



**PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN DENGAN SISTEM
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN SISTEM
DINDING STRUKTURAL (SISTEM GANDA)
(Studi Kasus: Fakultas Kedokteran Universitas Jember)**

SKRIPSI

oleh

Domas Ajeng Ayu Laksmi

NIM 151910301016

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN DENGAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN SISTEM DINDING STRUKTURAL
(SISTEM GANDA)**

(Studi Kasus: Fakultas Kedokteran Universitas Jember)

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S-1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh

Domas Ajeng Ayu Laksmi

NIM 151910301016

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Syukur Alhamduillah kupersembahkan kepada Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang, karena atas rahmat dan karunia serta hidayahNya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dari segala kekuranganku, dan semoga membawa ilmu yang bermanfaat untuk kedepannya.

Saya persembahkan Tugas Akhir ini kepada orang-orang istimewa yang kukasihi dan kusayangi selama hidup saya

1. Kedua orang tua saya Bapak Gendut Arifin dan Ibu Sri Welasih yang tidak pernah berhenti memberikan segala dukungan, motivasi, doa dan kasih sayang yang tak terhingga. Semoga ini menjadi langkah awal untuk bisa membahagiakan mereka berdua, terima kasih bapak dan ibu.
2. Adik saya tersayang Ananda Dwi Ayu Sukmawati yang selalu menjadi teman dirumah dan memberikan motivasi untuk berjuang meraih kesuksesan.
3. Keluarga besar saya di Lumajang yang selalu mendoakan, memberikan dukungan dan semangat dalam menjalani proses perkuliahan
4. Kepada sahabat-sahabat seperjuangan, Vivi (teman sekamar yang suka debat), Indy (teman curhat), Intania (teman makan dan perpustakaan online), Florina (teman cantik humoris), Monica (teman galauers), Ines (teman kulineran tapi jarang), Kevin (teman tongpo tapi baik), Enggal (teman tersabar), dan Ananta (teman cerewet tapi baik). Terima kasih sudah menjadi saudara di Jember, semoga bisa terus menjaga tali persaudaraan.
5. Kepada teman saya Hafid, Hendro dan Haqi yang sudah membantu kesulitan saya dalam mengerjakan skripsi ini, terima kasih.
6. Kepada KUPU-KUPU 15 teman-teman yang selalu berjuang bersama untuk menuntut ilmu selama masa perkuliahan demi masa depan yang cerah.
7. Kepada Teman-teman KKN 139 Bukor (Safira, Chica, Delsi, Anin, Mbak linda, Lanang, Mas Ardi, Mas Yunas, dan Mas Dery) yang menjadi teman seperjuangan untuk hidup mandiri didesa Bukor, Bondowoso.
8. Dan kepada pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

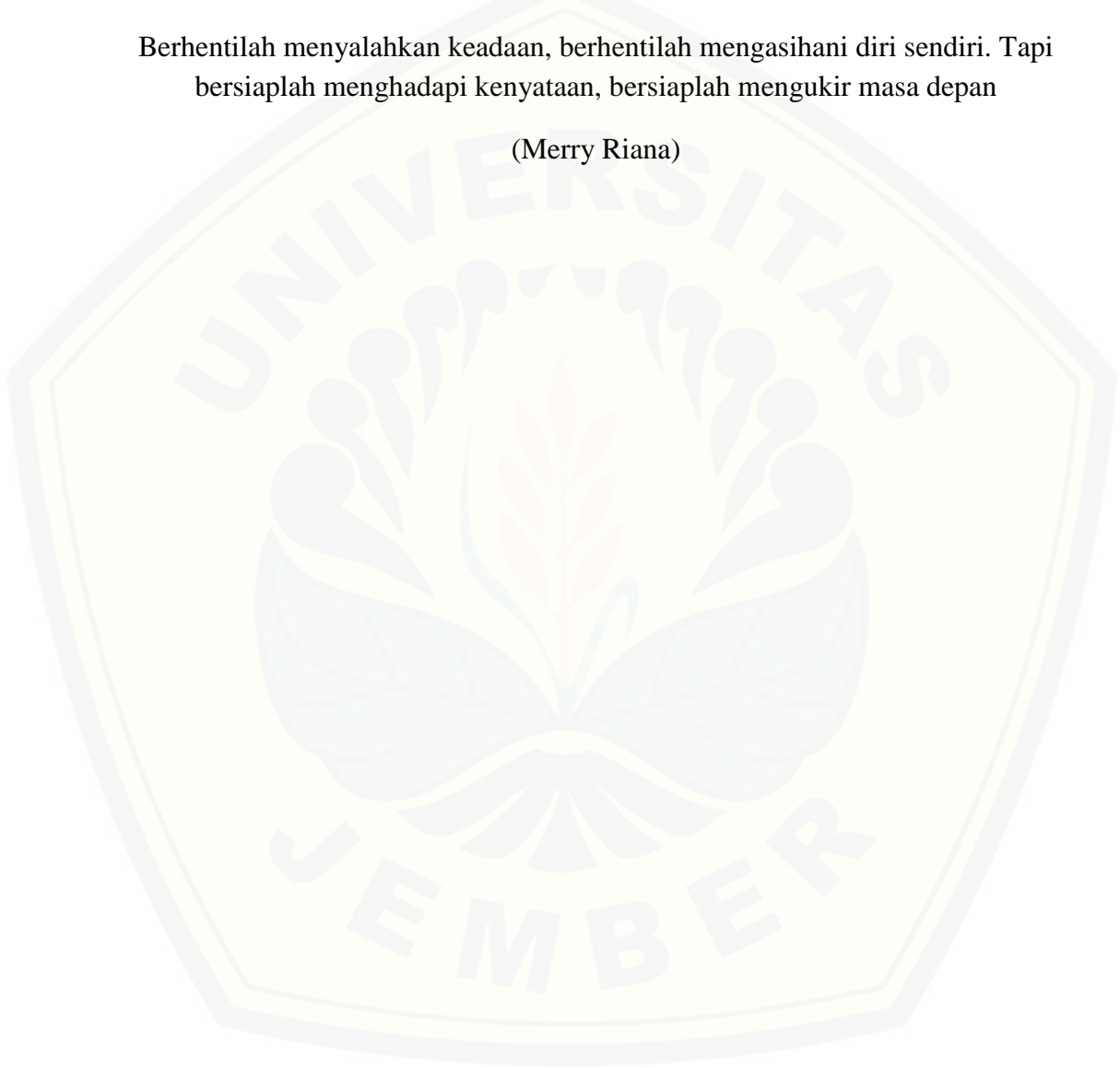
MOTTO

Meskipun Anda merasa hanyalah orang biasa, namun yakinlah bahwa Anda akan bertumbuh menjadi luar biasa

(Merry Riana)

Berhentilah menyalahkan keadaan, berhentilah mengasihani diri sendiri. Tapi bersiaplah menghadapi kenyataan, bersiaplah mengukir masa depan

(Merry Riana)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Domas Ajeng Ayu Laksmi

NIM : 151910301016

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul ” PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN DENGAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN SISTEM DINDING STRUKTURAL (SISTEM GANDA)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 26 April 2019

Yang menyatakan,

Domas Ajeng Ayu Laksmi

NIM 151910301016

SKRIPSI

**PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN DENGAN SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS DAN SISTEM DINDING STRUKTURAL
(SISTEM GANDA)**

Oleh

Domas Ajeng Ayu Laksmi
NIM 151910301016

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Hernu Suyoso, M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Gati Annisa Hayu, S.T., M.T., M.Sc

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Perencanaan Struktur Bangunan Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Dan Sistem Dinding Struktural (Sistem Ganda)" telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Jumat, 26 April 2019

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,



Ir. Hernu Suyoso, M.T.
NIP. 19551112 198702 1 001

Gati Annisa Hayu, S.T., M.T., M.Sc
NIP. 760015715

Anggota II,

Anggota III



Dwi Nurtanto, ST., M.T
NIP. 19731015 199802 1 001

Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T
NIP. 760016772

Mengesahkan
Dekan



Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M
NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Perencanaan Struktur Bangunan Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Dan Sistem Dinding Struktural (Sistem Ganda), Domas Ajeng Ayu Laksmi, 151910301016, 2019; 172 Halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Perencanaan Struktur Bangunan Fakultas kedokteran di Universitas Jember bertujuan untuk: (1) Merencanakan struktur gedung perkuliahan menjadi 8 lantai menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Dinding Struktural yaitu dengan dinding geser.(2) Menentukan dimensi elemen struktur berupa pelat, balok, kolom, dan dinding geser.(3) Menentukan gaya dalam dengan program SAP 2000.(4) Menghitung penulangan struktur dan menuangkan hasil perhitungan dalam bentuk gambar teknik.

Dalam mengerjakan tugas akhir ini direncanakan menggunakan acuan berda sarkan SNI 03-2847-2013 tentang Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung, dan SNI 1727-2013 tentangan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung. Sedangkan desain yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRMPK) dan Sistem Dinding Struktural (SDS). Perencanaan ini menggunakan sistem ganda karena memikul beban yang semakin berat dengan penambahan menjadi 8 lantai, selain itu dengan adanya dinding geser agar bangunan mampu menahan beban gempa.

Berdasarkan hasil perhitungan Perencanaan Struktur Bangunan Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Dan Sistem Dinding Struktural (Sistem Ganda) menjadi 8 lantai di fakultas kedokteran Universitas Jember didapatkan *preliminary design* balok induk 3 macam tipe ukuran yaitu tipe 40/70 (BI 1), tipe 35/70 (BI 2), dan tipe 30/50 (BI 3). Kemudian didapatkan 3 macam tipe ukuran yaitu balok anak tipe 30/60 (BA 3), tipe 30/50 (BA 2), dan tipe 25/45 (BA 3). Didapatkan 19 macam tipe pelat dengan ketebalan 120 mm dan didapatkan pelat tangga dan pelat bordes dengan ketebalan 185 mm. Didapat kolom dengan 4

mcam tipe ukuran yaitu tipe 80/80 (K1), tipe 70/70 (K2), tipe 65/65 (K3), dan tipe 50/60 (K4). Didapat desain balok lift dengan ukuran 40/40. Dan didapat desain dinding geser dengan ketebalan 350 mm.



SUMMARY

Re-Design The Structure Of Building With Special Moment Resisting Frame System And Structural Wall System (Dual System); Domas Ajeng Ayu Laksmi; 151910301016; 2019; 172 pages; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

The Structure design Faculty of Medical's Building in University of Jember is to: (1) Structure design 8th floor of building by using Special Moment Resisting Frame and Structural Wall System with shear wall.(2) Determine the dimensions of structural elements such as plates, beams, columns, and shear wall.(3) Determine the syle in using SAP 2000 program.(4) Calculates structural reinforcement and pour the results of calculations in the form of technical drawings.

In this final project, it is planned to use a reference based on SNI 03-2847-2013 concerning Procedures for Calculating Concrete Structures for Building, SNI 1726-2012 concerning Procedures for Planning Earthquake Resilience for Buildings and Non-Buildings, and SNI 1727-2013 in opposition to Planning Guidelines Loading for Houses and Buildings. While the design used is the Special Moment Resisting Frame System (SMRFS) and Structural Wall System (SWS). This plan uses a dual system because it carries an increasingly heavy burden with the addition of 8 floors, in addition to the presence of sliding walls so that the building is able to withstand earthquake loads.

Based on the calculation of Building Structure Planning with Special Moment Resisting Frame Systems and Structural Wall Systems (Dual Systems) into 8 floors in the medical faculty of the University of Jember, the preliminary design master beam 3 types of size types, type 40/70 (BI 1), type 35 / 70 (BI 2), and type 30/50 (BI 3). Then there are 3 types of size, namely the type 30/60 (BA 3), type 30/50 (BA 2), and type 25/45 (BA 3). 19 types of plates were obtained with a thickness of 120 mm and found a plate stair and bordes with a thickness of 185 mm. There is a column with 4 types of sizes, namely type 80/80 (K1), type

70/70 (K2), type 65/65 (K3), and type 50/60 (K4). The design of the 40/40 size elevator beam is obtained. And obtained a shearwall wall design with a thickness of 350 mm.



PRAKATA

Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Perencanaan Struktur Bangunan Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Dan Sistem Dinding Struktural (Sistem Ganda)" Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Ir. Hernu Suyoso, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember sekaligus selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah bersedia membimbing dan mengarahkan dalam penyusunan skripsi ini..
3. Dr. Anik Ratnaningsih, S.T.,M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
4. Gati Annisa Hayu, S.T., M.T.,M.Sc selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah bersedia membimbing dan mengarahkan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Dwi Nurtanto, ST., M.T selaku Tim Penguji I yang bersedia memberikan pengarahan guna terselesainya skripsi ini.
6. Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T selaku Tim Penguji II yang bersedia memberikan pengarahan guna terselesainya skripsi ini.

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, 26 April 2019

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

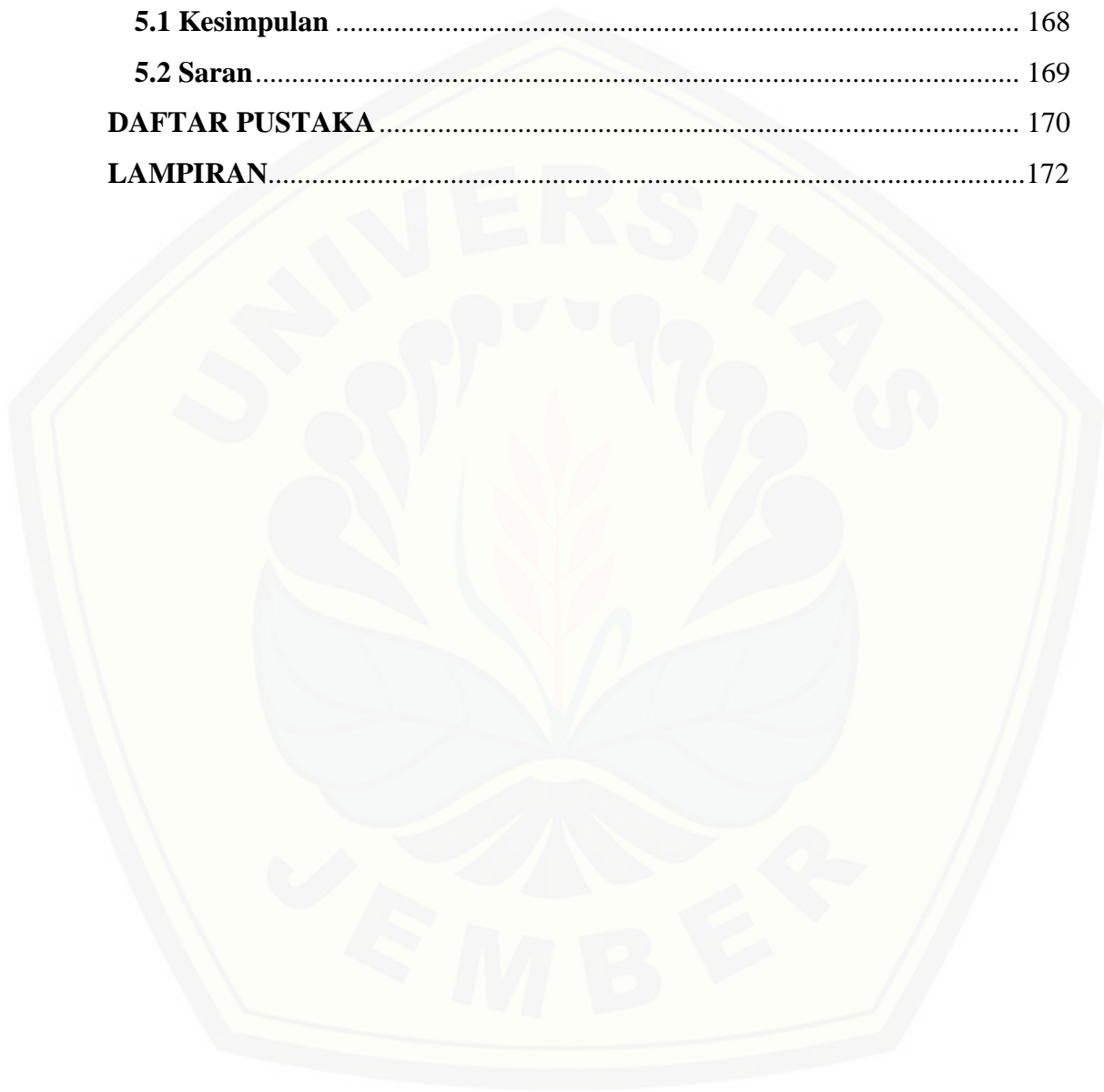
SKRIPSI	i
SKRIPSI	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
SKRIPSI	vi
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xx
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Pengertian Beton Bertulang	5
2.2.1 Balok.....	6
2.2.2 Kolom	7
2.2.3 Dinding Geser (<i>Shear wall</i>)	8
2.3 Pengertian Sistem Rangka Pemikul Momen	8
2.3.1 Klasifikasi Sistem Rangka Pemikul Momen	9

2.4 Klasifikasi Sistem Dinding Struktur	10
2.5 Sistem Ganda	10
2.6 Pembebanan	11
2.6.1 Beban Mati.....	11
2.6.2 Beban Hidup	11
2.6.3 Beban Gempa.....	13
2.6.4 Kombinasi Pembebanan	13
2.7 Ketentuan Umum Bangunan Gedung Dalam Pengaruh Gempa Faktor Keutamaan	13
2.8 Wilayah Gempa Dan Spektrum Respons	16
2.8.1 Parameter percepatan terpetakan	16
2.8.2 Kelas situs	17
2.8.3 Koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER)	18
2.8.4 Parameter percepatan spektral desain	20
2.8.5 Spektrum respons Desain.....	20
2.9 Respon Struktur	21
2.10 Persyaratan Untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	22
2.10.1 Komponen Struktur Lentur pada SRPMK (SNI 2847:2013 pasal 21.5)	22
Lingkup Komponen struktur lentur pada SRPMK harus memenuhi syarat-syarat dibawah ini:	22
2.10.2 Tulangan Longitudinal.....	22
2.10.3 Tulangan Tansversal	23
2.10.4 Persyaratan Kekuatan Geser	24
2.10.5 Komponen Struktur Rangka Momen Khusus yang Dikenai Beban Lentur dan Aksial (SNI 2847:2013 pasal 21.6)	24
2.10.6 Kekuatan Lentur Minimum Kolom	25
2.10.7 Tulangan Memanjang	25
2.10.8 Tulangan Transversal.....	25

2.10.9 Persyaratan Kekuatan Geser	28
2.11 Persyaratan Untuk Sistem Dinding Struktur	28
2.12 Perhitungan Perencanaan	29
2.12.1 Perencanaan Balok.....	29
2.12.2 Penulangan Torsi	30
2.12.3 Perencanaan Kolom	32
2.13 Detail Tulangan	33
2.13.1 Kait Standar	33
2.13.2 Diameter Bengkokan Minimum	34
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Lingkup Penelitian	35
3.2 Lokasi Penelitian	35
3.3 Pengumpulan Data	36
3.4 Waktu Perencanaan	37
3.5 Tahapan Penelitian	37
3.6 Alur Penelitian.....	39
BAB IV. PEMBAHASAN.....	40
4.1 Preliminary Design.....	40
4.1.1 Data Perencanaan.....	40
4.1.2 Dimensi Balok	41
4.1.3 Perhitungan Tebal Pelat	44
4.1.4 Dimensi kolom.....	52
4.1.5 Dimensi Tangga.....	55
4.1.6 <i>Preliminary Design</i> Dinding Geser	58
4.2 Perencanaan Struktur Sekunder	59
4.2.1 Perencanaan Pelat Lantai	59
4.2.2 Perencanaan Pelat Atap	70
4.2.3 Pembebanan pada tangga.....	78
4.2.4 Perencanaan Balok Anak	84
4.2.5 Perhitungan Penulangan Puntir (Torsi) Balok Anak	92
4.3 Perencanaan Pembebanan.....	95

4.3.1 Beban lantai dan beban atap	95
4.3.2 Beban tangga.....	96
4.3.3 Beban Angin	96
4.3.4 Beban Gempa.....	97
4.4 Kontrol Validasi SAP	99
4.5 Perencanaan Struktur Primer.....	106
4.5.1 Perencanaan Penulangan Balok.....	106
4.5.2 Penulangan Geser Balok Induk.....	114
4.5.3 Perhitungan Penulangan Puntir (Torsi) Balok Induk.....	117
4.5.4 Perencanaan Penulangan Kolom	122
4.5.5 Syarat Strong Column Weak Beam	130
4.5.6 Perhitungan tulangan transversal	131
4.5.7 Penulangan Geser kolom	134
4.5.8 Panjang lewatan kolom.....	136
4.6 Hubungan Balok Kolom	140
4.6.1 Panjang penyaluran tulangan deform dalam tekan	140
4.6.2 Panjang penyaluran tulangan tarik.....	141
4.6.3 Panjang penyaluran kait standar dalam tarik	141
4.6.4 Kontrol Sambungan Balok Kolom	141
4.7 Perencanaan Balok Lift	143
4.7.1 Perencanaan Dimensi Balok Lift	145
4.7.2 Penulangan Lentur Balok Lift.....	146
4.7.3 Penulangan Geser Balok Lift.....	153
4.8 Desain Dinding Geser	155
4.8.1 Perhitungan Tulangan Transversal Untuk Menahan Geser (Dinding geser arah x).....	156
4.8.2 Tulangan Longitudinal (Dinding geser arah x).....	158
4.8.3 Kebutuhan Elemen Pembatas Khusus (Dinding geser arah x)	159
4.8.4 Perhitungan Tulangan Transversal Untuk Menahan Geser (Dinding geser arah y).....	161
4.8.5 Tulangan Longitudinal (Dinding geser arah y).....	163

4.8.6 Kebutuhan Elemen Pembatas Khusus (Dinding geser arah y)	164
4.8.7 Desain Panjang Penyaluran <i>Boundary Element</i>	166
4.8.8 Diameter Bengkokan pada <i>Boundary Element</i>	167
BAB V. PENUTUP	168
5.1 Kesimpulan	168
5.2 Saran	169
DAFTAR PUSTAKA	170
LAMPIRAN	172



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Batasan Selimut Beton	6
Tabel 2.2 Perencanaan tebal minimum dari balok	7
Tabel 2.3 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung.....	11
Tabel 2.4 Beban Hidup Pada Lantai Gedung.....	12
Tabel 2. 5 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur lainnya untuk beban gempa	14
Tabel 2. 6 Faktor Keutamaan I untuk Berbagai Kategori Gedung dan Bangunan.....	16
Tabel 2. 7 Klasifikasi Situs	18
Tabel 2.8 Koefisien situs, Fa.....	19
Tabel 2.9 Koefisien situs Fv	19
Tabel 2.10 Diameter Minimum Bengkokan.....	34
Tabel 4.1 Perhitungan Tabel Pelat	46
Tabel 4.2 Perhitungan nilai α_m	50
Tabel 4. 3 Dimensi kolom.....	54
Tabel 4.4 Beban Mati Pelat Lantai.....	60
Tabel 4.5 Nilai X.....	61
Tabel 4.6 Perhitungan Pelat Lantai 2 sampai dengan lantai 8	61
Tabel 4.7 Penulangan Lapangan X dan Y.....	68
Tabel 4.8 Penulangan Tumpuan X dan Y	69
Tabel 4.9 Tulangan Rencana Pelat Lantai.....	70
Tabel 4.10 Beban Mati Pelat Atap	71
Tabel 4.11 Beban Hidup Pelat Atap.....	71
Tabel 4.12 Nilai X.....	72
Tabel 4.13 Perhitungan Pelat Atap	72
Tabel 4. 14 Tulangan Rencana Pelat Atap	78
Tabel 4.15 Beban Mati Pelat Tangga.....	78

Tabel 4. 16 Beban Mati Pelat Tangga.....	79
Tabel 4.17 Rekapitulasi penulangan balok anak.....	94
Tabel 4. 18 Rekapitulasi penulangan balok anak.....	95
Tabel 4.19 <i>Output Base Reactions</i> dari SAP 2000	101
Tabel 4.20 Perhitungan manual berat sendiri pelat lantai	101
Tabel 4.21 Perhitungan manual berat sendiri pelat atap	102
Tabel 4.22 Perhitungan manual berat sendiri kolom	102
Tabel 4.23 Perhitungan manual berat sendiri balok.....	103
Tabel 4.24 Perhitungan tulangan lentur	113
Tabel 4.25 Penentuan penggunaan tulangan.....	113
Tabel 4.26 Pengecekan kuat rencana (SNI 2847-2013 pasal 14.8.3).....	114
Tabel 4.27 Penulangan Torsi balok induk.....	119
Tabel 4.28 Perhitungan tulangan geser balok ditumpuan	120
Tabel 4.29 Hasil tulangan geser balok ditumpuan	120
Tabel 4.30 Perhitungan tulangan geser balok di lapangan.....	121
Tabel 4.31 Hasil tulangan geser balok di lapangan.....	121
Tabel 4.32 Rekapitulasi penulangan balok induk	121
Tabel 4.33 Pemeriksaan tipe kolom	128
Tabel 4.34 Perbesaran momen	128
Tabel 4.35 Kapasitas kolom.....	129
Tabel 4.36 Perhitungan tulangan transversal	133
Tabel 4.37 Perhitungan menentukan nilai Mpr dari output program SAP 2000 untuk menghitung V_e (gaya geser)	137
Tabel 4.38 Perhitungan nilai V_e (gaya geser).....	138
Tabel 4. 39 Perhitungan kebutuhan tulangan geser	138
Tabel 4.40 Rekapitulasi penulangan kolom.....	139
Tabel 4.41 Perhitungan panjang lewatan kolom.....	140

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Peta Zonasi Gempa Indonesia (Sumber: Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017)	17
Gambar 2.2 Spektrum Respons Desain (Sumber : SNI 1726-2012 hal 23).....	21
Gambar 3.1 Peta Lokasi Gedung baru Fakultas Kedokteran di Universitas Jember (Sumber : Google earth).....	35
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i>	39
Gambar 4.1 Denah Struktur Gedung Fakultas Kedokteran 8 Lantai	41
Gambar 4.2 Rencana pembalokan bentang 8000 mm x 8000 mm	41
Gambar 4.3 Rencana pembalokan bentang 8000 mm x 6000 mm	42
Gambar 4.4 Rencana Pelat lantai	44
Gambar 4.5 Rencana pelat lantai H	45
Gambar 4.6 Rencana kolom pada As C-4.....	52
Gambar 4.7 Denah Tangga	55
Gambar 4.8 Detail Tangga	56
Gambar 4. 9 Gambar Analisa Struktur Tangga.....	79
Gambar 4. 10 Gambar freebody bidang miring tangga.....	80
Gambar 4. 11 Gambar freebody bidang datar tangga	81
Gambar 4. 12 Gambar momen pada tangga dan bordes	82
Gambar 4. 13 Rencana pembalokan.....	85
Gambar 4. 14 Gaya geser tulangan	89
Gambar 4. 15 kuat geser nominal oleh tulangan geser	90
Gambar 4.16 Mencari koordinat lokasi gedung dari situs puskim.go.id	97
Gambar 4.17 Hasil perhitungan respons spektrum desain dari situs puskim.pu.go.id.....	97
Gambar 4.18 <i>Output</i> balok frame 265 dari program SAP 2000.	106
Gambar 4.19 Penulangan Balok ukuran 350 mm x 700 mm	120

Gambar 4.20 <i>Output</i> kolom frame 1741 dari program SAP 2000.	122
Gambar 4.21 Diagram Faktor Panjang Tekuk Rangka Bergoyang.....	125
Gambar 4.22 Output PCA Column dari kolom bawah dan kolom atas	131
Gambar 4.23 Output PCA Column dari kolom bawah dan kolom atas dengan $f_s = 1,25f_y$	134
Gambar 4.24 Detail Penulangan Kolom K-1	137
Gambar 4.25 Detail sambungan balok dan kolom	143
Gambar 4.26 Lift tipe Hyundai (sumber: www.hyundaelevator.com)	143
Gambar 4.27 Spesifikasi Lift tipe Hyundai (sumber: www.hyundaelevator.com)	144
Gambar 4. 28 Output Balok Lift dari program SAP	146
Gambar 4. 29 Penulangan Balok ukuran 400 mm x 400 mm	155
Gambar 4.30 Diagram PCA Column dari shearwall arah X.....	159
Gambar 4.31 Diagram PCA Column dari shearwall arah Y	164

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangunan-bangunan gedung saat ini berkembang pesat seiring berjalannya waktu. Terbatasnya lahan menjadi kendala untuk mendirikan beberapa bangunan. Bangunan bertingkat tinggi merupakan solusi untuk mendirikan bangunan dengan keterbatasan lahan yang tersedia. Saat ini di Indonesia sudah terkenal dengan konstruksi bangunan bertingkat tinggi. Dalam merencanakan suatu gedung bertingkat seorang perencana diharuskan memperhatikan letak geografis dari Negara Indonesia yang berada pada pertemuan empat lempeng tektonik. Pergerakan antar lempeng tersebut menyebabkan sering terjadinya gempa bumi.

Menurut data Pemerintah Kabupaten Jember, letak geografis Kabupaten Jember berada pada posisi 7059'6" sampai 8033'56" LS dan 113016'28" sampai 114003'42" BT. Luas wilayah Kabupaten Jember adalah 3.293,34 km², dengan karakter topografi dataran ngarai yang subur pada bagian tengah dan bagian selatan dikelilingi pegunungan yang memanjang batas barat dan timur. Kabupaten Jember terletak di wilayah Tapal Kuda, Jawa Timur yang berbatasan dengan Kabupaten Probolinggo dan Kabupaten Bondowoso di utara, Kabupaten Banyuwangi di timur, Samudera Hindia di selatan, dan Kabupaten Lumajang di barat. (jemberkab.go.id)

Pada bangunan bertingkat, semakin tinggi suatu bangunan maka beban akibat gaya lateral yang terjadi akan semakin besar. Oleh karena itu, kekakuan dan kekuatan struktur sangat menentukan dalam menahan dan menampung beban yang bekerja pada struktur bangunan. Menurut Ir. Teddy Boen, penggerak dari *World Seismic Safety Initiative* di Indonesia "Perkuatan secara vertikal lebih baik dilakukan daripada perkuatan horizontal". Perkuatan secara vertikal adalah perkuatan pada struktur kolom yang mampu menyangga beban aksial. Perkuatan horizontal yaitu terdapat pada balok atas atau *ring balk* yang dipasang menerus keliling bangunan pada bagian atas pasangan bata sebagai balok penjepit. Maka untuk meminimalisir resiko akibat gempa bumi perlu direncanakan struktur bangunan tahan gempa.

Pada umumnya bangunan tahan gempa menggunakan elemen struktur kaku berupa dinding geser yang berfungsi untuk menahan momen, kombinasi geser, dan gaya aksial akibat beban gempa. Dinding geser merupakan struktur vertikal pada bangunan tingkat tinggi yang berfungsi sebagai sistem struktur penahan gempa. Dinding geser selalu dihubungkan dengan sistem rangka pemikul momen. Hubungan antara keduanya menghasilkan suatu sistem struktur yang lebih kuat dan ekonomis yaitu sistem ganda.

Sistem ganda adalah gabungan dari sistem pemikul beban lateral berupa dinding geser dengan sistem rangka pemikul momen. Dalam sistem ganda, sistem rangka pemikul momen direncanakan tidak hanya memikul beban gravitasi namun dapat pula memikul beban lateral sekurang-kurangnya 25% dari beban lateral yang bekerja. Sehingga dinding geser pada sistem ganda memikul 75% dari beban lateral yang bekerja. (SNI 1726:2012)

Perencanaan ini akan membahas tentang bangunan Fakultas Kedokteran yang merupakan gedung kuliah di Universitas Jember. Gedung ini memiliki jumlah lantai sebanyak 5 lantai dan luas bangunan $48 \times 28 \text{ m}^2$. Bangunan ini sudah dirancang sebagai bangunan yang daktail, yaitu bangunan yang dapat menahan respon inelastik yang diakibatkan oleh beban gempa. Struktur yang daktail adalah bangunan yang dapat menahan beban-beban yang dipikulnya. Sehingga analisis strukturnya direncanakan dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) agar komponen-komponen struktur mampu menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial.

Oleh karena itu pada tugas ini akan dilakukan perencanaan bangunan gedung Fakultas Kedokteran 5 lantai menjadi 8 lantai dengan Sistem Ganda yaitu menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Dinding Struktural (SDS). Perencanaan ini menggunakan sistem ganda karena memikul beban yang semakin berat dengan penambahan menjadi 8 lantai, selain itu dengan adanya dinding geser agar bangunan mampu menahan beban gempa. Perencanaan ini diharapkan memberikan respon inelastis terhadap beban gempa yang bekerja pada struktur dan mampu menjamin mekanisme sendi plastis pada

elemen-elemen struktur sehingga struktur tetap berdiri walaupun sudah berada diambang keruntuhan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan permasalahan yaitu bagaimana perencanaan struktur tahan gempa gedung Fakultas Kedokteran 8 lantai di Universitas Jember dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Dinding Struktural (Sistem Ganda) berdasarkan SNI 03-2847-2013.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk merencanakan struktur tahan gempa gedung Fakultas Kedokteran 8 lantai di Universitas Jember dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Dinding Struktural (Sistem Ganda) berdasarkan SNI 03-2847-2013.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Bagi Masyarakat dapat menambah wawasan dan pengetahuan tentang informasi secara lebih detail dalam tata-cara perencanaan struktur beton bertulang tahan gempa.
2. Bagi Mahasiswa, manfaat dari penelitian ini untuk merencanakan ulang struktur tahan gempa gedung Fakultas Kedokteran menjadi 8 lantai di Universitas Jember menggunakan sistem ganda untuk membentuk sistem struktur yang lebih kuat dan ekonomis.

1.5 Batasan Masalah

Berikut batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Fungsi bangunan berupa gedung perkuliahan.
2. Mutu beton ($f'c$) adalah 30 Mpa
3. Mutu baja deform (f_y) adalah 400 Mpa dan mutu baja Polos (f_u) adalah 240 Mpa

4. Sistem struktur gedung beton bertulang berupa Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Dinding Struktural (SDS).
5. Pembebanan berdasarkan pada SNI 1727-2013 dengan menghitung beban mati, beban hidup, dan beban gempa.
6. Perhitungan gempa menggunakan analisis respon spektrum dengan zona gempa 4 karena berada di Jember.
7. Data pembebanan gempa dari situs Puskim PU.
8. Analisa linier struktur menggunakan program bantu SAP 2000 v.17.
9. Elemen struktur yang direncanakan adalah bagian struktur atas yaitu, balok, kolom, HBK, dan dinding geser.
10. Penyusunan tugas ini berpedoman pada peraturan sebagai berikut:
 - a. SNI 03-2847-2013 tentang Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.
 - b. SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung.
 - c. SNI 1727-2013 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung.
11. Tidak menghitung struktur bangunan pondasi.
12. Tidak membuat Rencana Anggaran Biaya (RAB).

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dasar dari perencanaan bangunan tahan gempa merupakan komponen struktur yang diperbolehkan untuk mengalami kelelahan. Komponen struktur yang leleh tersebut merupakan komponen yang menyerap energi gempa selama bencana gempa terjadi. Agar memenuhi konsep perencanaan struktur bangunan tahan gempa tersebut, maka pada saat gempa kelelahan yang terjadi hanya pada balok. Oleh karena itu kolom dan sambungan harus dirancang sedemikian rupa agar kedua komponen struktur tidak mengalami kelelahan ketika gempa terjadi.

2.2 Pengertian Beton Bertulang

Beton bertulang adalah material yang terdiri dari beton dan baja tulangan yang ada didalam beton. Beton bersifat sangat kuat dalam menahan kuat tekan tetapi lemah dalam menahan gaya tarik. Baja tulangan didalam beton berguna untuk menahan gaya tarik yang bekerja dan sebagian gaya tekan. Beton bertulang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap api dan air, bahkan merupakan bahan struktur terbaik untuk bangunan yang banyak bersentuhan dengan air. Pada peristiwa kebakaran dengan intensitas rata-rata, batang-batang struktur dengan ketebalan penutup beton yang memadai sebagai pelindung tulangan hanya mengalami kerusakan pada permukaanya saja tanpa mengalami keruntuhan.

Dalam perencanaan struktur beton bertulang, beton diasumsikan tidak memiliki kekuatan tarik sehingga diperlukan material lain untuk menanggung gaya tarik yang bekerja. Material yang digunakan umumnya berupa batang-batang baja yang disebut tulangan. Untuk meningkatkan kekuatan lekat antara tulangan dengan beton di sekelilingnya telah dikembangkan jenis tulangan uliran pada permukaan tulangan, yang selanjutnya disebut sebagai baja tulangan deform atau ulir. (Amdhani Prihatmoko Wibowo, 2012)

Berdasarkan SNI 03-2847-2013, untuk melindungi tulangan terhadap bahaya korosi maka di sebelah tulangan luar harus diberi selimut beton. Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan berikut:

Tabel 2.1 Batasan Selimut Beton

Kriteria	Selimut beton (mm)
a. Beton yang dicor di atas dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b. Beton yang tidak berhubungan dengan tanah dan cuaca:	
Batang tulangan D-19 hingga D-57	50
Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil	40
c. Beton yang berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah:	
Slab, dinding, balok usuk:	
Batang tulangan D-44 dan D-57	40
Batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil	20
Balok, kolom:	
Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral	40
Komponen struktur cangkang, plat lipat:	
Batang tulangan D-19 dan yang lebih besar	20
Batang tulangan D-16, Kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil	13

Sumber : Standart Nasional Indonesia 03-2847-2013

Untuk bangunan bertingkat tinggi dengan menggunakan struktur beton bertulang, Struktur utama terdiri dari balok, kolom, dan dinding geser.

2.2.1 Balok

Balok beton adalah bagian struktur yang berfungsi untuk menyalurkan momen menuju struktur kolom. Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu

elemen struktur yang dominan memikul gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser. Daniel L. Schodek mengatakan pada buku “Struktur” bahwa tinggi suatu elemen struktur juga akan mempengaruhi kemampuannya untuk menahan beban lentur, semakin tinggi suatu elemen maka semakin kuat kemampuannya menahan lentur. Kondisi tumpuan juga sangat penting, elemen struktur yang ujung-ujungnya dijepit lebih kaku daripada yang ujung-ujungnya dapat berputar bebas. Sedangkan pada distribusi tegangan dan regangan, apabila kapasitas batas kekuatan beton melampaui batas dan tulangan baja mencapai leleh maka balok akan mengalami keruntuhan.

Pada balok berlaku panjang bentang teoritis I harus dianggap sama dengan bentang bersih L ditambah dengan setengah panjang perletakan yang telah ditetapkan. Tata cara untuk perencanaan penampang minimum balok non prategang telah diatur berdasarkan SNI 2847:2013, tabel 9.5(a). Halaman 70, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung seperti pada tabel 2.2 yaitu untuk perencanaan tebal minimum dari balok.

Tabel 2.2 Perencanaan tebal minimum dari balok

Tebal minimum, h				
Komponen struktur	Tertumpu sederhana	Satu ujung	Kedua ujung	Kantilever
		Menerus	menerus	
Komponen struktur tidak menumpu atau tidak				
dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang				
mungkin rusak dan lendutan yang besar				
Pelat masif satu arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau plat rusuk satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8

Sumber : Standart Nasional Indonesia 03-2847-2013

2.2.2 Kolom

Kolom berfungsi untuk mendukung beban-beban dari balok dan pelat yang diteruskan ke tanah dasar melalui pondasi. Beban dari balok dan pelat ini berupa

beban aksial tekan dan momen lentur. Pada buku “Kolom Pondasi & Balok T Beton Bertulang” yang dijelaskan oleh Ali Asroni berisi jenis-jenis kolom pada struktur beton bertulang bahwa kolom dibedakan beberapa jenis menurut bentuk dan susunan tulangan, letak atau posisi beban aksial pada penampang kolom, serta dibedakan menurut ukuran panjang pendeknya kolom dalam hubungan dengan dimensi lateral.

Berdasarkan SNI 2847:2013, kolom adalah komponen struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil yang digunakan untuk menumpu beban tekan aksial. Kegagalan kolom akan berakibat langsung runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan struktur bangunan. Oleh karena itu dalam perencanaan struktur kolom diberikan cadangan kekuatan lebih tinggi dari komponen struktur yang lain. Pada kenyataannya, kolom bukan hanya menahan beban aksial vertikal, namun juga menahan gabungan beban aksial dan momen lentur. Atau dengan kata lain, kolom harus diperhitungkan untuk menyangga beban aksial tekan dengan eksentrisitas tertentu.

2.2.3 Dinding Geser (*Shear wall*)

Dinding geser beton bertulang berangkai adalah suatu subsistem struktur gedung yang fungsi utamanya adalah untuk memikul beban geser akibat pengaruh gempa rencana, yang terdiri dari dua buah atau lebih dinding geser yang dirangkaikan oleh balok-balok perangkai dan yang runtuhnya terjadi dengan sesuatu daktilitas tertentu oleh terjadinya sendi-sendi plastis pada kedua ujung balok-balok perangkai dan pada kaki semua dinding geser, dimana masing-masing momen lelehnya dapat mengalami peningkatan hampir sepenuhnya akibat pengerasan regangan. (SNI 03-1726-2002 pasal 3.17)

2.3 Pengertian Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka Pemikul Momen merupakan sistem struktur yang mempunyai rangka ruang pemikul beban gravitasi, sedangkan beban lateral yang

disebabkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur.

2.3.1 Klasifikasi Sistem Rangka Pemikul Momen

Pada sistem rangka pemikul momen, beban gravitasi mampu dipikul oleh rangka struktur. Pada sistem ini beban lateral dipikul dengan cara aksi lentur pada setiap elemennya. Terdapat beberapa ciri pada sistem struktur ini:

1. Beban ditransfer oleh geser di kolom sehingga menghasilkan momen pada balok dan kolom.
2. Hubungan balok-kolom harus didesain dengan baik sebab hubungan balok kolom merupakan bagian yang penting agar sistem bekerja dengan baik.
3. Momen dan geser dari beban lateral harus ditambahkan pada struktur dari beban gravitasi.

Sistem Rangka Pemikul momen dapat dibagi menjadi:

a. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

Suatu sistem rangka yang harus memenuhi ketentuan-ketentuan pasal 21.2 SNI 03-2847-2013. Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan di daerah dengan risiko gempa yang rendah.

b. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Suatu sistem rangka yang memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa dan memenuhi ketentuan-ketentuan detailing pada pasal 21.3 SNI 03-2847-2013. Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas sedang.

c. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa dan memenuhi ketentuan-ketentuan pada pasal 21.5 sampai dengan pasal 21.8 SNI 03-2847-2013. Sistem ini memiliki daktilitas penuh dan harus digunakan di daerah dengan risiko gempa yang tinggi.

2.4 Klasifikasi Sistem Dinding Struktur

Sistem dinding struktur merupakan dinding yang diproporsikan untuk menahan kombinasi gaya geser, gaya momen, dan gaya aksial yang diakibatkan oleh gempa. (Iswandi dan Fajar, 2014)

Dinding struktural dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Dinding Struktural Biasa (SDSB).

Suatu dinding struktural yang memenuhi ketentuan-ketentuan SNI beton pada pasal 1 hingga pasal 20 serta pasal 22. Sistem dinding ini mempunyai tingkat daktilitas rendah dan hanya bisa digunakan untuk struktur bangunan yang dikenakan maksimal KDS C.

2. Dinding Struktural Khusus (SDSK).

Suatu dinding struktural yang selain memenuhi ketentuan untuk dinding biasa dan juga memenuhi ketentuan-ketentuan pada pasal 21.9. Pada prinsipnya sistem dinding ini memiliki tingkat daktilitas penuh dan harus digunakan untuk struktur bangunan yang dikenakan KDS D, E dan F.

2.5 Sistem Ganda

Sistem ganda adalah gabungan dari sistem pemikul beban lateral berupa dinding geser dengan sistem rangka pemikul momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral yang bekerja. (Syahidah, 2017).

Struktur portal sebagai penahan gempa tidak efisien untuk membatasi defleksi lateral akibat gaya gempa, karena dimensi portal (balok dan kolom) akan bertambah besar jika kita merencanakan gedung bertingkat banyak. Dinding geser sebagai dinding struktural sangat efektif dalam memikul gaya lateral, karena kekuatan dinding geser dapat mengontrol simpangan horisontal yang terjadi serta dapat mengontrol stabilitas struktur secara keseluruhan.

2.6 Pembebanan

Berdasarkan Kamus Besar Bahasa Indonesia, Pembebanan berarti proses, cara, perbuatan membebani atau membebankan. Dalam hal ini yaitu suatu proses atau cara membebankan suatu elemen struktur terhadap tinjauan tertentu.

2.6.1 Beban Mati

Beban mati adalah semua beban yang berasal dari berat bangunan, termasuk segala unsur tambahan tetap yang merupakan satu kesatuan dengannya. Dalam hal ini dapat berupa:

a. Beban mati akibat berat sendiri

Beban mati didefinisikan sebagai beban yang ditimbulkan oleh elemen-elemen struktur bangunan yang terdiri dari balok, kolom, dan pelat lantai. Beban ini akan dihitung secara otomatis oleh program SAP 2000 Versi. 17

b. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan didefinisikan sebagai beban mati yang diakibatkan oleh berat dari bahan bangunan dan komponen gedung tambahan atau finishing yang bersifat permanen. Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

Beban Mati	Besar Beban
Batu Alam	2600 kg/m ³
Beton Bertulang	2400 kg/m ³
Spesi per cm tebal	21 kg/m ²
Dinding Pasangan 1/2 Bata	250 kg/m ²
Langit-langit + penggantung	18 kg/m ²
Penutup lantai dtlandari Semen Por	24 kg/m ²

Sumber : Standart Nasional Indonesia 1727-2013

2.6.2 Beban Hidup

Beban hidup didefinisikan sebagai beban yang sifatnya tidak membebani struktur secara permanen. Beban hidup dapat terjadi akibat penghuni atau

penggunaan suatu gedung termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang merupakan bagian gedung.

Tabel 2.4 Beban Hidup Pada Lantai Gedung

No	Hunian atau Penggunaan	Beban Merata
1	Rumah tinggal semua ruang kecuali tangga dan balkon	200 kg/m ²
2	Tangga dan jalan keluar	500 kg/m ²
3	Sistem lantai akses	
	Ruang kantor	250 kg/m ²
	ruang komputer	500 kg/m ²
4	Sekolah	
	ruang kelas	200 kg/m ²
	Koridor diatas lantai pertama	400 kg/m ²
	Koridor lantai pertama	500 kg/m ²
5	Rumah sakit	
	Ruang operasi	300 kg/m ²
	Ruang pasien	200 kg/m ²
6	Perpustakaan	
	Ruang baca	300 kg/m ²
	Ruang penyimpanan	800 kg/m ²
7	Pabrik	
	Ringan	650 kg/m ²
	Berat	1300 kg/m ²
8	Gedung Perkantoran	
	Lobi dan koridor lantai pertama	500 kg/m ²
	Kantor	250 kg/m ²
	Koridor diatas lantai pertama	400 kg/m ²
9	Tempat Rekreasi	
	Kolam renang	400 kg/m ²
	Ruang dansa	500 kg/m ²
	Stadium dan tribun	300 kg/m ²

Sumber : Standart Nasional Indonesia 1727-2013

2.6.3 Beban Gempa

Beban gempa adalah bagian bangunan dari pergerakan tanah akibat gempa dan semua beban yang bekerja pada bangunan. Gempa pada struktur dipengaruhi berdasarkan analisa dinamik, maka yang diartikan dalam beban gempa itu gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh tanah akibat gempa itu sendiri. Beban gempa yang dimaksud, yaitu faktor keutamaan dan kategori resiko bangunan standar ini menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan struktur gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Akibat pengaruh gempa rencana, struktur gedung secara keseluruhan harus masih berdiri, walaupun sudah berada dalam kondisi di ambang keruntuhan.

2.6.4 Kombinasi Pembebanan

Menurut SNI 1726-2012 pasal 4.2.2, kombinasi beban yang dipakai dalam penelitian ini yaitu :

- a. $U = 1,4 D$
- b. $U = 1,2 D + 1,6 L$
- c. $U = 0,9 D + 1,0E$
- d. $U = 1,2 D + 1,0L + 1,0E$

Dimana:

U= Kuat Perlu

D= Beban Mati

L= Beban Hidup

E= Beban Gempa

2.7 Ketentuan Umum Bangunan Gedung Dalam Pengaruh Gempa Faktor Keutamaan

Untuk berbagai kategori resiko bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan (I).

Tabel 2. 5 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur lainnya untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas Pertanian. - Fasilitas sementara tertentu - Fasilitas gedung yang kecil 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I,II,IV</p>	II
<p>Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gedung dan stuktur lainnya dimana terdapat lebih dari 300 orang yang menghuninya. - Gedung dan stuktur lainnya day care berkapasitas lebih dari 150 orang. - Gedung dan struktur lainnya dengan fasilitas sekolah dasar atau sekolah menengah berkapasitas lebih besar dari 250 orang <p>Gedung dan struktur lainnya dengan kapasitas lebih 500 orang untuk gedung perguruan tinggi atau fasilitas pendidikan untuk orang dewasa.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas kesehatan dengan kapasitas 50 atau lebih pasien inap, tetapi tidak memiliki fasilitas badah dan unit gawat darurat. - Penjara atau rumah tahanan. 	III
<p>Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk kedalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan /atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk tetapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat Pembangkit Energi. - Fasilitas Pengolahan Air Bersih. - Fasilitas Pengolahan Air Kotor dan Limbah. - Pusat Telekomunikasi. 	
<p>Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk kedalam kategori resiko</p>	

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>IV, (termasuk tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses penanganan penyimpnsn, Penggunaan atau tempat penyimpanan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak), yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan struktur lain yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, tetapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat. - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulance dan kantor polisi serta kendaraan darurat. - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya. - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat. - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat. - Struktur tambahan (termasuk tidak dibatasi untuk, tower telekomunikasi, tangki penyimpan bahan bakar, tower pendingin, struktur stasiun listrik,tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) diisyaratkan dalam kategori resiko IV untuk operasi pada saat keadaan darurat - Tower. - Fasilitas penampung air dan struktur pompa yang dibutuhkan untuk meningkatkan tekanan air pada saat memadamkan kebakaran - Gedung dan struktur lainnya yang memiliki fungsi yang penting terhadap sistem pertahanan nasional. 	IV

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan struktur lainnya (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat penyimpanan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya) yang mengandung bahan yang sangat beracun dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat bila terjadi kebocoran.	
Gedung dan struktur lainnya yang mengandung bahan yang beracun, sangat beracun atau mudah meledak dapat dimasukkan dalam kategori resiko yang lebih rendah bilamana dapat dibuktikan dengan memuaskan dan berkekuatan hukum melalui kajian bahaya bahwa kebocoran bahan beracun dan mudah meledak tersebut tidak akan mengancam kehidupan masyarakat. Penurunan kategori resiko ini tidak diijinkan jika gedung atau struktur lainnya tersebut juga merupakan fasilitas yang penting.	
Gedung dan struktur lainnya yang dibutuhkan untuk mempertahankan struktur bangunan lain yang masuk kedalam kategori resiko IV	

Sumber : SNI 1726:2012

Tabel 2. 6 Faktor Keutamaan I untuk Berbagai Kategori Gedung dan Bangunan

Kategori Resiko Bangunan	I_c
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber: SNI 1726:2012

2.8 Wilayah Gempa Dan Spektrum Respons

2.8.1 Parameter percepatan terpetakan

Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada perioda pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada pasal 14 dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun

Tabel 2. 7 Klasifikasi Situs

Kelas situs	V_s (m/detik)	N atau N_{ch}	Su (kPa)
SA (Batuhan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750-1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat, dan batuan lunak	350-750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175-350	15-50	50-100

Sumber : SNI 1726-2012

2.8.3 Koefisien-koefisien situs dan paramater-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER)

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCE_R di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek (F_a) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{MS}) dan perioda 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a S_S \dots\dots\dots 2.1$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan :

S_S = parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk perioda pendek

S_1 = parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk perioda 1,0 detik

Tabel 2.8 Koefisien situs, Fa

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s 0,25$	$S_s 0,5$	$S_s 0,75$	$S_s 1,0$	$S_s 1,25$
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				

Sumber : SNI 1726-2012

Tabel 2.9 Koefisien situs Fv

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) Terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

Sumber : SNI 1726-2012

2.8.4 Parameter percepatan spektral desain

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, S_{DS} dan pada perioda 1 detik, S_{D1} , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots\dots\dots 2.1$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots\dots\dots 2.2$$

2.8.5 Spektrum respons Desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 1 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_O , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan;

$$S_a = S_{DS}(0,4 + 0,6) \frac{T}{T_O} \dots\dots\dots 2.3$$

2. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_O dan lebih kecil dari atau sama dengan S_T , spektrum respons percepatan desain S_a , sama dengan S_{DS} ;

3. Untuk perioda lebih besar dari S_T , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan :

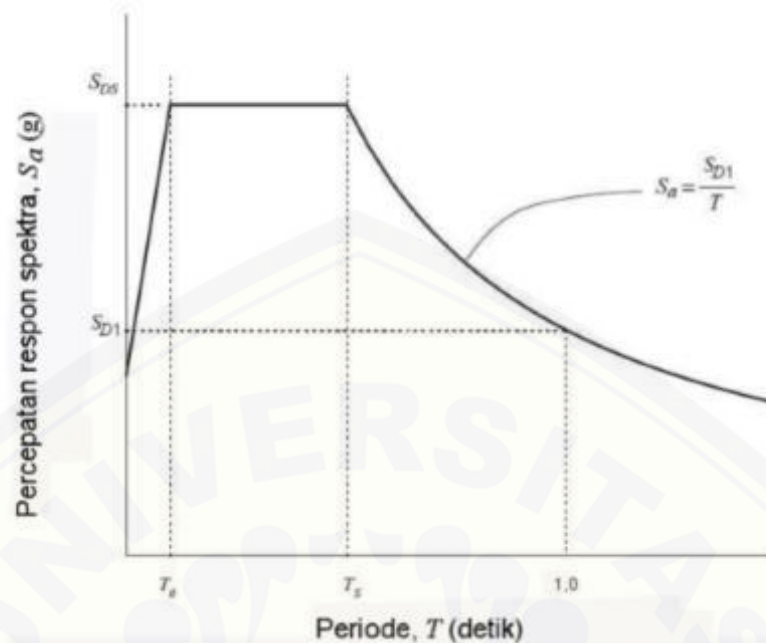
S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda pendek

S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada perioda 1 detik

T = perioda getar fundamental struktur

$$T_O = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots 2.5$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots 2.6$$



Gambar 2.2 Spektrum Respons Desain (Sumber : SNI 1726-2012 hal 23)

2.9 Respon Struktur

Respon struktur merupakan respon yang diberikan oleh struktur sebagai akibat adanya beban yang diberikan pada struktur. Respon struktur mencakup akibat secara langsung pada struktur seperti deformasi serta reaksi terhadap gaya dalam struktur. Untuk itu, elemen-elemen struktur harus direncanakan dengan sebaik mungkin agar tidak mengalami keruntuhan. Gaya dalam merupakan suatu respon yang diberikan oleh struktur terhadap gaya luar atau pembebanan yang terjadi. Gaya dalam ini sendiri dapat dibagi menjadi tiga bagian, yakni :

1. Gaya Aksial

Jika respon yang diberikan sejajar dengan sumbu lokal utama suatu elemen struktur.

2. Gaya Geser

Jika respon yang diberikan tegak lurus dengan sumbu lokal utama suatu elemen struktur.

3. Momen

Jika respon yang diberikan berupa rotasi yang arahnya tegak lurus dengan sumbu lokal utama suatu elemen struktur.

2.10 Persyaratan Untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

2.10.1 Komponen Struktur Lentur pada SRPMK (SNI 2847:2013 pasal 21.5)

Lingkup Komponen struktur lentur pada SRPMK harus memenuhi syarat-syarat dibawah ini:

1. Gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur, P_u tidak boleh melebihi $A_g f'_c / 10$.
2. Bentang bersih komponen struktur, l_n tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.
3. Lebar komponen b_w tidak boleh kurang dari yang lebih kecil dari 0,3h dan 250 mm.
4. Lebar komponen struktur b_w , tidak boleh melebihi lebar komponen struktur penumpu, c_2 , ditambah suatu jarak pada masing-masing sisi komponen struktur penumpu yang am dengan yang lebih kecil dari a) dan b)
 - a. Lebar komponen struktur penumpu c_2
 - b. 0.75 kali dimensi keseluruhan komponen struktur penumpu c_1 .

2.10.2 Tulangan Longitudinal

1. Pada setiap irisan penampang komponen struktur lentur:
 - a. Jumlah tulangan tidak boleh kurang dari

$$A_{smin} = \frac{0,25\sqrt{f_c}}{f_y} b_w \cdot d \dots\dots\dots 2.7$$
 - b. Tidak boleh kurang dari $1,4b_w d / f_y$
 - c. Rasio tulangan ρ tidak boleh melebihi 0,025.
 - d. Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah.
2. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negatif yang disediakan pada muka joint tersebut. Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sebarang penampang sepanjang-

panjang komponen struktur tidak boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu dari joint tersebut.

3. 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:
 - 1) Dalam joint.
 - 2) Dalam jarak dua kali tinggi komponen struktur dari muka joint.
 - 3) Bila analisis menunjukkan pelelehan lentur diakibatkan oleh perpindahan lateral inelastis rangka.

2.10.3 Tulangan Tansversal

1. Sengkang harus dipasang pada daerah komponen struktur rangka berikut:
 - a. Sepanjang suatu panjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur yang diukur dari muka komponen struktur penumpu kearah tengah bentang, dikedua ujung komponen struktur lentur
 - b. Sepanjang panjang-panjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur pada kedua sisi suatu penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi dalam hubungan dengan perpindahan lateral inelastis rangka.
2. Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari :
 - 1) $d/4$
 - 2) Enam kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama tidak termasuk tulangan kulit longitudinal
 - 3) 150 mm
3. Bila sengkang tertutup diperlukan, batang tulangan lentur utama yang terdekat kemuka tarik dan tekan harus mempunyai tumpuan lateral. Spasi

tulangan lentur yang tertumpu secara transversal tidak boleh melebihi 350 mm.

4. Bila sengkang tetrutup tidak diperlukan, sengkang dengan kait gempa pada kedua ujung harus dispasikan dengan jarak tidak lebih dari $d/2$ sepanjang panjang komponen struktur.
5. Sengkang atau pengikat yang diperlukan untuk menahan geser harus berupa sengkang sepanjang panjang komponen struktur dalam point 1.

2.10.4 Persyaratan Kekuatan Geser

1. Gaya Desain

Gaya desain V_e harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka-muka joint. Harus diasumsikan bahwa momen-momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin M_{pr} , bekerja pada muka-muka joint dan bahwa komponen struktur dibebani dengan beban gravitasi tributari terfaktor sepanjang bentangnya.

2. Tulangan Transversal

Tulangan transversal sepanjang panjang yang didefinisikan harus diproposisikan untuk menahan geser yang mengasumsikan $V_c = 0$ bila mana keduanya terjadi:

- a. Gaya geser yang ditimbulkan gempa yang dihitung sesuai dengan gaya rencana mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam panjang tersebut.
- b. Gaya tekan aksial terfaktor P_u termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f_c' / 20$.

2.10.5 Komponen Struktur Rangka Momen Khusus yang Dikenai Beban Lentur dan Aksial (SNI 2847:2013 pasal 21.6)

Persyaratan ini berlaku untuk komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan yang menahan gaya tekan aksial terfaktor P_u akibat sebarang kombinasi beban yang melebihi $A_g f_c' / 10$.

1. Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm.
2. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0.4.

2.10.6 Kekuatan Lentur Minimum Kolom

Kekuatan lentur kolom harus memenuhi sebagai berikut :

- a. Arah gaya geser V_e tergantung pada besaran relatif beban gravitasi dan geser dihasilkan oleh momen-momen ujung.
- b. Momen-momen ujung M_{pr} berdasarkan pada tegangan tarik baja sebesar $1,25 f_y$ adalah kekuatan leleh yang ditetapkan (kedua momen ujung harus ditinjau dalam dua arah, searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam).
- c. Momen ujung M_{pr} untuk kolom tidak perlu lebih besar dari momen-momen yang dihasilkan oleh M_{pr} balok-balok yang merangka ke dalam joint balok-kolom. V_e tidak boleh kurang dari yang disyaratkan oleh analisis struktur.

2.10.7 Tulangan Memanjang

1. Luas tulangan memanjang A_{st} tidak boleh kurang dari $0.01A_g$ atau lebih dari $0.06A_g$.
2. Pada kolom dengan sengkang tertutup bulat, jumlah batang tulangan longitudinal minimum harus 6
3. Sambungan lewatan diizinkan hanya dalam setengah pusat panjang komponen struktur, harus didesain sebagai sambungan lewatan tarik dan harus dilingkupi dalam tulangan transversal.

2.10.8 Tulangan Transversal

- a. Tulangan transversal harus dipasang sepanjang panjang l_o dari setiap muka joint dan pada kedua sisi sebarang penampang dimana pelelehan

lentur sepertinya terjadi sebagai akibat dari perpindahan lateral inelastis rangka. Panjang l_0 tidak boleh kurang dari yang terbesar dari :

- a. Tinggi komponen struktur pada muka atau pada penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi
 - b. Seperenam bentang bersih komponen struktur
 - c. 450 mm
- b. Tulangan transversal harus disediakan dengan salah satu dari spiral tunggal atau saling tumpuk , sengkang bulat atau sengkang persegi dengan atau tanpa pengikat silang. Pengikat silang dengan ukuran bentang tulangan yang sama atau yang lebih kecil seperti begelnya diizinkan. Setiap ujung pengikat silang harus memegang batang tulangan longitudinal terluar. Pengikat silang yang berurutan harus diseling ujung-ujungnya sepanjang tulangan longitudinal. Spasi pengikat silang atau kaki-kaki sengkang persegi h_x , dalam penampang komponen struktur tidak boleh melebihi 350 mm kepusat.
- c. Spasi tulangan transversal sepanjang panjang l_0 komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari

- a. Seperempat dimensi komponen struktur minimum
- b. Enam kali diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil
- c. S_o seperti persamaan dibawah :

$$S_o = 100 + \left(\frac{35}{3} - \frac{h_x}{3} \right) \dots \dots \dots 2.8$$

Nilai S_o tidak boleh melebihi 150 mm dan tidal perlu diambil kurang dari 100 mm.

- d. Jumlah tulangan transversal yang disyaratkan harus disediakan kecuali bila jumlah yang lebih besar. Syarat tersebut:

- a. Rasio volume tulangan spiral atau sengkang bulat ρ_s tidak boleh kurang dari :

$$\rho_s = 0,12 \left(\frac{f_c'}{f_{yt}} \right) \dots \dots \dots 2.9$$

dan tidak boleh kurang dari :

$$\rho_s = 0,45 \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right] \cdot \frac{f_c}{f_y} \dots \dots \dots 2.10$$

- b. Luas penampang total tulangan sengkang persegi Ash tidak boleh kurang dari yang disyaratkan:

$$Ash = \frac{0,3sbcfc'}{fyt} \left(\frac{Ag}{Ach} \right) - 1 \dots\dots\dots 2.11$$

$$Ash = \frac{0,09sbcfc'}{fyt} \dots\dots\dots 2.12$$

- e. Diluar panjang l_o kolom harus mengandung tulangan spiral atau sengkang dengan spasi pusat ke pusat s tidak melebihi yang lebih kecil dari enam kali diameter batang tulangan kolom longitudinal terkecil dan 150 mm.
- f. Kolom menumpu reaksi dari komponen struktur kaku yang tak menerus seperti dinding, harus memenuhi :
- a. Tulangan transversal harus disediakan sepanjang tinggi keseluruhan pada semua tingkat di bawah diskontinuitas jika gaya tekan aksial terfaktor pada komponen struktur ini berhubungan dengan pengaruh gempa, melebihi $Agfc'/10$. Bilamana gaya desain telah diperbesar untuk memperhitungkan kekuatan lebih elemen vertikal sistem penahanan gaya gempa, batasan $Agfc'/10$ harus ditingkatkan menjadi $Agfc'/4$.
 - b. Tulangan transversal harus menerus ke dalam komponen struktur tank menerus paling sedikit sejarak sama dengan l_d , dimana l_d untuk batang tulangan kolom longitudinal terbesar. Bilamana ujung bawah kolom berhenti pada suatu dinding, tulangan transversal perlu harus menerus ke dalam dinding paling sedikit l_d dari batang tulangan kolom longitudinal terbesar di titik pemutusan. Bilamana kolom berhenti pada pondasi tapak (footing), setempat, atau penutup tiang pondasi, tulangan transversal perlu harus menerus paling sedikit 300 mm ke dalam fondasi tapak, setempat atau penutup tiang fondasi.
- g. Bila selimut beton di luar tulangan transversal pengekang melebihi 100 mm, tulangan transversal tambahan harus disediakan. Selimut beton untuk tulangan transversal tambahan tidak boleh melebihi 300 mm.

2.10.9 Persyaratan Kekuatan Geser

Berikut ini adalah persyaratan kekuatan geser antara lain:

1. Gaya geser desain

V_e harus ditentukan dari peninjauan terhadap gaya-gaya maksimum yang dapat dihasilkan di muka-muka joint disetiap ujung komponen struktur. Gaya-gaya joint ini harus ditentukan menggunakan kekuatan momen maksimum yang mungkin M_{pr} disetiap ujung komponen struktur yang berhubungan dengan rentang dari beban aksial terfaktor P_u yang bekerja pada momen struktur. Geser komponen struktur tidak perlu melebihi yang ditentukan dari kekuatan joint berdasarkan pada M_{pr} komponen struktur transversal yang merangka kedalam joint. Dalam semua kasus V_e tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan oleh analisis struktur.

2. Tulangan Transversal

Tulangan transversal sepanjang panjang l_o yang diidentifikasi harus diproposisikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_c = 0$ bilamana terjadi :

- a. Gaya geser ditimbulkan gempa, yang dihitung mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam l_o
- b. Gaya tekan aksial terfaktor P_u termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f_c' / 10$.

2.11 Persyaratan Untuk Sistem Dinding Struktur

Persyaratan penulangan pada dinding struktur khusus yang merupakan elemen penahan beban lateral pada sistem rangka gedung maupun sistem ganda diatur dalam SNI 2847-2013 pasal 21.9. Berikut beberapa hal yang harus diperhatikan:

1. Nilai ρ_l dan ρ_t tidak boleh kurang dari 0,0025 kecuali V_u tidak melebihi $0,083\lambda A_c v \sqrt{f_c'}$
2. Paling sedikit dua tirai digunakan jika V_u melebihi $0,17\lambda A_c v \sqrt{f_c'}$
3. V_u didapatkan dari analisis beban lateral sesuai kombinasi beban terfaktor

4. V_n dinding struktur tidak boleh melebihi

$$V_n = A_c v (\alpha c \lambda \sqrt{f_c'} + \rho t f_y) \dots\dots\dots 2.13$$

Dimana:

$$\alpha c = 0,25 \text{ untuk } h_w/l_w \leq 1,5$$

$$\alpha c = 0,17 \text{ untuk } h_w/l_w \geq 2,0$$

$$0,25 \leq \alpha c \leq 0,17 \text{ untuk } 1,5 \leq h_w/l_w \leq 2,0$$

5. Semua segmen dinding vertikal yang menahan gaya lateral yang sama,

$$V_n \leq 0,66 A_c v \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots 2.14$$

Diman:

$A_c v$ = luas kombinasi bruto dari semua segmen dinding vertikal.

6. Salah satu dari segmen dinding vertikal individu,

$$V_n \leq 0,83 A_c w \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots 2.15$$

Dimana:

$A_c w$ = luas penampang beton dari segmen dinding vertikal individu yang ditinjau.

7. Segmen dinding horizontal,

$$V_n \leq 0,83 A_c w \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots 2.16$$

Dimana:

$A_c w$ = luas penampang beton suatu segmen dinding horizontal.

2.12 Perhitungan Perencanaan

Dalam perhitungan perencanaan ini menggunakan pedoman SNI 2817-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, antara lain:

2.12.1 Perencanaan Balok

Langkah-langkah penulangan lentur balok yaitu:

- a. Menentukan asumsi awal dimensi balok. (Vis dan Kusuma,1997)

$$h \text{ balok induk} = \frac{L}{16} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right)$$

$$h \text{ balok anak} = \frac{L}{21} \left(0,4 + \frac{f_y}{700} \right) \dots\dots\dots 2.17$$

$$b \text{ min} = \frac{1}{2} h \text{ dan } b \text{ maks} = \frac{2}{3} h \dots\dots\dots 2.18$$

Dimana:

h = tinggi balok

b = lebar balok

l = panjang bentang

b. Menghitung rasio tulangan

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d} \dots\dots\dots 2.19$$

$$\omega = 0,85 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 \cdot R_n}{f_c'}}\right) \dots\dots\dots 2.20$$

$$\rho_{hit} = \omega \cdot \frac{f_c'}{f_y} \dots\dots\dots 2.21$$

c. Menghitung luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots 2.22$$

$$A_s' = \frac{1}{2} \cdot A_s \dots\dots\dots 2.23$$

d. Memeriksa syarat rasio tulangan

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots 2.24$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \frac{\beta \cdot f_c'}{f_y} \cdot 0,85 \frac{600}{600 + f_y} \dots\dots\dots 2.25$$

2.12.2 Penulangan Torsi

Langkah-langkah perencanaan penulangan torsi sebagai berikut:

a. Periksa kecukupan dimensi terhadap beban geser lentur dan puntir

1. Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$A_{cp} = b \cdot h \dots\dots\dots 2.26$$

2. Perimeter luar irisan penampang beton A_{cp}

$$P_{cp} = 2(b + h) \dots\dots\dots 2.27$$

3. Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$A_{oh} = (b - 2 \cdot t_s - \phi_{geser}) \cdot (h - 2 \cdot t_s - \phi_{geser}) \dots\dots\dots 2.28$$

4. Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$P_h = 2[(b - 2 \cdot t_s - \phi_{geser}) + (h - 2 \cdot t_s - \phi_{geser})] \dots\dots\dots 2.29$$

b. Momen Puntir Nominal

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} \dots\dots\dots 2.30$$

- c. Pengaruh puntir dapat diabaikan apabila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada:

$$T_u \text{ min} = \phi \times 0,083\lambda\sqrt{f_c} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \dots\dots\dots 2.31$$

$$T_u \text{ max} = \phi \times 0,33\lambda\sqrt{f_c} \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \dots\dots\dots 2.32$$

- d. Cek pengaruh momen puntir

$T_u \text{ min} > T_u \rightarrow$ tidak memerlukan tulangan puntir

$T_u \text{ min} < T_u \rightarrow$ memerlukan tulangan puntir

- e. Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.3.7 direncanakan dengan persamaan berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{s} \times Ph \times \frac{f_{yt}}{f_y} \times \cot^2 \phi \dots\dots\dots 2.33$$

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times f_{yt}}{s} \times \cot \phi \dots\dots\dots 2.34$$

- f. Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan:

$$A_l \text{ min} = \frac{0,42 \times \sqrt{f_c} \times A_{cp}}{f_y} - \frac{A_t}{s} \times Ph \times \frac{f_{yt}}{f_y} \dots\dots\dots 2.35$$

Syarat:

$A_l \text{ perlu} \leq A_l \text{ min} \rightarrow$ maka gunakan $A_l \text{ min}$

$A_l \text{ perlu} \geq A_l \text{ min} \rightarrow$ maka gunakan $A_l \text{ perlu}$

- g. Penulangan torsi

$$n = \frac{1/2 \cdot A_l}{\text{Luas D puntir}} \dots\dots\dots 2.36$$

2.12.3 Perencanaan Kolom

Langkah-langkah perencanaan penulangan kolom sebagai berikut:

a. Mencari Kekakuan Kolom

1. Elastisitas beton

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots 2.37$$

2. Inersia kolom

$$I_k = \frac{1}{2} b \cdot h^3 \dots\dots\dots 2.38$$

3. Koefesien beton

$$\beta_d = \frac{1,2D}{1,2D+1,6L} \dots\dots\dots 2.39$$

4. Elastisitas kolom

$$E_{ik} = \frac{E_c \cdot I_k}{2,5 (1+\beta_d)} \dots\dots\dots 2.40$$

5. Inersia balok

$$I_b = \frac{1}{2} b \cdot h^3 \dots\dots\dots 2.41$$

6. Elastisitas balok

$$E_{ib} = \frac{E_c \cdot I_b}{2,5 (1+\beta_d)} \dots\dots\dots 2.42$$

7. Nilai koefesien kekakuan

$$\varphi_A = \varphi_B = \frac{E_{ik}/L_k}{E_{ib}/L_b} \dots\dots\dots 2.43$$

Dari φ_A dan φ_B diplotkan kedalam nomogram struktur bergoyang yang akan menghasilkan nilai K atau kekakuan struktur.

8. Menentukan tipe kolom

$$\frac{K \cdot L_u}{r} < 22 \dots\dots\dots 2.44$$

Maka kolom termasuk kolom pendek dan tidak memerlukan perbesaran momen.

Dimana:

L_u = lebar bersih kolom

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \dots\dots\dots 2.45$$

9. Perhitungan rasio penulangan kolom

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g} \dots\dots\dots 2.46$$

10. Pemeriksaan Kapasitas Kolom

Mencari tulangan kolom dengan cara mencoba menggunakan kebutuhan tulangan 1% - 3% luas dari penampang kolom ($A_s = 1\% - 3\%$) dan memeriksa bahwa $P_u < \phi P_n$

$$P_n = 0,85 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f_c \cdot (A_g - A_{st}) + (f_y \cdot A_{st})) \dots\dots\dots 2.47$$

11. Mencari kebutuhan tulangan geser

Perencanaan ini dilakukan dengan membandingkan besarnya gaya geser nominal (V_n) dengan gaya geser beton (V_c). Apakah $V_n > V_c$ maka perlu diperhitungkan tulangan geser yang dibutuhkan dan apabila $V_n < V_c$ maka tidak perlu diperhitungkan tulangan geser yang dibutuhkan namun dipakai tulangan praktis.

Gaya geser yang dapat diterima oleh beton

$$V_c = 0,167 \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots 2.48$$

Gaya geser nominal yang dibutuhkan dengan membaginya dengan ϕ

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} \dots\dots\dots 2.49$$

Gaya geser yang akan diterima oleh sengkang

$$V_s = (V_u - \phi V_c) / \phi \dots\dots\dots 2.50$$

Jarak tulangan sengkang dengan melakukan pemilihan dimensi sengkang secara coba-coba

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \dots\dots\dots 2.51$$

$$s \leq 48 \times \text{diameter sengkang} \dots\dots\dots 2.52$$

$$s \leq 16 \times \text{diameter tulangan memanjang} \dots\dots\dots 2.53$$

$$s \leq \text{lebar kolom terkecil} \dots\dots\dots 2.54$$

*diambil S terkecil.

2.13 Detail Tulangan

2.13.1 Kait Standar

- Bengkokan 180 derajat ditambah perpanjangan **4db**, tapi tidak kurang dari 65 mm, pada ujung bebas batang tulangan.

- b. Bengkokan 90 derajat ditambah perpanjangan **12db** pada ujung bebas batang tulangan.
- c. Untuk sengkang dan kait pengikat:
 1. Batang tulangan D-16 dan yang lebih kecil, bengkokan 90 derajat ditambah perpanjangan **6db** pada ujung bebas batang tulangan
 2. Batang tulangan D-19, D-22, dan D-25, bengkokan 90 derajat ditambah perpanjangan **12db** pada ujung bebas batang tulangan
 3. Batang tulangan D-25 dan yang lebih kecil, bengkokan 135 derajat ditambah perpanjangan **6db** pada ujung bebas batang tulangan.

2.13.2 Diameter Bengkokan Minimum

Diameter bengkokan yang diukur pada bagian batang tulangan. Diameter dalam bengkokan untuk sengkang dan pengikat tidak boleh kurang dari **4db**, untuk batang tulangan D-16 dan yang lebih kecil. Diameter bengkokan harus sesuai dengan Tabel 2.10, untuk batang tulangan yang lebih besar dari D-16. Diameter dalam bengkokan pada tulangan kawat las untuk sengkang dan pengikat tidak boleh kurang dari **4db** untuk kawat ulir yang lebih besar dari D-7 dan **2db** untuk semua kawat lain. Bengkokan dengan diameter dalam kurang dari **8db** tidak boleh kurang dari **4db** dari persilangan las yang terdekat.

Tabel 2.10 Diameter Minimum Bengkokan

Ukuran Batang Tulangan	Diameter Minimum
D-10 sampai D-25	6db
D-29, D-23, dan D-36	8db
D-44 dan D-56	10db

Sumber: SNI 2847-2013

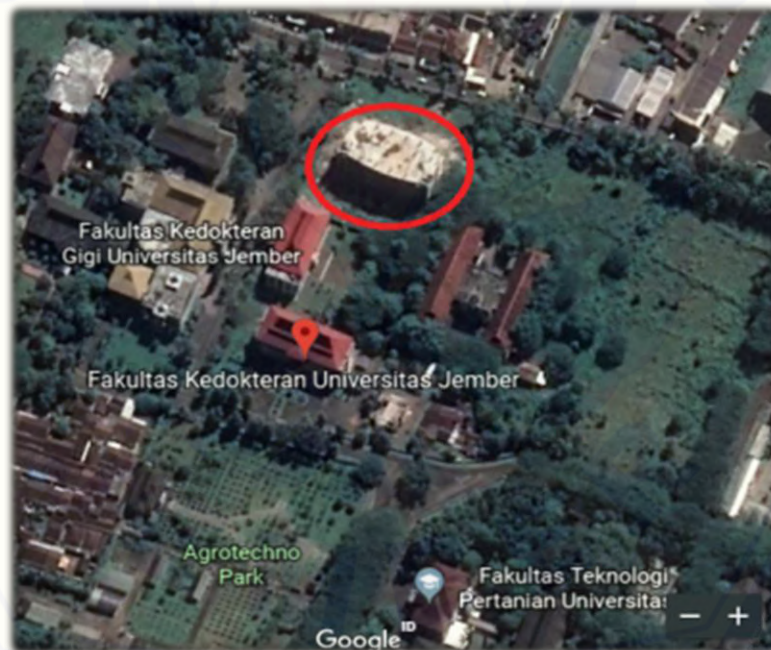
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lingkup Penelitian

Perencanaan ulang gedung Fakultas Kedokteran yang berfungsi sebagai gedung kuliah di Universitas Jember ini meliputi perencanaan struktur atas yaitu balok, kolom, dan dinding geser. Selain itu pada perencanaan kali ini jumlah lantai yang awalnya terdiri 5 lantai direncanakan ulang menjadi 8 lantai. Material yang digunakan untuk gedung ini adalah beton bertulang.

3.2 Lokasi Penelitian

Gedung baru Fakultas Kedokteran ini terletak di jalan Kalimantan 37 Kampus Bumi Tegal Boto, kecamatan Sumpalsari, kabupaten Jember, dan provinsi Jawa Timur.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Gedung baru Fakultas Kedokteran di Universitas Jember
(Sumber : Google earth)

3.3 Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data yang diperlukan dalam perencanaan ulang struktur gedung, yaitu :

- a. Studi Literatur yang digunakan dalam mengerjakan Tugas ini antara lain:
 - d. SNI 03-2847-2013 tentang Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.
 - e. SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung.
 - f. SNI 1727-2013 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung.
 - g. Jurnal - jurnal yang berkaitan dengan perhitungan struktur tahan gempa dan bangunan bertingkat.
- b. Pemilihan Kriteria Design
 1. Data yang didapat akan dirancang dengan menggunakan sistem ganda; Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Dinding Struktural (SDS).
 2. Data-data yang perlu diketahui antara lain :
 - a) jumlah lantai : 5 Lantai
 - b) Luas Bangunan : 48 x 28 m²
 - c) Tinggi tiap lantai : 5,10 m
 - d) Fungsi Bangunan : Gedung Perkuliahan
 - e) lokasi bangunan : Jember
 - f) Struktur bangunan : Beton Bertulang
 - g) Mutu beton, f'c : 30 Mpa
 - h) Mutu baja deform, fy : 400 Mpa
 - i) Mutu baja Polos, fu : 240 Mpa
 - j) Kelas Situs : Tanah lunak
 - k) Tinggi Gedung : 26,67 m

3.4 Waktu Perencanaan

Waktu perencanaan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dimulai pada tanggal 31 Agustus 2018 sampai selesai.

3.5 Tahapan Penelitian

Adapun tahap-tahap penelitian dalam perencanaan ulang gedung Fakultas Kedokteran di Universitas Jember, antara lain :

1. Tahap Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data-data gedung baru Fakultas Kedokteran di Universitas Jember. Data-data tersebut meliputi : lokasi gedung, dimensi struktur, mutu beton, jumlah lantai, dimensi gedung, dimensi kolom, dimensi balok, dan fungsi bangunan.

2. *Preliminary Design*

Dalam merencanakan struktur gedung, harus dilakukan *preliminary design* terlebih dahulu untuk merencanakan dimensi elemen-elemen struktur, menentukan mutu, dan material.

3. Perhitungan Pembebanan

Perhitungan pembebanan sesuai dengan peraturan pada SNI 03-2847-2013 tentang Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung, dan SNI 1727-2013 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung. Pembebanan yang digunakan meliputi:

- a. Beban Mati

Tahap pembebanan ini untuk menghitung nilai beban-beban yang akan dipikul oleh struktur berdasarkan SNI 1727-2013.

- b. Beban Hidup

Tahap pembebanan ini diakibatkan oleh penggunaan dalam gedung atau barang-barang yang sifatnya dapat berpindah tempat. Bban tersebut akan dimasukkan diperhitungan struktur berdasarkan SNI 1727-2013.

- c. Beban Gempa

Beban ini diperhitungkan sesuai SNI 1726-2012, selain itu analisis beban gempa dihitung dengan metode analisis respon spektrum. Adapun gempa yang dipakai adalah zona gempa 4 karena bangunan Fakultas Kedokteran yang berfungsi sebagai gedung kuliah ini berlokasi di Jember.

4. Pemodelan Struktur

Pada tahap ini gedung yang ditinjau akan direncanakan sistem struktur dengan metode Sistem ganda, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Dinding Struktural (SDS). Setelah itu, Perhitungan dalam merencanakan struktur ini menggunakan program bantu komputer yaitu pemodelan SAP untuk mendapat gaya-gaya dalam (gaya aksial, gaya geser, dan momen) yang terjadi pada struktur bangunan.

5. Validasi SAP

Tahap ini dilakukan pembuktian terhadap gaya aksial, gaya geser, momen yang didapat dari perhitungan SAP tersebut sudah benar. Apabila hasilnya tidak memenuhi maka perlu diulang kembali pada tahap pemodelan struktur.

6. Analisis Struktur

Tahap ini dilakukan analisis gaya-gaya dalam terhadap dimensi elemen struktur yang sudah direncanakan. Apabila perhitungan sudah benar maka dilanjutkan pada perhitungan untuk penulangan.

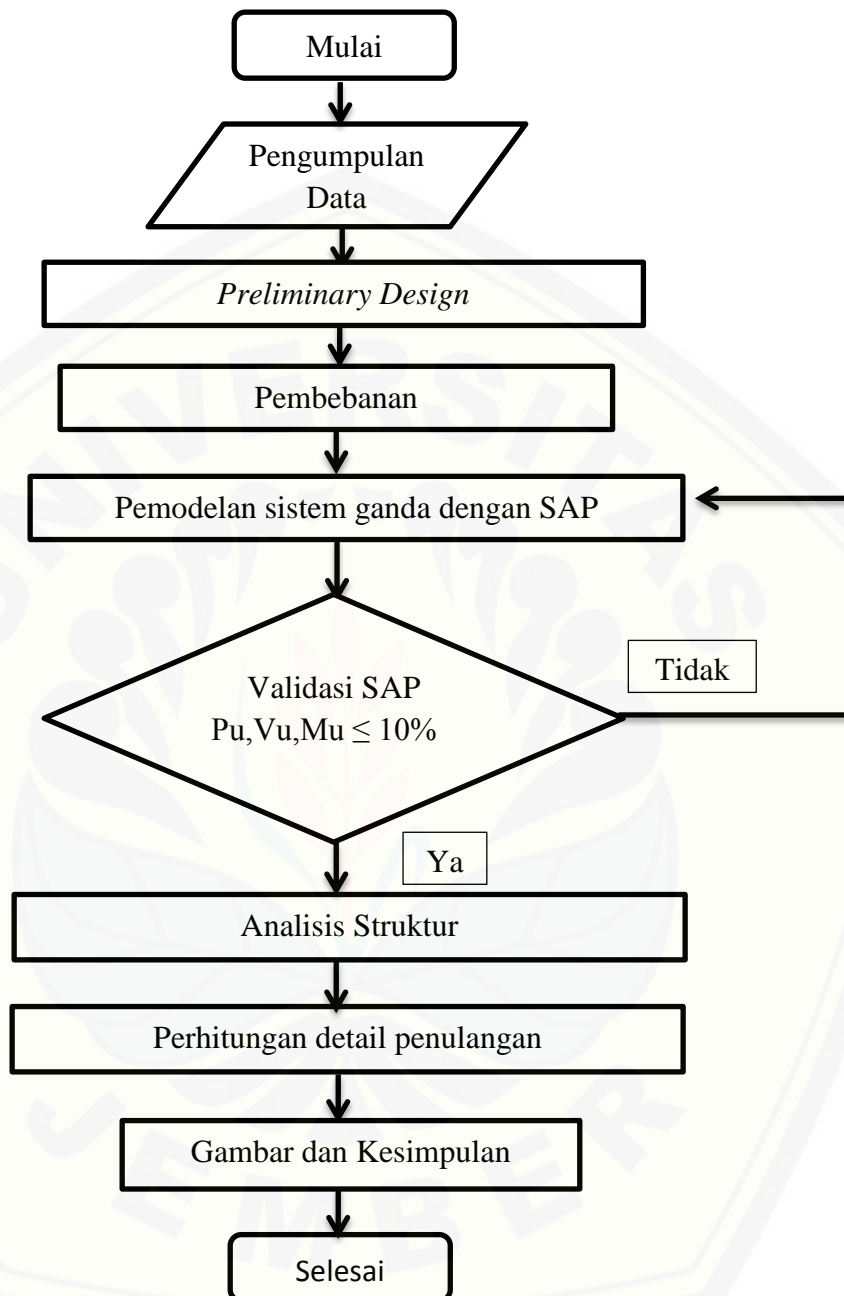
7. Perhitungan Detail Penulangan

Perhitungan tulangan terdiri dari perhitungan tulangan untuk balok, kolom, dan dinding geser.

8. Gambar dan Kesimpulan

Berisi tentang gambar denah struktur dan gambar detail penulangan dan kesimpulan yang merupakan hasil dari perencanaan ulang.

3.6 Alur Penelitian



Gambar 3.2 *Flowchart*

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan struktur dalam penyusunan Tugas Akhir “Perencanaan Struktur Bangunan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Dinding Struktural (Sistem Ganda)” sehingga diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Didapatkan *preliminary design* Balok Induk tipe 40/70, tipe 35/70, dan tipe 30/50. Kemudian Balok Anak tipe 30/60, tipe 30/50, dan tipe 25/45.
- Didapatkan desain pelat lantai dan pelat atap dengan ketebalan 120 mm, dan direncanakan tulangan atas (As) adalah $\emptyset 10-125$ ($6,28 \text{ cm}^2$) dan tulangan bagi (As') adalah $\emptyset 10-200$ ($3,93 \text{ cm}^2$).
- Didapatkan desain pelat tangga dan pelat bordes dengan ketebalan 185 mm, dan direncanakan tulangan atas (As) adalah $\emptyset 12-50$ ($22,62 \text{ cm}^2$) dan tulangan bawah (As') adalah $\emptyset 10-200$ ($3,93 \text{ cm}^2$).
- Didapatkan desain balok anak sebagai berikut:

Tipe	Momen	Tulangan Atas	Tulangan Torsi	Tulangan Bawah	Tulangan geser
Balok 25/45	Tumpuan	5-D16	-	3-D16	$\emptyset 10-150$
	Lapangan	3-D16		5-D16	$\emptyset 10-200$
Balok 30/60	Tumpuan	6-D16	2 D13	4-D16	$\emptyset 10-100$
	Lapangan	4-D16		6-D16	$\emptyset 10-150$
Balok 30/50	Tumpuan	5-D16	2 D13	3-D16	$\emptyset 10-100$
	Lapangan	3-D16		5-D16	$\emptyset 10-150$
Balok 20/25	Tumpuan	3-D16	-	2-D16	$\emptyset 10-100$
	Lapangan	2-D16		3-D16	$\emptyset 10-150$

- Didapatkan desain balok induk sebagai berikut:

Tipe	Momen	Tulangan Atas	Tulangan Torsi	Tulangan Bawah	Tulangan geser
Balok 30/50	Tumpuan	5-D16	-	3-D16	$\emptyset 10-90$
	Lapangan	3-D16		5-D16	$\emptyset 10-120$
Balok 35/70	Tumpuan	8-D16	4 D13	4-D16	$\emptyset 10-90$
	Lapangan	4-D16		8-D16	$\emptyset 10-120$
Balok 40/70	Tumpuan	6-D16	-	3-D16	$\emptyset 10-90$
	Lapangan	3-D16		6-D16	$\emptyset 10-120$

f. Didapatkan desain kolom sebagai berikut:

Tipe	Posisi	Tulangan Pokok	Tulangan geser	Jumlah Tulangan Ties		
K1 80/80	Ujung	16 D 25	Ø12-100	Arah x	3	5Ø12-100
	Tengah		Ø12-150	Arah y	2	5Ø12-150
K2 70/70	Ujung	12 D 25	Ø12-100	Arah x	2	4Ø12-100
	Tengah		Ø12-150	Arah y	2	4Ø12-150
K3 65/65	Ujung	12 D 22	Ø12-100	Arah x	2	4Ø12-100
	Tengah		Ø12-130	Arah y	2	4Ø12-130
K4 50/60	Ujung	16 D 19	Ø12-100	Arah x	2	5Ø12-100
	Tengah		Ø12-150	Arah y	3	5Ø12-150

g. Didapatkan desain balok lift tipe 40/40 sebagai berikut:

Tipe	Momen	Tulangan Atas	Tulangan Bawah	Tulangan geser
Balok 40/40	Tumpuan	8-D19	4-D19	Ø10-50
	Lapangan	4-D19	8-D19	Ø10-60

h. Didapatkan desain dinding geser dengan ketebalan 350 mm sebagai berikut:

Dinding Geser	Panjang (mm)	Tulangan Longitudinal	Tulangan Transversal	Boundary element
Arah x	2900	32-D22	2D16-250	3D13-100
		(12383 mm ²)	(402 mm ²)	(398 mm ²)
Arah y	2400	30-D22	2D19-300	3D13-100
		(11592 mm ²)	(567 mm ²)	(398 mm ²)

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penyusunan Tugas Akhir ini terdapat beberapa saran yang dapat penulis sampaikan sebagai berikut:

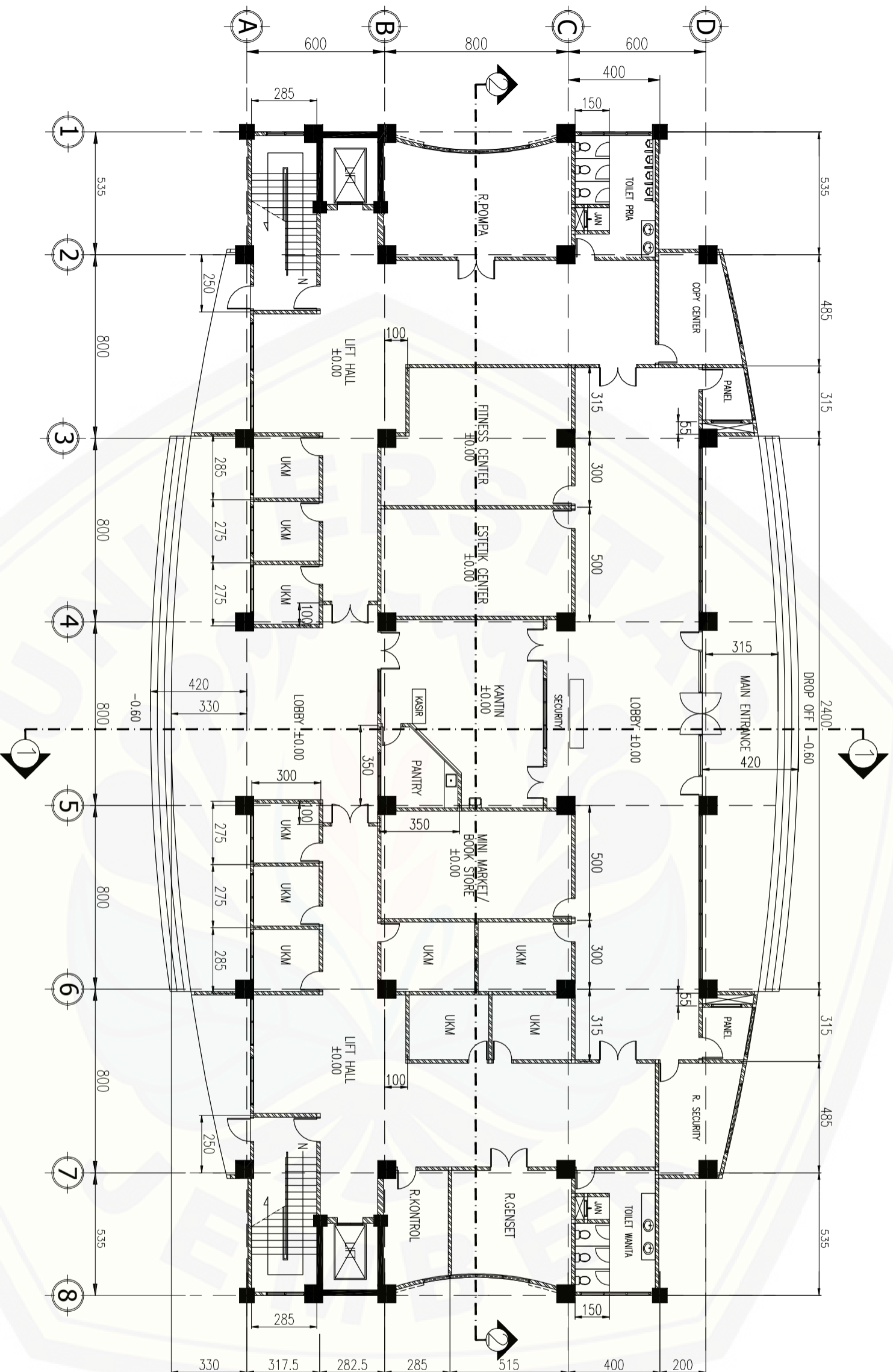
- Dalam merencanakan struktur gedung apabila mendesain struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRMPK) dan terdapat dinding geser dalam bangunan tersebut maka perencana harus sadar untuk menggunakan Sistem Ganda.
- Dalam penggunaan program bantu struktur SAP 2000 dapat diganti dengan menggunakan program ETABS, karena dalam mendesain dinding geser lebih mudah dioperasikan dan hasil outputnya lebih detail apabila menggunakan program ETABS.

DAFTAR PUSTAKA

- Ansyori R. 2017. *Disain Elemen Struktur Bangunan Bertingkat Dengan Sistem Ganda ; Sistem Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Dan Sistem Dinding Khusus*. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik Sipil Universitas Andalas : Padang
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 2847-2013* . Bandung: ICS.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727-2013* . Bandung: ICS.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, SNI 1726-2012* . Jakarta: BSN.
- Faizah S. 2017. *Studi Perbandingan Desain Struktur Menggunakan Sistem Rangka Gedung dengan Sistem Ganda Sesuai SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013*. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Instituti Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya : Surabaya.
- Hardianto. A B, Hanintyo, Himawan. I, dan I. Nurhuda. 2014. Perencanaan Struktur Gedung Kuliah Di Yogyakarta. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, Hal 1056 – 1068.
- Hanggoro. B, Iranata. D, dan S. Ananta. 2012. Perancangan Modifikasi Struktur Gedung Apartemen Pandan Wangi Dengan Menggunakan Sistem Ganda Untuk Dibangun Di Bengkulu. *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 1, No.1, Hal 1–6.
- Kariso. P H, Servie. O, Dapas, dan R. Pandaleke. 2018. Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 6, No.6, Hal 361– 372.
- Naratama, Sutarja. I N, dan I W. Dana. 2014. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Bertingkat Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, Vol. 18, No.1.
- Prasakti. A T, Marciano. S, Tudjono. S, dan R Y. Adi. 2017. Redesain Struktur Gedung Rawat Inap RSUD Kabupaten Temanggung. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, Vol. 6, No.1, Hal 385– 392.

Rudiatmoko, Wiryasa, dan Budiawati. Perancangan Struktur Gedung Beton Bertulang Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Dengan RSNI 03-1726-Xxxx. *Jurnal Ilmiah Elektronik Infrastruktur Sipil*, Hal 1–9.





DENAH LANTAI 1
SKALA 1:200



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK
JURISAN TEKNIK SIPIL (S1)
Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Boko Krok Pos 159 Jember 68121
Telepon: (0331) 489977*Facsimile: (0331) 339029
Email: www.iek@unijember.ac.id

JENIS TUGAS

SKRIPSI

JUDUL

Perencanaan Struktur Bangunan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Dinding Struktural (Sistem Ganda)
Studi Kasus: Fakultas Kedokteran Universitas Jember)

MENYETUJUI

DOSEN PEMBIMBING UTAMA

Ie. HERNU SUYOSO, M.T
NIP. 19551112 198702 1 001

DOSEN PEMBIMBING ANGGOTA

GATI ANNISA HAYU, S.T., M.T., M.Sc
NIP. 760015715

DOSEN PENGUJI

DWI NURANTO, S.T., M.T
NIP. 19731015 199802 1 001

DOSEN PENGUJI

WINDA TRI WAHYUNINGTYAS, S.T., M.T
NIP. 760016772

DIGAMBAR

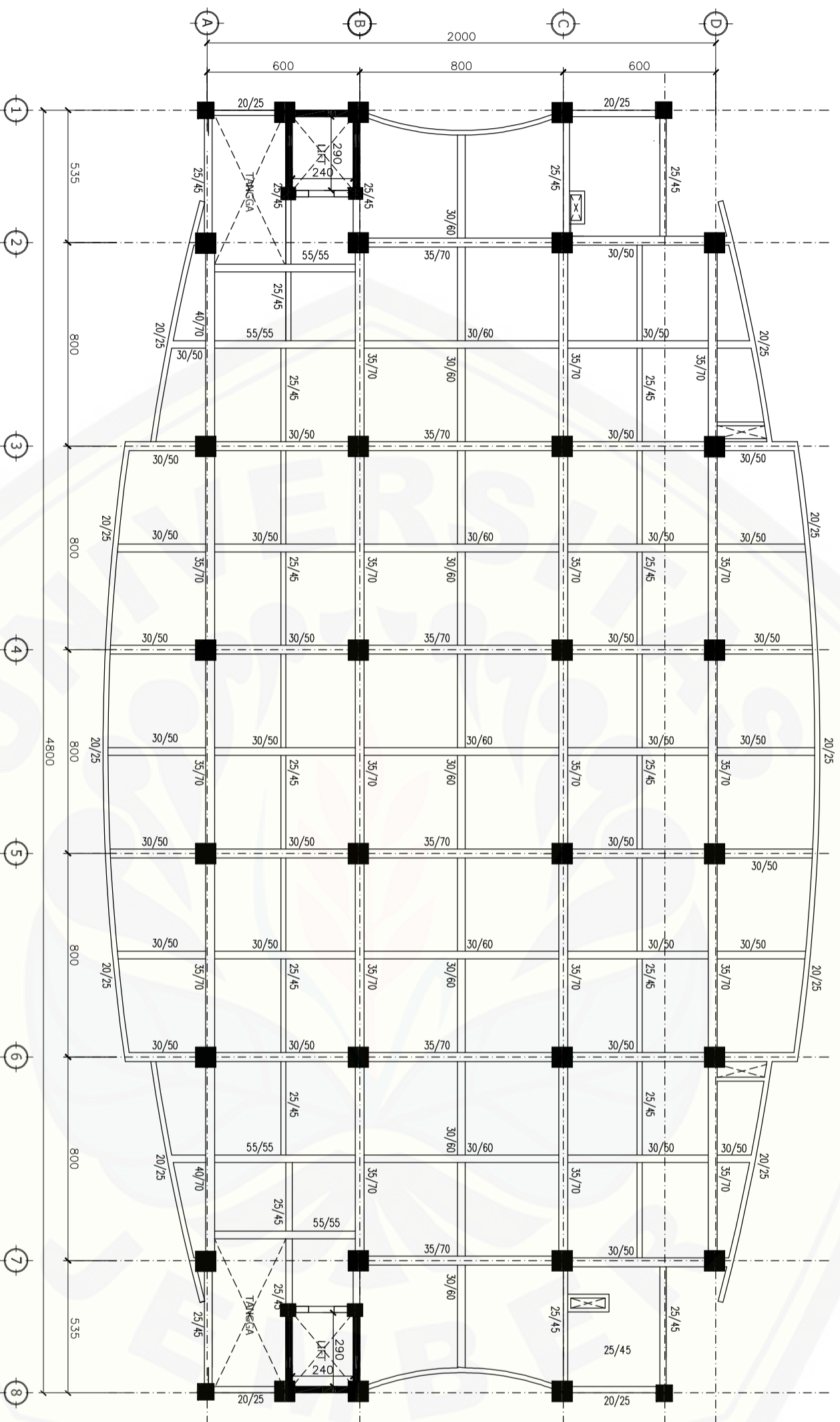
DOMAS ALENG AYU LAKSMI
NIM: 151910301016

NAMA GAMBAR

DENAH

NO. GBR	SKALA	TANGGAL
---------	-------	---------

1/30



RENCANA PEMBALOKAN LANTAI 1-3
SKALA 1:200



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS JEMBER
 FAKULTAS TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL (S1)
 Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Boko Krakak Pos 159 Jember 68121
 Telepon (0331) 484977*Faksimile (0331) 339029
 Laman : www.iekknk.unj.ac.id

JENIS TUGAS

SKRIPSI

JUDUL

Perencanaan Struktur Bangunan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Dinding Struktural (Sistem Ganda)
 Studi Kasus: Fakultas Kedokteran Universitas Jember)

MENYETUJUI

DOSEN PEMBIMBING UTAMA

Ic. HERNU SUYOSO, M.T
 NIP 19551112 198702 1 001

DOSEN PEMBIMBING ANGGOTA

GATI ANNISA HAYU, S.T., M.T.,M.Sc
 NIP 760015715

DOSEN PENGUJI

DWI NURJANTO, S.T., M.T
 NIP 19731015 199802 1 001

DOSEN PENGUJI

WINDA TRI WAHYUNINGTYAS, S.T., M.T
 NIP 760016772

DIGAMBAR

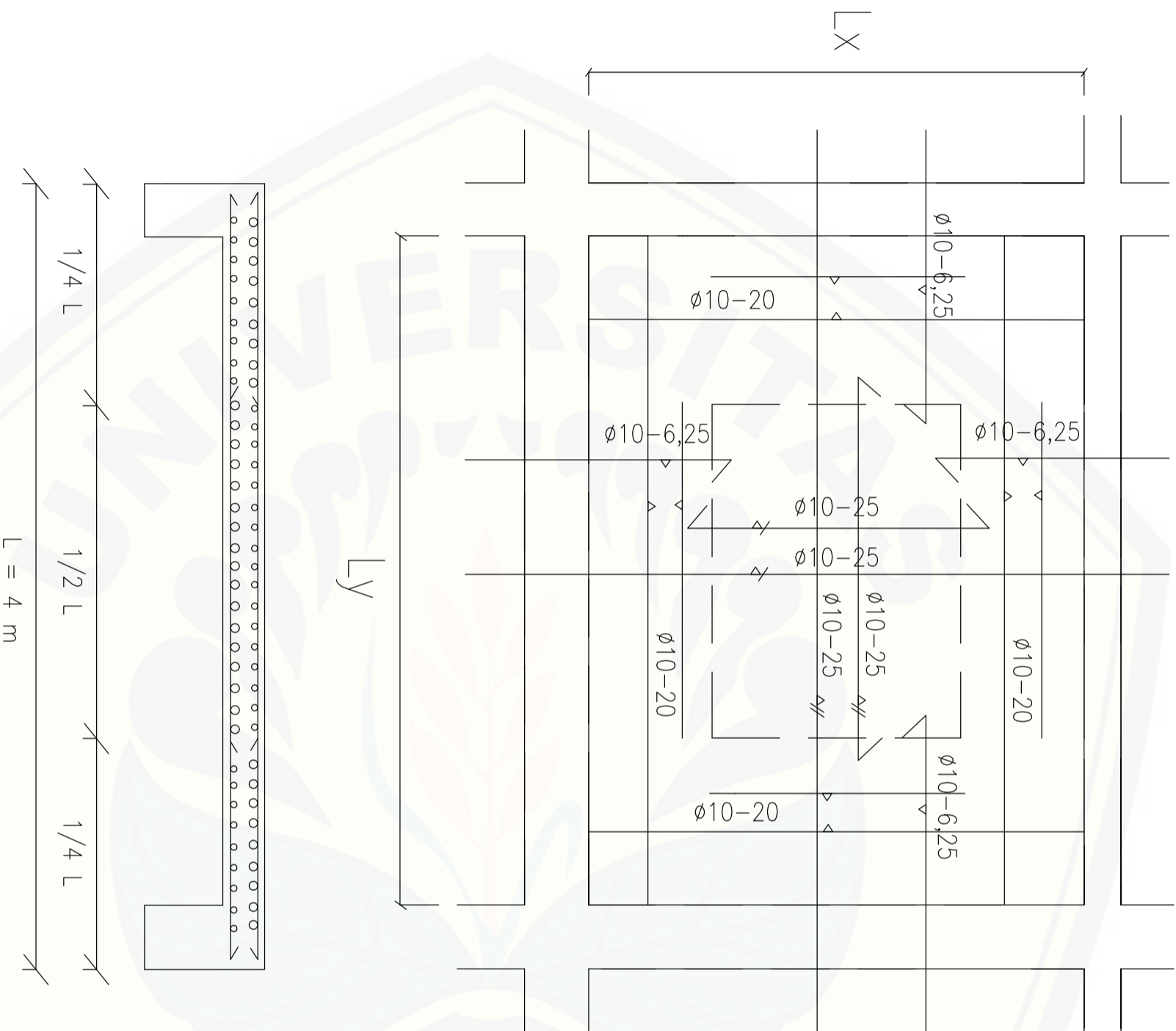
DOMAS ALENG AYU LAKSMI
 NIM: 151910301016

NAMA GAMBAR

RENCANA PEMBALOKAN

NO. GBR	SKALA	TANGGAL
----------------	--------------	----------------

14/30



DETAIL PENULANGAN PELAT
SKALA 1:10



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS JEMBER
 FAKULTAS TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL (S1)
 Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Boko Krak. Pos 159 Jember 68121
 Telepon (0331) 484977*Faximile (0331) 339029
 Laman : www.iek.ujember.ac.id

JENIS TUGAS

SKRIPSI

JUDUL

Perencanaan Struktur Bangunan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Dinding Struktural (Sistem Ganda)
 Studi Kasus: Fakultas Kedokteran Universitas Jember)

MENYETUJUI

DOSEN PEMBIMBING UTAMA

Ie. HERNU SUYOSO, M.T
 NIP 19551112 198702 1 001

DOSEN PEMBIMBING ANGGOTA

GATI ANNISA HAYU, S.T., M.T., M.Sc
 NIP 760015715

DOSEN PENGUJI

DWI NURTANTO, S.T., M.T
 NIP 19731015 199802 1 001

DOSEN PENGUJI

WINDA TRI WAHYUNINGTYAS, S.T., M.T
 NIP 760016772

DIGAMBAR

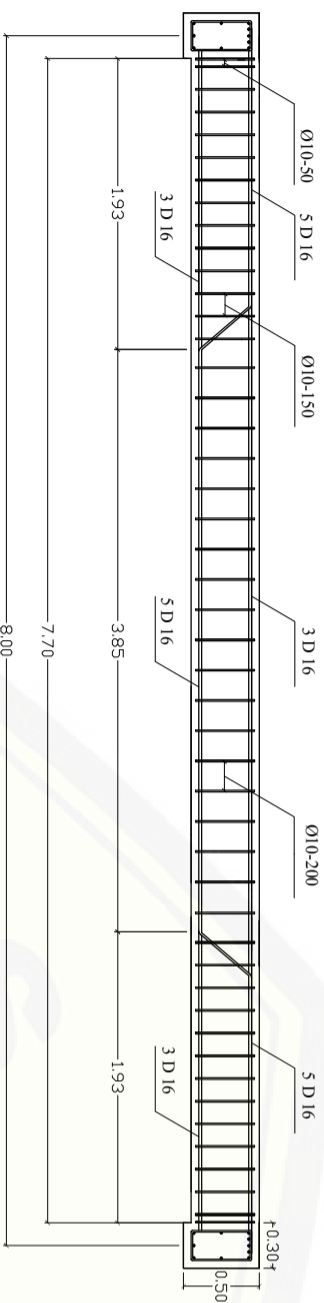
DOMAS ALENG AYU LAKSMI
 NIM: 151910301016

NAMA GAMBAR

PELAT

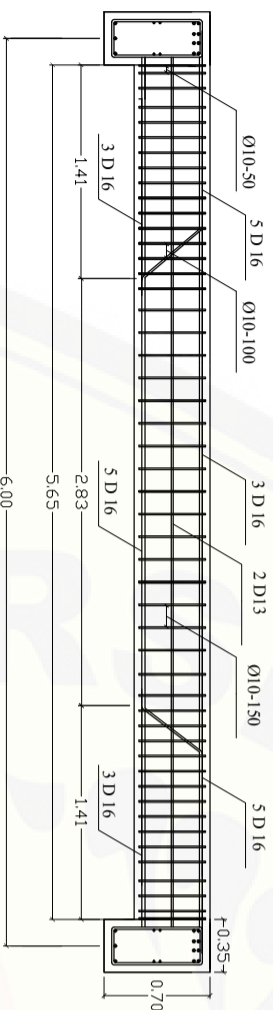
NO. GBR	SKALA	TANGGAL
----------------	--------------	----------------

18/30



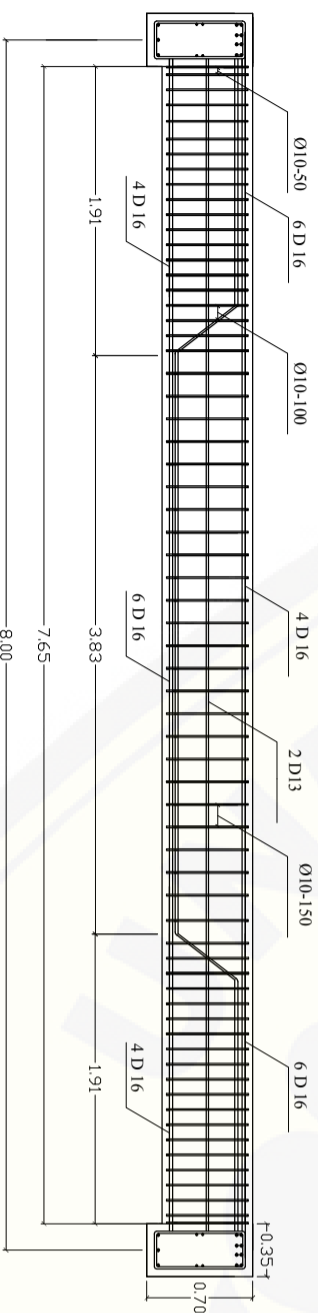
PENULANGAN BALOK ANAK 1
SKALA 1:50

Balok	Tumpuan	Lapangan
Tul.Atas	5 D 16	3 D 16
Tul.Bawah	3 D 16	5 D 16
Tul.Senggang	Ø10-100	Ø10-150



PENULANGAN BALOK ANAK 2
SKALA 1:50

Balok	Tumpuan	Lapangan
Tul.Atas	5 D 16	3 D 16
Tul.Bawah	3 D 16	5 D 16
Tul.Senggang	Ø10-100	Ø10-150
Tul.Tengah	2 D 13	2 D 13



PENULANGAN BALOK ANAK 3
SKALA 1:50

Balok	Tumpuan	Lapangan
Tul.Atas	6 D 16	4 D 16
Tul.Bawah	4 D 16	6 D 16
Tul.Senggang	Ø10-100	Ø10-150
Tul.Tengah	2 D 13	2 D 13



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK
JURISAN TEKNIK SIPIL (SI)
Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Koko, Jember 68121
Telepon (0331) 489777/Fax: (0331) 339029
Email : www.iek@unijember.ac.id

JENIS TUGAS

SKRIPSI

JUDUL

Perencanaan Struktur Bangunan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Dinding Struktural (Sistem Ganda)
Studi Kasus: Fakultas Kedokteran Universitas Jember)

MENYETUJUI

DOSEN PEMBIMBING UTAMA

Ir. HERNU SUYOSO, M.T
NIP. 19551112 198702 1 001

DOSEN PEMBIMBING ANGGOTA

GATI ANNISA HAYU, S.T., M.T., M.Sc
NIP. 760015715

DOSEN PENGUJI

DWI NURTANTO, S.T., M.T
NIP. 19731015 199802 1 001

DOSEN PENGUJI

WINDA TRI WAHYUNINGTYAS, S.T., M.T
NIP. 760016772

DIGAMBAR

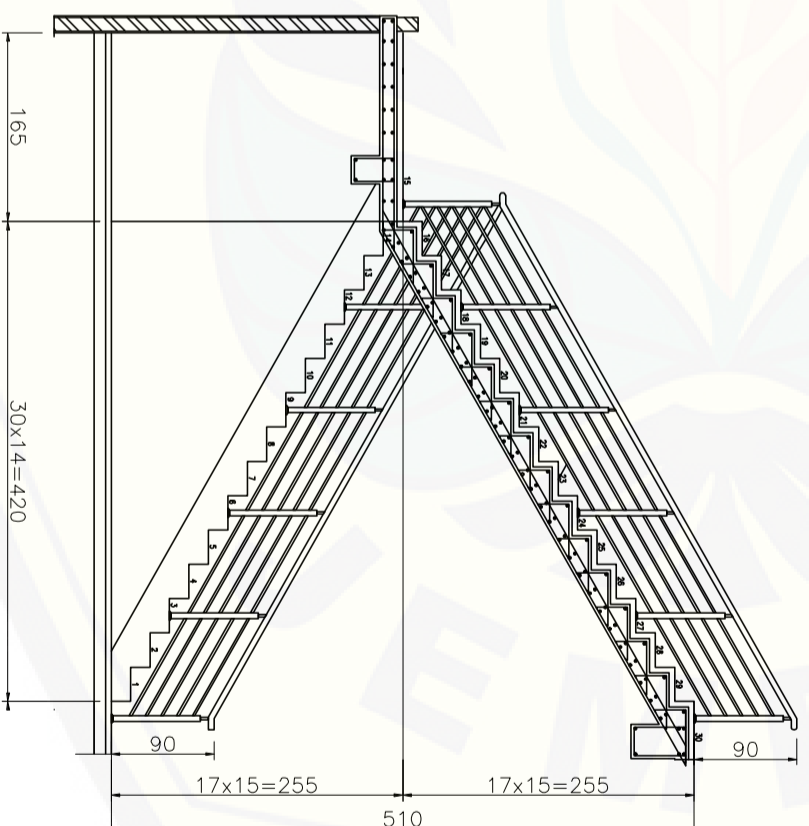
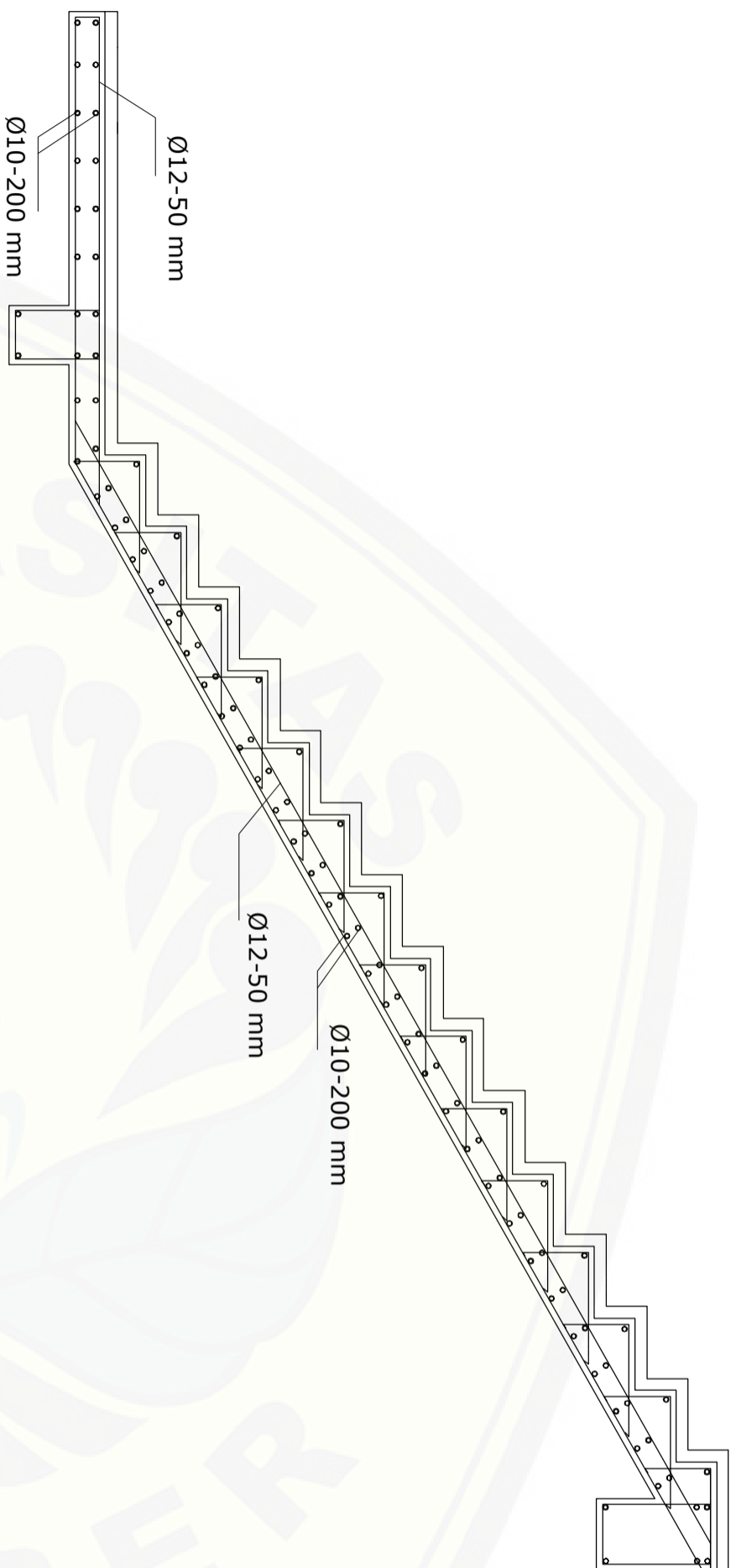
DOMAS ALENG AYU LAKSMI
NIM: 151910301016

NAMA GAMBAR

DETAIL
PENULANGAN BALOK

NO. GBR **SKALA** **TANGGAL**

19/30



DETAIL PENULANGAN TANGGA
SKALA 1:50



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK
JURISAN TEKNIK SIPIL (S1)
Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Boko Klatik Pos 159 Jember 68121
Telepon: (0331) 484977*Faximile: (0331) 339029
Laman : www.iek.ujember.ac.id

JENIS TUGAS

SKRIPSI

JUDUL

Perencanaan Struktur Bangunan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Dinding Struktural (Sistem Ganda)
Studi Kasus: Fakultas Kedokteran Universitas Jember)

MENYETUJUI

DOSEN PEMBIMBING UTAMA

Ie. HERNU SUYOSO, M.T
NIP 19551112 198702 1 001

DOSEN PEMBIMBING ANGGOTA

GATI ANNISA HAYU, S.T., M.T.,M.Sc
NIP 760015715

DOSEN PENGUJI

DWI NURTANTO, S.T., M.T
NIP 19731015 199802 1 001

DOSEN PENGUJI

WINDA TRI WAHYUNINGTYAS, S.T., M.T
NIP 760016772

DIGAMBAR

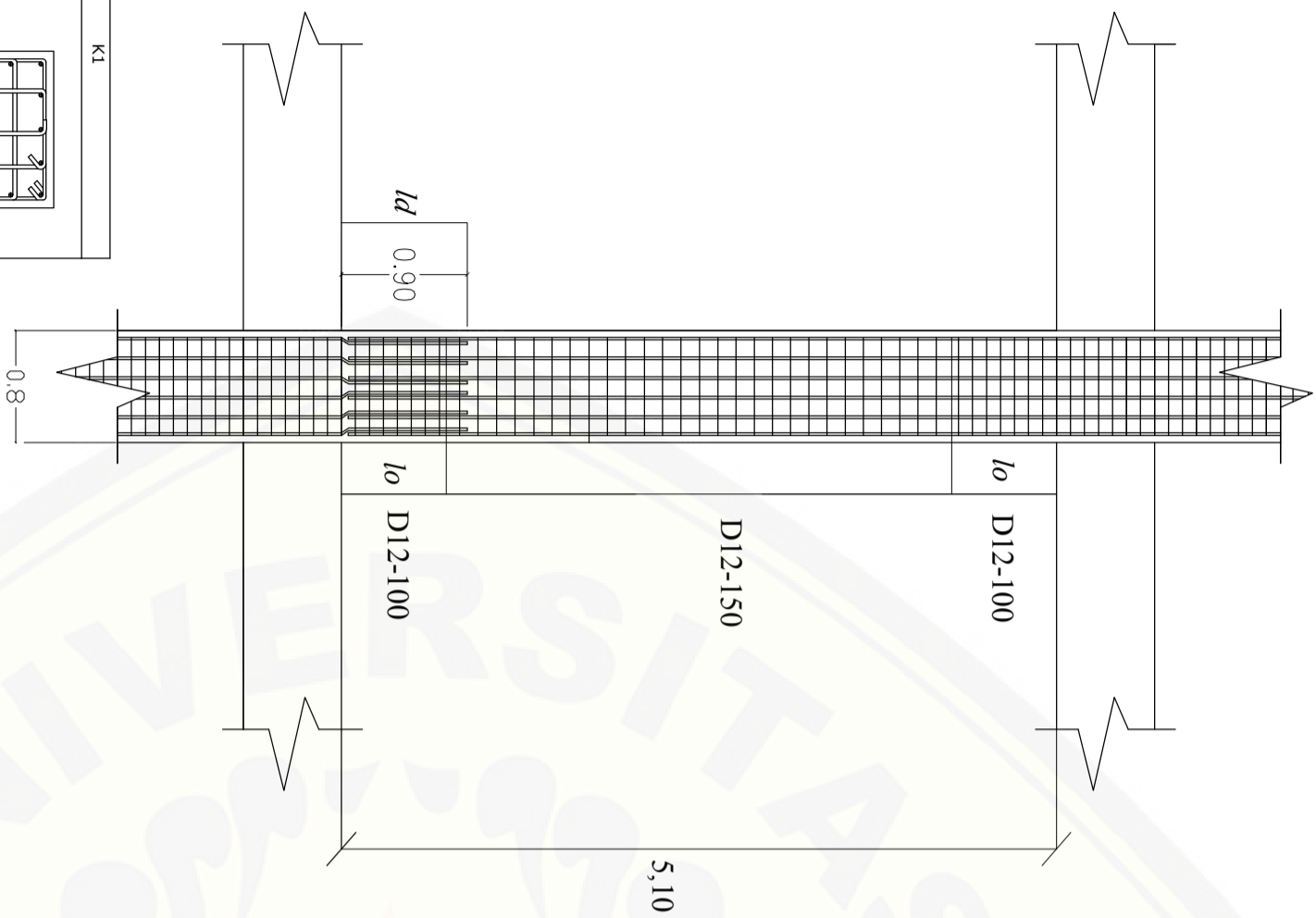
DOMAS ALENG AYU LAKSMI
NIM: 151910301016

NAMA GAMBAR

DETAIL
PENULANGAN TANGGA

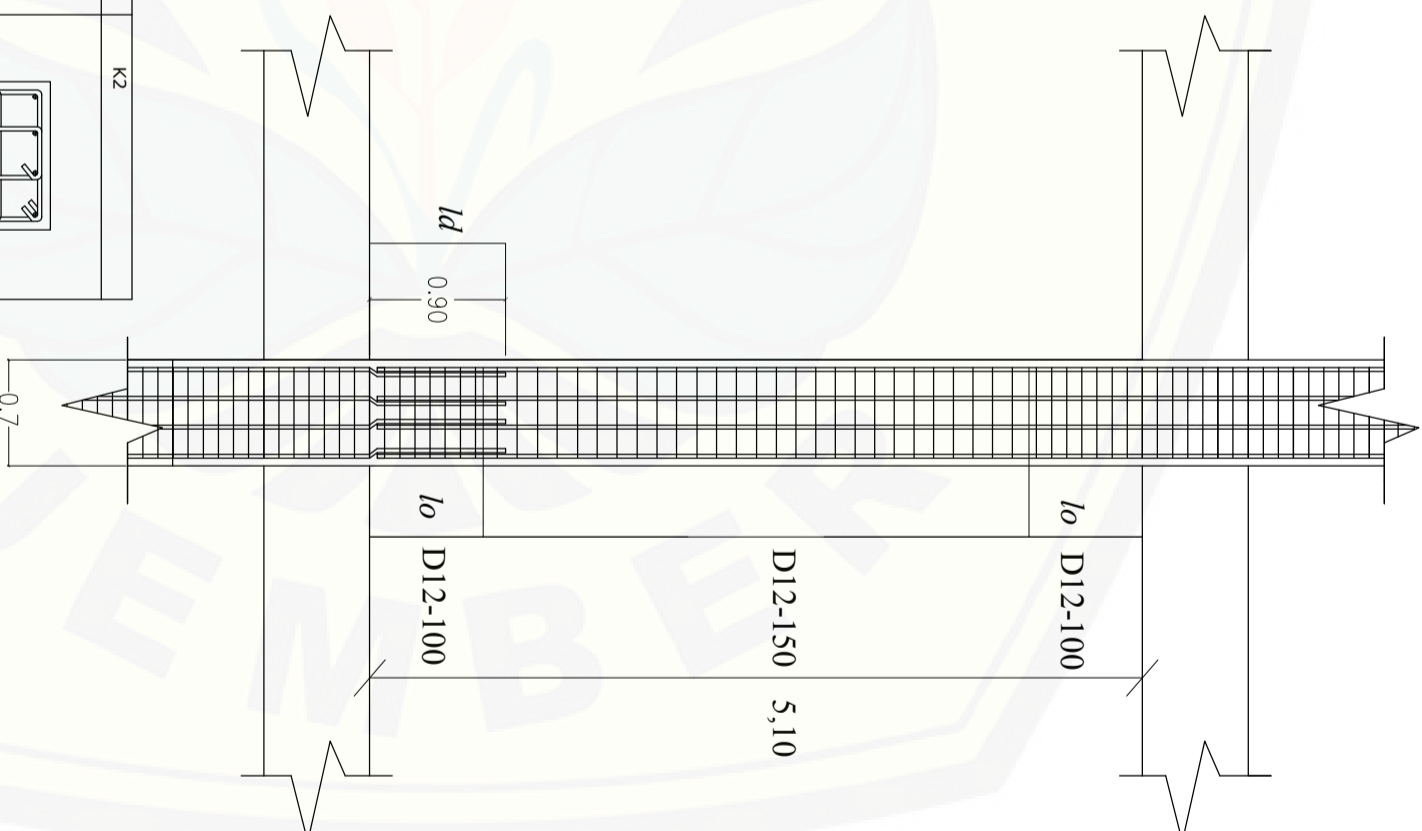
NO. GBR	SKALA	TANGGAL
---------	-------	---------

21/30



Kolom	K1	
Dimensi	90 x 80	
Tul. Pokok	16 D 25	
Tul. Sengkang	D12-100	D12-150
Posisi	Ujung	Tengah
Jumlah Tul. Ties	Arah x 3	Arah y 2

PENULANGAN KOLOM K1 80/80
SKALA 1:50



Kolom	K2	
Dimensi	70 x 70	
Tul. Pokok	12 D 25	
Tul. Sengkang	D12-100	D12-150
Posisi	Ujung	Tengah
Jumlah Tul. Ties	Arah x 2	Arah y 2

PENULANGAN KOLOM K2 70/70
SKALA 1:50



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK
JURISAN TEKNIK SIPIL (SI)
Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Boko Krak. Pos 159 Jember 68121
Telepon (0331) 484977*Faksimile (0331) 339029
Laman : www.iek.ujember.ac.id

JENIS TUGAS

SKRIPSI

JUDUL

Perencanaan Struktur Bangunan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Dinding Struktural (Sistem Ganda)
Studi Kasus: Fakultas Kedokteran Universitas Jember)

MENYETUJUI

DOSEN PEMBIMBING UTAMA

Ie. HERNU SUYOSO, M.T
NIP 19551112 198702 1 001

DOSEN PEMBIMBING ANGGOTA

GATI ANNISA HAYU, S.T., M.T.,M.Sc
NIP 760015715

DOSEN PENGUJI

DWI NURRANTO, S.T., M.T
NIP 19731015 199802 1 001

DOSEN PENGUJI

WINDA TRI WAHYUNINGTYAS, S.T., M.T
NIP 760016772

DIGAMBAR

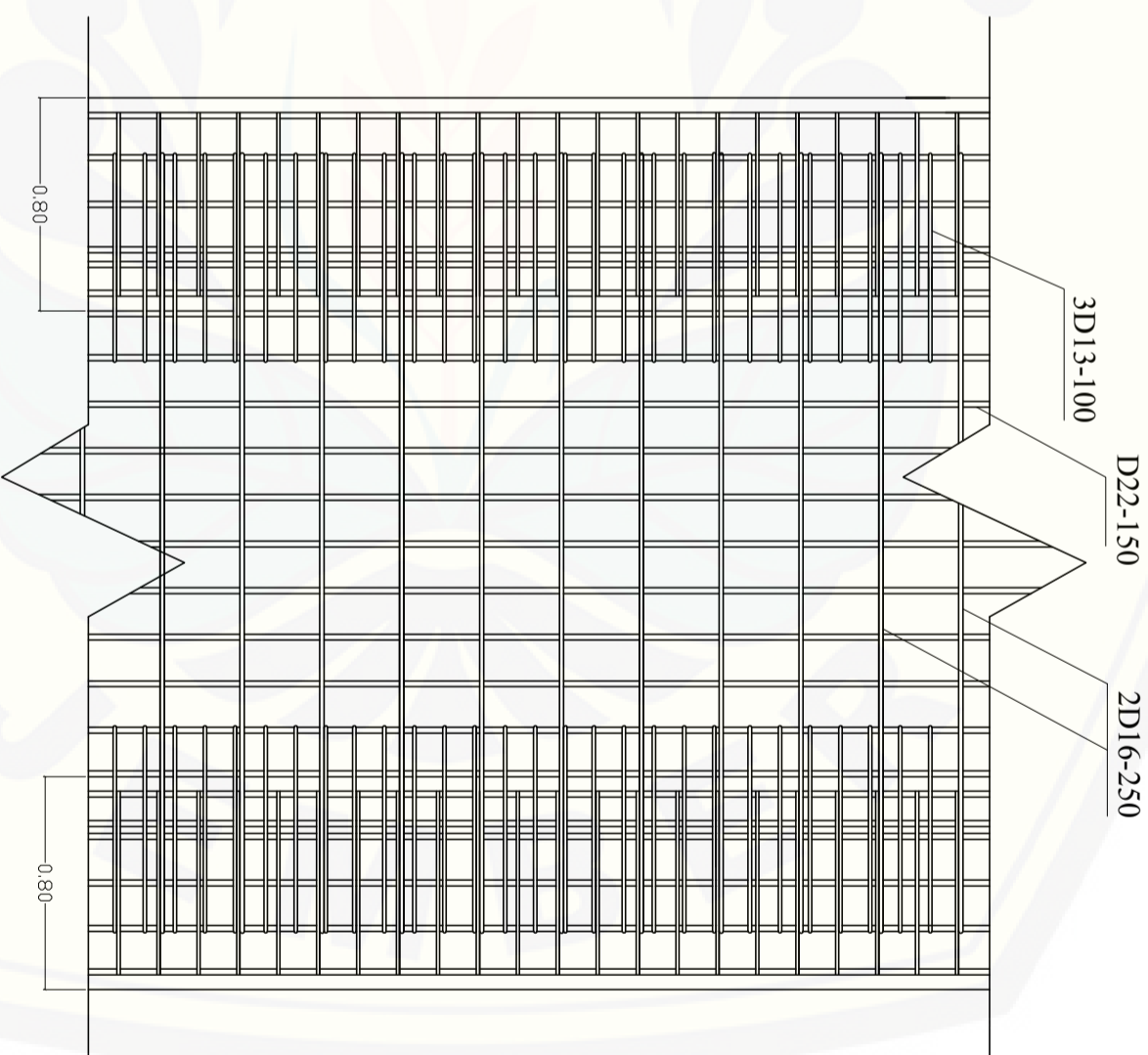
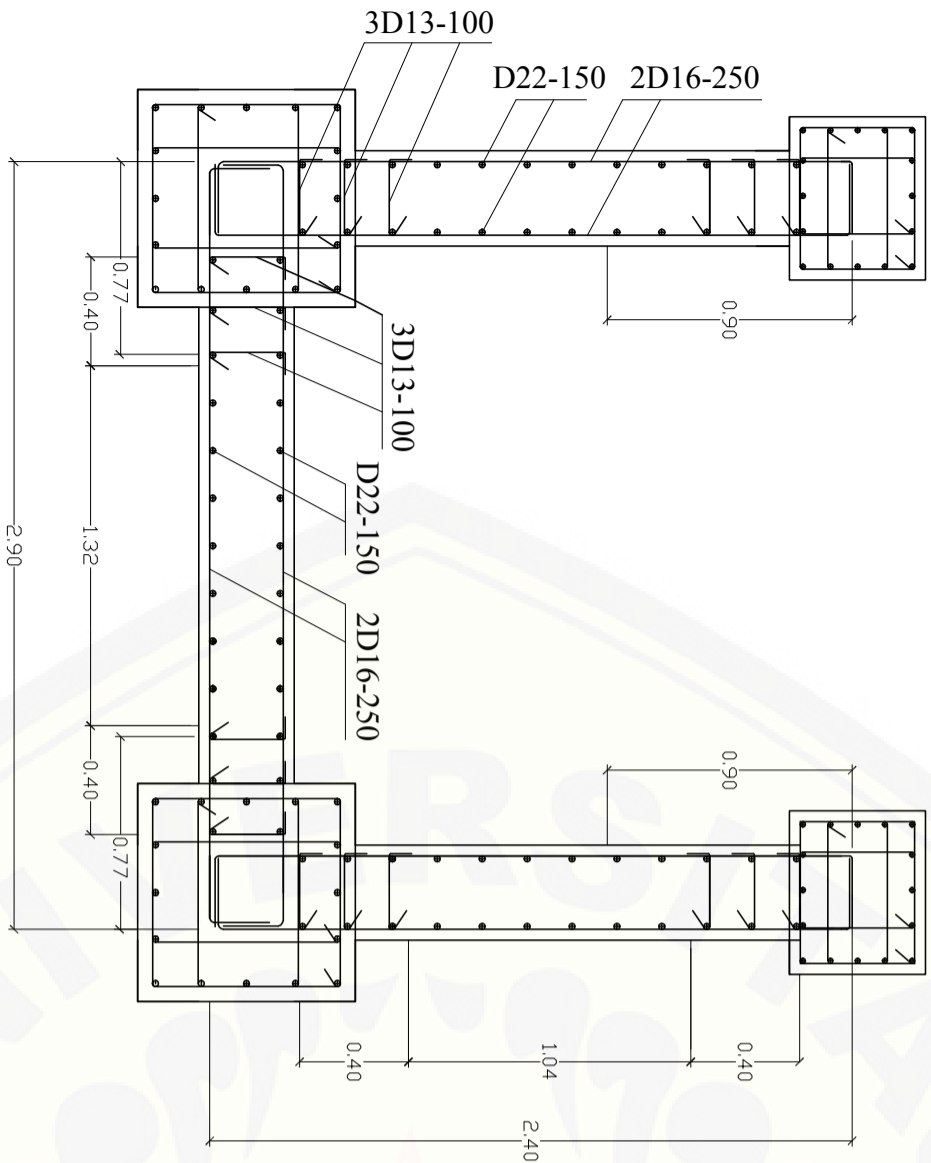
DOMAS ALENG AYU LAKSMI
NIM: 151910301016

NAMA GAMBAR

DETAIL
PENULANGAN KOLOM

NO. GBR **SKALA** **TANGGAL**

26/30



PENULANGAN DINDING GESER
SKALA 1:15



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS JEMBER
 FAKULTAS TEKNIK
 JURUSAN TEKNIK SIPIL (S1)
 Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Boko Klatik Pos 159 Jember 68121
 Telepon: (0331) 484977*Faximile: (0331) 339029
 Laman : www.iek.ujember.ac.id

JENIS TUGAS

SKRIPSI

JUDUL

Perencanaan Struktur Bangunan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Dinding Struktural (Sistem Ganda)
 Studi Kasus: Fakultas Kedokteran Universitas Jember)

MENYETUJUI

DOSEN PEMBIMBING UTAMA

Ir. HERNU SUYOSO, M.T
 NIP 19551112 198702 1 001

DOSEN PEMBIMBING ANGGOTA

GATI ANNISA HAYU, S.T., M.T.,M.Sc
 NIP 760015715

DOSEN PENGUJI

DWI NURTANTO, S.T., M.T
 NIP 19731015 199802 1 001

DOSEN PENGUJI

WINDA TRI WAHYUNINGTYAS, S.T., M.T
 NIP 760016772

DIGAMBAR

DOMAS ALENG AYU LAKSMI
 NIM: 151910301016

NAMA GAMBAR

PENULANGAN DINDING GESER

NO. GBR	SKALA	TANGGAL
---------	-------	---------

30/30