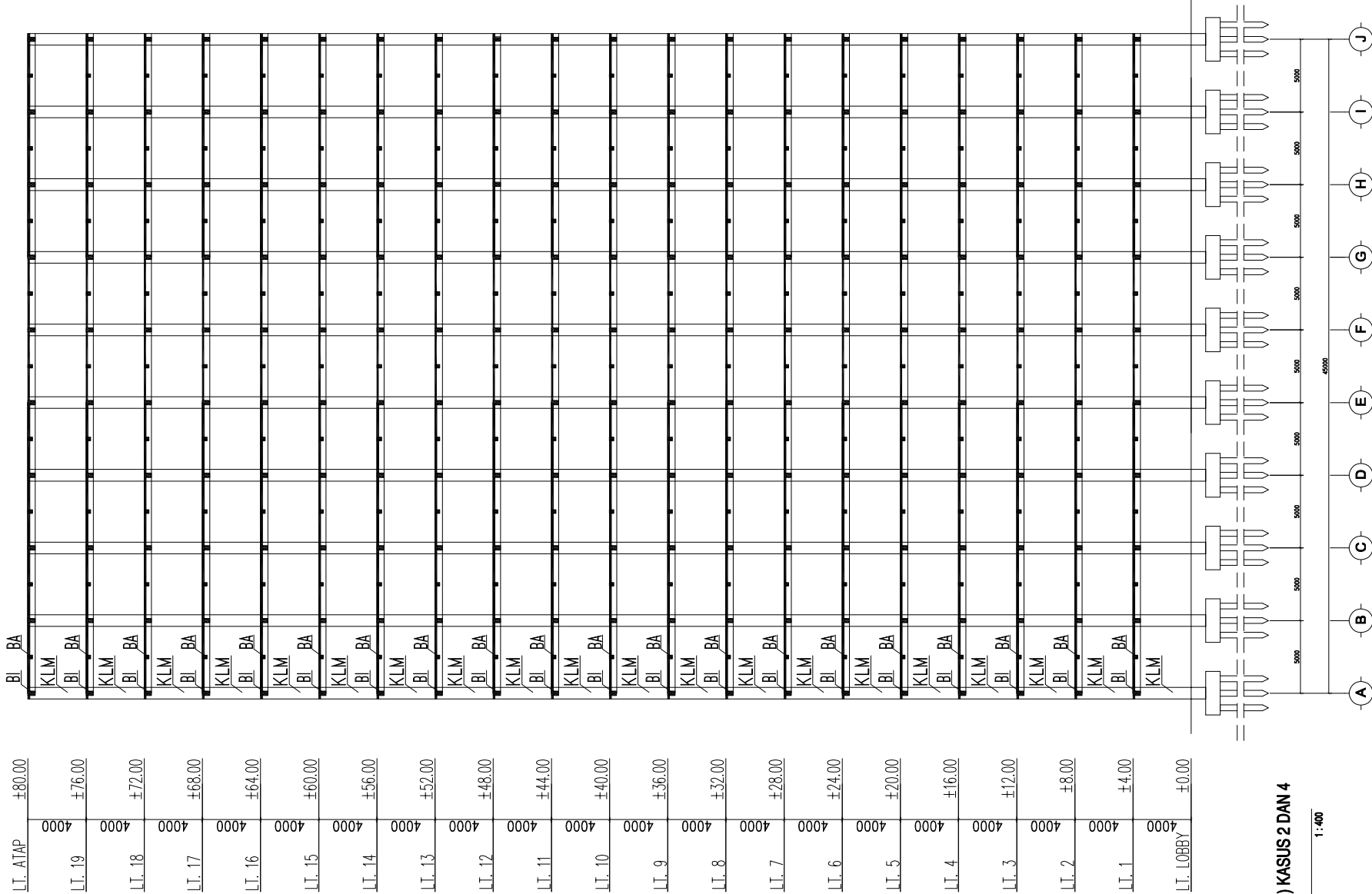
NO. LMBR

JML.LEMBAR

STR

14

36



DENAH 2 (45m X 20m) KASUS 2 DAN 4
POTONGAN

01

1:400

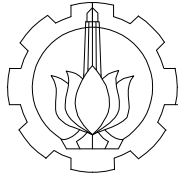
SKALA

BALOK	
BI = BALOK INDUK	400 X 800
BA = BALOK ANAK	250 X 400
BL = BALOK LIFT	400 X 800
BB = BALOK BORDES	250 X 400

PELAT	
A = HUNIAN	T = 120
B = KORIDOR	T = 120
C = ATAP	T = 120
TANGGA	T = 150

KOLOM	
KLM =	KOLOM TYPE
K1 =	600 X 600
K2 =	800 X 800
K3 =	1000 X 1000

LT. ATAP	±80.00
LT. 19	±76.00
LT. 18	±72.00
LT. 17	±68.00
LT. 16	±64.00
LT. 15	±60.00
LT. 14	±56.00
LT. 13	±52.00
LT. 12	±48.00
LT. 11	±44.00
LT. 10	±40.00
LT. 9	±36.00
LT. 8	±32.00
LT. 7	±28.00
LT. 6	±24.00
LT. 5	±20.00
LT. 4	±16.00
LT. 3	±12.00
LT. 2	±8.00
LT. 1	±4.00
LT. LOBBY	±0.00



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

No	Revisi

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
 PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
 SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
 BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

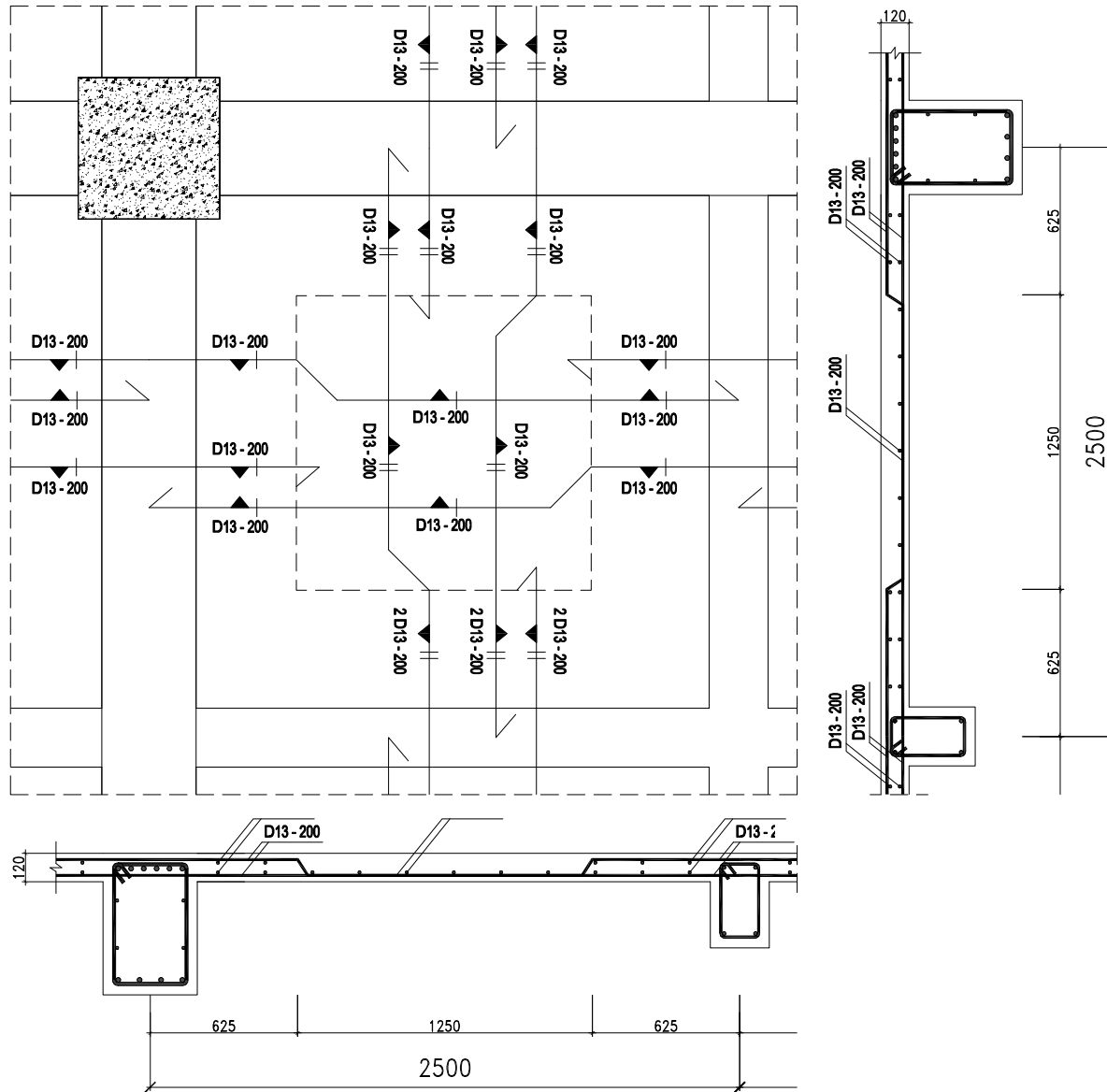
DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

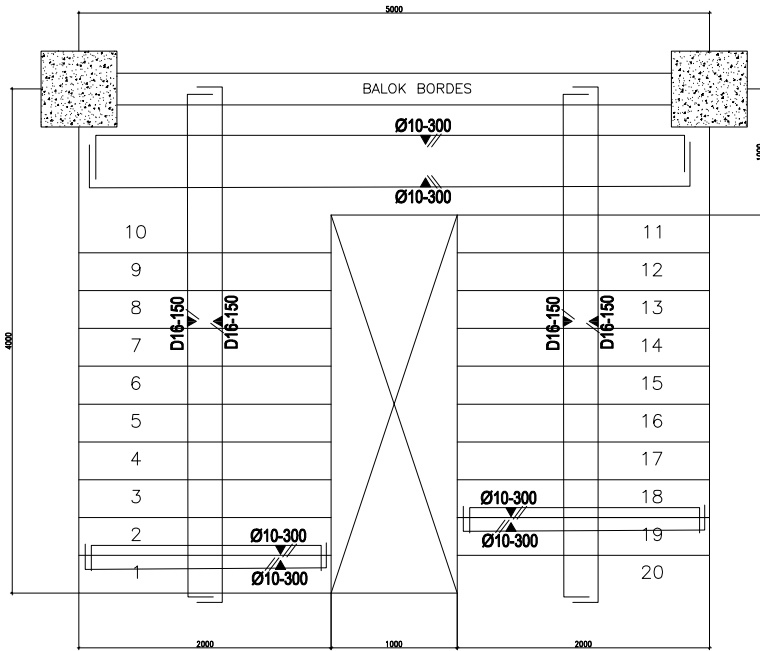
NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
 0311 16 45 000 026

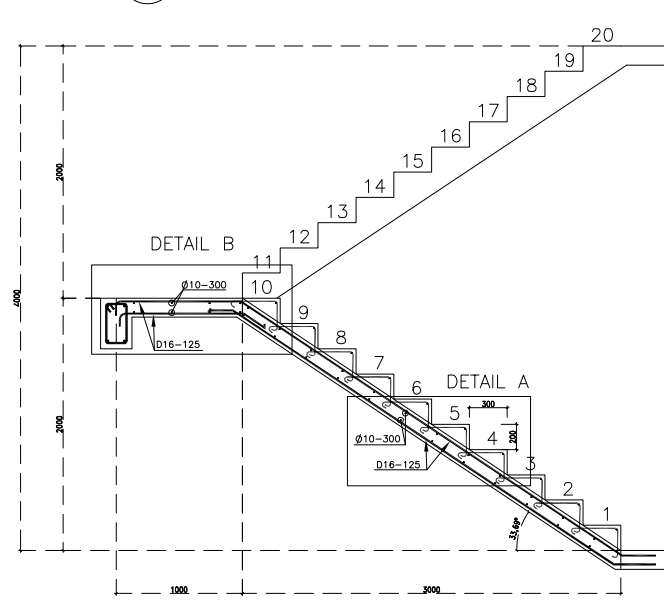
NAMA GAMBAR	SKALA	
1. DETAIL PENULANGAN PELAT TIPE A,B ,DAN C	1:30	
KODE GAMBAR	NO. LMBR	JML.LEMBAR
STR	15	36



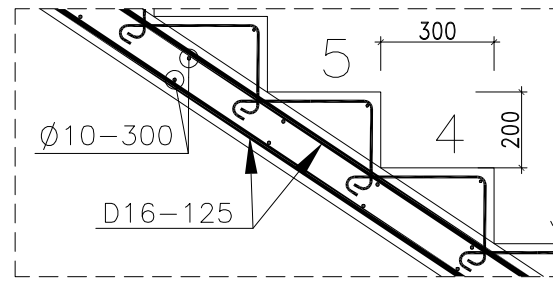
01 DETAIL PENULANGAN PELAT TIPE A, B, DAN C
 SKALA 1:30



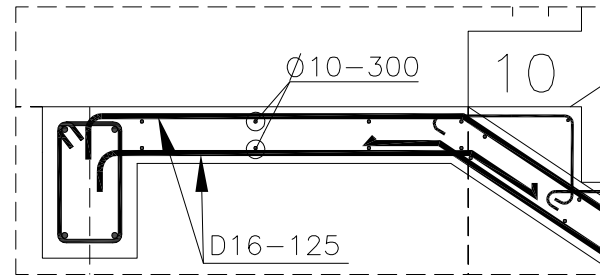
01 DENAH PENULANGAN TANGGA
SKALA 1:60



02 POTONGAN PENULANGAN TANGGA
SKALA 1:50



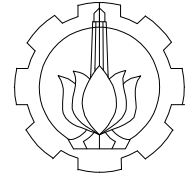
03 DETAIL A
SKALA 1:20



04 DETAIL B
SKALA 1:20

TYPE BALOK	BALOK BORDES (BB)
	TUMPUAN DAN LAPANGAN
SEMUA KASUS $f_c' = 30 \text{ MPa}$ $f_y = 400 \text{ MPa}$	<p>SELIMUT BETON = 40 mm</p>
DIMENSI	250 X 400
TUL. ATAS	2 D 16
TUL. BAWAH	2 D 16
TUL. SENGKANG	2 Ø10 - 150

05 DETAIL PENAMPANG BALOK BORDES (BB)
SKALA 1:20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGKANG KOLOM (CONFINEMENT)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

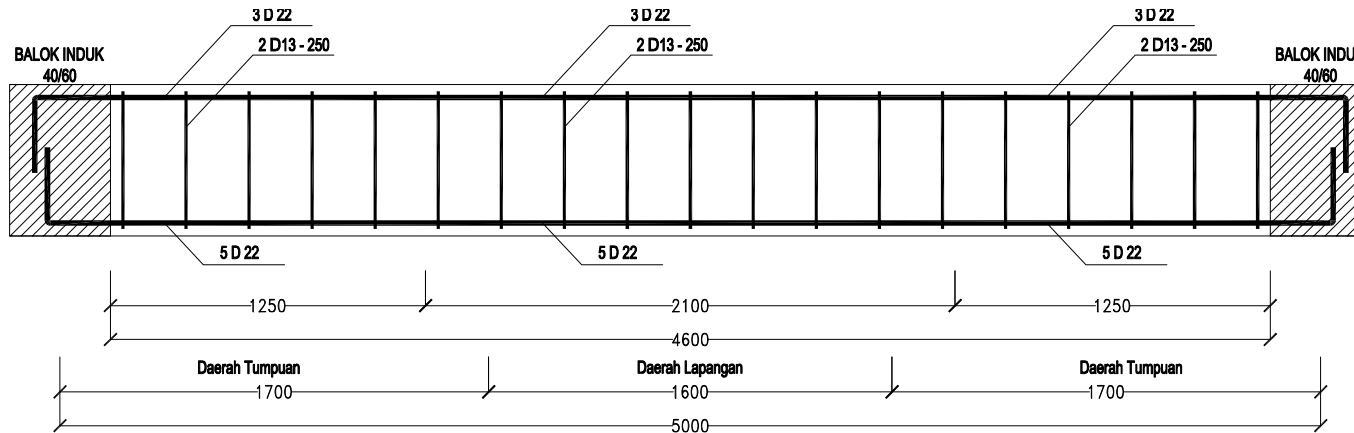
NAMA GAMBAR

SKALA

1. DENAH PENULANGAN TANGGA	1:60
2. POTONGAN PENULANGAN TANGGA	1:60
3. DETAIL A	1:20
4. DETAIL B	1:20
5. DETAIL PENAMPANG BALOK BORDES (BB)	1:20

KODE GAMBAR NO. LMBR JML.LEMBAR

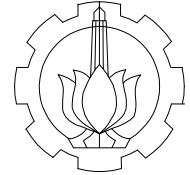
STR 16 36



01 PENULANGAN BALOK LIFT (BL)
SKALA 1:30

TYPE BALOK	BALOK LIFT (BL)
	TUMPUAN DAN LAPANGAN
SEMUA KASUS $f_c' = 30 \text{ MPa}$ $f_y = 400 \text{ MPa}$	<p>SELIMUT BETON = 40 mm</p>
DIMENSI	400 x 600
TUL. ATAS	3 D 22
TUL. BAWAH	5 D 22
TUL. SENGKANG	2 D 13 - 250

02 DETAIL PENAMPANG BALOK LIFT (BL)
SKALA 1:20



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

1. PENULANGAN BALOK LIFT (BL)
2. DETAIL PENAMPANG BALOK
LIFT (BL)

1:30
1:20

KODE GAMBAR

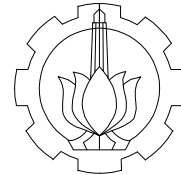
NO. LMBR

JML.LEMBAR

STR

17

36



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

- PENULANGAN BALOK LIFT (BL)
- DETAIL PENAMPANG BALOK LIFT (BL)

1:30

1:20

KODE GAMBAR

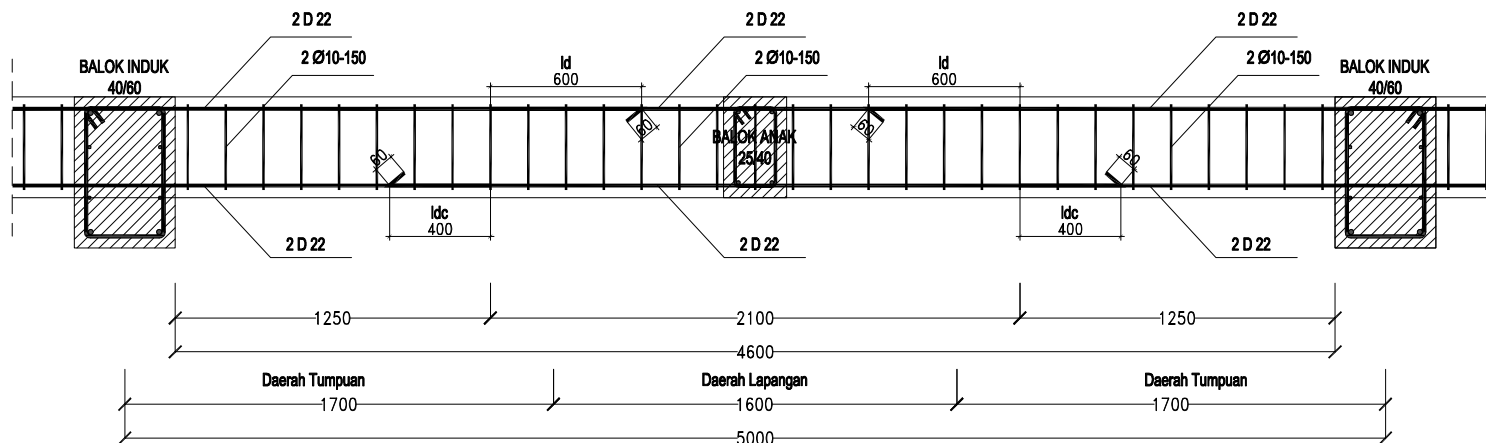
NO. LMBR

JML.LEMBAR

STR

18

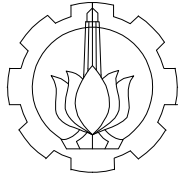
36



01 **PENULANGAN BALOK ANAK (BA)**
SKALA 1:30

TYPE BALOK	BALOK ANAK (BA)
	TUMPUAN DAN LAPANGAN
SEMUA KASUS $f_c' = 30 \text{ MPa}$ $f_y = 400 \text{ MPa}$	<p>SELIMUT BETON = 40 mm</p>
DIMENSI	250 X 400
TUL. ATAS	2 D 16
TUL. BAWAH	2 D 16
TUL. SENGKANG	2 Ø10 - 150

02 **DETAIL PENAMPANG BALOK ANAK (BA)**
SKALA 1:20



KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

- PENULANGAN BALOK INDUK (BI) KASUS 1 TIPE KOLOM 600X600
- DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK KASUS 1 TIPE KOLOM 600X600
- DETAIL KAIT BALOK INDUK KASUS 1 TIPE KOLOM 600X600

1:30

KODE GAMBAR

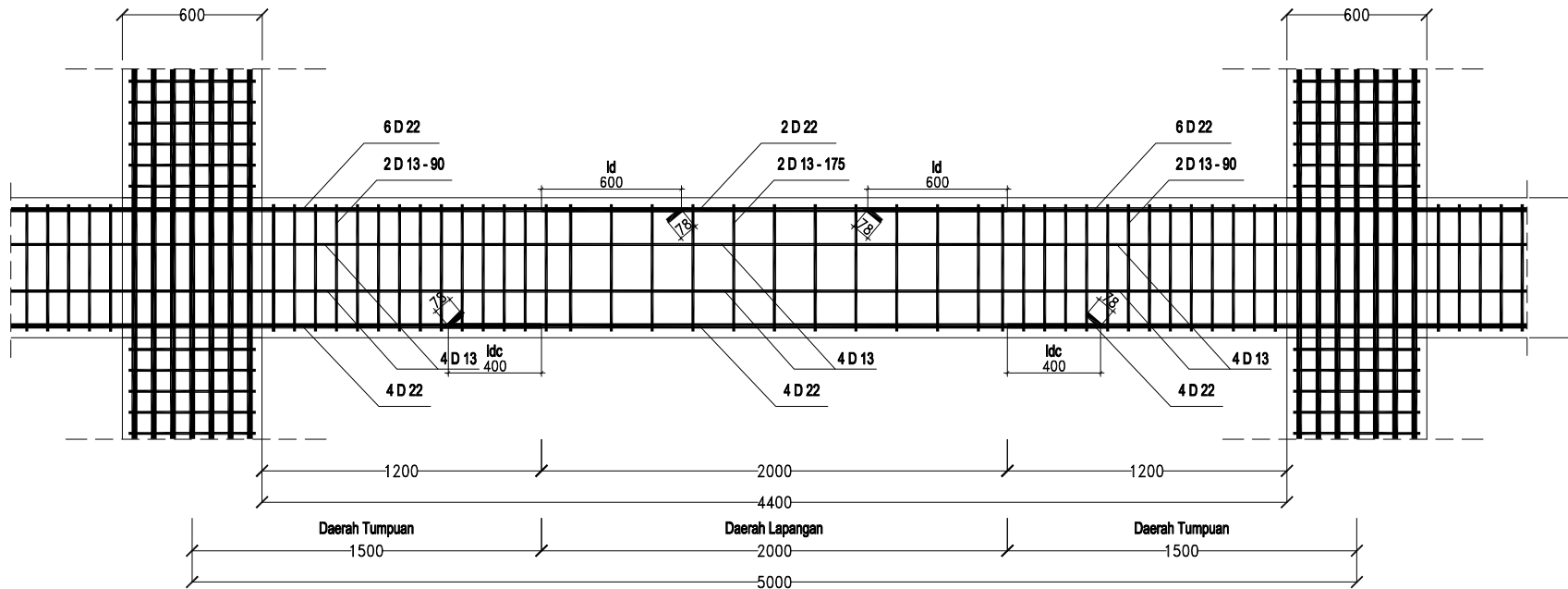
NO. LMBR

JML.LEMBAR

STR

19

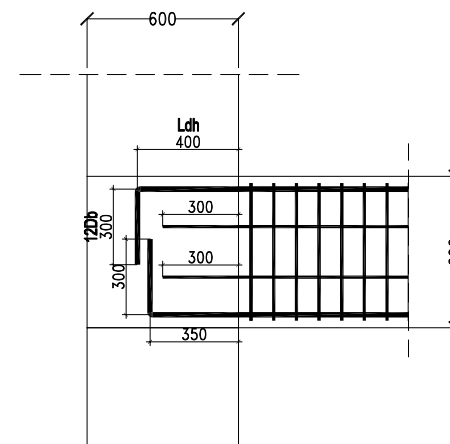
36



01 **PENULANGAN BALOK INDUK (BI)
KASUS 1 TIPE KOLOM 600X600**
SKALA 1:30

TYPE BALOK	BALOK INDUK (BI)		
	TUMPUAN	LAPANGAN	
KASUS 1 Denah 1 (30mx30m) fc' = 30 MPa fy = 400 MPa fyv = 400 MPa Type Kolom 600x600			
	SELIMUT BETON = 40 mm		
	DIMENSI 400 x 600		
	TUL. ATAS	6 D 22	2 D 22
	TUL. BAWAH	4 D 22	4 D 22
TUL. TENGAH	4 D 13	4 D 13	
TUL. SENGKANG	2 D 13 - 90	2 D 13 - 175	

02 **DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK
KASUS 1 TIPE KOLOM 600X600**
SKALA 1:30



03 **DETAIL KAIT BALOK INDUK (BI)
KASUS 1 TIPE KOLOM 600X600**
SKALA 1:30



KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

- PENULANGAN BALOK INDUK (BI) KASUS 1 TIPE KOLOM 800X800
- DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK KASUS 1 TIPE KOLOM 800X800
- DETAIL KAIT BALOK INDUK KASUS 1 TIPE KOLOM 800X800

1:30

KODE GAMBAR

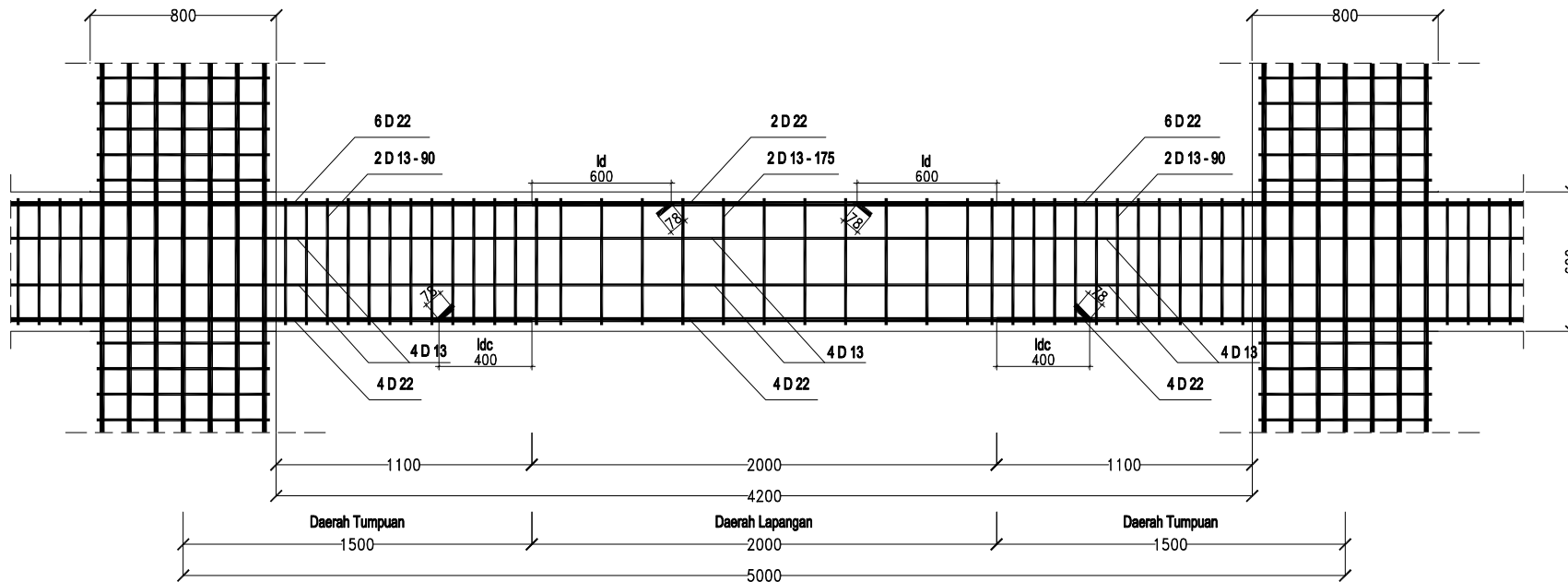
NO. LMBR

JML.LEMBAR

STR

20

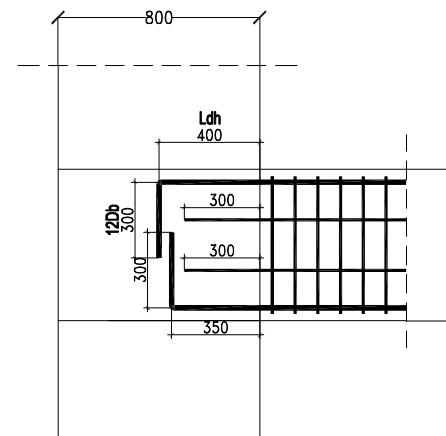
36



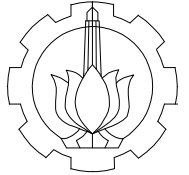
01 **PENULANGAN BALOK INDUK (BI)
KASUS 1 TIPE KOLOM 800X800**
SKALA 1:30

TYPE BALOK	BALOK INDUK (BI)		
	TUMPUAN	LAPANGAN	
KASUS 1 Denah 1 (30mx30m) $f_c' = 30 \text{ MPa}$ $f_y = 400 \text{ MPa}$ $f_{yv} = 400 \text{ MPa}$ Type Kolom 800x800			
	SELIMUT BETON = 40 mm		
	DIMENSI 400 x 600		
	TUL. ATAS	6 D 22	2 D 22
	TUL. BAWAH	4 D 22	4 D 22
TUL. TENGAH	4 D 13	4 D 13	
TUL. SENGKANG	2 D 13 - 90	2 D 13 - 175	

02 **DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK
KASUS 1 TIPE KOLOM 800X800**
SKALA 1:30



03 **DETAIL KAIT BALOK INDUK (BI)
KASUS 1 TIPE KOLOM 800X800**
SKALA 1:30



KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

- PENULANGAN BALOK INDUK (BI) KASUS 1 TIPE KOLOM 1000X1000
- DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK KASUS 1 TIPE KOLOM 1000X1000
- DETAIL KAIT BALOK INDUK KASUS 1 TIPE KOLOM 1000X1000

1:30

KODE GAMBAR

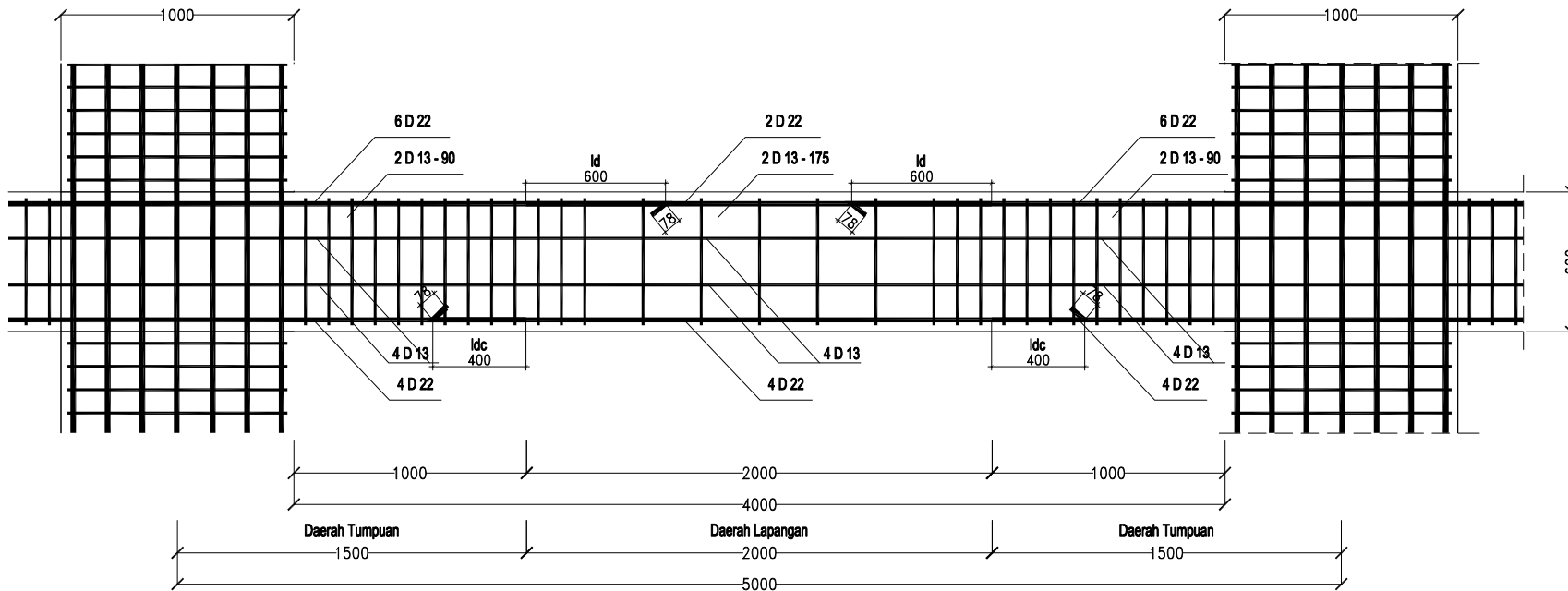
NO. LMBR

JML.LEMBAR

STR

21

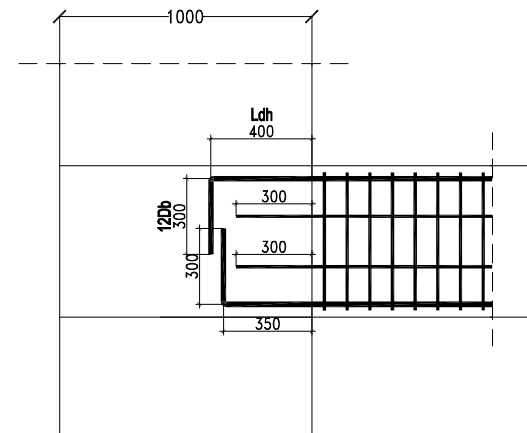
36



01 **PENULANGAN BALOK INDUK (BI)**
KASUS 1 TIPE KOLOM 1000X1000
SKALA 1:30

TYPE BALOK	BALOK INDUK (BI)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
KASUS 1 Denah 1 (30mx30m) $f_c' = 30 \text{ MPa}$ $f_y = 400 \text{ MPa}$ $f_{yv} = 400 \text{ MPa}$ Type Kolom 1000x1000		
	SELIMUT BETON = 40 mm	
DIMENSI	400 x 600	
TUL. ATAS	6 D 22	2 D 22
TUL. BAWAH	4 D 22	4 D 22
TUL. TENGAH	4 D 13	4 D 13
TUL. SENGKANG	2 D 13 - 90	2 D 13 - 175

02 **DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK**
KASUS 1 TIPE KOLOM 1000X1000
SKALA 1:30



03 **DETAIL KAIT BALOK INDUK (BI)**
KASUS 1 TIPE KOLOM 1000X1000
SKALA 1:30



KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

- PENULANGAN BALOK INDUK (BI) KASUS 2 TIPE KOLOM 600X600
- DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK KASUS 2 TIPE KOLOM 600X600
- DETAIL KAIT BALOK INDUK KASUS 2 TIPE KOLOM 600X600

1:30

KODE GAMBAR

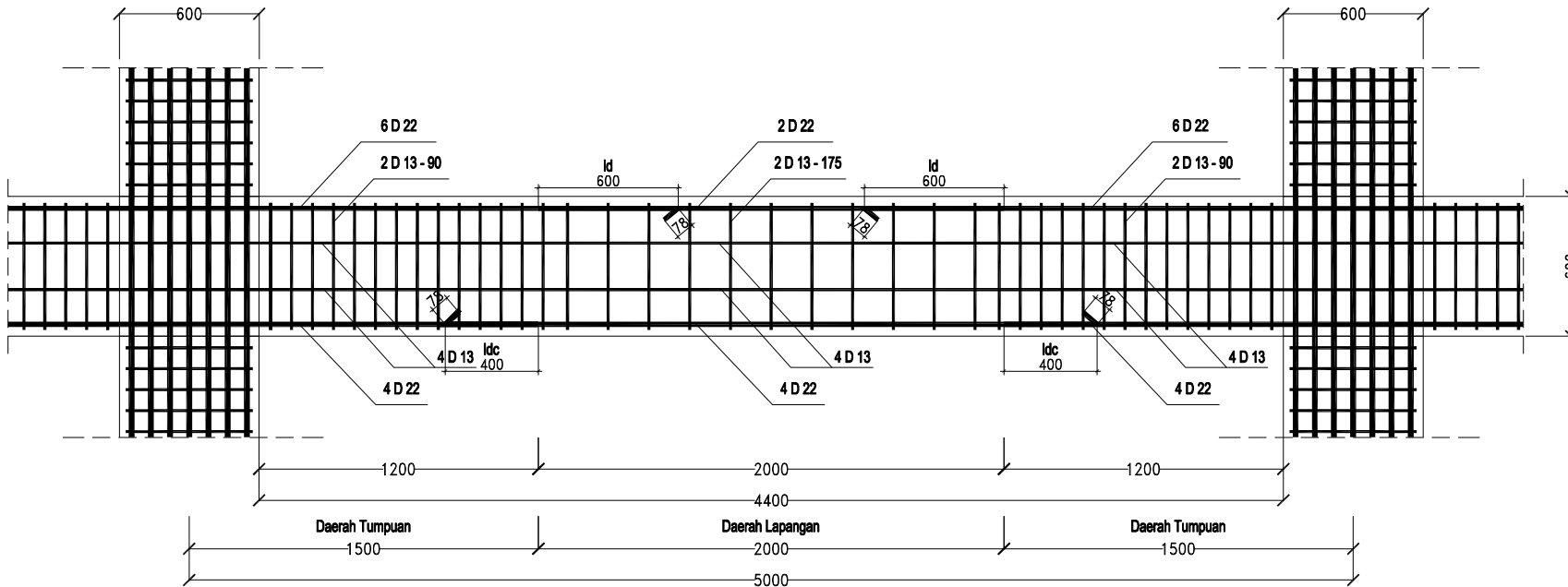
NO. LMBR

JML.LEMBAR

STR

22

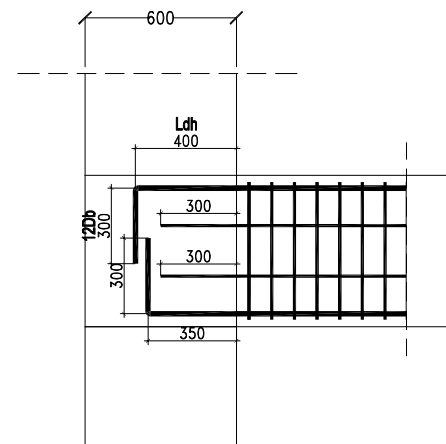
36



01 **PENULANGAN BALOK INDUK (BI)
KASUS 2 TIPE KOLOM 600X600**
SKALA 1:30

TYPE BALOK	BALOK INDUK (BI)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
KASUS 2 Denah 2 (45mx20m) fc' = 30 MPa fy = 400 MPa fyv = 400 MPa Type Kolom 600x600		
	SELIMUT BETON = 40 mm	
	DIMENSI	6 D 22
	TUL. ATAS	6 D 22
	TUL. BAWAH	4 D 22
TUL. TENGAH	4 D 13	
TUL. SENGKANG	2 D 13 - 90	2 D 13 - 175

02 **DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK
KASUS 2 TIPE KOLOM 600X600**
SKALA 1:30



03 **DETAIL KAIT BALOK INDUK (BI)
KASUS 2 TIPE KOLOM 600X600**
SKALA 1:30



KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

- PENULANGAN BALOK INDUK (BI) KASUS 2 TIPE KOLOM 800X800
- DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK KASUS 2 TIPE KOLOM 800X800
- DETAIL KAIT BALOK INDUK KASUS 2 TIPE KOLOM 800X800

1:30

KODE GAMBAR

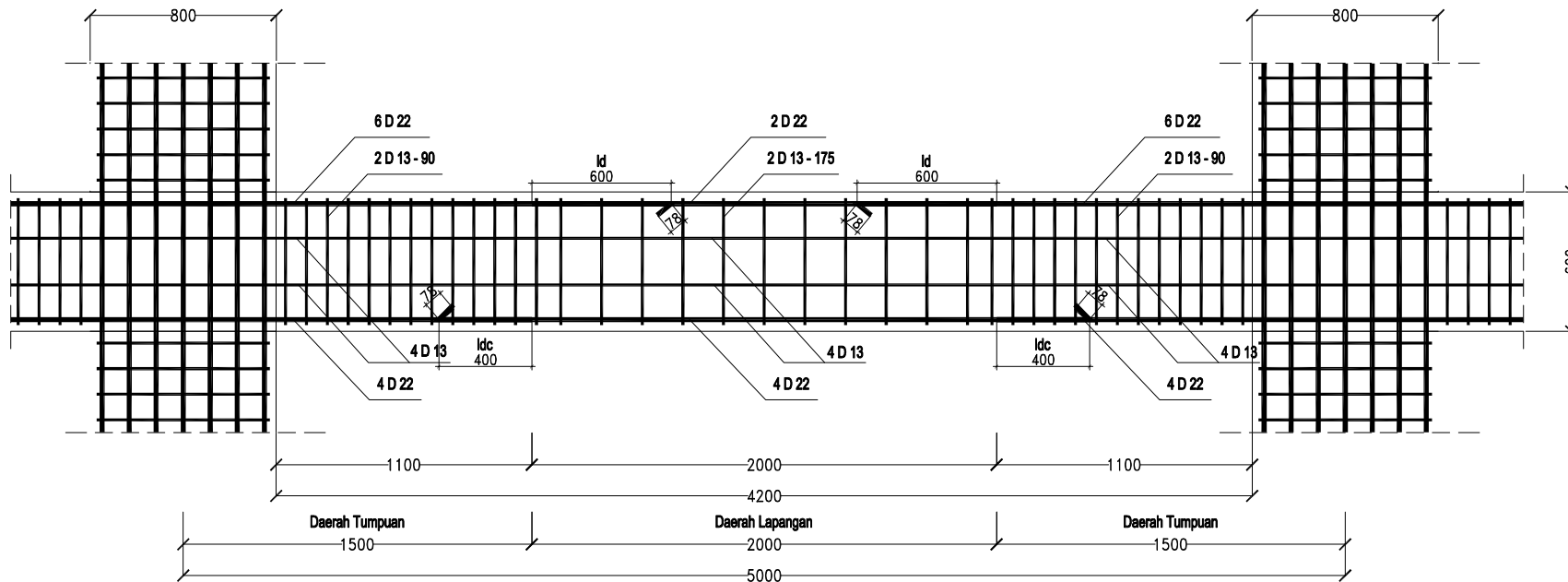
NO. LMBR

JML.LEMBAR

STR

23

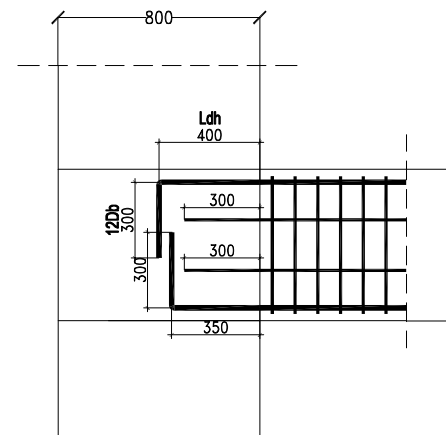
36



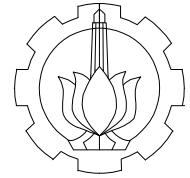
01 **PENULANGAN BALOK INDUK (BI)
KASUS 2 TIPE KOLOM 800X800**
SKALA 1:30

TYPE BALOK	BALOK INDUK (BI)		
	TUMPUAN	LAPANGAN	
KASUS 2 Denah 2 (45m x 20m) $f_c' = 30 \text{ MPa}$ $f_y = 400 \text{ MPa}$ $f_{yv} = 400 \text{ MPa}$ Type Kolom 800x800	<p>SELIMUT BETON = 40 mm</p>	<p>SELIMUT BETON = 40 mm</p>	
	DIMENSI	6 D 22	
	TUL. ATAS	6 D 22	2 D 22
	TUL. BAWAH	4 D 22	4 D 22
	TUL. TENGAH	4 D 13	4 D 13
TUL. SENGKANG	2 D 13 - 90	2 D 13 - 175	

02 **DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK
KASUS 2 TIPE KOLOM 800X800**
SKALA 1:30



03 **DETAIL KAIT BALOK INDUK (BI)
KASUS 2 TIPE KOLOM 800X800**
SKALA 1:30



KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

- PENULANGAN BALOK INDUK (BI) KASUS 2 TIPE KOLOM 1000X1000
- DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK KASUS 2 TIPE KOLOM 1000X1000
- DETAIL KAIT BALOK INDUK KASUS 2 TIPE KOLOM 1000X1000

1:30

KODE GAMBAR

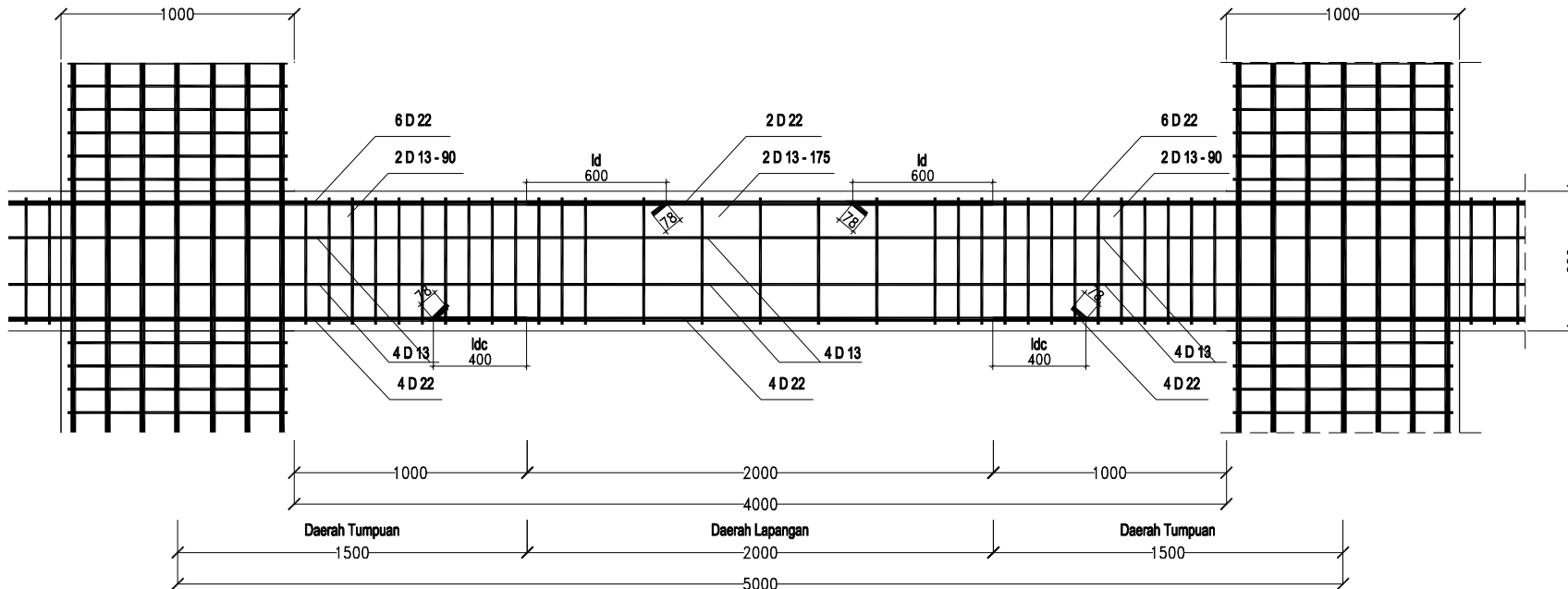
NO. LMBR

JML.LEMBAR

STR

24

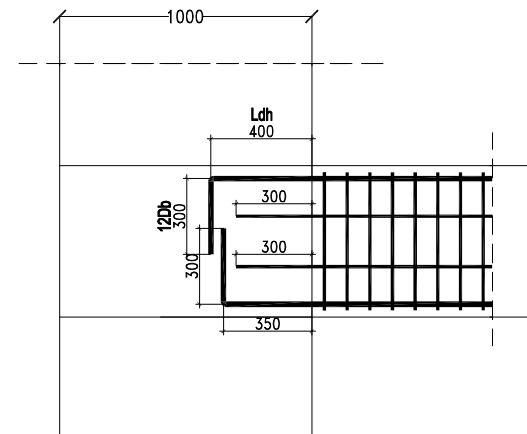
36



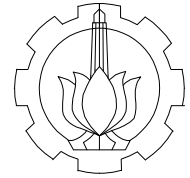
01 **PENULANGAN BALOK INDUK (BI)
KASUS 2 TIPE KOLOM 1000X1000**
SKALA 1:30

TYPE BALOK	BALOK INDUK (BI)	
	TUMPUAN	LAPANGAN
KASUS 2 Denah 2 (45mx20m) f'c = 30 MPa fy = 400 MPa fyv = 400 MPa Type Kolom 1000X1000		
	SELIMUT BETON = 40 mm	SELIMUT BETON = 40 mm
DIMENSI	6 D 22	
TUL. ATAS	6 D 22	2 D 22
TUL. BAWAH	4 D 22	4 D 22
TUL. TENGAH	4 D 13	4 D 13
TUL. SENGKANG	2 D 13 - 90	2 D 13 - 175

02 **DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK
KASUS 2 TIPE KOLOM 1000X1000**
SKALA 1:30



03 **DETAIL KAIT BALOK INDUK (BI)
KASUS 2 TIPE KOLOM 1000X1000**
SKALA 1:30



KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

- PENULANGAN BALOK INDUK (BI) KASUS 3 TIPE KOLOM 600X600
- DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK KASUS 3 TIPE KOLOM 600X600
- DETAIL KAIT BALOK INDUK KASUS 3 TIPE KOLOM 600X600

1:30

KODE GAMBAR

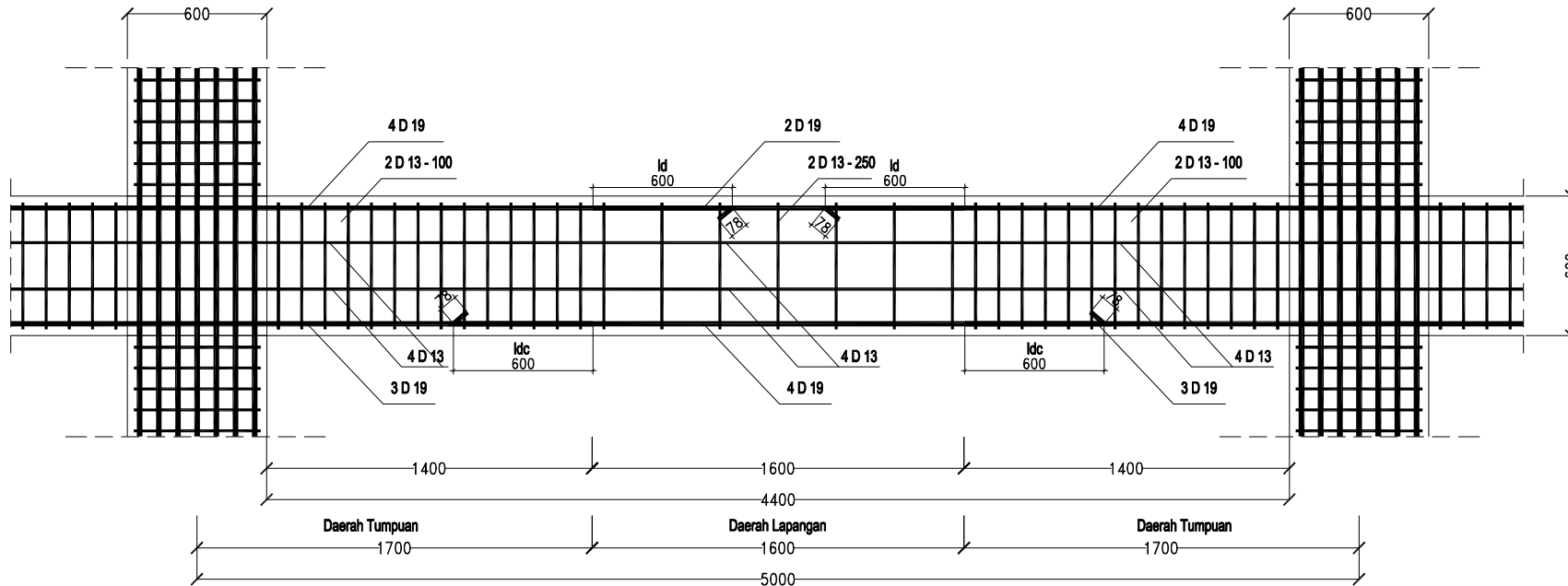
NO. LMBR

JML.LEMBAR

STR

25

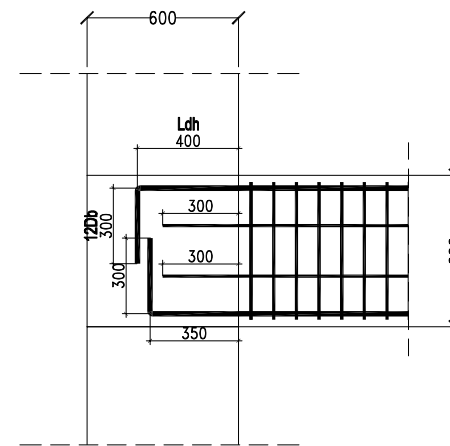
36



01 PENULANGAN BALOK INDUK (BI)
KASUS 3 TIPE KOLOM 600X600
SKALA 1:30

TYPE BALOK	BALOK INDUK (BI)		
	TUMPUAN	LAPANGAN	
KASUS 3 Denah 1 (30m x 30m) $f_c' = 70 \text{ MPa}$ $f_y = 700 \text{ MPa}$ $f_{yv} = 700 \text{ MPa}$ Type Kolom 600x600			
	SELIMUT BETON = 40 mm		
	DIMENSI 400 x 600		
	TUL. ATAS	4 D 19	2 D 19
	TUL. BAWAH	3 D 19	2 D 19
TUL. TENGAH	4 D 13	4 D 13	
TUL. SENGKANG	2 D 13 - 100	2 D 13 - 250	

02 DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK
KASUS 3 TIPE KOLOM 600X600
SKALA 1:30



03 DETAIL KAIT BALOK INDUK (BI)
KASUS 3 TIPE KOLOM 600X600
SKALA 1:30



KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

- PENULANGAN BALOK INDUK (BI) KASUS 3 TIPE KOLOM 800X800
- DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK KASUS 3 TIPE KOLOM 800X800
- DETAIL KAIT BALOK INDUK KASUS 3 TIPE KOLOM 800X800

1:30

KODE GAMBAR

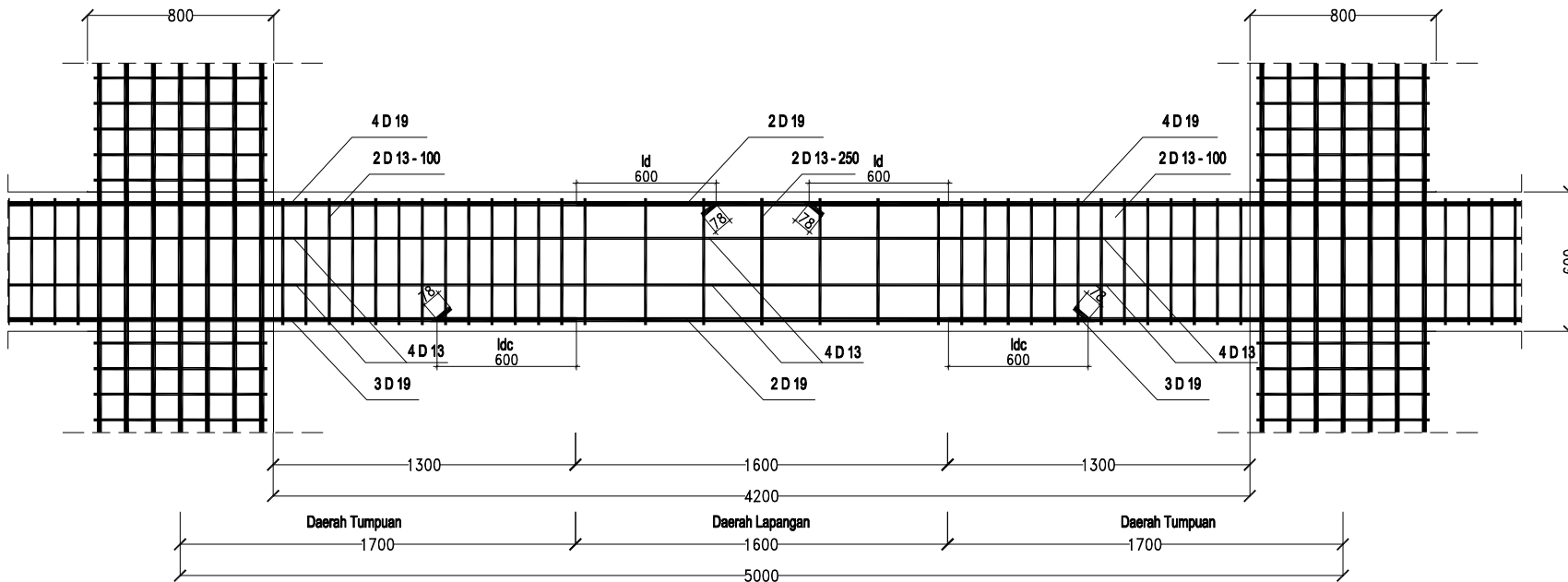
NO. LMBR

JML.LEMBAR

STR

26

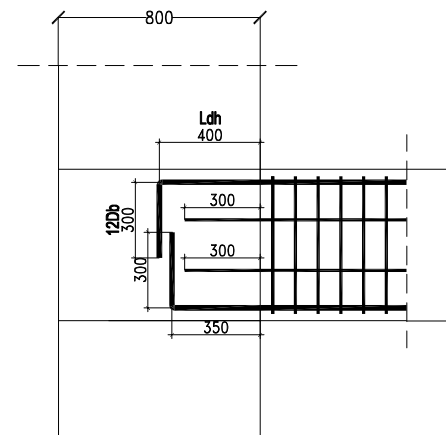
36



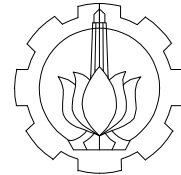
01
SKALA 1:30
**PENULANGAN BALOK INDUK (BI)
KASUS 3 TIPE KOLOM 800X800**

TYPE BALOK	BALOK INDUK (BI)		
	TUMPUAN	LAPANGAN	
KASUS 3 Denah 2 (45m x 20m) f'c = 70 MPa fy = 700 MPa fyv = 700 MPa Type Kolom 600x600			
	SELIMUT BETON = 40 mm		
	DIMENSI 400 x 600		
	TUL. ATAS	4 D 19	2 D 19
	TUL. BAWAH	3 D 19	2 D 19
TUL. TENGAH	4 D 13	4 D 13	
TUL. SENGKANG	2 D 13 - 100	2 D 13 - 250	

02
SKALA 1:30
**DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK
KASUS 3 TIPE KOLOM 800X800**



03
SKALA 1:30
**DETAIL KAIT BALOK INDUK (BI)
KASUS 3 TIPE KOLOM 800X800**



KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

- PENULANGAN BALOK INDUK (BI) KASUS 3 TIPE KOLOM 1000X1000
- DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK KASUS 3 TIPE KOLOM 1000X1000
- DETAIL KAIT BALOK INDUK KASUS 3 TIPE KOLOM 1000X1000

1:30

KODE GAMBAR

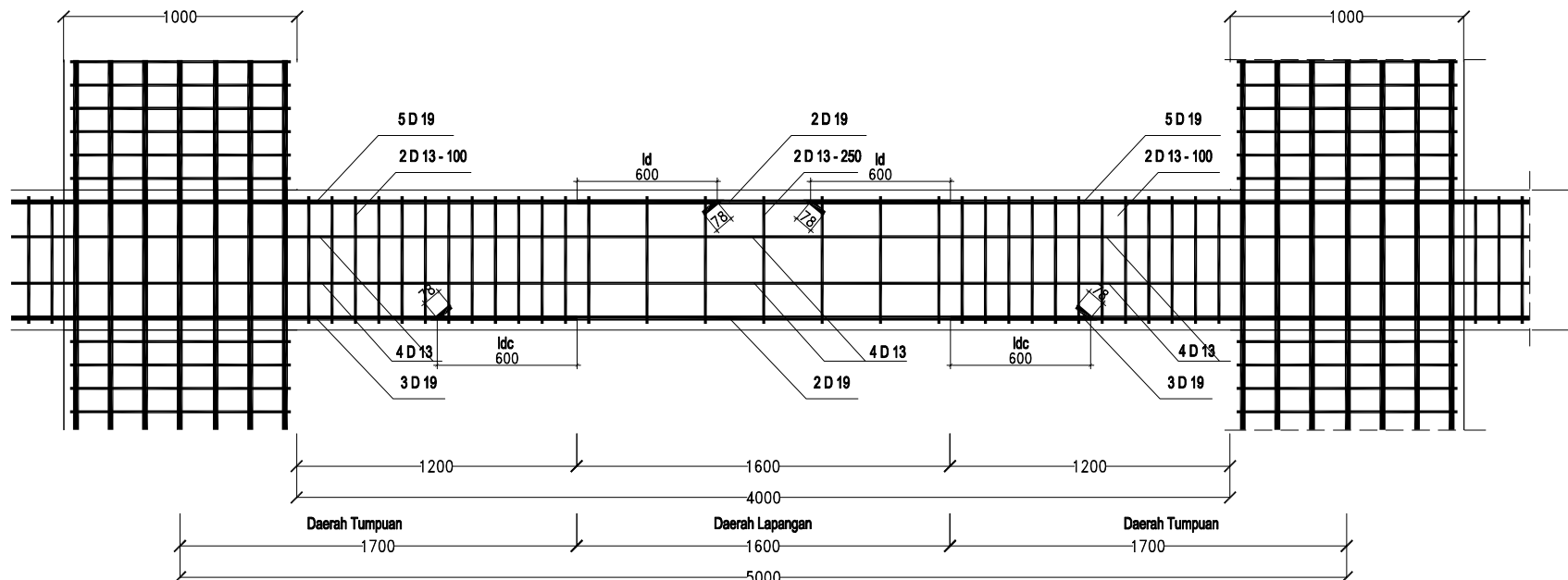
NO. LMBR

JML.LEMBAR

STR

27

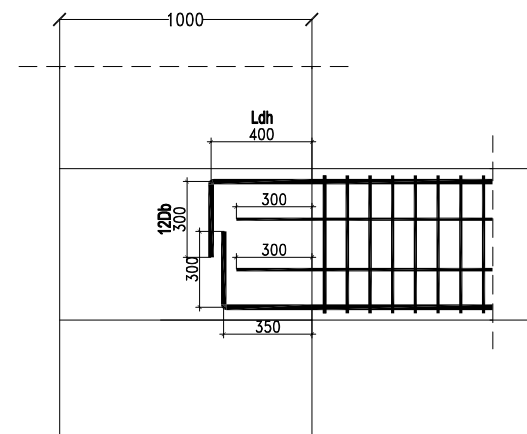
36



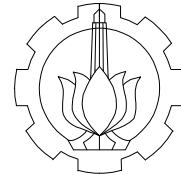
01 PENULANGAN BALOK INDUK (BI)
KASUS 3 TIPE KOLOM 1000X1000
SKALA 1:30

TYPE BALOK	BALOK INDUK (BI)		
	TUMPUAN	LAPANGAN	
KASUS 3 Denah 1 (30mx30m) f'c = 70 MPa fy = 700 MPa fyv = 700 MPa Type Kolom 1000x1000			
	SELIMUT BETON = 40 mm		
	DIMENSI 400 x 600		
	TUL. ATAS	5 D 19	2 D 19
	TUL. BAWAH	3 D 19	2 D 19
TUL. TENGAH	4 D 13	4 D 13	
TUL. SENGKANG	2 D 13 - 100	2 D 13 - 250	

02 DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK
KASUS 3 TIPE KOLOM 1000X1000
SKALA 1:30



03 DETAIL KAIT BALOK INDUK (BI)
KASUS 3 TIPE KOLOM 1000X1000
SKALA 1:30



KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

- PENULANGAN BALOK INDUK (BI) KASUS 4 TIPE KOLOM 600X600
- DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK KASUS 4 TIPE KOLOM 600X600
- DETAIL KAIT BALOK INDUK KASUS 4 TIPE KOLOM 600X600

1:30

KODE GAMBAR

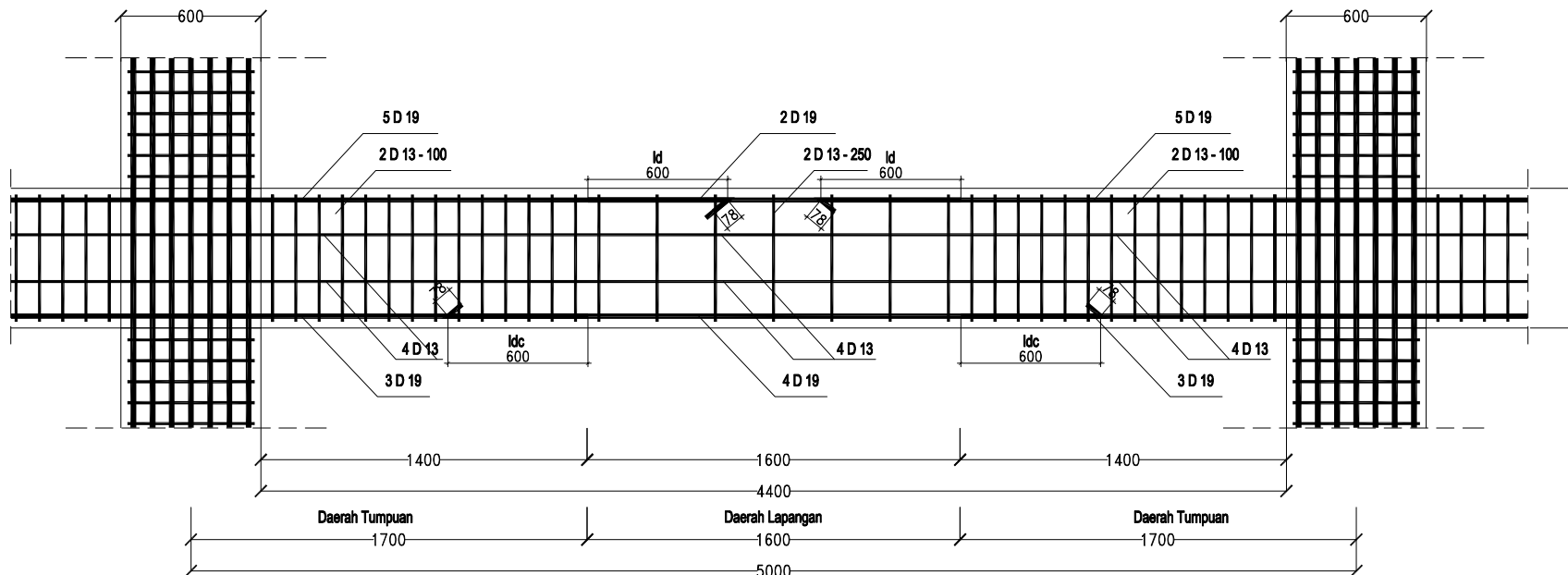
NO. LMBR

JML.LEMBAR

STR

28

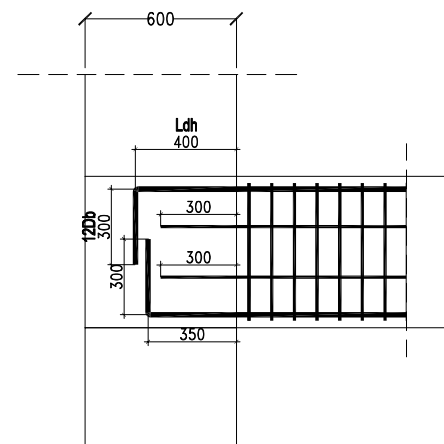
36



01 PENULANGAN BALOK INDUK (BI)
KASUS 4 TIPE KOLOM 600X600
SKALA 1:30

TYPE BALOK	BALOK INDUK (BI)		
	TUMPUAN	LAPANGAN	
KASUS 4 Denah 2 (45m x 20m) $f_c' = 70$ MPa $f_y = 700$ MPa $f_{yv} = 700$ MPa Type Kolom 600x600			
	SELIMUT BETON = 40 mm		
	DIMENSI 400 x 600		
	TUL. ATAS	5 D 19	2 D 19
	TUL. BAWAH	3 D 19	2 D 19
TUL. TENGAH	4 D 13	4 D 13	
TUL. SENGKANG	2 D 13 - 100	2 D 13 - 250	

02 DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK
KASUS 4 TIPE KOLOM 600X600
SKALA 1:30



03 DETAIL KAIT BALOK INDUK (BI)
KASUS 4 TIPE KOLOM 600X600
SKALA 1:30



KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

- PENULANGAN BALOK INDUK (BI) KASUS 4 TIPE KOLOM 800X800
- DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK KASUS 4 TIPE KOLOM 800X800
- DETAIL KAIT BALOK INDUK KASUS 4 TIPE KOLOM 800X800

1:30

KODE GAMBAR

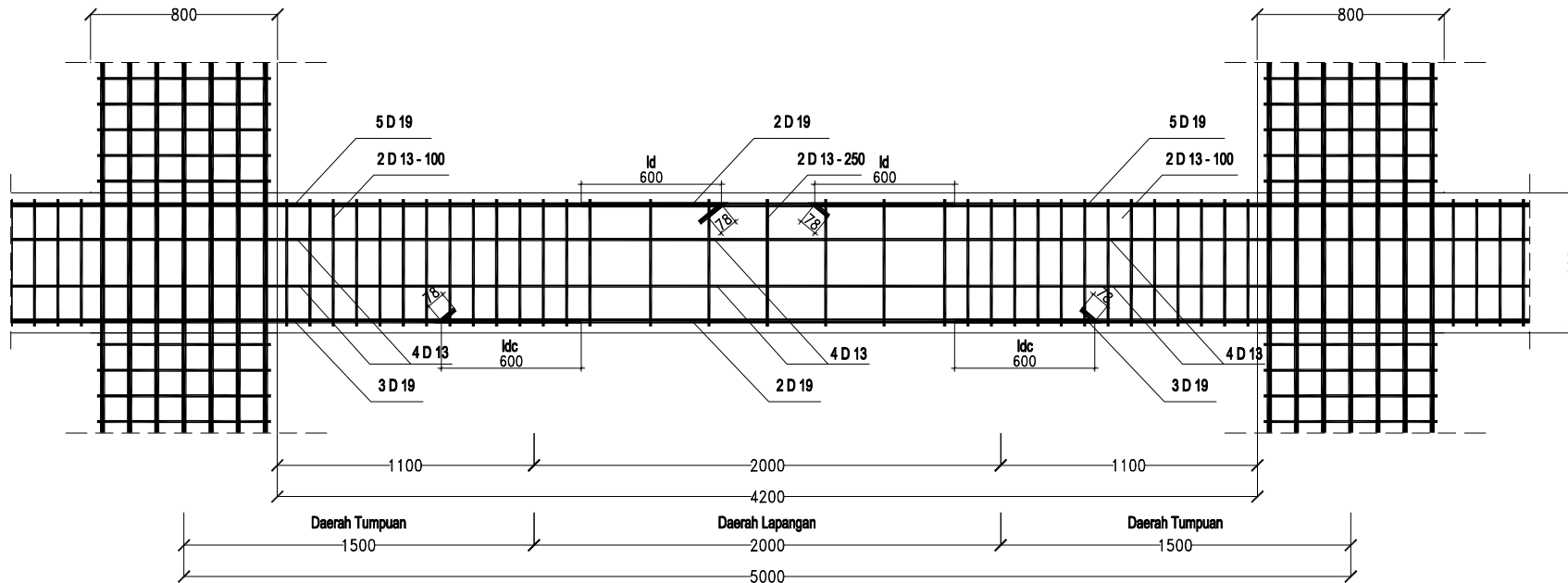
NO. LMBR

JML.LEMBAR

STR

29

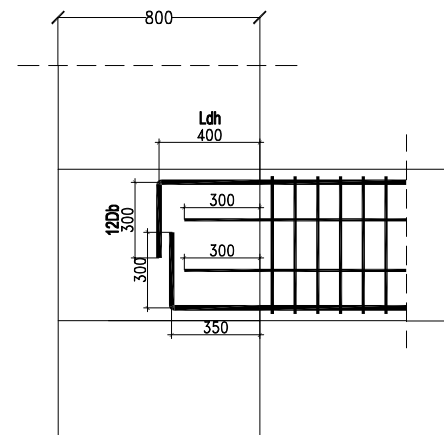
36



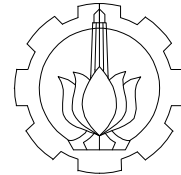
01 PENULANGAN BALOK INDUK (BI)
KASUS 4 TIPE KOLOM 800X800
SKALA 1:30

TYPE BALOK	BALOK INDUK (BI)		
	TUMPUAN	LAPANGAN	
KASUS 4 Denah 2 (45mx20m) $f_c' = 70$ MPa $f_y = 700$ MPa $f_{yv} = 700$ MPa Type Kolom 800x800			
	SELIMUT BETON = 40 mm		
	DIMENSI 400 x 600		
	TUL. ATAS	5 D 19	2 D 19
	TUL. BAWAH	3 D 19	2 D 19
TUL. TENGAH	4 D 13	4 D 13	
TUL. SENGKANG	2 D 13 - 100	2 D 13 - 250	

02 DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK
KASUS 4 TIPE KOLOM 800X800
SKALA 1:30



03 DETAIL KAIT BALOK INDUK (BI)
KASUS 4 TIPE KOLOM 800X800
SKALA 1:30



KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

- PENULANGAN BALOK INDUK (BI) KASUS 4 TIPE KOLOM 1000X1000
- DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK KASUS 4 TIPE KOLOM 1000X1000
- DETAIL KAIT BALOK INDUK KASUS 4 TIPE KOLOM 1000X1000

1:30

KODE GAMBAR

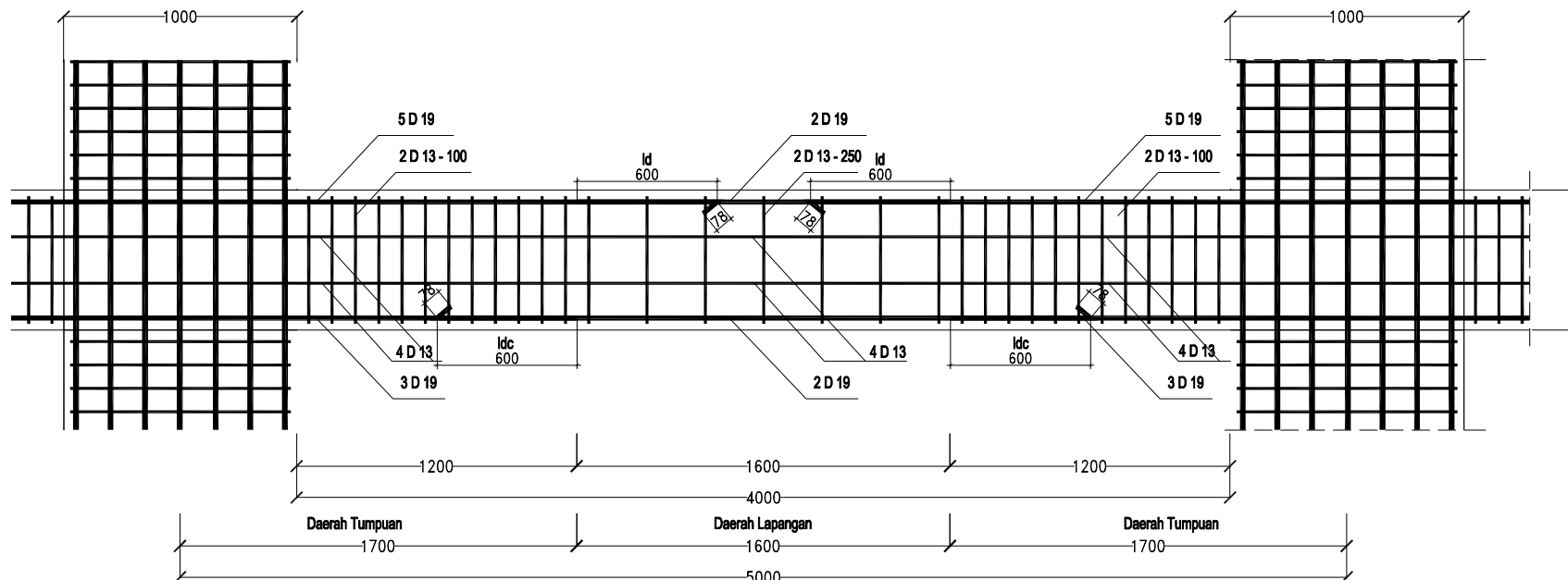
NO. LMBR

JML.LEMBAR

STR

30

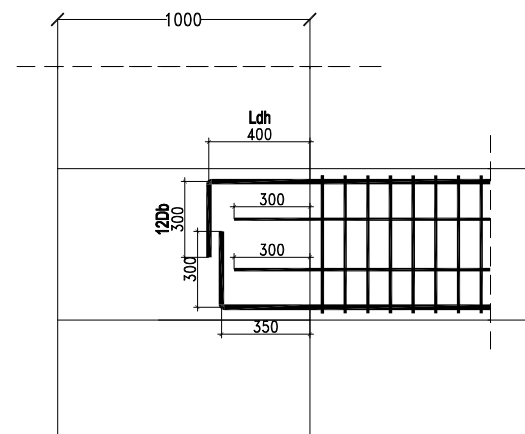
36



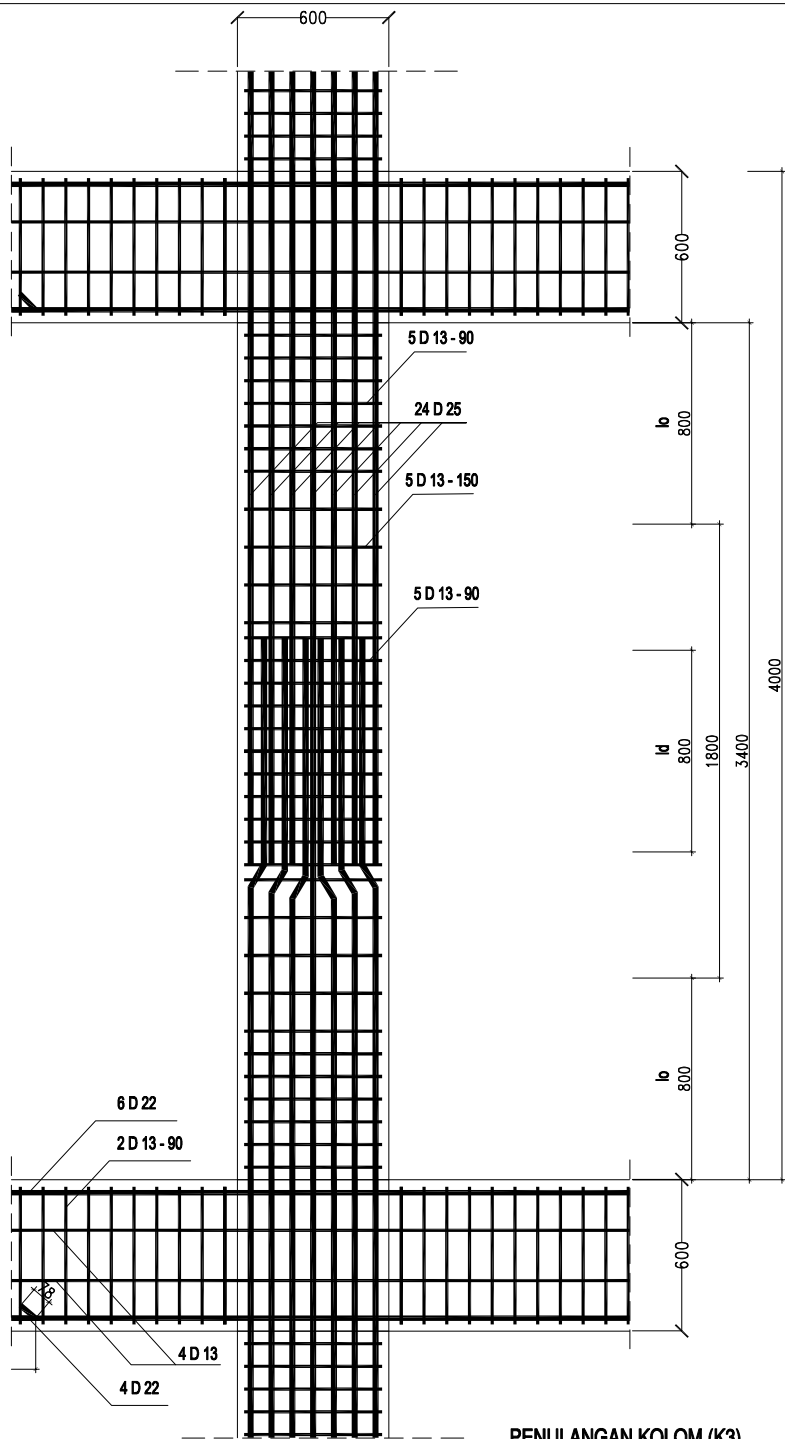
01 **PENULANGAN BALOK INDUK (BI)
KASUS 4 TIPE KOLOM 1000X1000**
SKALA 1:30

TYPE BALOK	BALOK INDUK (BI)		
	TUMPUAN	LAPANGAN	
KASUS 4 Denah 2 (45m x 20m) f'c = 70 MPa fy = 700 MPa fyv = 700 MPa Type Kolom 1000x1000			
	SELIMUT BETON = 40 mm		
	DIMENSI 400 x 600		
	TUL. ATAS	5 D 19	2 D 19
	TUL. BAWAH	3 D 19	2 D 19
TUL. TENGAH	4 D 13	4 D 13	
TUL. SENGKANG	2 D 13 - 100	2 D 13 - 250	

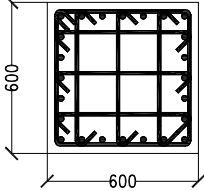
02 **DETAIL PENAMPANG BALOK INDUK
KASUS 4 TIPE KOLOM 1000X1000**
SKALA 1:30



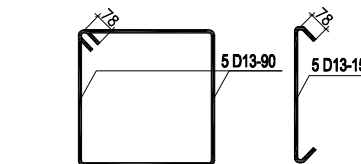
03 **DETAIL KAIT BALOK INDUK (BI)
KASUS 4 TIPE KOLOM 1000X1000**
SKALA 1:30



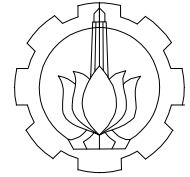
01
**PENULANGAN KOLOM (K3)
 KASUS 1 DAN 2 TIPE KOLOM 600X600**
 SKALA 1:30

TYPE KOLOM	KOLOM TYPE K-3
KASUS 1 Denah 1 (30mx30m) dan KASUS 2 Denah 2 (45MX20M) $f_c' = 30 \text{ MPa}$ $f_y = 400 \text{ MPa}$ $f_{yv} = 400 \text{ MPa}$ Type Kolom 600x600	 SELIMUT BETON = 40 mm
DIMENSI	600 X 600
TUL. UTAMA	24 D 22
TUL. SENGKANG TUMPUAN	5 D13 - 90
TUL. SENGKANG LAPANGAN	5 D13 - 150

02
**DETAIL PENAMPANG KOLOM
 KASUS 1 DAN 2 TIPE KOLOM 600X600**
 SKALA 1:30



03
**DETAIL KAIT SENGKANG KOLOM
 KASUS 1 DAN 2 TIPE KOLOM 600X600**
 SKALA 1:30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

NO	REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
 PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
 SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
 BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

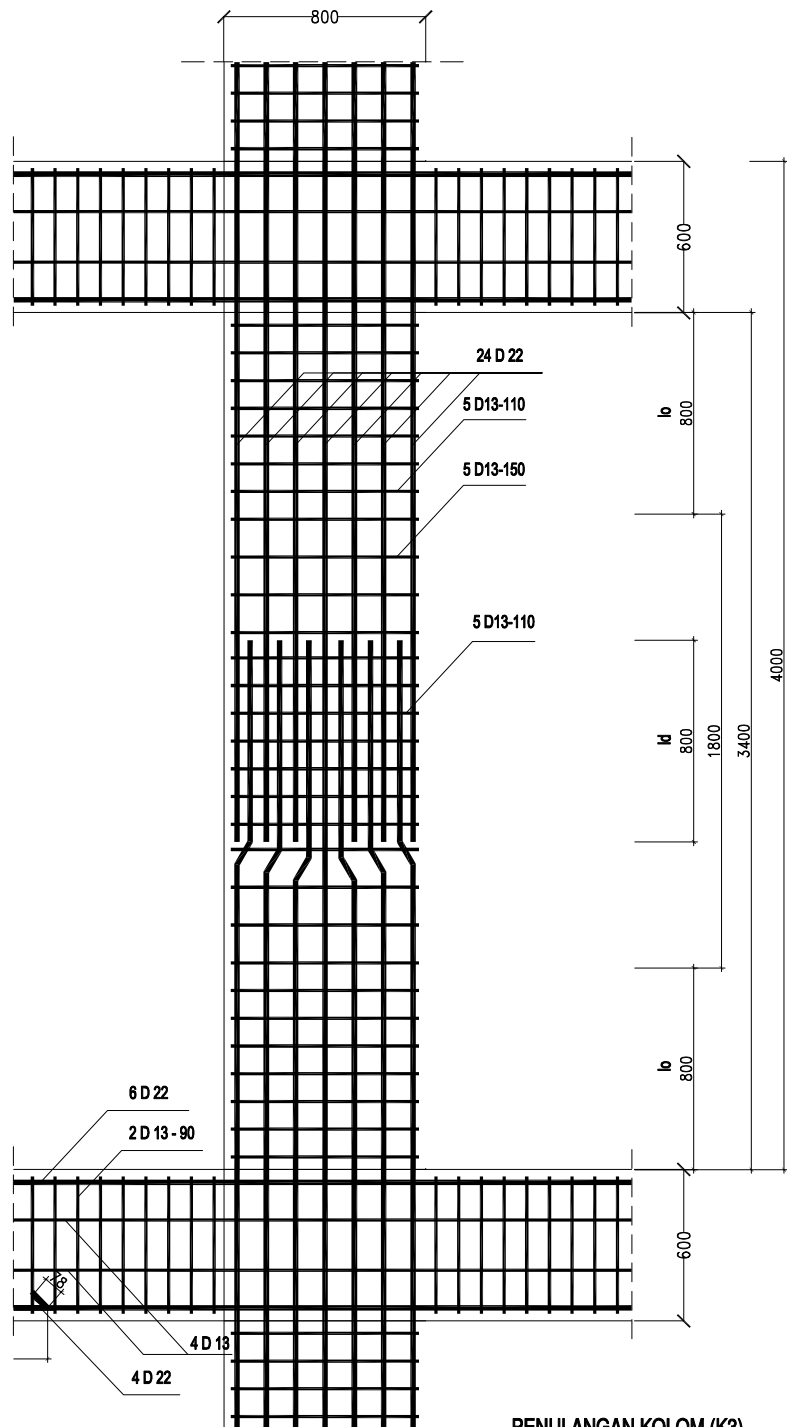
DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
 0311 16 45 000 026

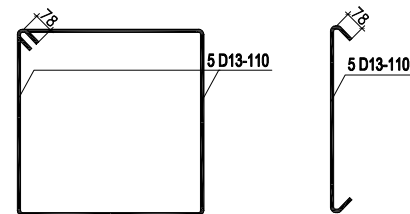
NAMA GAMBAR	SKALA	
1. PENULANGAN KOLOM (K3) KASUS 1 DAN 2 TIPE KOLOM 600X600	1:30	
2. DETAIL PENAMPANG KOLOM (K3) KASUS 1 DAN 2 TIPE KOLOM 600X600		
3. DETAIL KAIT SENGKANG (K3) KASUS 1 DAN 2 TIPE KOLOM 600X600		
KODE GAMBAR	NO. LMBR	JML.LEMBAR
STR	31	36



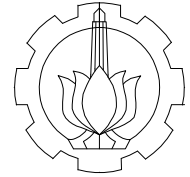
01
PENULANGAN KOLOM (K3)
KASUS 1 DAN 2 TIPE KOLOM 800X800
SKALA 1:30

TIPE KOLOM	KOLOM TIPE K-3
<p>KASUS 1 Denah 1 (30mx30m) dan KASUS 2 Denah 2 (45MX20M) f'c = 30 MPa fy = 400 MPa fyv = 400 MPa Type Kolom 800x800</p>	<p>800</p> <p>800</p> <p>SELIMUT BETON = 40 mm</p>
DIMENSI	800 X 800
TUL. UTAMA	24 D 22
TUL SENGKANG TUMPUAN	5 D13 - 110
TUL SENGKANG LAPANGAN	5 D13 - 150

02
DETAIL PENAMPANG KOLOM
KASUS 1 DAN 2 TIPE KOLOM 800X800
SKALA 1:30



03
DETAIL KAIT SENGKANG KOLOM
KASUS 1 DAN 2 TIPE KOLOM 800X800
SKALA 1:30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
PENGEKANG KOLOM (CONFINEMENT)
SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

- PENULANGAN KOLOM (K3)
KASUS 1 DAN 2 TIPE KOLOM
800X800
- DETAIL PENAMPANG KOLOM
(K3) KASUS 1 DAN 2 TIPE
KOLOM 800X800
- DETAIL KAIT SENGKANG (K3)
KASUS 1 DAN 2 TIPE KOLOM
800X800

1:30

KODE GAMBAR

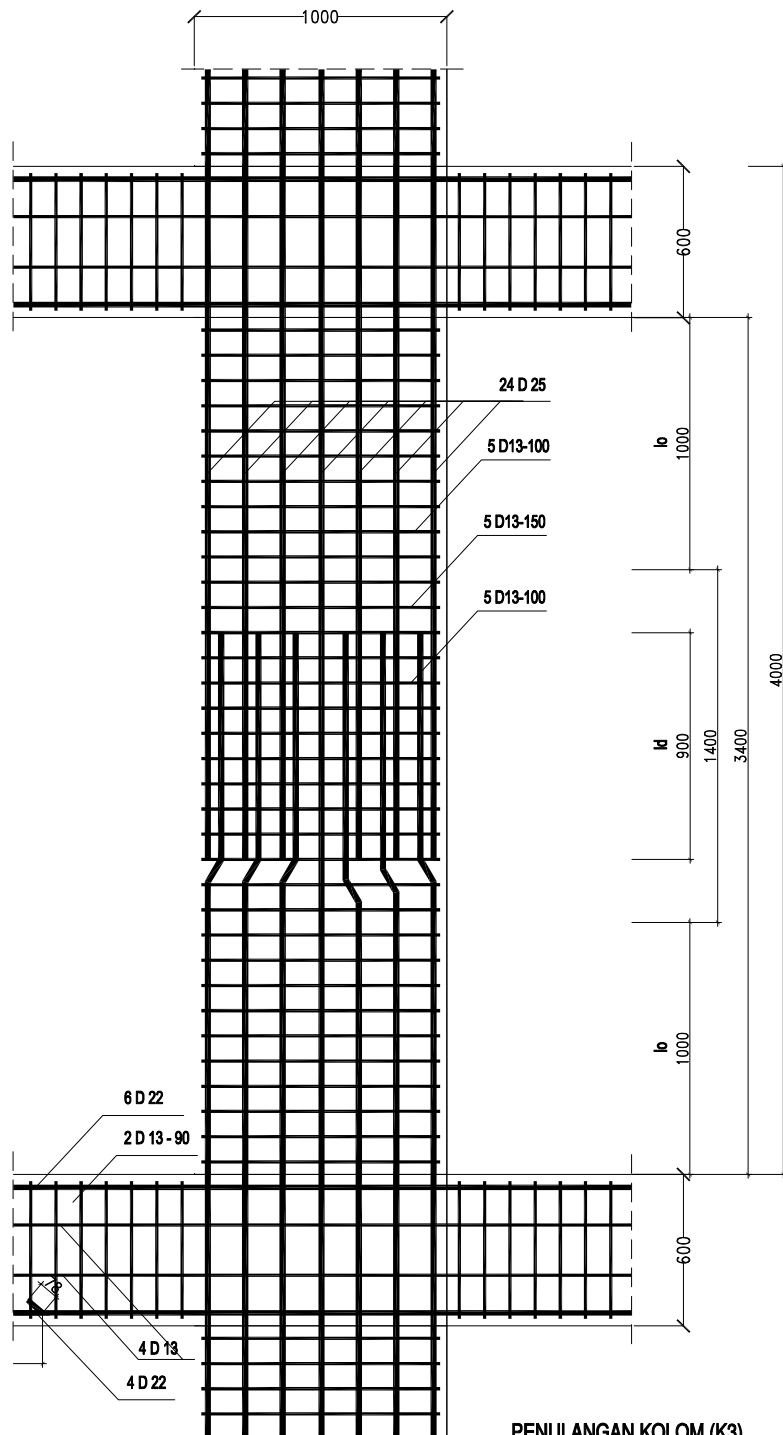
NO. LMBR

JML.LEMBAR

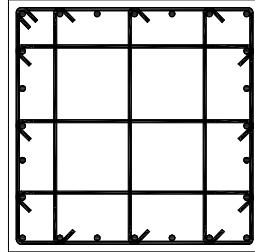
STR

32

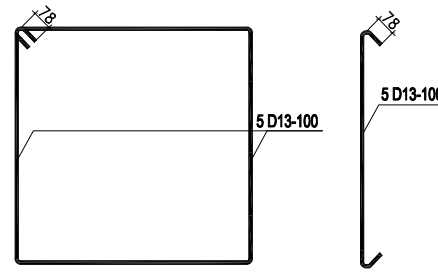
36



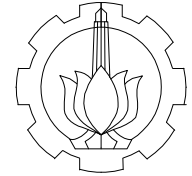
01
**PENULANGAN KOLOM (K3)
 KASUS 1 DAN 2 TIPE KOLOM 1000X1000**
 SKALA 1:30

TIPE KOLOM	KOLOM TIPE K3
KASUS 1 Denah 1 (30mX30m) dan KASUS 2 Denah 2 (45MX20M) $f_c' = 30 \text{ MPa}$ $f_y = 400 \text{ MPa}$ $f_{yv} = 400 \text{ MPa}$ Type Kolom 1000x1000	 SELIMUT BETON = 40 mm
DIMENSI	1000 X 1000
TUL. UTAMA	24 D 25
TUL SENGKANG TUMPUAN	5 D13 - 100
TUL SENGKANG LAPANGAN	5 D13 - 150

02
**DETAIL PENAMPANG KOLOM
 KASUS 1 DAN 2 TIPE KOLOM 1000X1000**
 SKALA 1:30



03
**DETAIL KAIT SENGKANG KOLOM
 KASUS 1 DAN 2 TIPE KOLOM 1000X1000**
 SKALA 1:30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
 PENGEKANG KOLOM (CONFINEMENT)
 SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
 BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

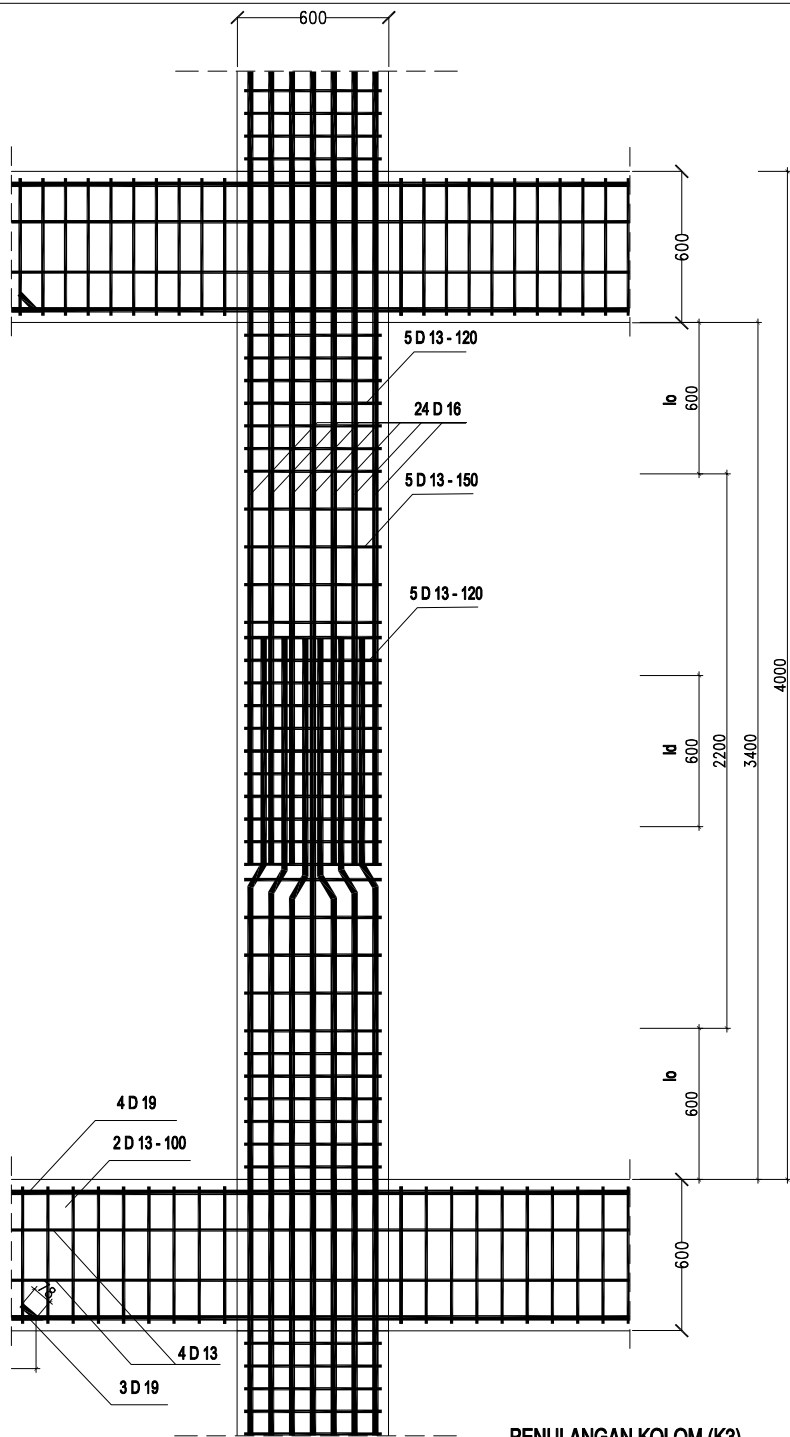
DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

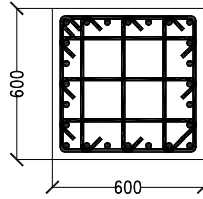
NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
 0311 16 45 000 026

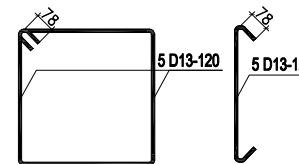
NAMA GAMBAR	SKALA	
1. PENULANGAN KOLOM (K3) KASUS 1 DAN 2 TIPE KOLOM 1000X1000	1:30	
2. DETAIL PENAMPANG KOLOM (K3) KASUS 1 DAN 2 TIPE KOLOM 1000X1000		
3. DETAIL KAIT SENGKANG (K3) KASUS 1 DAN 2 TIPE KOLOM 1000X1000		
KODE GAMBAR	NO. LMBR	JML.LEMBAR
STR	33	36



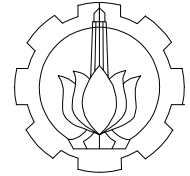
01
**PENULANGAN KOLOM (K3)
 KASUS 3 DAN 4 TIPE KOLOM 600X600**
 SKALA 1:30

TYPE KOLOM	KOLOM TYPE K-3
KASUS 3 Denah 1 (30mX30m) dan KASUS 4 Denah 2 (45Mx20M) $f_c' = 70 \text{ MPa}$ $f_y = 700 \text{ MPa}$ $f_{yv} = 700 \text{ MPa}$ Type Kolom 600x600	 SELIMUT BETON = 40 mm
DIMENSI	600 X 600
TUL. UTAMA	24 D 22
TUL. SENGKANG TUMPUAN	5 D13 - 120
TUL. SENGKANG LAPANGAN	5 D13 - 150

02
**DETAIL PENAMPANG KOLOM
 KASUS 3 DAN 4 TIPE KOLOM 600X600**
 SKALA 1:30



03
**DETAIL KAIT SENGKANG KOLOM
 KASUS 3 DAN 4 TIPE KOLOM 600X600**
 SKALA 1:30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
 PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
 SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
 BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
 0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

- PENULANGAN KOLOM (K3)
 KASUS 3 DAN 4 TIPE KOLOM
 600X600
- DETAIL PENAMPANG KOLOM
 (K3) KASUS 3 DAN 4 TIPE
 KOLOM 600X600
- DETAIL KAIT SENGKANG (K3)
 KASUS 3 DAN 4 TIPE KOLOM
 600X600

1:30

KODE GAMBAR

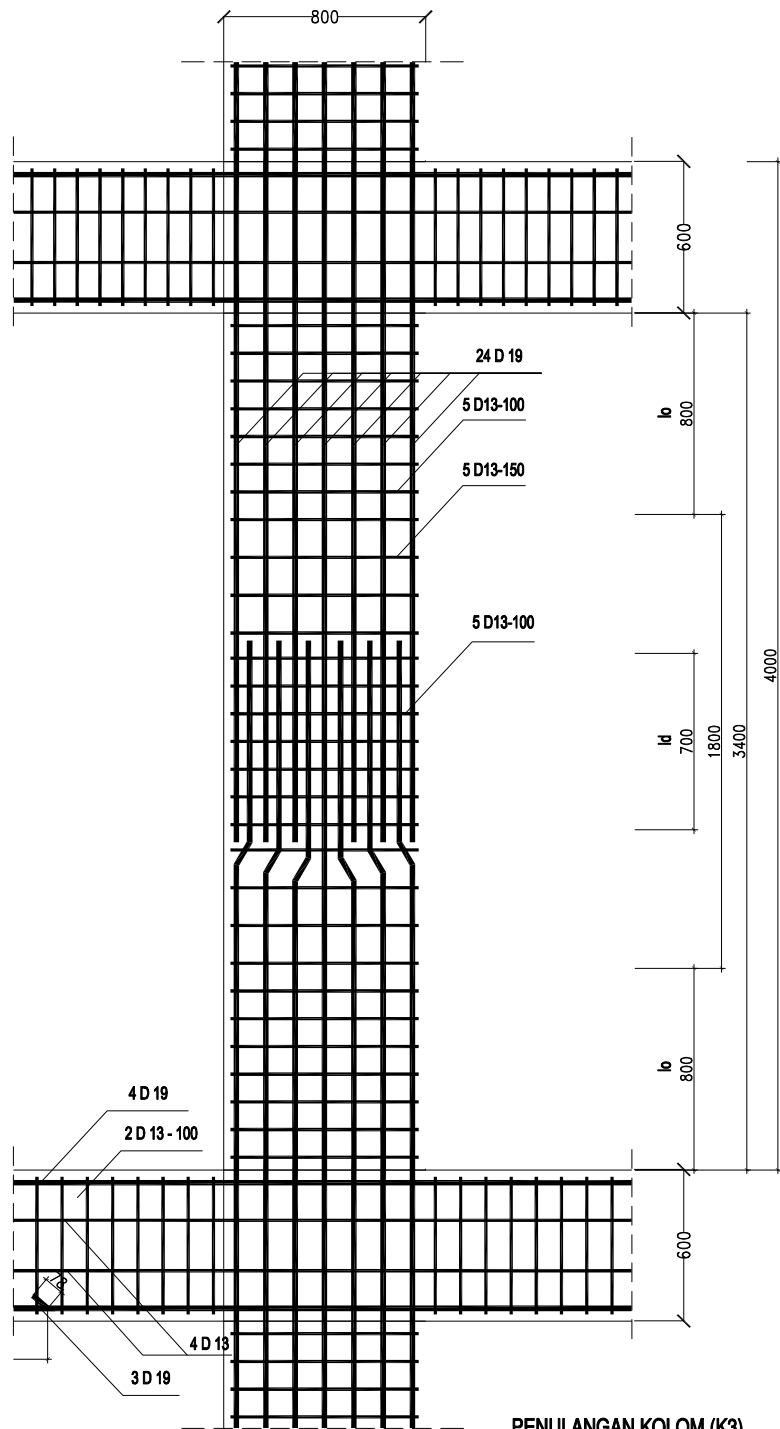
NO. LMBR

JML.LEMBAR

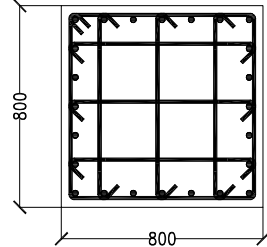
STR

34

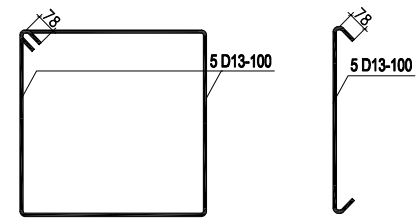
36



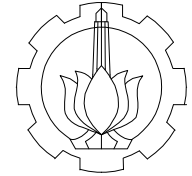
01
**PENULANGAN KOLOM (K3)
 KASUS 3 DAN 4 TIPE KOLOM 800X800**
 SKALA 1:30

TYPE KOLOM	KOLOM TYPE K-3
KASUS 3 Denah 1 (30mX30m) dan KASUS 4 Denah 2 (45MX20M) $f_c' = 70 \text{ MPa}$ $f_y = 700 \text{ MPa}$ $f_{yv} = 700 \text{ MPa}$ Tipe Kolom 800x800	 <p>SELIMUT BETON = 40 mm</p>
DIMENSI	800 X 800
TUL. UTAMA	24 D 22
TUL SENGKANG TUMPUAN	5 D13 - 100
TUL SENGKANG LAPANGAN	5 D13 - 150

02
**DETAIL PENAMPANG KOLOM
 KASUS 3 DAN 4 TIPE KOLOM 800X800**
 SKALA 1:30



03
**DETAIL KAIT SENGKANG KOLOM
 KASUS 3 DAN 4 TIPE KOLOM 800X800**
 SKALA 1:30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
 PENGEKANG KOLOM (CONFINEMENT)
 SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
 BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
 0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR

SKALA

- PENULANGAN KOLOM (K3)
 KASUS 3 DAN 4 TIPE KOLOM
 800X800
- DETAIL PENAMPANG KOLOM
 (K3) KASUS 3 DAN 4 TIPE
 KOLOM 800X800
- DETAIL KAIT SENGKANG (K3)
 KASUS 3 DAN 4 TIPE KOLOM
 800X800

1:30

KODE GAMBAR

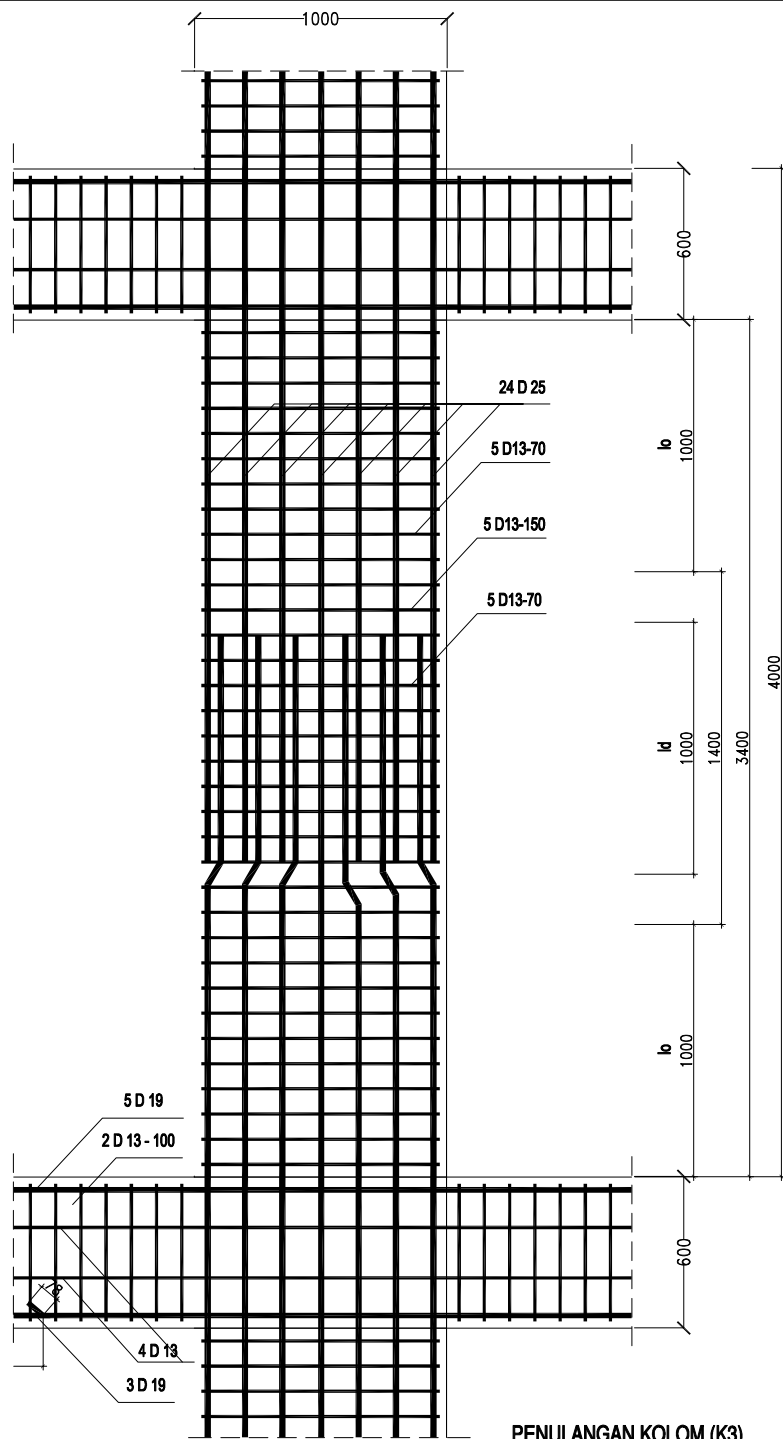
NO. LMBR

JML.LEMBAR

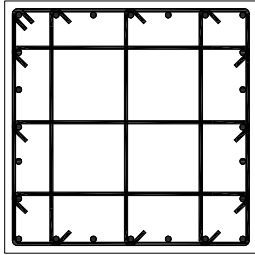
STR

35

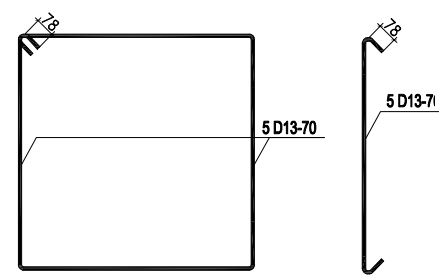
36



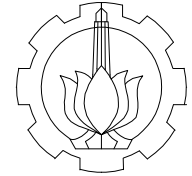
01
**PENULANGAN KOLOM (K3)
 KASUS 3 DAN 4 TIPE KOLOM 1000X1000**
 SKALA 1:30

TYPE KOLOM	KOLOM TYPE K-3
KASUS 3 Denah 1 (30mx30m) dan KASUS 4 Denah 2 (45MX20M) $f'_c = 70 \text{ MPa}$ $f_y = 700 \text{ MPa}$ $f_{yv} = 700 \text{ MPa}$ Type Kolom 1000x1000	 <p>SELIMUT BETON = 40 mm</p>
DIMENSI	1000 X 1000
TUL. UTAMA	24 D 25
TUL SENGKANG TUMPUAN	5 D13 - 70
TUL SENGKANG LAPANGAN	5 D13 - 150

02
**DETAIL PENAMPANG KOLOM
 KASUS 3 DAN 4 TIPE KOLOM 1000X1000**
 SKALA 1:30



03
**DETAIL KAIT SENGKANG KOLOM
 KASUS 3 DAN 4 TIPE KOLOM 1000X1000**
 SKALA 1:30



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
 KEBUMIHAN
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

KETERANGAN

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

STUDI PARAMETER DESAIN KEBUTUHAN
 PENGEKANG KOLOM (*CONFINEMENT*)
 SESUAI ACI 318M-14 TERHADAP
 BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT

FUNGSI BANGUNAN

APARTEMEN

DOSEN PEMBIMBING

Harun Alrasyid ST.,MT.,PhD

NAMA MAHASISWA

Subechan Febrianto
 0311 16 45 000 026

NAMA GAMBAR	SKALA	
1. PENULANGAN KOLOM (K3) KASUS 3 DAN 4 TIPE KOLOM 1000X1000	1:30	
2. DETAIL PENAMPANG KOLOM (K3) KASUS 3 DAN 4 TIPE KOLOM 1000X1000		
3. DETAIL KAIT SENGKANG (K3) KASUS 3 DAN 4 TIPE KOLOM 1000X1000		
KODE GAMBAR	NO. LMBR	JML.LEMBAR
STR	36	36

BIODATA PENULIS



Penulis lahir pada tanggal 26 Mei 1995 dan merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Penulis bernama lengkap Subechan Febrianto ini merupakan lulusan dari SDN Kasembon 1 Kab. Malang, juga pernah bersekolah di SMPN 1 Kasembon Kab. Malang, dan SMAN 1 Ngantang Kab. Malang yang kemudian pada tahun 2013 melanjutkan studinya di Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS. Setelah Lulus pada tahun

2016 dari program studi Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS Penulis Melanjutkan studinya ke Program Sarjana dengan mengambil program Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS Selama masa perkuliahan penulis pernah aktif dikegiatan jurusan yaitu menjadi koor lomba jurusan yaitu D'village. Selain mengisi waktu dengan kegiatan akademik dan organisasi, di waktu senggangnya penulis juga hobby jalan jalan dan menonton film.

Contact Person :

SUBECHAN FEBRIANTO, ST

Student Departement of Civil Enngineering

Faculty of Civil Engineering, Environtmen, and Geology (FTSLK)

Sepuluh Nopember Institute of Teknologi (ITS)

Email : subechan.febrianto@gmail.com ; subechan@icloud.com ; subechan13@mhs.ce.its.ac.id

Halaman ini sengaja dikosongkan