



TUGAS AKHIR – RC 141501

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG TWIN
TOWER UNIVERSITAS NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN PADA LANTAI
ATAP**

WISNU PRIAMBODO

NRP. 3116 105 053

Dosen Pembimbing I:

ENDAH WAHYUNI, ST.,MSc, PhD

Dosen Pembimbing II:

BAMBANG PISCESA, ST.,MT, PhD

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - RC 141501

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG TWIN
TOWER UNIVERSITAS NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN PADA LANTAI
ATAP**

WISNU PRIAMBODO
NRP. 3116 105 053

Dosen Pembimbing I:
ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, PhD

Dosen Pembimbing II :
BAMBANG PISCESA, ST, MT, PhD

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - RC 141501

STRUCTURAL MODIFICATION DESIGN OF TWIN TOWER BUILDING ISLAMIC STATE UNIVERSITY SUNAN AMPEL SURABAYA WITH DUAL SYSTEM AND PRESTRESSED CONCRETE SYSTEM ON THE ROOF FLOOR

WISNU PRIAMBODO
NRP. 3116 105 053

Supervisor I :
ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, PhD

Supervisor II :
BAMBANG PISCESA, ST, MT, PhD

**DEPARTEMEN OF CIVIL ENGINEERING
Civil Engineering, Environment and geology Faculty
Sepuluh Nopember Institut of Technology
Surabaya 2018**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN BALOK PRATEKAN PADA LANTAI ATAP

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Struktur
Program Sarjana Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

WISNU PRIAMBODO

NRP. 3116 105 053

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. ENDAH WAHYUNI, ST, MSc, PhD
NIP. 197002011995122001

Pembimbing I

2. BAMBANG PISCESA, ST, MT, PhD
NIP. 198403182008121002
Pembimbing II

**MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG TWIN TOWER
UNIVERSITAS NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN PADA LANTAI
ATAP**

Nama Mahasiswa : Wisnu Priambodo
NRP : 3116105053
Jurusan : S1 Teknik Sipil FTSLK ITS
Dosen Pembimbing : Endah Wahyuni, ST, MSc, PhD
: Bambang Piscesa ST, MT, PhD

ABSTRAK

Gedung Twin Tower Universitas negeri sunan ampel Surabaya merupakan gedung yang difungsikan sebagai rektorat yang memiliki 9 lantai ditambah lantai atap. Struktur gedung Twin Tower merupakan struktur beton bertulang biasa. Pada lantai 9 merupakan ruang serba guna sehingga tidak ada kolom ditengah ruangan. Dan pada lantai atap terdapat balok bentang panjang yang memiliki dimensi 60 x 120 cm. Penggunaan balok bentang panjang dengan beton bertulang biasa akan menghasilkan dimensi yang besar dan juga tulangan yang banyak. Selain itu secara penerapannya, beton bertulang biasa dinilai kurang efektif baik dalam segi bahan maupun materialnya, sebagai langkah efektif maka dilakukan perubahan struktur pada lantai atap menggunakan sistem beton pratekan.

Dalam perencanaannya, struktur Gedung Twin Tower UINSA Surabaya ini menggunakan Sistem Ganda. Sistem Ganda (dual system) adalah salah satu sistem struktur yang beban gravitasinya dipikul sepenuhnya oleh rangka utama, sedangkan beban lateralnya dipikul bersama oleh rangka utama dan dinding struktur. Rangka utama dan dinding struktur didesain sebagai Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Dinding Struktur Beton Khusus (DSBK)

Berdasarkan hasil analisa didapatkan dimensi balok pratekan 50 x 75 cm dengan bentang 15 m dan tebal shearwall 350 mm. Dari perhitungan di dapatkan Shearwall menahan beban gaya gempa arah x 73% dan arah y 70%, sedangkan rangka pemikul momen menahan beban gempa arah x 27% dan arah y 30%. Kemudian di dapat gaya pratekan awal sebesar 1300 KN dengan jumlah tendon 1 dan berisi 12 strand. Selanjutnya di dapat kehilangan pratekan sebesar 23,4% serta prestressing partial ratio (PPR) 24,46 %.

Kata kunci : Gedung Twin Tower, Beton Pratekan, Beton Bertulang, Sistem Ganda

STRUCTURAL MODIFICATION DESIGN OF TWIN TOWER BUILDING ISLAMIC STATE UNIVERSITY SUNAN AMPEL SURABAYA WITH DUAL SYSTEM AND PRESTRESSED CONCRETE SYSTEM ON THE ROOF FLOOR

Student Name : Wisnu Priambodo
NRP : 3116105053
Departement : S1 Teknik Sipil FTSLK ITS
Academic Supervisor : Endah Wahyuni, ST, MSc, PhD
: Bambang Piscesa ST, MT, PhD

ABSTRACT

Twin Tower Building in Universitas Negeri sunan ampel Surabaya is located at JL Ahmad Yani no 117 Surabaya. This building is functioned as a rectorate that has 9 floors and a roof floor. In this final project will be modified rectorate building on the roof floor beam, which is a multipurpose room with no columns in the middle of space so it must use long span beam. The initial condition of the beam on the roof floor using the usual reinforced concrete planning, so the dimensions of the beam using 60 cm x 120 cm. It requires modification with prestressed beam. Planning using prestressed beams on long spans aims to make the dimensions of the beam not too large.

The Twin Tower building of UINSA Surabaya belongs to the category of seismic design class D, so the planning of using Dual System is divided into Special Moment Resisting Frame (SRPMK) and Special Concrete Structure Wall (DSBK). The dual system is an earthquake-resistant system in which the gravitational load is fully assumed by the main frame while the lateral load is shared by the main frame and the sliding wall.

Based on the analysis, the result of prestressed beam dimensions is 50 x 75 cm with span 15 m and 350 mm thick of shearwall. the calculation of Shearwall indicated that shearwall

can hold the force of earthquake force at direction x 73% and the direction of y 70%, while the frame bear moment hold the earthquake load direction x 27% and direction y 30%. The initial prestressing style of 1300 KN with a loss of 23.4% prestress is obtained. And prestressing partial ratio (PPR) 24,46 %.

Keyword : Twin Tower Building, Prestressed Concrete, Reinforced Concrete, Dual System

KATA PENGANTAR

Pertama-tama kami ucapkan puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat, dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul "*DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS SUNAN AMPEL SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN BALOK PRATEKAN PADA LANTAI ATAP*" ini dengan baik dan tepat waktu. Adapun Tugas Akhir ini dibuat dengan tujuan untuk memenuhi syarat agar dapat melanjutkan ke Tugas Akhir sebagai syarat kelulusan Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan konstribusi yang nyata dalam bidang ketekniksipilan. Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi atas terselesaiannya laporan Tugas Akhir ini, diantaranya :

1. Teruntuk kedua orang tua, Pak Iswandi dan Bu Warisah yang selalu memberikan doa terbaiknya, yang selalu memberi motivasi.
2. Ibu Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD dan Pak Bambang Piscesa, ST, MT, PhD sebagai dosen konsultasi yang telah memberikan banyak arahan dan ilmu yang sangat bermanfaat.
3. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya yang tidak mugkin disebutkan satu persatu, atas kesabarannya memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat.
4. Bapak dan Ibu TU yang selalu menyemangati saya dan memudahkan dalam hal administrasi dan selalu mendoakan saya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan proposal tugas akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan proposal tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga apa yang penulis sajikan dalam laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis dan semua pihak.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xx
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 Umum.....	5
2.2 Bangunan Gedung	5
2.2.1 Pengertian.....	5
2.2.2 Persyaratan Dasar Bangunan Gedung	6
2.3 Struktur Gedung	6
2.3.1 Klasifikasi Bangunan Gedung	6
2.4 Pengaruh Gempa pada Bangunan.....	7
2.4.1 Beban dan Analisis Gempa	7

2.4.2 Perhitungan Gempa	8
2.5 Sistem Ganda (Dual System)	18
2.6 Beton Pratekan	19
2.7 Prinsip Dasar Beton Pratekan.....	23
2.7.1 Sistem Pratekan untuk Mengubah Beton menjadi Bahan yang Elastis.	23
2.7.2 Sistem Pratekan untuk Kombinasi Baja Mutu Tinggi dengan Beton.....	24
2.7.3 Sistem Pratekan untuk mencapai kesetimbangan beban	25
2.8 Tahap Pembebanan.....	26
2.8.1 Tahap Transfer	26
2.8.2 Tahap Service	26
2.9 Material Beton Prategang.....	26
2.10 Selongsong (<i>duct</i>) Sistem Pasca-Tarik	27
2.11 Grouting untuk Tendon	28
2.12 Angkur dan Kopler Pasca-Tarik.....	28
2.13 Sistem Hubungan Balok Kolom.....	29
2.14 Perencanaan Pondasi	29
2.14.1 Daya Dukung Tiang	30
2.14.2 Perencanaan Pile Cap Grup Tiang Pancang	31
2.14.3 Perencanaan Sloof Pondasi (<i>Tie Beam</i>).....	31
BAB III METODOLOGI	33
3.1 Umum.....	33
3.2 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir	33

3.3 Pengumpulan Data	34
3.4 Studi Literatur	34
3.5 Perencanaan Struktur Sekunder.....	35
3.5.1 Perencanaan Pelat.....	35
3.5.2 Perencanaan Dimensi Tangga	37
3.5.3 Perencanaan Balok Lift	37
3.5.4 Perencanaan Balok Anak.....	37
3.6 Preliminary Desain	38
3.6.1 Preliminary desain struktur beton bertulang.....	38
3.6.2 Preliminary desain balok (struktur pratekan)	40
3.7 Pembebanan	40
3.7.1 Beban Mati	41
3.7.2 Beban Hidup.....	41
3.7.3 Beban Gempa	41
3.7.4 Kombinasi	41
3.8 Analisa Stuktur	41
3.8.1 Kontrol Permodelan Struktur	41
3.9 Perencanaan Struktur.....	42
3.9.1 Desain Struktur Utama Non Pratekan	42
3.9.2 Analisa Struktur Utama Pratekan	42
3.10 Sistem Hubungan Balok Kolom.....	46
3.11 Metode Pelaksanaan	46
3.12 Perencanaan Pondasi	48
3.13 Gambar	48

3.14 Kesimpulan dan Saran.....	48
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Preliminary Design Struktur Beton	49
4.1.1 Umum.....	49
4.1.2 Data Perencanaan	49
4.1.3 Pembebanan.....	49
4.1.4 Perencanaan Balok	50
4.1.5 Perencanaan Tebal Pelat.....	52
4.1.6 Perencanaan Kolom.....	60
4.1.7 Perencanaan Dinding Geser	64
4.2 Perencanaan Struktur Sekunder.....	65
4.2.1 Umum.....	65
4.2.2 Perencanaan Tangga.....	65
4.2.3 Perencanaan Pelat.....	86
4.2.4 Perencanaan Balok Anak.....	94
4.2.5 Perencanaan Balok Lift	110
4.3 Pembebanan dan Analisa Struktur.....	118
4.3.1 Umum.....	118
4.3.2 Permodelan Struktur.....	118
4.3.3 Pembebanan Gravitasi	119
4.3.4 Pembebanan Gempa	121
4.4.1 Umum.....	136
4.4.2 Data Perencanaan Beton Pratekan.....	137
4.4.3 Analisa penampang dan dimensi	137

4.4.4 Penentuan Tegangan Ijin Baja dan Beton.....	140
4.4.5 Perhitungan Pembebanan	142
4.4.6 Penentuan Gaya Prategang	143
4.4.8 Kontrol Momen Nominal Setelah Adanya Tulangan	182
4.5 Perencanaan Struktur Utama Non Pratekan	195
4.5.1 Perencanaan Balok Induk	195
4.5.2 Perencanaan Kolom.....	216
4.5.3 Perencanaan Shearwall.....	231
4.6 Perencanaan Sloof	245
4.6 Perencanaan Pondasi	266
4.6.1 Daya Dukung Ijin Tiang.....	266
4.6.2 Penentuan Jumlah Tiang dan Konfigurasi Tiang	274
4.6.3 Penulangan Pile Cap.....	276
4.7 Metode Pelaksanaan Balok Pratekan.....	282
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	285
5.1 Kesimpulan.....	285
5.2 Saran.....	286
DAFTAR PUSTAKA.....	289
LAMPIRAN	291
BIODATA PENULIS.....	292

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Zona Gempa Indonesia (Ss).....	7
Gambar 2.2 Peta Zona Gempa Indonesia (S1)	8
Gambar 2.4 Proses Pra Tarik.....	20
Gambar 2.5 Proses Pasca Tarik.....	21
Gambar 2.6 Konsep Beton Pratekan sebagai Bahan yang Elastis	23
Gambar 2.7 Tendon dengan Eksentrisitas	24
Gambar 2.8 Diagram Tegangan Beton Prategang	24
Gambar 2.9 Perbandingan Penulangan Prategang dan Beton Bertulang	24
Gambar 2.10 Konsep Beton Pratekan Mencapai Keseimbangan	25
Gambar 3. 1 Diagram Alir Tugas Akhir.....	34
Gambar 3.2 Pemasangan bekisting dan scafolding	46
Gambar 3.3 Pemasangan Tulangan, Tendon dan Selongsong Balok Pratekan	47
Gambar 3.4 Pengecoran Balok Pratekan	47
Gambar 4. 1 Penampang Balok.....	54
Gambar 4. 2 Denah Pelat perhitungan.....	55
Gambar 4. 3 Kolom yang ditinjau sebagai desain.....	61
Gambar 4. 4 Denah tangga yang ditinjau	66
Gambar 4. 5 Permodelan Struktur tangga	68
Gambar 4. 6 Gaya dalam pada Tangga	71
Gambar 4. 7 Denah balok anak	94
Gambar 4. 8 Denah balok Anak type 2	102
Gambar 4. 9 Permodelan Struktur pada ETABS.....	118
Gambar 4. 10 Peta zonasi gempa untuk nilai Ss	122
Gambar 4. 11 Peta zonasi gempa untuk nilai S1	122
Gambar 4. 12 Grafik Respons Spektrum Desain.....	125
Gambar 4. 13 Nilai Tc dari permodelan ETABS	127

Gambar 4. 14 Output ETABS Simpangan Gempa X	133
Gambar 4. 15 Ouput ETABS SImpangan Gempa Y	135
Gambar 4. 16 Momen Lapangan Balok Pratekan kombinasi 1D+1L	142
Gambar 4. 17 Momen Tumpuan Balok Pratekan kombinasi 1D+1L	142
Gambar 4. 18 Kehilangan akibat kekangan kolom	150
Gambar 4. 19 Lendutan Balok Pratekan Saat Beban Layan Kombinasi 1D+1L.....	160
Gambar 4.20 Daerah Limit Kabel	161
Gambar 4.21 Posisi Tendon	163
Gambar 4. 22 Gaya Geser Desain	180
Gambar 4. 23 Grafik Momen Kapasitas Balok Pratekan	194
Gambar 4. 24 Diagram PCA Column	218
Gambar 4. 25 Diagram Interaksi Kolom Bawah	219
Gambar 4. 26 Diagram Interaksi Kolom Atas.....	219
Gambar 4. 27 Diagram Interaksi Kolom Bawah.....	220
Gambar 4. 28 Diagram Interaksi Kolom Atas.....	221
Gambar 4. 29 Analisa gaya pada kolom.....	222
Gambar 4. 30 Luas Joint Efektif	226
Gambar 4. 31 Skema Geser yang terjadi di joint.....	227
Gambar 4. 32 Letak posisi Dinding geser yang ditinjau	231
Gambar 4. 33 Hasil Output PCA column untuk Shearwall.....	238
Gambar 4. 34 Diagram PCA Column untuk Shearwall	238
Gambar 4. 35 Penampang Segmen Tulangan Shearwall hasil PCA column.....	239
Gambar 4.36 Data Tanah Gedung Twin Tower	267
Gambar 4. 37 Diagram Perhitungan dari Intensitas Daya Dukung Ultimate Tanah Pondasi Pada Ujung Tiang (Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Kazuto Nakazawa).....	272
Gambar 4. 38 Konfigurasi Tiang pada Pile Cap.....	275
Gambar 4. 39 Pemasangan Bekisting.....	282

Gambar 4. 40 Pemasangan Tendon dan Tulangan Balok Pratekan	282
Gambar 4. 41 Pengecoran Balok Pratekan	283
Gambar 4. 42 Pengecoran Final Balok Pratekan.....	283
Gambar 4. 43 Pelepasan Bekisting dan Scafoldi.....	284

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung.	8
Tabel 2. 2 Faktor Keutamaan Gempa.....	10
Tabel 2. 3 Klasifikasi Situs.....	11
Tabel 2. 4 Koefisien situs, Fa	12
Tabel 2. 5 Koefisien situs, Fv.....	12
Tabel 2. 6 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan Perioda Pendek, SDS.....	13
Tabel 2. 7 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan Perioda 1 detik, SD1.....	14
Tabel 2. 8 Prosedur analisis yang boleh digunakan	15
Tabel 2. 9 Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct dan X.....	17
Tabel 3.1 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior.....	36
Tabel 4.1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk.....	51
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak	52
Tabel 4. 3 Beban yang diterima kolom	62
Tabel 4. 4 Hasil Rekapitulasi Pelat Tangga dan Bordes	85
Tabel 4. 5 Hasil Rekapitulasi Balok Bordes.....	85
Tabel 4. 6 Koefisien Momen PBI 1971.....	87
Tabel 4. 7 Penulangan Pelat P1	93
Tabel 4. 8 Hasil Rekapitulasi Pelat Lantai	93
Tabel 4. 9 Hasil Rekapitulasi Pelat Atap.....	93
Tabel 4. 10 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak	110
Tabel 4. 11 Penulangan Balok Penggantung Lift.....	117
Tabel 4. 12 Penulangan Geser Balok Lift	117
Tabel 4. 13 Tabel Pembebanan	120
Tabel 4. 14 Output Beban dari ETABS.....	120
Tabel 4. 15 Respons spektrum desain	124
Tabel 4. 16 Koefisien batas atas pada periode yang dihitung ...	126
Tabel 4. 17 Nilai Parameter periode pendekatan Ct dan x	126
Tabel 4. 18 Berat Struktur	128

Tabel 4. 19 Gaya Geser Dasar Hasil ETABS	129
Tabel 4. 20 Gaya Geser Dasar setelah Scale Factor	129
Tabel 4. 21 Distribusi beban Sistem Ganda	130
Tabel 4. 22 Partisipasi Massa	130
Tabel 4. 23 Simpangan ijin antar lantai untuk beberapa macam sistem struktur	131
Tabel 4. 24 Kontrol Simpangan Gempa X arah X	132
Tabel 4. 25 Kontrol Simpangan Gempa X arah Y	133
Tabel 4. 26 Kontrol Simpangan Gempa Y arah X	134
Tabel 4. 27 Kontrol Simpangan Gempa Y arah Y	134
Tabel 4. 29 Kehilangan Gaya Pratekan	155
Tabel 4. 30 Letak Posisi Tendon	163
Tabel 4. 31 Hasil Rekapitulasi Tulangan Lunak Balok Prategang	193
Tabel 4. 32 Hasil Rekapitulasi Balok Induk.....	215
Tabel 4. 33 Hasil Rekapitulasi Penulangan Kolom.....	230
Tabel 4. 34 Ouput Gaya dalam Shearwall.....	232
Tabel 4. 35 Hasil Rekapitulasi Penulangan ShearWall	244
Tabel 4.36 Intensitas Gaya Geser Dinding Tiang, <i>f</i>	268
Tabel 4. 37 Nilai U <i>U x lifi</i> Sampai Kedalaman 30 meter.....	269
Tabel 4. 38 Output ETABS Beban Pondasi	275
Tabel 4. 39 Hasil Beban Vertikal pada Tiang	276
Tabel 4. 40 Hasil Rekapitulasi Pondasi dan Pile Cap	281

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan Hasil penelitian kegempaan di Indonesia oleh Kementerian PUPR 2017 di ketahui ada penambahan sesar sesar di pulau jawa dan ada 2 sesar aktif yang melewati Surabaya. Sesar ini melewati daerah Surabaya dan waru. Berdasarkan hasil penelitian tersebut menjadikan peningkatan potensi terjadinya gempa di Surabaya.

Gedung Twin Tower merupakan gedung Twin A Universitas negeri sunan ampel Surabaya (UINSA) terletak di JL Ahmad Yani no 117 Surabaya. Gedung ini merupakan gedung yang difungsikan sebagai rektorat yang memiliki 9 lantai ditambah lantai atap. Struktur gedung Twin Tower merupakan struktur beton bertulang biasa. Pada tugas akhir ini akan dilakukan modifikasi gedung rektorat pada balok lantai atap, dimana dibawah lantai atap yaitu pada lantai 9 merupakan ruang serba guna dengan tidak ada kolom di tengah ruang sehingga harus menggunakan balok bentang panjang. Pada kondisi awal balok pada lantai atap menggunakan perencanaan beton bertulang biasa sehingga memiliki dimensi balok 60 x 120 cm. Penggunaan balok bentang panjang dengan beton bertulang biasa akan menghasilkan dimensi yang besar dan juga tulangan yang banyak. Selain itu secara penerapannya, beton bertulang biasa dinilai kurang efektif baik dalam segi bahan maupun materialnya, sebagai langkah efektif maka dilakukan perubahan struktur pada lantai atap menggunakan sistem beton pratekan.

Beton pratekan merupakan teknologi konstruksi beton yang mengkombinasikan dua jenis bahan mutu tinggi, yaitu beton dan baja, dengan cara menarik baja tersebut dan menahannya ke beton, sehingga membuat beton dalam keadaan tertekan.

Kombinasi aktif ini menghasilkan perilaku yang lebih baik dari kedua bahan tersebut. Kemampuan beton dalam menahan tarikan diperbaiki dengan memberikan tekanan, sementara kemampuannya menahan tekanan tidak dikurangi. Sehingga, beton pratekan merupakan kombinasi yang ideal dari dua bahan modern yang berkekuatan tinggi (Lin & Burns, 1988).

Keuntungan beton prategang dibandingkan beton bertulang yaitu (Guna,2012):

1. Penggunaan prategang efisien karena dimensi penampang struktur akan lebih kecil atau langsing, sebab seluruh luas penampang dipergunakan secara efektif.
2. Karena terbentuknya lawan lendut akibat gaya prategang sebelum beban rencana bekerja, maka lendutan akhir setelah beban rencana bekerja, akan lebih kecil dari pada beton bertulang biasa, sehingga cocok untuk bentang yang panjang,
3. Kelebihan geser dan puntirnya bertambah dengan adanya penegangan
4. Pada penampang yang diberi penegangan, tegangan tarik dapat dieleminasi karena besarnya gaya tekan disesuaikan dengan beban yang akan diterima.

Dengan letak Surabaya yang sudah masuk daerah dengan potensi gempa yang tinggi, serta memiliki jenis tanah lunak sehingga perencanaan modifikasi gedung Twin Tower UINSA menggunakan Sistem Ganda. Sistem ganda digunakan untuk mendesain beton bertulang pada keseluruhan struktur dan penggunaan balok pratekan pada hall yang tidak membutuhkan kolom di tengah-tengah ruangan sehingga ruang hall menjadi lebih nyaman dan luas dibandingkan dengan penggunaan balok nonpratekan yang akan menghasilkan dimensi yang lebih besar.

Sistem Ganda (dual system) adalah salah satu sistem struktur yang beban gravitasinya dipikul sepenuhnya oleh rangka utama, sedangkan beban lateralnya dipikul bersama oleh rangka utama dan dinding struktur. Rangka utama dan dinding struktur didesain sebagai Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Dinding Struktur Beton Khusus (DSBK). Untuk Sistem Ganda,

rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuananya (Tavio & Kusuma, 2009).

Modifikasi perencanaan struktur ini dilakukan dengan menggunakan panduan tata cara perhitungan beton untuk bangunan gedung SNI 2847:2013, perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung SNI 1726:2012 dan Peraturan Pembebanan PPIUG 1983.

1.2 Rumusan masalah

Adapun permasalahan yang dihadapi dalam modifikasi perencanaan tugas akhir gedung Twin Tower UINSA ini adalah:

1. Bagaimana menentukan preliminary desain dari perencanaan struktur primer dan sekunder ?
2. Bagaimana merencanakan perhitungan pembebanan dan penulangan struktur ?
3. Bagaimana model dan analisis menggunakan software bantu ETABS?
4. Bagaimana merencanakan balok pratekan yang akan dipakai pada lantai atap agar memenuhi kriteria perencanaan struktur?
5. Bagaimana merencanakan pondasi yang sesuai dengan beban yang dipikul dan kondisi tanah di lapangan ?
6. Bagaimana mengaplikasikan hasil perhitungan dan perencanaan ke dalam gambar teknik untuk digunakan sebagai acuan pelaksanaan pembangunan?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penyusunan laporan tugas akhir gedung Twin Tower UINSA ini adalah :

1. Menghitung dan merencanakan preliminary desain, struktur primer dan struktur sekunder
2. Menghitung pembebanan dan penulangan struktur beton

3. Memodelkan dan menganalisa dengan menggunakan program bantu ETABS.
4. Merencanakan dimensi dan penulangan beton pratekan yang memenuhi kriteria perencanaan struktur.
5. Merencanakan pondasi yang sesuai dengan beban yang dipikul dan kondisi tanah dilapangan.
6. Mengaplikasikan hasil perhitungan dan perencanaan ke dalam gambar teknik sebagai acuan dalam pelaksanaan pembangunan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah:

1. Perencanaan ini hanya membahas struktural dan tidak membahas manajemen konstruksi, analisis biaya maupun arsitektural.
2. Meninjau metode pelaksanaan yang hanya berkaitan dengan perhitungan struktur khususnya balok pratekan..
3. Menghitung struktur gedung Twin A UINSA saja

1.5 Manfaat

Manfaat dari penyusunan laporan tugas akhir gedung Twin Tower UINSA ini adalah :

1. Mampu menerapkan perhitungan menggunakan Dual System yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan system dinding geser.
2. Mampu menerapkan perencanaan beton balok pratekan pada struktur gedung dengan bentang yang panjang pada lantai atap
3. Dapat mengurangi penggunaan kolom pada gedung sehingga lebih ekonomis dan efisien.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berikut ini akan menjelaskan secara garis besar mengenai teori yang digunakan agar perencanaan struktur gedung dapat memenuhi kriteria kekuatan dan kelayakan suatu bangunan gedung.

2.1 Umum

Dalam tinjauan pustaka ini akan dibahas beberapa jurnal ilmiah dan dasar teori yang berkaitan dengan modifikasi bangunan “*Gedung Twin Tower UINSA*”. Dalam perencanaannya perlu tinjauan khusus terhadap perencanaan struktur gedung menggunakan beton pratekan. Perencanaan modifikasi gedung Twin Tower UINSA Surabaya ini menggunakan Sistem Ganda dengan letak bangunan yang berada pada zona gempa Surabaya dimana perancangan struktur gedung tahan gempa dengan sistem rangka gedung dan dinding struktural didasarkan pada tata cara SNI 031726-2012. Gedung Twin Tower UINSA Surabaya memiliki jumlah 9 lantai dan lantai atap. Pada lantai 9 akan dimodifikasi fungsi ruangan menjadi hall sehingga perencanaan balok pada lantai atap dengan menggunakan beton pratekan, mengingat kebutuhan akan ruangan yang luas tanpa adanya kolom di tengah bentang.

2.2 Bangunan Gedung

2.2.1 Pengertian

Bangunan gedung adalah bentuk fisik dari hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempatnya (kedudukannya), sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun

kegiatan khusus. Bangunan gedung merupakan struktur yang dibuat manusia yang terdiri atas dinding dan atap yang dibangun secara permanen di suatu tempat. Struktur gedung memiliki beragam bentuk, ukuran, dan fungsi. Bangunan pada saat ini telah mengalami penyesuaian yang disebabkan oleh faktor-faktor tertentu, seperti bahan bangunan, kondisi cuaca, harga, kondisi tanah, dan alasan estetika. Struktur pada bangunan gedung terdiri dari struktur atas dan struktur bawah, yaitu :

1. Struktur atas adalah struktur yang berada diatas tanah, contohnya lantai, atap dan dinding.
2. Struktur bawah adalah struktur yang berada di bawah muka tanah, contohnya struktur basemen atau struktur pondasi.

2.2.2 Persyaratan Dasar Bangunan Gedung

Struktur bangunan gedung harus memiliki sistem penahanan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi energy yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang disyaratkan. Gerak tanah desain harus diasumsikan terjadi di sepanjang setiap arah horizontal struktur bangunan gedung. Gaya gempa desain, dan distribusinya di sepanjang ketinggian struktur bangunan gedung, harus ditetapkan berdasarkan salah satu prosedur yang sesuai yang ditunjukkan dalam Pasal 7.6 SNI 1726-2012 dan gaya dalam serta deformasi yang terkait pada komponen-elemen struktur tersebut harus ditentukan.

2.3 Struktur Gedung

2.3.1 Klasifikasi Bangunan Gedung

Bangunan gedung diklasifikasikan berdasarkan tingkat kompleksitas dan ketinggian :

1. Klasifikasi berdasarkan ketinggian meliputi: bangunan gedung bertingkat tinggi, bangunan gedung bertingkat sedang, dan bangunan gedung bertingkat rendah.

2. Klasifikasi berdasarkan konfigurasi horizontal dan vertikal: bangunan beraturan dan tidak beraturan.

Klasifikasi berdasarkan konfigurasi horizontal dan vertikal.

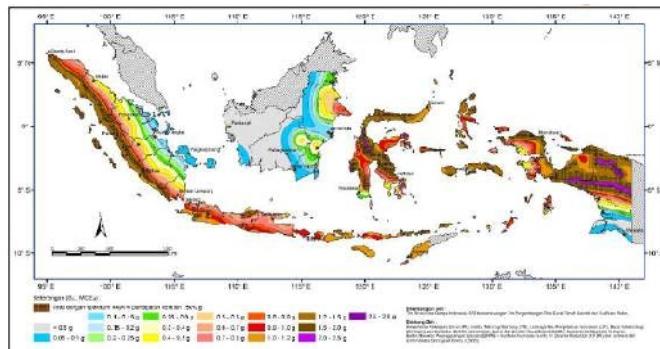
2.4 Pengaruh Gempa pada Bangunan

2.4.1 Beban dan Analisis Gempa

Gempa adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Pembagian sistem struktur menurut wilayah gempa dibagi menjadi sebagai berikut: (Purwono,2003)

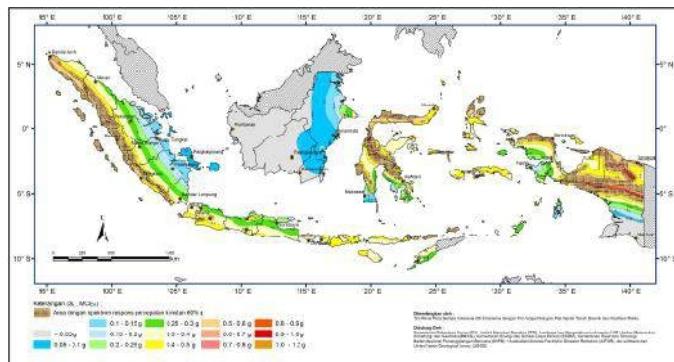
1. Wilayah gempa 1 dan 2 (resiko gempa rendah), desain menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa dan dinding struktur dengan beton biasa.
2. Wilayah gempa 3 dan 4 (resiko gempa sedang), dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah dan Sistem Dinding Struktur Biasa (SDSB) dengan beton tanpa detailing khusus.
3. Wilayah gempa 5 dan 6 (resiko gempa tinggi), dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus dan Sistem Dinding Struktur Khusus dengan beton khusus.

Pembagian wilayah gempa di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Peta Zona Gempa Indonesia (Ss)

(Sumber SNI 1726:2012, Gambar 9-Ss)



Gambar 2.2 Peta Zona Gempa Indonesia (S1)

(Sumber SNI 1726:2012, Gambar 10-S1)

2.4.2 Perhitungan Gempa

2.4.2.1 Gempa Rencana

Gempa rencana dalam perancangan struktur gedung ini ditetapkan sebagai gempa yang kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 %.

2.4.2.2 Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Struktur Bangunan

Sesuai Tabel 2.1 SNI 1726-2012, untuk berbagai resiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan Ie menurut Tabel 2.2 SNI 1726-2012.

Tabel 2. 1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung

Jenis pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan 	II

<ul style="list-style-type: none"> - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan missal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat 	IV

<ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi - kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	
---	--

(SNI 1726 : 2012, Tabel 1)

Tabel 2. 2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, I _e
I atau II	1,00
III	1,25
IV	1,50

(SNI 1726:2012, Tabel 2)

2.4.2.3 Kombinasi Beban dan pengaruh beban Gempa

Peninjauan dan penghitungan beban pada perancangan gedung ini berdasarkan pada Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2013 pasal 9.2.1 dan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726-2012 Pasal 4.2.2 dan Pasal 7.4.

1. 1,4 D
2. 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr atau R)
3. 1,2D + 1,6(Lr atau R) + (1,0Latau 0,5W)
4. 1,2D + 1,0W + 1,0L+ 0,5(Lr atau R)
5. 1,2D + 1,0E + 1,0L
6. 0,9D + 1,0W

7. $0,9D + 1,0E$

2.4.2.4 Klasifikasi Situs

Klasifikasi suatu situs digunakan untuk memberikan kriteria desain seismik berupa faktor-faktor amplifikasi pada bangunan. Dalam perumusan kriteria desain seismik suatu bangunan di permukaan tanah atau penentuan amplifikasi besaran percepatan gempa puncak dari batuan dasar ke permukaan tanah untuk suatu situs, maka situs tersebut harus diklasifikasikan terlebih dahulu. Penetapan kelas situs harus melalui penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium, atau ditentukan oleh ahli geoteknik. Klasifikasi situs disajikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	\bar{V}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>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
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :		
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, PI > 20 2. Kadar air, w = 40% 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa 		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ul style="list-style-type: none"> - 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 > 3m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan H > 7,5m dengan Indeks Plastisitas PI > 75) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan H > 35m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

(SNI 1726:2012, Tabel 3)

2.4.2.5 Parameter Percepatan Gempa

Setelah mengetahui klasifikasi situs dan parameter percepatan batuan dasar, langkah berikutnya adalah menghitung koefisien atau parameter percepatan gempa berdasarkan kelas situs terdahulu dan nilai dari peta gempa supaya bisa didapatkan respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER). Untuk menentukan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan faktor amplifikasi sesmik pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek (F_a) dan faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode 1 detik (F_v). Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (SMS) dan periode 1 detik (SM1) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$SMS = F_a S_s$$

$$SM1 = F_v S_1$$

Dengan nilai F_a dan F_v ditentukan berdasarkan Tabel 2.4 dan 2.5.
Tabel 2. 4 Koefisien situs, Fa

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada 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				

(SNI 1726:2012, Tabel 4)

Tabel 2. 5 Koefisien situs, Fv

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada periode pendek, $T = 1$ detik, S_1				
	$S_1 = 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF			SS ^b		

(SNI 1726:2012, Tabel 5)

Catatan :

1. Untuk nilai-nilai antara Ss dapat dilakukan interpolasi linier
2. SS = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs spesifik

2.4.2.6 Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, SDS dan pada periode 1 detik, SD1 harus ditentukan melalui persamaan berikut :

$$SDS = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (2.1)$$

$$SD1 = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (2.2)$$

2.4.2.7 Kategori Desain Seismik (KDS)

Dari nilai SDS, SD1 dan kategori resiko gedung akan didapatkan dua kategori desain seismik. Nilai yang diambil adalah yang paling besar dari kedua KDS tersebut. Nilai tersebut didapatkan harus dari nilai dalam Tabel 2.6 dan Tabel 2.7.

Tabel 2. 6 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan Periode Pendek, SDS

Nilai S_{DS}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

(SNI 1726:2012, Tabel 6)

Tabel 2. 7 Kategori Desain Seismik berdasarkan Parameter Respons Percepatan Perioda 1 detik, SD1

Nilai S_{D1}	Kategori Resiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

(SNI 1726:2012, Tabel 7)

2.4.2.8 Prosedur Perhitungan Gaya Lateral Ekivalen

1. Geser Dasar Seismik

Geser dasar seismic, V, dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut: (SNI 1726-2012 Pasal 7.8.1)

$$V = Cs \cdot W \quad (2.3)$$

Dimana :

Cs = Koefisien Respons

W = Berat Seismik Efektif

2. Berat Seismik Efektif

Berat seismic efektif struktur, harus menyertakan seluruh beban mati dan beban lainnya, yaitu :

1) Daerah yang digunakan untuk penyimpanan :

Minimum sebesar 25 % beban hidup lantai (beban lantai di garasi public dan struktur parkiran terbuka, serta beban, serta beban penyimpanan yang tidak melebihi 5 persen dari berat seismic efektif pada suatu lantai tidak perlu disertakan); Jika ketentuan untuk partisi diisyaratkan dalam desain beban lantai, diambil yang terbesar di antara berat partisi aktual atau berat daerah lantai minimum sebesar 0.46 kN/m^2 ;

2) Berat operasional total dari peralatan yang permanen;

- 3) Berat lansekap dan beban lainnya pada taman atap dan luasan sejenis lainnya.

Prosedur analisis dalam perencanaan struktur bangunan gedung tahan gempa harus sesuai dengan Tabel 2.8 sebagai berikut :

Tabel 2. 8 Prosedur analisis yang boleh digunakan

Kategori desain seismik	Karakteristik Struktur	Analisi gaya lateral equivalen Pasal 7.8	Analisis spektrum respons ragam Pasal 7.9	Prosedur riwayat respons seismik Pasal 11
		I	I	I
B, C	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat.	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat.	I	I	I
	Semua struktur lainnya.	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat	I	I	I

	Struktur beraturan dengan $T < 3,5 T_s$ dan semua struktur dari konstruksi rangka ringan.	I	I	I
	Struktur tidak beraturan dengan $T < 3,5 T_s$ dan mempunyai hanya ketidakberaturan horisontal Tipe 2, 3, 4 atau 5 dari Tabel 10 atau ketidakteraturan vertikal Tipe 4, 5a, atau 5b dari Tabel 11.	I	I	I
	Semua struktur lainnya.	TI	I	I

(SNI 1726:2012, Tabel 13)

3. Perhitungan Koefisien Respons Seismik

Koefisien respons seismik, C_s harus ditentukan sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan pada SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1.1:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\frac{R}{T} I_e} \quad (2.4)$$

nilai C_s tidak boleh melebihi

$$C_s = \frac{S_{D1}}{\frac{R}{T} I_e} \quad (2.5)$$

dan tidak boleh kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (2.6)$$

nilai R merupakan faktor modifikasi respons yang dapat dilihat pada SNI 1726-2012 Tabel 9 sesuai dengan sistem struktur yang ditentukan.

4. Penentuan Perioda Fundamental

Perioda fundamental struktur, T , dapat dihitung dengan menggunakan perioda fundamental pendekatan, T_a , yang dapat ditulis dari persamaan berikut

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (2.7)$$

Dimana h_n merupakan tinggi bangunan. Nilai C_t dan x dapat dilihat pada Tabel 2.9 berikut yang diambil dari SNI 1726-2012.

Tabel 2. 9 Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct dan X

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka 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

(SNI 1726:2012, Tabel 15)

5. Distribusi Vertikal Gaya Gempa

Gaya gempa lateral (F_x), dalam (kN), yang timbul di semua tingkat harus ditentukan dari persamaan :

$$F_x = C_{vx} V \quad (2.8)$$

$$C_{vx} = \frac{S_x h_x^k}{\sum_{i=t}^n W_i h_i^k} \quad (2.9)$$

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur, dinyatakan dalam kilo newton (kN)

w_i dan w_x = bagian berat seismik efektif total struktur yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x (kN)

h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x, dalam meter(m)

k = eksponen yang terkait dengan periode struktur berikut ini:

struktur dengan periода 0,5 atau kurang, k=1 struktur dengan perioda 2,5 atau lebih, k=2 struktur dengan perioda 0,5 -2,5 k=2, atau interpolasi linear antara 1 dan 2. Persyaratan untuk desain dan pelaksanaan konstruksi komponen struktur dimana gaya desain, terkait dengan pergerakan gempa, telah ditentukan dengan dasar disipasi energi dalam rentang respon nonlinier. (SNI 2847:2013 Pasal 21.1.1.1) Semua struktur harus ditetapkan sebagai kategori desain seismic (KDS) sesuai dengan SNI 1726:2012. (SNI 2847:2013 Pasal 21.1.2)

2.5 Sistem Ganda (Dual System)

Sistem Ganda atau Dual System adalah salah satu sistem struktur yang beban gravitasinya dipikul sepenuhnya oleh Space Frame (Rangka), sedangkan beban lateralnya dipikul bersama oleh Space Frame dan Shear Wall (Dinding Geser/Dinding Struktur). Menurut SNI 1726-2012 pasal 7.2.5.1 menyebutkan bahwa, untuk Sistem Ganda, rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing dengan distribusi yang proporsional terhadap kekuannya. Karena Shear Wall dan Space Frame dalam Dual System merupakan satu kesatuan struktur maka diharapkan keduanya dapat mengalami defleksi lateral yang sama atau setidaknya Space Frame mampu mengikuti defleksi lateral yang terjadi. Shear Wall sendiri artinya adalah Dinding Geser yang terbuat dari beton bertulang dimana tulangan-tulangan tersebut yang akan menerima gaya lateral akibat gempa sebesar beban yang telah direncanakan. Sistem Ganda pada dasarnya terdiri dari:

1. Rangka ruang memikul seluruh beban gravitasi.
2. Pemikul beba lateral berupa dinding geser atau rangka bresing (bracing) dengan rangka pemikul momen. Rangka pemikul

momen harus direncanakan secara terpisah mampu memikul sekurang-kurangnya 25 persen dari seluruh beban lateral, sedangkan sisanya akan dipikul oleh dinding geser.

3. Kedua sistem harus direncanakan untuk memikul bersama-sama seluruh beban lateral dengan memperhatikan interaksi antara sistem rangka pemikul momen dengan dinding geser. Untuk daerah dengan resiko gempa tinggi menggunakan Sistem Ganda, rangka utama dan dinding struktur harus didesain sebagai Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Dinding Struktur Beton Khusus (DSBK).

Menurut SNI-1726 2012 pasal 3.53, tentang perencanaan bangunan terhadap gempa menyebutkan bahwa SRPMK merupakan sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur. Selanjutnya Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus diatur dalam SNI 2847-2013 pasal 21.5 hingga pasal 21.8. Sedangkan Dinding Struktur Beton Khusus diatur dalam SNI 2847-2013 pasal.

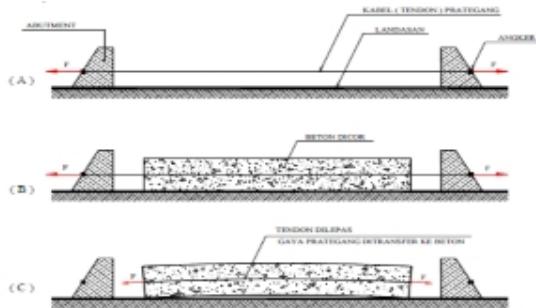
2.6 Beton Pratekan

Beton pratekan adalah beton yang mengalami tegangan internal dengan benar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi tegangan yang terjadi akibat beban eksternal sampai batas tertentu. Menurut SNI 2847:2013, tendon pada beton pratekan tidak boleh sama sekali memikul beban gempa, bahkan tidak dianjurkan digunakan pada zona gempa tinggi. Tetapi jika ada gempa maka beban tersebut dipikul oleh tulangan lunak. Sedangkan menurut ACI 318-2008 Pasal. 21.5.2.5 tendon pratekan diperbolehkan menerima 25% momen positif atau negatif.

Jenis Beton pratekan dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Beton Pratekan metode Pratarik (*Pretension*)

Beton pratekan metode pratarik adalah beton prategang yang dihasilkan dengan memberi tegangan awal pada tendon baja sebelum proses pengecoran. Berikut metode pengerjaan beton pratarik (Gambar 2.4):



Gambar 2.3 Proses Pra Tarik
(Hendra,2015)

Tahap 1: Tendon prategang ditarik atau diberi gaya prategang lalu diangker pada suatu abutment tetap (gambar A).

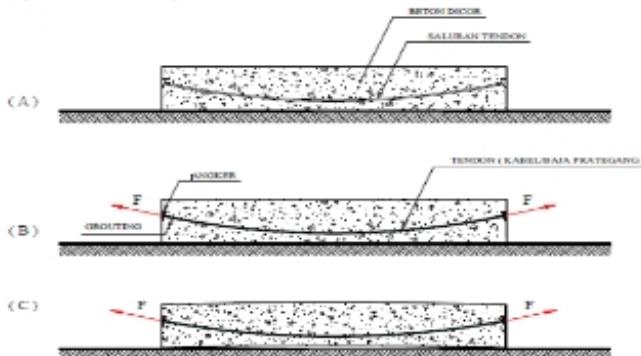
Tahap 2: Beton dicor pada cetakan (formwork) dan landasan yang telah disediakan sehingga mencakup tendon yang sudah diberi gaya prategang dan dibiarkan mengering (gambar B).

Tahap 3: Setelah beton mengering dan umur yang cukup sehingga kuat untuk menerima gaya prategang, tendon dipotong dan dilepas, sehingga gaya prategang ditransfer ke beton (gambar C).

Setelah gaya prategang ditransfer kebeton, balok beton akan melengkung keatas sebelum menerima beban kerja. Setelah beban kerja bekerja, maka balok beton tsb akan rata.

2. Beton Pratekan metode Pascatarik (*Posttension*)

Merupakan beton pratekan yang dihasilkan dengan memberikan tegangan pada tendon baja setelah proses pengecoran beton (dimana beton telah mengeras mencapai sebagian kekuatannya). Berikut merupakan metode pengrajaan pasca Tarik (Gambar 2.5):



Gambar 2.4 Proses Pasca Tarik

(Hendra,2015)

Tahap 1 : Dengan cetakan (*formwork*) yang telah disediakan dengan selongsong kabel prategang (*tendon duct*) yang dipasang dengan bentuk sesuai bidang momen balok, beton dicor (Gambar A).

Tahap 2 : Setelah beton cukup umur dan kuat memikul gaya prategang, tendon atau kabel prategang dimasukkan dalam selongsong (*tendon duct*), kemudian ditarik untuk mendapatkan gaya prategang. Metode pemberian gaya prategang ini, salah satu ujung kabel diangker, kemudian ujung lainnya ditarik (ditarik dari satu sisi). Dapat juga dengan menarik dikedua sisi dan diangker secara bersamaan. Setelah diangkur, kemudian saluran di *grouting* melalui lubang yang disediakan.(Gambar B).

Tahap 3: Setelah diangkur, balok beton menjadi tertekan, gaya prategang telah ditransfer kebeton. Karena tendon dipasang melengkung, maka akibat gaya prategang tendon memberikan beban merata kebalok yang arahnya keatas, sehingga balok melengkung keatas (Gambar C).

Alasan dipilih metode pasca tarik karena:

1. Pelaksanaannya yang lebih memungkinkan dalam pelaksanaan di struktur gedung,
2. Layout tendon dapat dibuat fleksibel (menyesuaikan dengan bentuk bidang momen), yang umumnya berbentuk parabola sehingga lebih efisien.

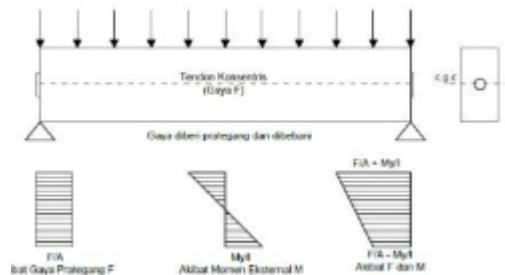
Pengecoran balok pratekan yang digunakan adalah system *cast in place* (pengecoran di tempat). Pengecoran di tempat dipilih daripada pracetak karena mempunyai keunggulan diantaranya mudah dibentuk dan tidak mengalami kesulitan dalam hal penentuan sambungan. Akan tetapi, perlu diwaspadai karena pemberian gaya pratekan diberikan setelah beton mengeras. Ini memberikan dampak kepada kolom saat *jacking*. Dampak yang akan timbul akibat proses *jacking* terhadap struktur portal ialah sebagai berikut (Tjia,2014):

1. Gaya perlawanan kolom menyebabkan gaya pratekan menjadi berkurang karena sebagian gaya pratekan yang diberikan digunakan untuk mengatasi perlawanan gaya kolom.
2. Semakin kaku komponen kolom yang mengekang balok pratekan maka semakin besar gaya pratekan yang hilang untuk melawan kolom
3. Hal ini juga menyebabkan semakin besarnya momen yang diterima kolom sebagai kontribusi dari jacking yang terjadi.

2.7 Prinsip Dasar Beton Pratekan

2.7.1 Sistem Pratekan untuk Mengubah Beton menjadi Bahan yang Elastis.

Konsep ini memperlakukan beton sebagai bahan yang elastis. Beton yang ditransformasikan dari bahan yang getas menjadi bahan yang elastis dengan memberikan tekanan terlebih dahulu pada bahan tersebut. Beton tidak mampu menahan tarikan dan kuat menahan tekanan, namun beton yang elastis dapat memikul tegangan tarik. (Lin & Burns, 2000) (Gambar 2.6).



Gambar 2.5 Konsep Beton Pratekan sebagai Bahan yang Elastis

Akibat gaya tekan yang diberikan, gaya F yang bekerja akan memberikan tegangan tekan secara merata diseluruh penampang beton sebesar F/A , dimana A adalah luas penampang. Akibat dari beban merata yang memberikan tegangan tarik di bawah garis netral dan tegangan tekan di atas garis netral, maka perumusan sebagai berikut :

$$F = \frac{M \times C}{I} \quad (2.10)$$

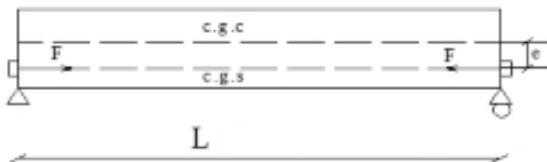
Dimana :

M = Moemen lentur pada penampang yang ditinjau

C = jarak garis netral ke serat terluar penampang

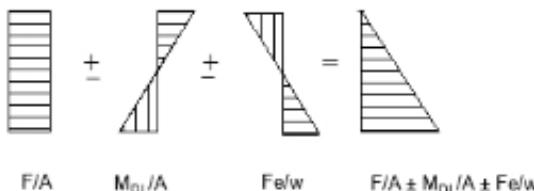
I = Momen Inersia penampang

Agar kemampuan beton prategang meningkat, dapat ditambahkan eksentrisitas tegangan baja terhadap garis netral beton pada gambar 2.7.



Gambar 2.6 Tendon dengan Eksentrisitas

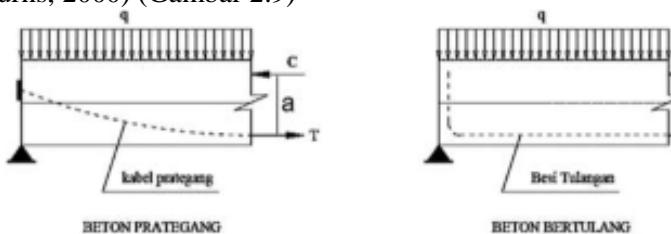
Karena adanya pergeseran eksentrisitas baja terhadap garis pusat, maka terjadi tegangan sebesar $F \cdot e / W$ dimana e merupakan eksentrisitas tegangan dan W adalah momen resisten (I/y). Diagram tegangan dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.7 Diagram Tegangan Beton Prategang

2.7.2 Sistem Pratekan untuk Kombinasi Baja Mutu Tinggi dengan Beton

Konsep ini mempertimbangkan beton pratekan sebagai kombinasi dari baja dan beton, dimana baja menahan tarikan dan beton menahan tekanan, dengan demikian kedua bahan membentuk kopel penahan untuk melawan momen eksternal (Lin & Burns, 2000) (Gambar 2.9)

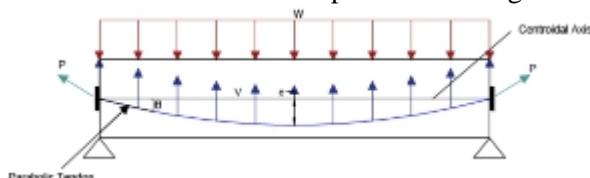


Gambar 2.8 Perbandingan Penulangan Prategang dan Beton Bertulang

Pada beton prategang, baja pategang ditarik dengan gaya prategang (T) yang akan membentuk momen kopel dengan gaya tekan pada beton (C) untuk melawan momen akibat beban luar. $M_{\text{dalam}} = C \times a$ (beton prategang).

Pada beton bertulang biasa, tulungan akan menahan gaya tarik (T) akibat beban luar, yang akan membentuk momen kopel dengan gaya tekan pada beton (C) untuk melawan momen akibat beban luar. Dengan nilai $C=T$ dan $M_{\text{max}}=M_{\text{dalam}}$, dimana nilai $M_{\text{dalam}} = C \times Z$ (beton bertulang).

2.7.3 Sistem Pratekan untuk mencapai kesetimbangan beban



Gambar 2.9 Konsep Beton Pratekan Mencapai Keseimbangan

Pada Gambar 2.10 menerangkan konsep ini untuk membuat keseimbangan gaya-gaya pada sebuah batang. Pada desain beton pratekan, pengaruh pratekan dipandang sebagai keseimbangan berat sendiri sehingga batang yang mengalami lenturan tidak akan mengalami tegangan lentur pada kondisi pembebahan yang terjadi (Lin & Burns, 2000). Balok beton yang terletak diatas dua perletakan yang diberi gaya prategang (P) dengan lintasan parabola. Beban akibat gaya prategang yang terdistribusi secara merata kearah atas dinyatakan sebagai berikut :

$$Wb = \frac{8 \times F \times h}{L^2} \quad (2.11)$$

Dimana :

Wb = beban merata kearah atas

H = tinggi parabola kabel lintasan prategang

L = bentang balok

F = gaya prategang

2.8 Tahap Pembebanan

Pada beton prategang terdapat dua tahapan pembebanan. Pada setiap tahapan harus dilakukan pengecekan kondisi beton baik pada bagian yang tertekan maupun yang tertarik untuk setiap penampang. Tahapan yang terdapat dalam beton pratekan diantaranya :

2.8.1 Tahap Transfer

Pada metode pratarik, tahap transfer terjadi saat angker dilepas dan gaya prategang di transfer ke beton. Sedangkan untuk metode paskatarik, tahap transfer terjadi saat beton telah cukup umur dan dilakukan penarikan beton prategang. Pada saat ini beban layan belum bekerja.

2.8.2 Tahap Service

Tahap ini terjadi setelah beton prategang digunakan / berfungsi sebagai komponen struktur. Pada saat ini semua beban layan sudah bekerja, sehingga pada saat ini semua kehilangan prategang sudah harus diperhitungkan dalam analisa struktur.

2.9 Material Beton Prategang

2.9.1 Beton

Beton yang digunakan pada beton prategang pada umumnya merupakan beton mutu tinggi, workability tinggi, dapat mencapai kekuatan tertentu dalam waktu singkat dan kehilangan prategang (loss of prestressed) kecil. Tegangan ijin pada beton prategang dibagi menjadi dua, yaitu pertama tegangan ijin saat transfer dan tegangan ijin saat service (Lin & Burns,2000)

2.9.2 Tendon Baja

Dalam struktur beton prategang terdapat 2 jenis baja didalamnya yaitu baja bermutu tinggi yang mengalami gaya prategang sebagai tulangan aktif dan baja nonprategang sebagai tulangan pasif yang terbuat dari mild steels dan cold-worked steels.

Macam-macam baja prategang yang digunakan adalah (Sulendra,2011):

- Wire : kawat baja pejal dalam gulungan
- Bar : kawat baja pejal dalam lonjoran. Batang baja
- (Bar) : diameter 20 mm
- Strand : sekelompok kawat digabung dan dipintal pada arah longitudinal

2.9.3 Angkuran Beton Prategang

Kegagalan beton pratekan dapat diakibatkan oleh hancurnya bantalan beton pada daerah dibelakang angkur tendon. Kegagalan ini diperhitungkan saat transfer yang merupakan kondisi ekstrim, yaitu saat gaya pratekan maksimum dan kekuatan beton minimum. Kuat tekan nominal beton pada daerah pengangkuran global di oleh SNI 2847:2013 pasal 18.13.2.2 dan 18.13.1.2.

Jenis-jenis angkur adalah sebagai berikut:

1. Angkur hidup : Angkur ini dapat ditarik lagi setelah penegangan tendon Pratekan. Pegangkuran ini sering dijumpai dalam pratekan dengan sistem paska tarik
2. Angkur mati : Angkur ini tidak bisa dilakukan lagi penarikan setelah penegangan tendon dilakukan. Angkur jenis ini sering digunakan dalam pratekan dengan system Pratarik.

2.10 Selongsong (*duct*) Sistem Pasca-Tarik

Syarat untuk selongsong (*duct*) pasca tarik terdapat pada SNI 2847:2013 pasal 18.17. Menurut Peraturan SNI 2847:2013 pasal 18.17.1 yaitu:

- a. Selongsong untuk tendon yang di-grout atau tanpa lekatannya harus mortarnya, kedap air dan tidak reaktif dengan beton,tendon, baja prategang, grout atau bahan pengisinya dan sifatnya pencegah korosi;

- b. Selongsong (*ducts*) untuk tendon yang di-grout harus kedap mortar dan tidak reaktif dengan beton, baja prategang, grout, dan pencegah korosi;
- c. Selongsong (*ducts*) untuk tendon kawat tunggal, strand tunggal, atau batang tulangan tunggal yang di-grouting harus mempunyai diameter dalam paling sedikit 6 mm lebih besar dari diameter baja prategang. (SNI 2847:2013 pasal 18.17);
- d. Selongsong (*ducts*) untuk tendon kawat majemuk, strand majemuk, atau batang tulangan majemuk yang di-grouting harus mempunyai luas penampang dalam paling sedikit dua kali luas penampang baja prategang;
- e. Selongsong (*ducts*) harus dijaga bebas dari air genangan jika komponen struktur yang di-grouting terpapar terhadap suhu di bawah pembekuan sebelum di-grouting.

2.11 Grouting untuk Tendon

Dalam SNI 2847:2013, bahan pengisi selubung tendon berfungsi untuk merekatkan tendon ke beton setelah penarikan (untuk keadaan pascatarik) dan untuk mencegah baja berkarat.

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 18.18.2, bahan untuk grouting biasanya terdiri dari semen portland dan air, sedangkan untuk selubung yang besar sering ditambah pasir. Pada saat pelaksanaan grouting, suhu komponen struktur harus di atas 2°C dan harus dijaga di atas 2°C hingga kubus grouting 50 mm yang dirawat di lapangan mencapai kekuatan tekan minimum sebesar 5,5 MPa (pasal 18.18.4.1) dan suhu grouting tidak boleh di atas 32°C selama pencampuran dan pemompaan (pasal 18.18.4.2).

2.12 Angkur dan Kopler Pasca-Tarik

Perencanaan angkur dan kopler diatur pada SNI 2847:2013 pasal 18.21. Angkur dan kopler untuk tendon harus mengembangkan paling sedikit 95 % dari fpu. Untuk tendon dengan lekatan harus dikembangkan pada penampang kritis hingga

100% dari fpu setelah baja prategang dilekatkan (Pasal 18.21.1). Pada kontruksi tanpa lekatan yang dikenai beban berulang, perhatian harus diberikan pada kemungkinan kelelahan (fatigue) dalam angkur dan kopler (Pasal 18.21.3). Angkur, kopler dan penutup ujung harus dilindungi secara permanen terhadap korosi (Pasal 18.21.4).

2.13 Sistem Hubungan Balok Kolom

2.13.1 Sistem Sendi

Sebagai upaya mengeliminasi tahanan terhadap gerakan horizontal, maka dasar kolom dapat didesain dengan sendi, sehingga kekakuan lentur relative kolom tidak akan mempengaruhi efektifitas *post tension*. Desain sendi sementara (*temporary hinge*) Sendi bagian bawah kolom, akan secara praktis mengeliminasi tahanan terhadap gerakan dalam kolom. Kalau sebuah sendi tidak diinginkan, kelanjutan dapat dibangun kembali setelah rangkak telah terjadi, katakana saja setelah 6 bulan. Penambahan bahan *grouting* ke dalam dasar kolom akan merubah sifatnya menjadi jepit.

2.13.2 Sistem Konsol Pendek

Tumpuan pada balok prategang dengan sistem konsol pendek atau bracket corbel, sehingga kolom tidak merupakan hubungan yang kaku. Sistem ini digunakan untuk menghindari adanya pengurangan gaya prateka akibat kekangan kolom. Konsol pendek merupakan simple supported beam, gaya-gaya yang timbul dari balok prategang akan disalurkan ke kolom dengan perantara kolsol pendek. (Suryadarma & Gunawan, 1986)

2.14 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan komponen struktur bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah yang diterima dari kolom. Struktur pondasi sangat penting meningkat sebagai struktur terbawah dalam menahan beban

struktur di atasnya. Terdapat dua macam pondasi yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Dikatakan pondasi dangkal apabila perbandingan antara kedalaman pondasi (D) dengan diameternya (B) kurang dari 4 atau lima ($D/B < 4$ atau 5) atau 5. Sedangkan pondasi dalam memiliki perbandingan kedalaman pondasi dengan diameternya lebih besar sama dengan 10 ($D/B = 10$) (Wahyudi, 1999).

Hal-hal yang perlu diperhitungkan dalam perencanaan pondasi diantaranya adalah jenis tanah, kondisi tanah dan struktur tanah. Hal tersebut sangat berkaitan dengan daya dukung tanah dalam memikul beban yang terjadi diatasnya. Pada perencanaan pondasi gedung Twin Tower UINSA Surabaya menggunakan pondasi tiang pancang yang termasuk jenis pondasi dalam.

2.14.1 Daya Dukung Tiang

Pondasi yang direncanakan menggunakan tiang pancang dengan perhitungan daya dukung pondasi berdasarkan hasil dari Standard Penetration Test (SPT)

Daya dukung tiang pada tanah pondasi umumnya diperoleh dari jumlah daya dukung terpusat tiang dan tahanan geser pada dinding tiang. Besarnya daya dukung yang diizinkan R_a diperoleh dari persamaan sebagai berikut:

$$R_a = \frac{1}{n} R_u = \frac{1}{n} R_p + R_f \quad (2.88)$$

Dimana: R_a = daya dukung ijin tiang (ton)

R_u = daya dukung batas pada tanah pondasi (ton)

R_p = daya dukung terpusat tiang (ton)

R_f = gaya geser dinding tiang (ton)

n = faktor keamanan

Angka dalam tanda kurung: bila beban kereta api diperhitungkan Daya dukung terpusat tiang, R_p dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_p = q_d A \quad (2.89)$$

Dimana: q_d = daya dukung ujung tiang (ton/m^2)
 A = luas ujung tiang (m^2)

Sedangkan gaya geser tiang, R_f dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_f = U \sum l_i f_i \quad (2.90)$$

Dimana: U = panjang keliling tiang (m)
 l_i = tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang
 f_i = besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m)

2.14.2 Perencanaan Pile Cap Grup Tiang Pancang

Dalam perancangan pile cap pada tugas akhir ini penulis meninjau gaya geser pons dan penulangan momen lentur.

1. Kontrol Tebal Minimum Pile Cap
2. Kontrol Geser Pons
3. Penulangan Pile Cap

2.14.3 Perencanaan Sloof Pondasi (*Tie Beam*)

Struktur sloof digunakan agar penurunan pada pondasi terjadi secara bersamaan. Dalam hal ini sloof berfungsi sebagai pengaku yang menghubungkan pondasi satu dengan pondasi yang lain. Adapun beban yang ditimpakan ke sloof terdiri dari berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan/tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

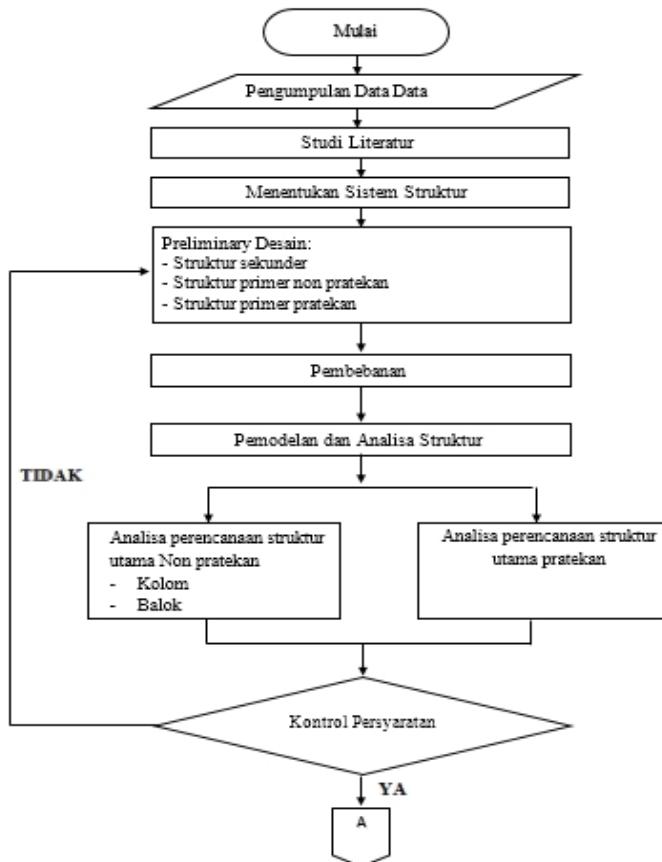
BAB III

METODOLOGI

3.1 Umum

Sebelum mengerjakan Tugas Akhir, maka perlu disusun langkah – langkah pengerjaan sesuai dengan uraian kegiatan yang akan dilakukan seperti yang dijabarkan pada Gambar 3.1.

3.2 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir





Gambar 3. 1 Diagram Alir Tugas Akhir

3.3 Pengumpulan Data

Data bangunan yang akan digunakan dalam penggerjaan Tugas Akhir yaitu:

Nama Bangunan	: Gedung Rektorat Twin Tower Universitas Negeri Sunan Ampel Surabaya.
Tipe Bangunan	: Perkantoran
Lokasi	: JL Ahmad Yani no 117 Surabaya
Tinggi Total Bangunan	: ± 38 m
Mutu Beton (f_c)	: 30 Mpa
Mutu Baja (f_y)	: 400 Mpa
Data Tanah	: Terlampir
Data Gambar	: Terlampir

3.4 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan dengan menggunakan beberapa buku pustaka atau peraturan mengenai perancangan beton pratekan

dan struktur gedung secara umum yang akan sangat membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini, diantaranya :

1. SNI 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung.
2. SNI 1726:2012 Struktur Gedung Tahan Gempa.
3. SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan struktur lain.
4. Beton Prategang Edisi Ketiga Jilid 1 (T.Y.Lin).

3.5 Perencanaan Struktur Sekunder

Perencanaan struktur sekunder dipisah dari struktur utama karena struktur sekunder hanya meneruskan beban yang ada ke struktur utama. Perencanaan struktur sekunder antara lain meliputi:

3.5.1 Perencanaan Pelat

1. Perencanaan Dimensi Pelat

Untuk memenuhi syarat lendutan, ketebalan minimum dari pelat harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3.

a. Menentukan tebal minimum pelat

$$\alpha_{fm} = \frac{E_{balok} \times I_{balok}}{E_{pelat} \times I_{pelat}} \quad (3.1)$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times K \times b \times h^3 \quad (3.2)$$

$$I_{plat} = Ly \times \frac{hf^3}{12} \quad (3.3)$$

$$K = \frac{1 + \frac{be}{bw} - 1 \times \frac{hf}{hw} \times [4 - 6 \times \frac{hf}{hw} + 4(\frac{hf}{hw})^2 + \frac{be}{bw} - 1 \times (\frac{hf}{hw})^3]}{1 + \frac{be}{bw} - 1 \times (\frac{hf}{hw})} \quad (3.4)$$

Jika: $fm = 0.2$, maka nilai h menggunakan ketentuan yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan leleh, f_y MPa	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	Ln/33	Ln/36	Ln/36	Ln/36	Ln/40	Ln/40
420	Ln/30	Ln/33	Ln/33	Ln/33	Ln/36	Ln/36
520	Ln/33	Ln/28	Ln/31	Ln/31	Ln/34	Ln/34

Untuk konstruksi dua arah, Ln adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain. Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.

*panel drop didefinisikan dalam SNI 2847-2013 pasal 13.2.5

*pelat dengan balok diantara kolom kolomnya disepanjang tepi eksterior. Nilai untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0.8

(SNI 2847:2013,Tabel 9.5(c))

- $0.2 \leq f_m \leq 2$, maka nilai h

$$\beta = \frac{\ln(0.8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \text{ dan } 125 \text{ mm} \quad (3.5)$$

- $f_m > 2$, maka nilai h

$$\beta = \frac{\ln(0.8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \text{ dan } 90 \text{ mm} \quad (3.6)$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} < 2 \text{ (pelat 2 arah)} \quad (3.7)$$

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} > 2 \text{ (pelat 1 arah)} \quad (3.8)$$

dimana :

L_n = Panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi 2 arah

= Rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap arah pendek pelat

f_m = Nilai rata-rata untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel

b. Menentukan Lebar Efektif

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 8.12.2 dan Pasal 8.12.3 disebutkan bahwa kriteria menentukan lebar efektif (be) dari balok

- Interior tidak boleh melebihi :

$$be_1 = \frac{1}{4} \times L \quad (3.9)$$

$$be_2 = bw + 8t \quad (3.10)$$

$$be_2 = bw + \frac{1}{2} S \quad (3.11)$$

- Eksterior tidak boleh melebihi :

$$be_1 = \frac{1}{12} \times L \quad (3.12)$$

$$be_2 = bw + 6t \quad (3.13)$$

$$be_2 = bw + \frac{1}{2} S \quad (3.14)$$

3.5.2 Perencanaan Dimensi Tangga

- Persyaratan dalam perencanaan dimensi tangga adalah sebagai berikut :

$$60 \quad (2t + i) \quad 65 \quad (3.15)$$

$$25^\circ \quad 40^\circ \quad (3.16)$$

dimana:

t = tinggi tanjakan

i = lebar injakan

3.5.3 Perencanaan Balok Lift

- Asumsi Beban Lift (Mengacu pada brosur)

3.5.4 Perencanaan Balok Anak

- Perencanaan dimensi balok anak

Perencanaan balok anak mengikuti peraturan SNI 2847:2013 pasal

9.5.2.2

- Perencanaan Tinggi Balok Anak

$$\square = \frac{l}{21} \times \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right) \quad (3.17)$$

- Perencanaan Lebar Balok Anak

$$b = \frac{2}{3} x \quad (3.18)$$

3.6 Preliminary Desain

Preliminary desain ini dilakukan dengan memperkirakan dimensi awal dari struktur sesuai dengan ketentuan SNI 2847-2013, yang berupa:

3.6.1 Preliminary desain struktur beton bertulang

1. Perencanaan Balok

- Perencanaan Dimensi Balok

Perencanaan balok mengikuti peraturan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2

- Perencanaan Tinggi Balok Anak

$$\text{t} = \frac{l}{16} x (0,4 + \frac{f_y}{700}) \quad (3.19)$$

- Perencanaan Lebar Balok Anak

$$b = \frac{2}{3} x \quad (3.20)$$

- Penulangan Balok

Tahapan yang digunakan dalam menentukan tulangan lentur balok adalah sebagai berikut:

- Menentukan data-data d, fy, f'c, dan Mu
- Menentukan harga 1 (SNI 2847:2013 pasal (10.2.7.3))

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'_c - 28)}{7} \quad (3.21)$$

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

Menurut SNI 2847:2013 lampiran B (8.4.2):

$$\rho b = \frac{0.85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \quad (3.22)$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal (21.5.2.1) :

$$\max = 0.025 \quad (3.23)$$

Menurut SNI 2847:2013 lampiran B (10.3.3):

$$\max = 0.75 b \quad (3.24)$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal (10.5.1)

$$\rho_{\min} = \frac{0.25 x f'c}{f_y} x b w x d \quad (3.25)$$

$$\text{dan dari } \rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} x b w x d \quad (3.26)$$

Dari kedua harga \min tersebut, diambil harga yang terbesar sebagai yang menentukan.

d. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'_c} \quad (3.27)$$

e. Menentukan R_n (SNI 2847:2013 pasal (9.3.2.7))

$$R_n = \frac{Mn}{\phi b d^2} \quad (3.28)$$

Diketahui harga $\phi = 0.75$

f. Menghitung rasio tulangan yang dibutuhkan:

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \frac{1 - \frac{2xmxR_n}{f_y}}{1}\right) \quad (3.29)$$

dimana : $\min < \text{pakai} < \max$

g. Menentukan luas tulangan (AS) dari yang didapat

$$\rho = \frac{As}{b x d} \quad (3.30)$$

dimana $As = x b x d$

h. Menentukan jumlah dan jarak tulangan

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{As \text{ perlu}}{\frac{1}{4} x \pi x \phi} \quad (3.31)$$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{b - nx\phi L - 2d' - 2\phi}{n-1} \quad (3.32)$$

dimana:

b = lebar pelat per satuan meter

d = tinggi pelat

= rasio tulangan

As = luas tulangan perlu

f_y = mutu baja (MPa)

f'_c = mutu beton (MPa)

2. Perencanaan Dimensi Kolom

Perencanaan Kolom awalnya harus menentukan beban yang akan membebani kolom tersebut, kemudian kalikan dengan faktor beban, lalu dapat dicari luasan dari kolom tersebut

3.6.2 Preliminary desain balok (struktur pratekan)

Menentukan dimensi awal balok pratekan yang akan digunakan sesuai dengan SNI 2847-2013. Penampang awal beton prategang didesain berdasarkan ketentuan-ketentuan sesuai SNI 2847:2013 pasal 18. Selain itu juga dapat didesain dengan asumsi yang sesuai dengan ketentuan tinggi dimensi balok.

- Perencanaan Balok Pratekan

Dimensi balok pratekan pada preliminary desain direncanakan sebagai berikut:

$$\text{L min} = \frac{L}{20} \quad (3.33)$$

$$b \text{ min} = \frac{2}{3} \text{ L} \quad (3.34)$$

Dimana :

L = panjang balok (mm)

H = tinggi balok (mm)

B = lebar balok (mm)

Balok pratekan yang direncanakan memiliki L = 15000 mm, sehingga diperoleh perencanaan

$$h = \frac{15000}{20} = 700 \text{ mm} = 70 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} 700 \text{ mm} = 500 \text{ mm} = 50 \text{ cm}$$

Sehingga direncanakan balok pratekan dengan dimensi 50/70 cm.

3.7 Pembebatan

Penggunaan beban yang ada mengikuti peraturan yang ada di SNI 1727:2013 dan kombinasi pembebatan menggunakan SNI 1727:2013 Pasal 2.3.2 antara lain:

3.7.1 Beban Mati

Beban mati terdiri dari berat sendiri struktur, dinding, pelat, serta berat peralatan layan (SNI 1727:2013 Pasal 3.1.1)

3.7.2 Beban Hidup

3.7.3 Beban Gempa

Beban gempa yang digunakan sesuai SNI 1726:2012, dimana gempa yang digunakan merupakan gempa dinamik, karena bangunan mempunyai ketidakberaturan horizontal. Analisis respon dinamik menggunakan 2 metode, yaitu analisis respon spectrum dan analisis respon dinamik riwayat gempa (time history).

Pada tugas akhir ini digunakan analisis gempa dengan menggunakan respon spectrum

3.7.4 Kombinasi

Beban-beban yang dibebankan kepada struktur tersebut dibebankan kepada komponen struktur menggunakan kombinasi beban berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 9.2.1 sehingga struktur memenuhi syarat keamanan. Kombinasi pembebanan yang digunakan pada pers 2.1, 2.2, 2.5 dan 2.7.

3.8 Analisa Struktur

Analisa struktur utama menggunakan ETABS 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.

3.8.1 Kontrol Permodelan Struktur

Kontrol permodelan struktur dilakukan setelah memperoleh analisa dari program bantu SAP 2000, hal ini dilakukan agar mengetahui desain yang dilakukan telah memenuhi syarat keamanan dan sesuai dengan standar yang terdapat pada peraturan. Kontrol permodelan struktur yang dilakukan sebagai berikut:

1. Melakukan pengecekan antara perhitungan manual dan perhitungan dengan menggunakan program bantu SAP 2000, selisih keakuratan antara kedua metode $\pm 5\%$
2. Menghitung partisipasi massa, dengan syarat partisipasi massa 90%
3. Menghitung lama waktu getar (T)
4. Menghitung Base Shear Statik, harus memenuhi ketentuan yang ada $\pm 85\%$
5. Menghitung simpangan yang terjadi.

3.9 Perencanaan Struktur

Perencanaan struktur yang digunakan merupakan konsep desain yang hendak digunakan pada perhitungan perencanaan gedung.

3.9.1 Desain Struktur Utama Non Pratekan

Setelah memperoleh analisa gaya dalam menggunakan SAP 2000 dilakukan kontrol desain serta penulangan struktur utama sesuai dengan aturan yang terdapat pada SNI 2847:2013. Kontrol desain dilakukan untuk analisa struktur bangunan, sehingga memenuhi syarat keamanan dan sesuai dengan standar yang terdapat pada pertauran. Kontrol desain yang dilakukan berupa pengecekan terhadap kontrol geser, kontrol lentur, momen nominal, beban layan (servisibility) dan beban ultimate. Apabila desain memenuhi, maka dilanjutkan ke output gambar. Jika tidak memenuhi, maka harus mendesain ulang dimensi struktur bangunan.

3.9.2 Analisa Struktur Utama Pratekan

Dalam perencanaan beton pratekan pada Tugas Akhir ini, langkah-langkah perencanaan yang digunakan ialah sebagai berikut :

3.9.2.1 Gaya Pratekan

Penentuan gaya prategang awal berpengaruh pada momen total, gaya tersebut kemudian akan disalurkan ke penampang. Gaya

prategang mempengaruhi tendon dan baja sesuai dengan eksentrisitas yang digunakan (Lin & Burns, 2000)

3.9.2.2 Pemilihan Tendon Baja Pratekan

Pemilihan tendon baja pratekan sangat dipengaruhi oleh gaya pratekan yang ada. Pemilihan tendon harus disesuaikan dengan tegangan ijin yang berlaku pada SNI 2847:2013 Pasal 18.5.1.

Setelah memilih tendon baja pratekan, maka dilanjutkan dengan menentukan tata letak kabel sesuai dengan batas yang telah ditetapkan pada peraturan SNI 2847:2013. Tata letak kabel sangat ditentukan oleh jenis kabel yang digunakan, agar tidak melebihi batas yang telah ditetapkan.

3.9.2.3 Kehilangan Pratekan

Kehilangan pratekan adalah berkurangnya gaya pratekan dalam tendon pada saat tertentu dibanding pada saat stressing. Kehilangan pratekan dapat dikelompokkan ke dalam dua kategori, yaitu :

1. Kehilangan segera (Kehilangan langsung)

Kehilangan langsung adalah kehilangan gaya awal pratekan sesaat setelah pemberian gaya pratekan pada pada komponen balok pratekan

2. Kehilangan yang tergantung oleh waktu (kehilangan tidak langsung)

Hilangnya gaya awal yang ada terjadi secara bertahap dan dalam waktu yang relatif lama (tidak secara langsung seketika saat pemberian pratekan)

3.9.2.4 Kontrol Momen Nominal

Kontrol terhadap tegangan yang terjadi di balok pada saat penampang mencapai kuat nominal (fps) yang menghasilkan nilai momen nominal. Nilai fps pada balok dihitung dengan rumus pada SNI 2847:2013 Pasal 18.7. Momen nominal merupakan momen

batas yang dimiliki oleh penampang beton yang fungsinya menahan momen ultimate dan momen retak yang terjadi.

3.9.2.5 Kontrol Kuat Batas Beton Prategang

Kuat batas balok prategang yang diakibatkan oleh beban luar berfaktor harus memiliki nilai-nilai berikut

$$1.2M_{cr} \quad M_u \quad M_n \quad (3.35)$$

dimana :

M_{cr} = momen retak yang terjadi pada balok prategang

M_u = momen *ultimate* balok prategang

M_n = Kapasitas penampang

= Faktor reduksi

3.9.2.6 Kontrol Momen Retak

Momen retak adalah momen yang menghasilkan retakan reatakan kecil pertama pada balok beton prategang yang dihitung dengan teori elastic, dengan menganggap bahwa retakan mulai terjadi saat tegangan tarik pada serat terluar beton mencapai modulus keruntuhannya (fr).

3.9.2.7 Kontrol Lentur

Kontrol terhadap tegangan yang terjadi di balok pada tahap yang kritis, baik pada saat jacking atau tahap beban layan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah dimensi dari balok mampu untuk memikul tegangan yang diberikan, dimana tegangan ijin yang diberikan berdasarkan (SNI 2847:2013 Pasal.18.4.1).

3.9.2.8 Kontrol Geser

Kontrol geser dan perhitungan tulangan geser harus sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.3.1, dimana dapat digunakan dua perumusan yaitu perumusan secara umum dan perumusan secara rinci. Perhitungan geser dilakukan agar struktur mampu memikul gaya geser yang diterima.

3.9.2.9 Kontrol Lendutan

Lendutan merupakan tanda akan terjadinya gagalan struktur, sehingga kita perlu untuk menghitung lendutan struktur

agar tidak melebihi batas-batas yang telah ditetapkan. Lendutan dihitung menurut pembebanan, dimana berat sendiri dan beban eksternal mempengaruhi.

3.9.2.10 Daerah Limit Kabel

Daerah limit kabel adalah daerah batas dimana tendon dapat diletakkan. Tegangan tarik pada serat beton terjauh akibat beban layan tidak boleh melebihi nilai maksimum yang diijinkan persyaratan yang ada. Oleh karena itu diperlukan daerah batas pada penampang beton dimana pada daerah tersebut gaya prategang dapat diterapkan pada penampang tanpa menyebabkan terjadinya tegangan tarik pada penampang beton.

3.9.2.11 Pengangkuran

Kegagalan pada balok pratekan pasca tarik bisa disebabkan oleh hancurnya bantalan beton pada daerah tepat dibelakang angkur tendon akibat tekanan yang sangat besar. Kegagalan ini diperhitungkan pada kondisi ekstrim saat transfer, yaitu saat gaya pratekan maksimum dan kekuatan beton minimum. Kuat tekan nominal beton pada daerah pengangkuran global disyaratkan oleh SNI 2847:2013 Pasal 18.13.2.2 Bila diperlukan, pada daerah pengangkuran dapat dipasang tulangan untuk memikul gaya pencar, belah dan pecah yang timbul akibat pengangkuran tendon sesuai SNI 2847:2013 Pasal 18.13.1.2.

Daerah pengangkuran dianggap tersusun dari dua buah daerah, yaitu:

- a. Daerah local : Prisma persegi (atau prisma persegi ekivalen untuk angkur oval) dari beton yang langsung mengelilingi alat angkur dan sebagian tulangan pengekang,
- b. Daerah umum : Daerah tempat pengangkuran dimana gaya prategang terpusat disalurkan ke beton dan disebarluaskan secara merata pada seluruh penampang.

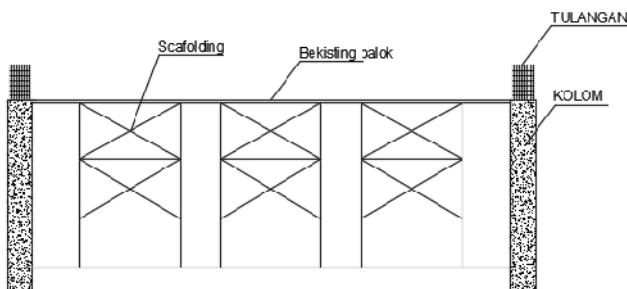
3.10 Sistem Hubungan Balok Kolom

Sistem yang digunakan untuk balok pratekan dengan kolom yaitu sistem monolit struktur monolit merupakan salah satu dari tiga penentu komponen struktur puntir (SNI 2847:2013 Pasal 13.7.5.1). Struktur monolit diasumsikan mampu menahan geser vertikal, akan tetapi desain harus dengan bentuk penampang yang sama (SNI 2847:2013 Pasal 17.4.2).

3.11 Metode Pelaksanaan

Metode beton pratekan yang digunakan pada proposal tugas akhir ini adalah metode pasca tarik (post tensioned). Dimana beton pratekan dibuat dengan cor di tempat. Metode pelaksanaan yang digunakan untuk beton pasca tarik (post tensioned) adalah sebagai berikut:

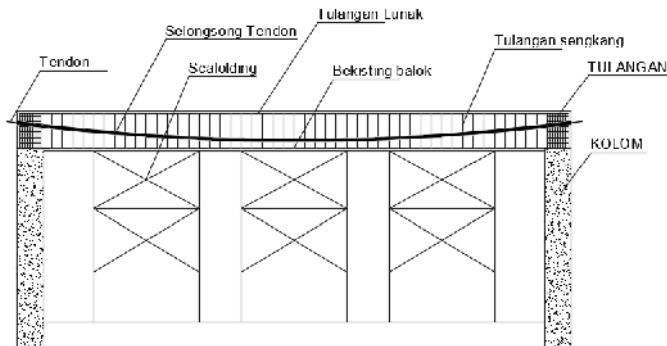
1. Dimulai dengan mempersiapkan tulangan kolom lantai atap
2. Setelah tulangan siap dilanjutkan dengan pengecoran kolom
3. Setelah beton di cor dan cukup umur (7 hari) dilanjutkan dengan pemasangan scaffolding dan balok-balok suri sebagai penumpu bekisting balok pratekan (Gambar 3.2).



Gambar 3.2 Pemasangan bekisting dan scaffolding

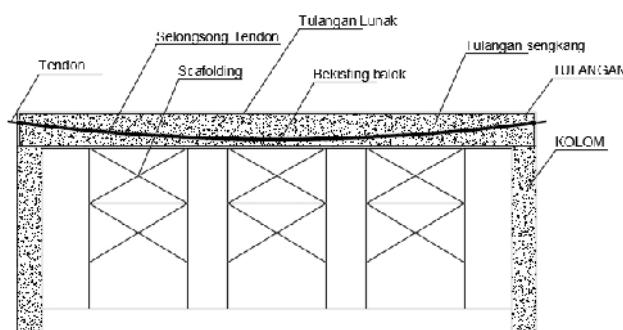
4. Kemudian pasang penulangan lunak balok prategang berupa tulangan longitudinal dan transversal serta torsii.
5. Setelah semua tulangan terpasang dilanjutkan dengan pemasangan pipa selongsong tendon. Setelah itu masukan

strand tendon prategang pada selongsong tendon serta pemasangan angkur mati sesuai koordiat yang telah diberikan (Gambar 3.3).



Gambar 3.3 Pemasangan Tulangan, Tendon dan Selongsong Balok Pratekan

6. Lalu dilanjutkan dengan pengecoran balok prategang dengan mutu beton sesuai perencanaan, dan curing dilakukan pada 7 hari (Gambar 3.4).



Gambar 3.4 Pengecoran Balok Pratekan

7. Setelah beton berumur 14 hari, dillanjutkan dengan pemberian gaya prategang pada balok prategang dimana angkur hidup diletakkan dimuka joint.

8. Setelah diberikan gaya prategang celah pada decking tendon prategang di grouting sesuai kebutuhan.
9. Lalu dilanjutkan pengecoran struktur lainnya seperti pelat dan struktur lainnya.
10. Setelah 24 jam terhitung setelah jacking atau pemberian prategang maka dilakukan perubahan perilaku yang sebelumnya kolom berperilaku sebagai sendi diubah menjadi jepit (monolit) dengan melakukan grouting pada kolom sendi.

3.12 Perencanaan Pondasi

Setelah menghitung beban struktur atas secara keseluruhan, maka kita harus meneruskan beban tersebut ke struktur bawah (pondasi). Langkah-langkah yang dikerjakan dalam perencanaan struktur bawah adalah :

1. Menghitung beban total dari struktur atas
2. Mencari daya dukung tanah
3. Menentukan jenis pondasi yang akan digunakan (dalam Tugas Akhir ini digunakan pondasi grup tiang pancang)
4. Menentukan efisiensi dari pondasi grup tiang pancang serta jumlah tiang pondasi.

Merencanakan pile cap

3.13 Gambar

Hasil analisa baik dari struktur sekunder, struktur utama non pratekan, struktur utama pratekan, dan pondasi dituangkan dalam gambar teknik yang mampu menjelaskan secara nyata hasil perhitungan dengan menggunakan software bantu sipil Auto CAD sesuai standar yang ada.

3.14 Kesimpulan dan Saran

Menarik kesimpulan dari hasil Tugas Akhir ini, serta memberikan saran mengenai Tugas Akhir ini.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Design Struktur Beton

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, balok pratekan, pelat, dan kolom. Sebelum melakukan preliminary baiknya dilakukan penentuan data perencanaan dan beban yang akan diterima oleh struktur gedung.

4.1.2 Data Perencanaan

Perencanaan Gedung Denpasar Icon menggunakan beton bertulang pada keseluruhan struktur gedung. Data bangunan yang akan digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir yaitu:

- Nama Bangunan : Gedung Rektorat Twin Tower Universitas Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Tipe Bangunan : Perkantoran
- Lokasi : Jl. Ahmad Yani No117 Surabaya
- Ketinggian Lantai : ± 38 m
- Mutu Beton (f_c) : 30 Mpa
- Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa
- Data Tanah : Terlampir
- Data Gambar : Terlampir

4.1.3 Pembebanan

1. Beban Gravitasi

- Beban Mati (SNI 1727:1989)
 - Berat sendiri beton bertulang : 24 kN/m
 - Spesi per cm tebal (2 cm) : 0,5 kN/m
 - Keramik per cm (1 cm) : 0,24 kN/m
 - Plafond dan Penggantung (6 mm) : 0,851 kN/m

- Plumbing : 0,30 kN/m
- AC dan Instalasi : 0,4 kN/m
- Aspal : 0,14 kN/m
- Dinding citicon : 1,13 kN/m
- Beban Hidup
 - Lantai atap : 0,96 kN/m
 - Lantai ruang kantor : 2,4 kN/m
 - Pelat tangga : 4,79 kN/m

4.1.4 Perencanaan Balok

4.1.4.1 Perencanaan Balok Induk

Penentuan tinggi balok minimum (h_{min}) dihitung berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2. (tabel 9.5(a) Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung).

Adapun perencanaan dimensi struktur beton Gedung TWIN TOWER UIN Sunan Ampel Surabaya adalah sebagai berikut :

- ❖ Data Perencanaan :
 - Tipe Balok : BI 1 (Balok Induk)
 - Bentang Balok : 800 cm

- ❖ Perhitungan Perencanaan :

Persamaan 4.1 : untuk f_y selain 420 Mpa

$$h = \frac{L}{16} \left(0,4 + \frac{F_y}{700} \right)$$

Persamaan 4.2 :

$$b = \frac{2}{3} h$$

Dimana :

- | | |
|---|----------------------|
| L | = panjang balok (cm) |
| h | = tinggi balok (cm) |
| B | = lebar balok (cm) |

Gedung yang direncanakan memiliki panjang balok induk yang bervariasi pada arah memanjang dan melintang. Sehingga diperoleh dimensi balok induk seperti **Tabel 4.1 dibawah:**

Tabel 4.1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

Jenis Balok	Bentang (cm)	Arah	Dimensi (h)	Dimensi (b)	Dimensi pakai (cm)	
					b	h
BI 1	800	Melintang	48,571	40,000	40	60
BI 2	750	Memanjang	45,536	30,357	40	60
BI 3	640	Melintang	38,857	25,905	40	60
BI 4	600	Melintang	36,429	24,286	40	60
BI 5	400	Memanjang	24,286	16,190	40	60

Dapat disimpulkan dari **Tabel 4.1**, dimensi balok induk memanjang dan melintang adalah 40/60

4.1.4.2 Perencanaan Balok Anak

Perencanaan dimensi balok anak untuk mutu beton 30 MPa dan mutu baja 400 MPa direncanakan sebagai balok pada dua tumpuan menerus, sehingga digunakan perumusan:

❖ Data Perencanaan :

- Tipe Balok : BA
- Bentang Balok : 800 cm

❖ Perhitungan Perencanaan :

$$h = \frac{L}{21} \left(0,4 + \frac{F_y}{700} \right)$$

$$b = \frac{2}{3} h$$

Dimana :

L = panjang balok (cm)

h = tinggi balok (cm)

B = lebar balok (cm)

Hasil dimensi balok anak dengan panjang yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak

Jenis Balok	Bentang (cm)	Dimensi (h)	Dimensi (b)	Dimensi pakai (cm)	
				b	h
BA 1	750	34,694	23,129	25	40
BA 2	25000	1517,857	1011,905	25	40
BA 3	40000	2428,571	1619,048	25	40
BA 4	3000	182,143	121,429	25	40

Dapat disimpulkan dari Tabel 4.2, dimensi balok anak memanjang dan melintang adalah 25/40

4.1.4.3 Perencanaan Balok Pratekan

Dimensi balok pratekan pada preliminary desain direncanakan sebagai berikut:

$$h_{\min} = \frac{L}{20}$$

$$b_{\min} = \frac{2}{3}h$$

Dimana :

$$\begin{aligned} L &= \text{panjang balok (cm)} \\ h &= \text{tinggi balok (cm)} \end{aligned}$$

Balok pratekan yang direncanakan memiliki $L = 1500$ mm, sehingga diperoleh perencanaan

$$h_{\min} = \frac{1500}{20} = 75 \text{ cm}$$

$$b_{\min} = \frac{2}{3} 75 = 50 \text{ cm}$$

Dapat disimpulkan dari perhitungan diatas dimensi balok pratekan adalah 50/75

4.1.5 Perencanaan Tebal Pelat

Perencanaan ini menggunakan perhitungan pelat dua arah. Pelat dua arah, yaitu pelat yang rasio panjang dan lebarnya kurang dari 2, sehingga besar pembebanan yang diterima diteruskan pada

keseluruhan pemikul di sekeliling panel pelat tersebut. Penampang pelat pada balok dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Permodelan struktur yang digunakan adalah sistem rangka pemikul momen, dimana pelat difokuskan hanya menerima beban gravitasi. Tumpuan pada sisi pelat diasumsikan sebagai perletakan jepit elastis.

Perhitungan dimensi pelat berdasarkan syarat lendutan, ketebalan minimum dari pelat harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3.

- $m \leq 0,2$ menggunakan pasal 9.5.3.2
- $0,2 < m \leq 2$ menggunakan ketebalan minimum pelat harus memenuhi :

$$h1 = \frac{Ln \left[0,8 + \frac{f_y}{1500} \right]}{36 + 5S[r_m - 0,2]} \text{ dan tidak boleh kurang dari } 12 \text{ mm}$$

- $m > 2$ menggunakan ketebalan minimum pelat harus memenuhi :

$$h2 = \frac{Ln \left[0,8 + \frac{f_y}{1400} \right]}{36 + 9S} \text{ dan tidak boleh melebihi dari } 90 \text{ mm}$$

L_n = Panjang bentang bersih

S_n = Lebar bentang bersih

f_y = Tegangan Leleh Baja

= Rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat 2 arah

r_m = Nilai rata – rata untuk semua balok pada tepi – tepi dari suatu panel

Harga r_m di dapat dari :

$$\alpha = \frac{E_{balok} I_{balok}}{E_{pelat} I_{pelat}}$$

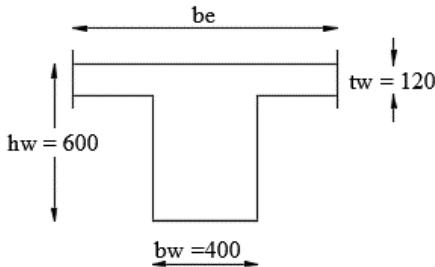
$$I_{balok} = k \times bw \times \frac{\frac{w}{2}^3}{12}$$

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

$$I_{\text{pelat}} = Ly x \frac{hf^3}{12}$$

$$K = \frac{1 + \frac{be}{bw} - 1 \times \frac{hf}{h} \times 4 - 6 \frac{hf}{h} + 4 \frac{hf}{h}^2 + \frac{be}{bw} - 1 \times \frac{hf}{h}^3}{1 + \frac{be}{bw} - 1 \times \frac{hf}{h}}$$

Perumusan untuk mencari lebar flens pada balok :
Balok Tengah



Gambar 4. 1 Penampang Balok

$$\text{Nilai } be_1 = \frac{1}{4} \times L$$

$$be_2 = bw + 8t$$

$$be_3 = bw + \frac{1}{2}S$$

dari kedua nilai be tersebut diambil yang terkecil.

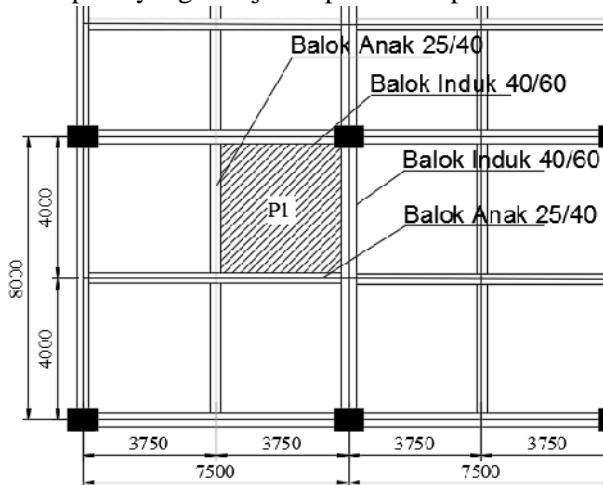
4.1.5.1 Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai

❖ Data Perencanaan :

- Tipe Pelat = P1
- Tebal Plat Rencana = 12 cm
- Bentang Panjang = 400 cm
- Bentang Pendek = 375 cm
- Kuat Tekan Beton = 30 MPa
- Kuat Leleh Tulangan = 400 Mpa

- Dimensi balok induk = 40/60
- Dimensi balok anak = 25/40

Denah pelat yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Denah Pelat perhitungan

❖ Perhitungan Perencanaan :

- Bentang bersih sumbu panjang

$$Ln = Ly - \frac{bw}{2} + \frac{bw}{2}$$

$$Ln = 400 - \frac{40}{2} + \frac{25}{2}$$

$$Ln = 367,5 \text{ cm}$$

- Bentang bersih sumbu pendek

$$Sn = Lx - \frac{bw}{2} + \frac{bw}{2}$$

$$Sn = 375 - \frac{40}{2} + \frac{25}{2}$$

$$Sn = 335 \text{ cm}$$

- Rasio bentang bersih sumbu panjang dan pendek

$$\beta n = \frac{Ln}{Sn} = \frac{367,5}{335} = 1,1 < 2 \text{ (Two Way Slab)}$$

- Rasio kekakuan tiap balok terhadap plat

a. Balok Induk bentang 400 cm

- lebar efektif plat

$$\begin{aligned} be_1 &= \frac{1}{4} \times L \\ &= 91,875 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} be_2 &= bw + 8 \cdot tw \\ &= 40 + 8(12) \\ &= 136 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} be_3 &= bw + \frac{1}{2} S \\ &= 40 + \frac{1}{2}(335) \\ &= 207,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

be yang digunakan adalah 91,875 cm

- faktor modifikasi

$$\begin{aligned} K &= \frac{1 + \frac{be}{bw} - 1 \times \frac{h_f}{h} \times 4 - 6 \frac{h_f}{h} + 4 \frac{h_f^2}{h} + \frac{be}{bw} - 1 \times \frac{h_f^3}{h}}{1 + \frac{be}{bw} - 1 \times \frac{h_f}{h}} \\ &= \frac{1 + \frac{91,87}{40} - 1 \times \frac{12}{60} \times 4 - 6 \frac{12}{60} + 4 \frac{12^2}{60} + \frac{91,87}{40} - 1 \times \frac{12^3}{60}}{1 + \frac{91,87}{40} - 1 \times \frac{12}{60}} \\ &= 1,60964263 \end{aligned}$$

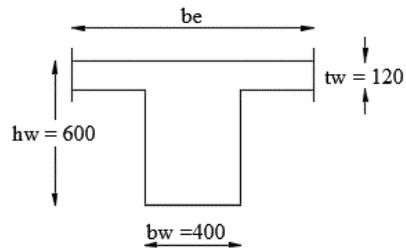
- Momen Inersia Penampang

$$\begin{aligned} I_{\text{balok}} &= k \times bw \times \frac{h^3}{12} \\ &= 1,61 \times 40 \times \frac{(60)^3}{12} \\ &= 1158942,694 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- Momen Inersia Lajur Plat

$$\begin{aligned} I_{\text{pelat}} &= Ly \times \frac{h f^3}{12} \\ &= 367,5 \times \frac{12^3}{12} \\ &= 52920 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- Rasio Kekakuan Balok terhadap Plat



$$\alpha_1 = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{1158942,694}{52920} = 21,9$$

b. Balok Induk bentang 375 cm

- lebar efektif plat

$$be_1 = \frac{1}{4} \times L$$

$$= 83,75 \text{ cm}$$

$$be_2 = bw + 8 tw$$

$$= 40 + 8(12)$$

$$= 136 \text{ cm}$$

$$be_3 = bw + \frac{1}{2} S$$

$$= 40 + \frac{1}{2} (367,5)$$

$$= 223,75 \text{ cm}$$

be yang digunakan adalah 83,75 cm

- faktor modifikasi

$$K = \frac{1 + \frac{be}{bw} - 1 \times \frac{hf}{h} \times 4 - 6 \frac{hf}{h} + 4 \frac{hf^2}{h} + \frac{be}{bw} - 1 \times \frac{hf^3}{h}}{1 + \frac{be}{bw} - 1 \times \frac{hf}{h}}$$

$$= \frac{1 + \frac{83,75}{40} - 1 \times \frac{12}{60} \times 4 - 6 \frac{12}{60} + 4 \frac{12^2}{60} + \frac{91,87}{40} - 1 \times \frac{12}{60}^3}{1 + \frac{83,75}{40} - 1 \times \frac{12}{60}}$$

$$= 1,531292958$$

- Momen Inersia Penampang

$$I_{balok} = k \times bw \times \frac{h^3}{12}$$

$$= 1,531 \times 40 \times \frac{(60)^3}{12}$$

$$= 1102530,929 \text{ cm}^4$$

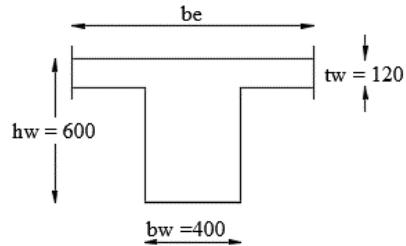
- Momen Inersia Lajur Plat

$$I_{pelat} = Ly \times \frac{hf^3}{12}$$

$$= 335 \times \frac{12^3}{12}$$

$$= 48240 \text{ cm}^4$$

- Rasio Kekakuan Balok terhadap Plat



$$\alpha_2 = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{1102530,929}{48240} = 22,86$$

c. Balok Anak bentang 400 cm

- lebar efektif plat

$$be_1 = \frac{1}{4} \times L$$

$$= 91,875 \text{ cm}$$

$$be_2 = bw + 8 \cdot tw$$

$$= 25 + 8(12)$$

$$= 121 \text{ cm}$$

$$be_3 = bw + \frac{1}{2} S$$

$$= 25 + \frac{1}{2} (335)$$

$$= 192,5 \text{ cm}$$

be yang digunakan adalah 91,875 cm

- faktor modifikasi

$$K = \frac{1 + \frac{be}{bw} - 1 \times \frac{hf}{h} \times 4 - 6 \frac{hf}{h} + 4 \frac{hf^2}{h} + \frac{be}{bw} - 1 \times \frac{hf^3}{h}}{1 + \frac{be}{bw} - 1 \times \frac{hf}{h}}$$

$$= \frac{1 + \frac{91,87}{25} - 1 \times \frac{12}{40} \times 4 - 6 \frac{12}{40} + 4 \frac{12^2}{40} + \frac{91,87}{30} - 1 \times \frac{12}{40}^3}{1 + \frac{91,87}{25} - 1 \times \frac{12}{40}}$$

$$= 2,13$$

- Momen Inersia Penampang

$$I_{balok} = k \times bw \times \frac{h^3}{12}$$

$$= 2,13 \times 25 \times \frac{(40)^3}{12}$$

$$= 285329,82 \text{ cm}^4$$

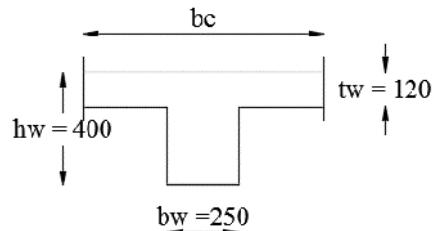
- Momen Inersia Lajur Plat

$$I_{pelat} = Ly \times \frac{hf^3}{12}$$

$$= 367,5 \times \frac{12^3}{12}$$

$$= 52920 \text{ cm}^4$$

- Rasio Kekakuan Balok terhadap Plat



$$\alpha_3 = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{285329,82}{52920} = 5,39$$

d. Balok Anak bentang 375 cm

- lebar efektif plat

$$be_1 = \frac{1}{4} \times L$$

$$= 83,75 \text{ cm}$$

$$be_2 = bw + 8 \cdot tw$$

$$= 25 + 8(12)$$

$$= 121 \text{ cm}$$

$$be_3 = bw + \frac{1}{2} S$$

$$= 25 + \frac{1}{2} (367,5)$$

$$= 208,75 \text{ cm}$$

be yang digunakan adalah 83,75 cm

- faktor modifikasi

$$K = \frac{1 + \frac{be}{bw} - 1 \times \frac{h_f}{h} \times 4 - 6 \frac{h_f}{h} + 4 \frac{h_f^2}{h} + \frac{be}{bw} - 1 \times \frac{h_f^3}{h}}{1 + \frac{be}{bw} - 1 \times \frac{h_f}{h}}$$

$$= \frac{1 + \frac{83,75}{25} - 1 \times \frac{12}{40} \times 4 - 6 \frac{12}{40} + 4 \frac{12^2}{40} + \frac{83,75}{30} - 1 \times \frac{12}{40}^3}{1 + \frac{83,75}{25} - 1 \times \frac{12}{40}}$$

$$= 2,058$$

- Momen Inersia Penampang

$$I_{balok} = k \times bw \times \frac{h^3}{12}$$

$$= 2,058 \times 25 \times \frac{(40)^3}{12}$$

$$= 274495,4558 \text{ cm}^4$$

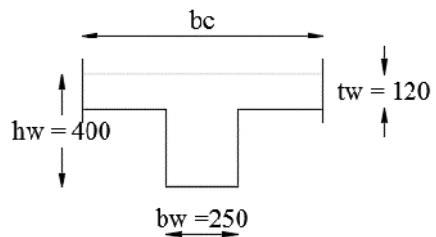
- Momen Inersia Lajur Plat

$$I_{pelat} = Ly \times \frac{h_f^3}{12}$$

$$= 335 \times \frac{12^3}{12}$$

$$= 48240 \text{ cm}^4$$

- Rasio Kekakuan Balok terhadap Plat



$$\alpha_4 = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{274495,4558}{48240} = 5,690$$

untuk semua balok pada tepi pelat

Balok induk bentang 400 cm $\alpha_1= 21,899$

Balok induk bentang 375 cm $\alpha_2= 22,855$

Balok anak bentang 400 cm $\alpha_3= 5,391$

Balok anak bentang 375 cm $\alpha_4= 5,690$

- Rasio rata-rata

$$m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} > 2 \\ = \frac{21,899 + 22,855 + 5,391 + 5,690}{4} > 2 \\ = 13,959 > 2$$

OK

- Kontrol tebal plat

$$Lnx \quad \frac{0,8 + \frac{f_y}{1400}}{36 + 9\beta} \quad 90 \text{ mm}$$

$$367,5 x \quad \frac{0,8 + \frac{400}{1400}}{36 + 9(1,10)} \quad 90 \text{ mm}$$

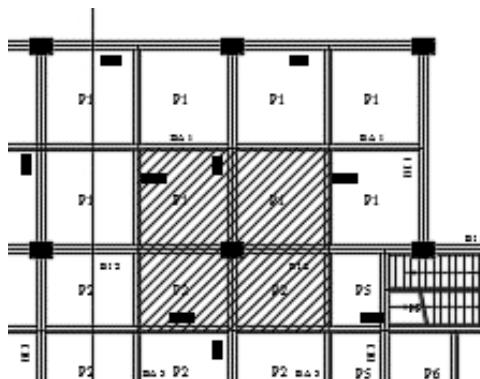
$$86,98 \quad 90 \text{ mm} \quad \textbf{OK}$$

4.1.5.2 Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai Atap

Pelat atap yang direncanakan memiliki ukuran yang sama dengan pelat lantai maka dengan cara yang sama didapat ketebalan pelat atap direncanakan sama yaitu 12 cm.

4.1.6 Perencanaan Kolom

Kolom yang direncanakan harus mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atas dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. Untuk letak kolom yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Kolom yang ditinjau sebagai desain

Pada Gambar 4.3, kolom yang akan direncanakan memikul beban pada luasan pelat ukuran 7500 x 7200 dari seperempat masing masing luasan pelat yang diatasnya.

Direncanakan:

$$\text{Tebal Pelat} = 12 \text{ cm} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi tiap lantai} = 400 \text{ cm}$$

$$\text{Dimensi balok} = 40/60$$

Pembebanan pada kolom berdasarkan SNI 1727:2013 yang diberikan di tiap lantai sebagai perencanaan pembebanan kolom. Untuk perencanaan kolom dengan jumlah lantai 10 lantai maka digunakan 1 variasi dimensi kolom. Dimana dari lantai paling bawah sampai paling atas menggunakan dimensi yang sama.

Untuk beban hidup kolom diijinkan untuk beban hidup tereduksi berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 4.8 dengan syarat komponen struktur yang memiliki $K_{LL} \cdot A_{TT} = 37,2 \text{ m}$ dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$A_{TT} = \text{Luas pelat yang dipikul kolom}$$

$$= 7,5 \times 7,2 \text{ m}$$

$$= 54 \text{ m}^2$$

$$\text{Faktor } K_{LL} = 4 \quad \text{Tabel 4-2 SNI 1727-2013}$$

$$K_{LL} = \text{faktor } K_{LL} \times A_{TT}$$

$$= 4 \times 54$$

$$= 216 \text{ m}^2$$

- Reduksi beban hidup pelat lantai kantor

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 240 \text{ kg.m}^2 \\
 L &= L_0(0,25 + \frac{4,57}{K_{LL}}) \quad 0,4 L_0 \\
 &= 240(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{216}}) \quad 0,4 \cdot 240 \\
 &= 70,155 \quad 96 \quad \textbf{Tidak Oke}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan beban minimum beban hidup lantai = 96 kg.m²

- Reduksi beban hidup pelat lantai atap

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 96 \\
 R_1 &= 1,2 - 0,001 A_T \quad \text{Pasal 4.8.2 SNI 1727-2013} \\
 &= 1,2 - 0,001 \times 54 \\
 &= 0,606 (\text{untuk } 15,58 \text{ m}^2 < A_T < 55,74 \text{ m}^2) \\
 R_2 &= 1 \quad \text{Pasal 4.8.2 SNI 1727-2013} \\
 L_r &= L_0 \cdot R_1 \cdot R_2 \\
 &= 96 \cdot 0,606 \cdot 1 \\
 &= 58,176 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Syarat 0,58 Lr 0,96 kN/m² **Oke**

Maka digunakan beban hidup minimum lantai atap = 58,176 kg/m².

Untuk beban beban yang dipikul oleh kolom dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Beban yang diterima kolom

Pelat Atap							
Beban Mati							
No	Komponen	Berat jenis	Dimensi (m)			Berat	Satuan
			L	B	t		
1	Pelat Atap (12 cm)	2400	7,5	7,2	0,12	15552	Kg
2	Balok Induk (35/50)	2400	11	0,4	0,6	6307,2	Kg
3	Balok pratekan	2400	3,75	0,5	0,75	3375	Kg
4	Balok Anak (25/40)	2400	11,1	0,25	0,4	2664	Kg
5	Spesi (1 cm)	25	7,5	7,2	-	1350	Kg
6	Aspal	14	7,5	7,2	-	756	Kg
7	Plumbing	25	7,5	7,2	-	1350	Kg
8	Plafond	8,51	7,5	7,2	-	459,54	Kg

Berat Total (WD)						31813,74	Kg
Beban Hidup							
1	Lantai Atap	58,176	7,5	7,2	-	3141,504	Kg
2	Hujan	19,6	7,5	7,2	-	1058,4	Kg
Berat Total (WL)						4199,904	Kg

Pelat Lantai 1 kantor							
Beban Mati							
No	Komponen	Berat jenis	Dimensi (m)			Berat	Satuan
			L	B	t		
1	Pelat lantai (12 cm)	2400	7,5	7,2	0,12	15552	Kg
2	Balok Induk (35/50)	2400	14,7	0,4	0,6	8467,2	Kg
3	Balok Anak (25/40)	2400	11,1	0,25	0,4	2664	Kg
4	Spesi (1 cm)	25	7,5	7,2	-	1350	Kg
5	Keramik	16	7,5	7,2	-	864	Kg
6	Plumbing	25	7,5	7,2	-	1350	Kg
7	Plafond	8,51	7,5	7,2	-	459,54	Kg
8	Dinding	113	14,7	5	-	8305,5	Kg
Berat Total (WD)						39012,24	Kg
Beban Hidup							
1	Lantai kantor	96	7,5	7,2	-	5184	Kg
Berat Total (WL)						5184	Kg

No	Lantai	WD	WL	Satuan
1	Lantai 1	39012,24	5184	Kg
2	Lantai 2	37351,14	5184	Kg
3	Lantai 3	37351,14	5184	Kg
4	Lantai 4	37351,14	5184	Kg
5	Lantai 5	37351,14	5184	Kg
6	Lantai 6	37351,14	5184	Kg
7	Lantai 7	37351,14	5184	Kg
8	Lantai 8	37351,14	5184	Kg
9	Lantai 9	37351,14	5184	Kg
10	Lantai Atap	31813,74	4199,904	Kg
TOTAL		369635,1	50855,904	Kg

Jadi berat Total:

$$\begin{aligned} W &= 1,2 D + 1,6 LL \\ &= 1,2 \cdot 369635,1 + 1,6 \cdot 50855,904 \\ &= 524931,5664 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Desain kekutan komponen struktur beban lentur dan aksial. Dimana perhitungan luas penampang kolom berdasarkan beban aksial yang diterima kolom dibagi dengan mutu beton yang terkena faktor reduksi. Faktor reduksi sebesar 0,7 berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3.

Mutu Beton: 30 Mpa = 300 Kg/cm²

$$\begin{aligned} \text{Dimensi : A} &= 3 \times \frac{P}{f_c} \\ &= 3 \times \frac{524931,5664}{300} \\ &= 5249,315664 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Dimensi kolom persegi panjang:

$$\begin{aligned} b &= 60 \text{ cm} \\ h &= 87,488 \text{ cm} \\ h \text{ pakai} &= 90 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dimensi akhir kolom: 60/90

4.1.7 Perencanaan Dinding Geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.(1), ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari 1/25 tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang lebih pendek atau kurang dari 100 mm.

Direncanakan:

- Tinggi dinding geser : 35 cm
- Panjang bentang : 8000 mm
- Tinggi : 5000 mm
- $30 \quad \frac{H}{25} = \frac{800}{25} = 32 \quad \text{OKE}$
- $30 \quad \frac{L}{25} = \frac{500}{25} = 15 \quad \text{OKE}$

- Tidak boleh kurang dari 100 mm **OKE**
 Jadi, tebal shearwall sebesar 35 cm telah memenuhi syarat SNI 2847:2013 pasal 14.5.3.(1)

4.2 Perencanaan Struktur Sekunder

4.2.1 Umum

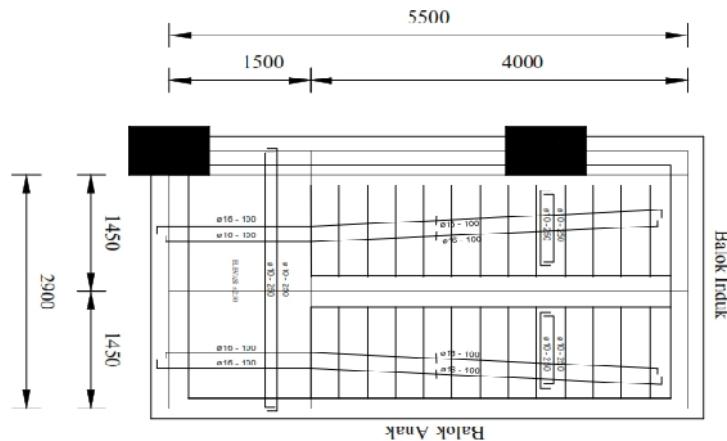
Struktur gedung dibagi menjadi dua yaitu struktur utama (primer) dan struktur sekunder. Struktur sekunder tidak menahan beban secara keseluruhan, namun tetap mengalami tegangan akibat pembebahan yang bekerja secara langsung pada bagian tersebut, maupun perubahan bentuk dari struktur primer. Bagian dari struktur sekunder antara lain meliputi tangga, pelat lantai, balok lift dan balok anak. Pada sub bab ini akan dibahas mengenai perancangan struktur sekunder.

4.2.2 Perencanaan Tangga

4.2.2.1 Data Data Perencanaan Tangga:

- Tinggi antar lantai : 500 cm
- Panjang Tangga + Bordes : 550 cm
- Tinggi Bordes : 250 cm
- Panjang datar tangga (L) : 400 cm
- Panjang pelat bordes (P) : 150 cm
- Lebar anak tangga : 145 cm
- Lebar bordes : 290 cm
- Tebal plat tangga : 20 cm
- Tebal plat bordes : 20 cm
- Lebar injakan (i) : 30
- Tinggi injakan (t) : 20
- Mutu Beton (Fc) : 30 Mpa
- Mutu Baja (Fy) : 240 Mpa

Untuk denah dan ukuran tangga yang akan di analisa dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Denah tangga yang ditinjau

4.2.2.2 Perencanaan Pelat Anak Tangga

Persyaratan perhitungan tangga adalah sebagai berikut :

- Panjang miring tangga :

$$\sqrt{T^2 + P^2} = \sqrt{250^2 + 400^2} = 471,699 \text{ cm}$$
- Panjang miring anak tangga :

$$\sqrt{t^2 - i^2} = \sqrt{20^2 + 30^2} = 36,05 \text{ mm}$$
- Jumlah tanjakan :

$$n = \frac{\text{Tinggi bordes}}{\text{Tinggi injakan}} = \frac{250}{20} = 12,5 \approx 13 \text{ buah}$$
- Jumlah injakan
 $n = \text{jumlah tanjakan} - 1 = 13 - 1 = 12 \text{ buah}$
- Sudut kemiringan tangga :
 $25 \leq \alpha \leq 40$
 $25 \leq \arctan \frac{t}{i} \leq 40$
 $25 \leq \arctan \frac{250}{400} \leq 40$
 $25 \leq 32,005 \leq 40 \quad \text{OK}$
- Tebal plat ekivalen tangga :

$$\begin{aligned} T_{pe} &= \frac{t.i}{miring anak tangga} \\ &= \frac{20 \cdot 30}{36,05} \\ &= 16,64 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Tebal efektif plat

$$\begin{aligned} T_{ag} &= T_{pe} \cdot \frac{2}{3} \leq p_t \\ &= 16,05 \cdot \frac{2}{3} \leq 15 \\ &= 11,09 \text{ cm} \quad 15 \end{aligned}$$

OK

4.2.2.3 Pembebanan Tangga dan Bordes

Pembebanan pelat tangga dan bordes berdasarkan pada SNI 1727 tahun 2013. Karena struktur pelat merupakan salah satu komponen sekunder maka direncanakan hanya menerima beban mati dan beban hidup saja dengan menggunakan kombinasi pembebanan yang sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1 yaitu 1,2D + 1,6L.

a. Pembebanan Tangga

- Beban Mati sesuai SNI 1727 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Berat Pelat (15 cm)} &= 0,2 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat Spesi (1 cm)} &= 1 \times 25 = 25 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat keramik (1 cm)} &= 1 \times 16 = 16 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat anak tangga} &= 0,08 \times 2400 = 190 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat pegangan / railing} &= 10 \text{ kg/m}^2 \\ q_{D1} &= 601,7 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- Beban Hidup sesuai SNI 1727 sebagai berikut :

$$\text{Beban hidup tangga} = 479 \text{ kg/m}^2$$

- Kombinasi

$$\begin{aligned} 1,2D + 1,6L &= 1,2(601,7) + 1,6(479) \\ &= 1488,559 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Ultimate (qt)} &= 1488,559 \times b \\ &= 1488,559 \times 1,6 \\ &= 2381,695 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

b. Pembebanan Bordes

- Beban Mati sesuai SNI 1727 sebagai berikut:

$$\text{Berat Pelat (15 cm)} = 0,2 \times 2400 = 360 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat Spesi (1 cm)} = 1 \times 25 = 25 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat keramik (1 cm)} = 1 \times 16 = 16 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat pegangan / railing} = 10 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{DL} = 411 \text{ kg/m}^2$$

- Beban Hidup sesuai SNI 1727 sebagai berikut :

$$\text{Beban hidup bordes} = 479 \text{ kg/m}^2$$

- Kombinasi

$$1,2D + 1,6L = 1,2(411) + 1,6(479)$$

$$= 1259,60 \text{ kg/m}^2$$

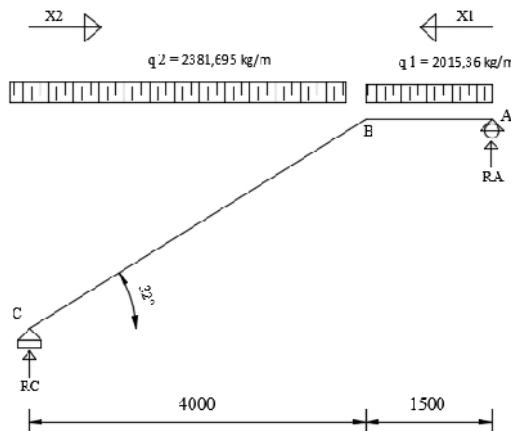
$$\text{Ultimate (qt)} = 1259,6 \times b$$

$$= 1259,6 \times 1,6$$

$$= 2015,36 \text{ kg/m}^2$$

4.2.2.4 Perhitungan Gaya pada Tangga

Pada proses analisa struktur tangga, perhitungan dengan menggunakan mekanika teknik statis dengan permisalan sendi rol, dengan pembebanan tangga dan output seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Permodelan Struktur tangga

a. Perhitungan Reaksi pada Tangga Sendi Rol

$$Mc = 0$$

$$Ra \times 5,5 - (3023 \times 4,8) - (9526,78 \times 2) = 0$$

$$Ra = \frac{33413,00214}{5,5}$$

$$= 6075,091 \text{ Kg ()}$$

$$V = 0$$

$$Ra + Rc - 3023 - 9526,78 = 0$$

$$Rc = 6474,73 \text{ Kg ()}$$

b. Perhitungan Gaya dalam pada Tangga

- Gaya Normal

Potongan x_1

$$Nx_1 = 0$$

Potongan x_2

Untuk :

$$\begin{aligned} x_2 &= 0 \text{ m} & N_C &= -Rc \cdot \sin 34^\circ \\ &&&= -6474,73 \cdot \sin 34^\circ \\ &&&= -3620,62 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_2 &= 4 \text{ m} & N_B &= N_C + q \cdot \sin 34^\circ \\ &&&= -3620,62 + 9526,78 \cdot \sin 34^\circ \\ &&&= 1706,68 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Gaya Lintang

Potongan x_1 ($0 \leq x \leq 1,5 \text{ m}$)

$$\begin{aligned} Dx_1 &= Ra - (q_1 \cdot x_1) \\ &= 6075,091 - (2015,36 \cdot x_1) \end{aligned}$$

$$X_1 = 0 \text{ m} \quad D_A = 6075,091 \text{ Kg}$$

$$X_1 = 1,5 \text{ m} \quad D_B = 3052,051 \text{ Kg}$$

Potongan x_2 ($0 \leq x \leq 4 \text{ m}$)

$$\begin{aligned} Dx_2 &= Rc \cos \theta - (q_2 \cdot x_2 \cos \theta) \\ &= 6474,73 \cdot \cos 32^\circ - (2381,695 \cdot x_2 \cos 32^\circ) \\ &= 5490,56 - 2019,673 \cdot x_2 \end{aligned}$$

$$X_2 = 0 \text{ m} \quad D_C = 5490,559 \text{ Kg}$$

$$X_2 = 4 \text{ m} \quad D_B = -2588,134 \text{ Kg}$$

▪ Perhitungan Momen

Potongan $x_1 (0 \leq x \leq 1,5 \text{ m})$

$$\begin{aligned} M_{x_1} &= R_a \cdot x_1 - (q_1 \cdot x_1 \cdot 0,5 \cdot x_1) \\ &= 6075,091 \cdot x_1 - (2015,36 x_1 \cdot 0,5 \cdot x_1) \end{aligned}$$

$$X_1 = 0 \text{ m} \quad M_A = 0 \text{ Kg}$$

$$X_1 = 1,5 \text{ m} \quad M_B = 6845,356947 \text{ Kg}$$

Potongan $x_2 (0 \leq x \leq 4 \text{ m})$

$$\begin{aligned} M_{x_2} &= R_c \cdot x_2 - (q_2 \cdot x_2 \cdot 0,5 \cdot x_2) \\ &= 6474,73 \cdot x_2 - (2381,695 \cdot x_2 \cdot 0,5 \cdot x_2) \end{aligned}$$

$$X_2 = 0 \text{ m} \quad M_C = 0 \text{ Kg}$$

$$X_2 = 4 \text{ m} \quad M_B = 6845,356947 \text{ Kg}$$

▪ Momen Maksimum pada Tangga

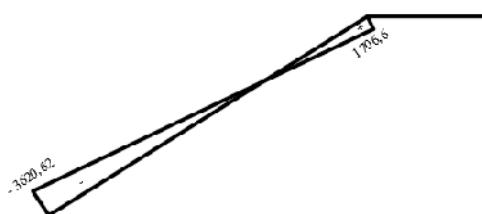
$$\begin{aligned} M &= R_c - (q_2 \cdot x_2) \\ &= 6474,73 - (2381,695 \cdot x_2) \end{aligned}$$

$$X = 2,71 \text{ m}$$

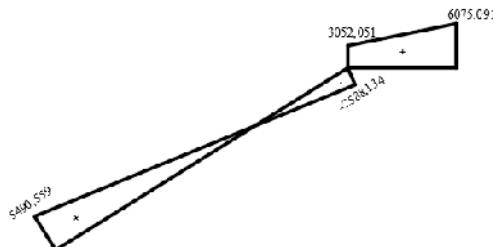
$$\begin{aligned} M_{\max} &= R_c \cdot x_2 - (q_2 \cdot x_2 \cdot 0,5 \cdot x_2) \\ &= 6474,73 \cdot x_2 - (2381,695 \cdot x_2 \cdot 0,5 \cdot x_2) \\ &= 8800,900 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan besar gaya N, D maupun M dapat dilihat bidang dari gaya-gaya tersebut pada Gambar 4.6.

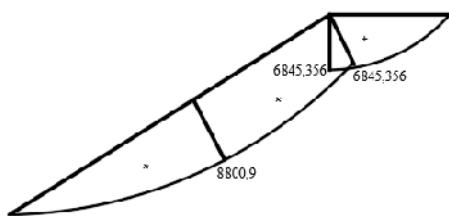
Bidang N



Bidang D



Bidang M



Gambar 4. 6 Gaya dalam pada Tangga

4.2.2.5 Perhitungan Penulangan Pelat Tangga

1. Data perencanaan:

- Tipe Tangga = Tipe 1
- Panjang Tangga (Ly) = 400 cm
- Lebar Tangga (Lx) = 145 cm
- Tebal pelat = 20 cm
- Tebal selimut beton = 20 mm
- Mutu beton = 30 Mpa
- Mutu baja (fy) = 240 Mpa
- Tulangan lentur = 16 mm
- Tulangan susut = 10 mm
- = 0,8
- ϕ = 0,9

2. Momen dari perhitungan momen

$$\text{Momen} = 8800,900 \text{ kgm}$$

3. Tebal manfaat pelat :

$$\begin{aligned} Dx &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} \phi \\ &= 200 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 16 \\ &= 172 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Tulangan Minimum dan Maksimum

$$\rho_{min} = 0,0018 \quad f_u = 400 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 f_{ct}}{f_y} \left\{ \frac{600}{600+f_y} \right\} \\ &= 0,0607 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,045 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= F_y 0,85 f_c \\ &= 9,411 \end{aligned}$$

5. Tulangan Pelat

$$M = 88009003,9 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Ml}{\phi}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= 97787782,11 \text{ Nmm} \\
 &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\
 &= 5,856 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right\} \\
 &= 0,012739987
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &< \rho & &< \rho_{max} \\
 0,0018 &< 0,0127 & &< 0,045 & (\text{Oke}) \\
 As &= b \cdot d \\
 &= 0,0127 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 172 \text{ mm} \\
 &= 3388,747 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned}
 Smaks &= 2h \\
 2h = 2(150) &= 300 \text{ mm} \\
 \text{Dicoba tulangan } \varnothing &= 16 \text{ mm} \\
 S &= \frac{0,25 \pi \varnothing^2 b}{As \text{ perlu}} \\
 &= 101,755 \text{ mm} \\
 Smaks &= 2h \\
 91,755 \text{ mm} &= 300 \text{ mm} & (\text{Oke})
 \end{aligned}$$

Maka pakai $S = 100$

Tulangan yang dipakai $\varnothing 16 - 100 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 As \text{ pakai} &= \frac{\pi \cdot \varnothing^2 \cdot b}{S_{pakai}} \\
 &= 2210,6192 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 As \text{ pakai} &> As \text{ perlu} \\
 2210,619 \text{ mm}^2 &> 2191,277 \text{ mm}^2 & (\text{Oke})
 \end{aligned}$$

6. Tulangan Susut

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 9.12.2.1 : Untuk tulangan mutu 400 MPa menggunakan rasio tulangan minimum (min) = 0.018

$$\begin{aligned} As \text{ susut} &= susut \cdot b \cdot tebal \text{ pelat} \\ &= 0,0018 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm} \\ &= 360 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$Smaks = 5h \text{ atau } Smaks = 450 \text{ mm}$$

$$Smaks = 450 \text{ mm}$$

Dipakai tulangan $\varnothing 10$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \pi \varnothing^2 b}{As} \\ &= 290,888 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$Smaks = 450 \text{ mm}$$

$$290,888 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \quad (\text{Oke})$$

Maka dicoba $S = 250 \text{ mm}$

Diapakai tulangan $\varnothing 10 - 250$

$$\begin{aligned} As \text{ pakai} &= \frac{\pi \cdot \varnothing^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= 314,159 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$As \text{ pakai} > As \text{ perlu}$$

$$392,699 \text{ mm}^2 > 360 \text{ mm}^2 \quad (\text{Oke})$$

4.2.2.6 Perhitungan Penulangan Pelat Bordes

1. Data perencanaan:

- Panjang Tangga (Ly) = 290 cm
- Lebar Tangga (Lx) = 150 cm
- Tebal pelat = 20 cm
- Tebal selimut beton = 20 mm
- Mutu beton = 30 Mpa

- Mutu baja (fy) = 240 Mpa
- Tulangan lentur = 16 mm
- Tulangan susut = 10 mm
- = 0,8
- Ø = 0,9

2. Momen dari perhitungan momen

$$\text{Momen} = 6845,356 \text{ kgm}$$

3. Tebal manfaat pelat :

$$\begin{aligned} Dx &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} \varnothing \\ &= 200 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - \frac{1}{2} \cdot 16 \\ &= 172 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Tulangan Minimum dan Maksimum

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= 0,0018 \quad fu = 400 \text{ Mpa} \\ \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 f_{ct}}{fy} \left\{ \frac{600}{600+fy} \right\} \\ &= 0,0607 \\ \rho_{max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,045 \\ m &= Fy 0,85 fc \\ &= 9,411 \end{aligned}$$

5. Tulangan Pelat

$$\begin{aligned} M &= 68453569,47 \text{ Nmm} \\ Mn &= \frac{Ml}{\varphi} \\ &= 76059521,63 \text{ Nmm} \\ Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\ &= 5,238 \text{ N/mm}^2 \\ \rho &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right\} \\ &= 0,011314841 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0018 < 0,0113 < 0,045 \quad (\text{Oke})$$

$$\begin{aligned} As &= b d \\ &= 0,0113 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 172 \text{ mm} \\ &= 1946,152 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned} Smaks &= 2h \\ 2h = 2(150) &= 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dicoba tulangan } \varnothing &= 16 \text{ mm} \\ S &= \frac{0,25 \pi \varnothing^2 b}{As \text{ perlu}} \\ &= 103,312 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Smaks &= 2h \\ 95,277 \text{ mm} &= 300 \text{ mm} \quad (\text{Oke}) \end{aligned}$$

Maka pakai $S = 100$

$$\begin{aligned} \text{Tulangan yang dipakai } \varnothing &= 16 - 100 \text{ mm} \\ As \text{ pakai} &= \frac{\pi \cdot \varnothing^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= 2210,6192 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} As \text{ pakai} &> As \text{ perlu} \\ 2210,619 \text{ mm}^2 &> 1946,152 \text{ mm}^2 \quad (\text{Oke}) \end{aligned}$$

6. Tulangan Susut

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 9.12.2.1 :

Untuk tulangan mutu 400 MPa menggunakan rasio tulangan minimum (σ_{min}) = 0,018

$$\begin{aligned} As_{susut} &= susut \cdot b \cdot tebal\ pelat \\ &= 0,018 \cdot 1000\ mm \cdot 200\ mm \\ &= 360\ mm^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$Smaks = 5h \text{ atau } Smaks = 450\ mm$$

$$Smaks = 450\ mm$$

Dipakai tulangan $\varnothing 10$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25\pi\varnothing^2b}{As} \\ &= 290,888\ mm \end{aligned}$$

Syarat :

$$Smaks = 450\ mm$$

$$290,888\ mm < 450\ mm \quad (\text{Oke})$$

Maka dicoba $S = 250\ mm$

Diapakai tulangan $\varnothing 10 - 250\ mm$

$$\begin{aligned} As\ pakai &= \frac{\pi \cdot \varnothing^2 \cdot b}{Spakai} \\ &= 314,159\ mm^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$As\ pakai > As\ perlu$$

$$392,699\ mm^2 > 360\ mm^2 \quad (\text{Oke})$$

4.2.2.7 Perhitungan Penulangan Balok Bordes

Perhitungan tulangan balok bordes : dengan elevasi $\pm 2,5$ m. Berikut data data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, , perhitungan serta hasil akhir gambar penampang balok sebagai berikut :

Data data perencanaan tulangan balok :

Bentang balok (L balok)	: 3200 mm
Dimensi balok (b balok)	: 250mm
Dimensi balok (h balok)	: 400 mm
Kuat tekan beton (fc')	: 30 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (fy)	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (fys)	: 240 MPa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	: 16 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	: 10 mm
Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar)	: 25 mm
Jarak spasi tulangan antar lapis (S antar lapis)	: 25 mm
Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm
Faktor 1	: 0,85

[SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1)]

Faktor reduksi kekuatan lentur () : 0,9

[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1)]

Faktor reduksi kekuatan geser () : 0,75

[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]

Maka, tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\ &= 400 - 40 - 10 - (1/2 \cdot 16) \\ &= 339 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pembebanan

Beban Mati

- Berat sendiri balok = $0,25 \times 0,4 \times 2400$ = 240 kg/m
- Berat Dinding = $3,2 \times 113$ = 361,6 kg/m

$$\begin{array}{lll} Q_d & = 601,6 \text{ kg/m} \\ \text{Beban Hidup} = 479 \times 3,2 & Q_l & = 1532,8 \text{ kg/m} \end{array}$$

Kemudian untuk reaksi perletakan dari perhitungan pelat tangga sebelumnya diasumsikan menjadi beban merata, karena ada dua perletakan pada kanan kiri balok bordes maka nilai beban akibat reaksi perletakan adalah sebagai berikut :

$$Ra = (6075 \text{ kg} \times 2) : 3,2 = 2531,28 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Kombinasi Qu} &= 1,2D + 1,6L + Ra \\ &= 5705,688041 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu Tumpuan} &= 1/16 qu l^2 \\ &= 1/16 \times 5705,68804 \times 3,2^2 \\ &= 3651,640346 \text{ kgm} \\ &= 36516403,46 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu Lapangan} &= 1/14 qu l^2 \\ &= 1/14 \times 5705,68804 \times 3,2^2 \\ &= 4173,303253 \text{ kgm} \\ &= 41733032,53 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{ultimate}} &= \frac{q u x l}{2} \\ &= 9129,100865 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 f_{c'} t}{f_y} \left\{ \frac{600}{600+f_y} \right\} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \left\{ \frac{600}{600+400} \right\} \\ &= 0,0325125 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0325125 \\ &= 0,024384375 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 f'c} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\
 &= 15,68627451
 \end{aligned}$$

Penulangan Tumpuan

$$Mn = 40573781,62 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\
 &= 1,412 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y} \right] \\
 &= \frac{1}{15,686274} \left[1 - \frac{2 \times 15,68627 \times 2,259}{400} \right] \\
 &= 0,003634166
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \\
 0,0035 < 0,0036 < 0,024384 \quad (\text{Oke})
 \end{aligned}$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned}
 As &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,00363416 \times 250 \times 339 \\
 &= 307,995 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan perlu lentur tarik (sisi atas)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As}{\text{Luasan D puntir}} \\
 &= \frac{307,9955566}{201,06} \\
 &= 1,531844227 \quad 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik 2 D16

Luasan tulangan pasang lentur tarik (sisi atas)

$$\begin{aligned}
 As \text{ pasang} &= n \times \text{Luasan D puntir} \\
 &= 2 \times 201,06 \\
 &= 402,123 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang 402,1238	As perlu 307,9955	(Memenuhi)
-----------------------	----------------------	------------

Luasan pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menutur SNI 03 2847 2013 pasal 21.3.4.1 untuk syarat luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} As &= 0,5 \times As \text{ tarik} \\ &= 0,5 \times 307,995 \\ &= 153,997 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan perlu lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{As}{Luasan D puntir} \\ &= \frac{153,997}{201,06} \\ &= 0,7659 \quad 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tekan 2D16

Luasan tulangan pasang lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \times Luasan D \text{ puntir} \\ &= 2 \times 251,0376169 \\ &= 402,1238597 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang 402,1238597	As perlu 153,997	(Memenuhi)
--------------------------	---------------------	------------

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun lebih dari 1 lapis

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 2D16 dan tulangan tekan 1 lapis 2D16

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S \text{ tarik} &= \frac{b - 2 \times t \text{ selimut} - 2 \times D \text{ geser} - (n \times \phi)}{n-1} \\ &= 118 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

118 mm 25 mm (**Memenuhi Susun 1 lapis**)

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S \text{ tekan} = \frac{b - 2xt \text{ selimut} - 2x D \text{ geser} - (nx\phi)}{n-1}$$

$$= 118 \text{ mm}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

118 mm 25 mm (**Memenuhi Susun 1 lapis**)

Penulangan Lapangan

$$Mn = 46370036,14 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mn}{b \cdot d^2}$$

$$= 1,613 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \frac{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}}{f_y} \right]$$

$$= \frac{1}{15,686274} \left[1 - \frac{1 - \frac{2 \times 15,68627 \times 2,259}{400}}{400} \right]$$

$$= 0,0041714$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,0041 < 0,024384 \quad (\text{Oke})$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0041 \times 250 \times 339$$

$$= 353,528 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan perlu lentur tarik (sisi atas)

$$n = \frac{As}{Luasan D \text{ puntir}}$$

$$= \frac{353,5283275}{201,06}$$

$$= 1,758 \quad 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tarik 2 D16

Luasan tulangan pasang lentur tarik (sisi atas)

$$As \text{ pasang} = n \times Luasan D \text{ puntir}$$

$$= 2 \times 201,06 \\ = 402,123 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

As pasang	As perlu
402,1238	353,528

(Memenuhi)

Luasan pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menutur SNI 03 2847 2013 pasal 21.3.4.1 untuk syarat luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$As = 0,5 \times As \text{ tarik} \\ = 0,5 \times 353,528 \\ = 176,764 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan perlu lentur tekan (sisi bawah)

$$n = \frac{As}{Luasan D \text{ puntir}} \\ = \frac{176,764}{201,06} \\ = 0,879 \quad 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tekan 2D16

Luasan tulangan pasang lentur tekan (sisi bawah)

$$As \text{ pasang} = n \times Luasan D \text{ puntir} \\ = 2 \times 251,0376169 \\ = 402,1238597 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

As pasang	As perlu
402,1238597	153,997

(Memenuhi)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun lebih dari 1 lapis

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 2D16 dan tulangan tekan 1 lapis 2D16

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{tarik} = \frac{b - 2xt\text{ selimut} - 2x D\text{ geser} - (nx\phi)}{n-1}$$

$$= 118 \text{ mm}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis
 118 mm 25 mm (Memenuhi Susun 1 lapis)

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{tekan} = \frac{b - 2xt\text{ selimut} - 2x D\text{ geser} - (nx\phi)}{n-1}$$

$$= 118 \text{ mm}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis
 118 mm 25 mm (Memenuhi Susun 1 lapis)

Tulangan Geser

$$Vu = 91291,00865 \text{ N}$$

Kuat Geser beton

$$Vc = 0,17 x \bar{f}_c x bw x d$$

$$= 78913,12747 \text{ N}$$

$$0,5 \cdot Vc = 0,5 \times 0,75 x 78913,12747$$

$$= 29592,422 \text{ N}$$

Cek Persyaratan

$$Vu = 0,5 \cdot Vc$$

$$91291,008 \quad 29592,42 \Rightarrow \text{Perlu Tulangan Geser}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.4.5.1 batas spasi untuk tulangan geser tidak boleh melebihi $d/2$

$$S_{max} = d/2 = 339/2$$

$$= 169,5 \text{ mm}$$

$$S_{pakai} = 120 \text{ mm}$$

$$A_{v\text{ geser}} = \frac{1}{4} (D^2)$$

$$= \frac{1}{4} (10^2)$$

$$= 78,53981634 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \frac{A_v \times F_y \times d}{s}$$

$$= \frac{78,53 \times 400 \times 339}{120}$$

$$= 53249,99548 \text{ N}$$

Kontrol kekuatan geser

Vn (Vc + Vs)	Vu
0,75 (78913,127 + 53249,995)	91291,00865
99122,34221	91291,00865 (Oke)

Jadi dipakai tulangan geser Ø10 – 120 mm

Hasil perhitungan analisa tangga disajikan pada Tabel 4.4 untuk hasil perhitungan pelat tangga dan bordes, sedangkan untuk balok bordes disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 4 Hasil Rekapitulasi Pelat Tangga dan Bordes

Type Tangga	Jenis Pelat	Penulangan Lentur	Penulangan Susut
Tangga 1	Tangga	19-80	10-250
	Bordes	19-80	10-250
Tangga 2	Tangga	19-100	10-250
	Bordes	19-100	10-250

Tabel 4. 5 Hasil Rekapitulasi Balok Bordes

Type Balok Bordes	Penulangan Lentur				Penulangan Geser	
	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
	Tarik	Tekan	Tarik	Tekan		
Bordes 1	2D16	2D16	2D16	2D16	2	10 - 120
Bordes 2	2D16	2D16	2D16	2D16	2	10 - 120

4.2.3 Perencanaan Pelat

4.2.2.1 Data data Perencanaan Pelat Lantai

Data perencanaan pelat meliputi mutu bahan dan tulangan yang akan direncanakan, dimensi dan pembebahan yang terjadi di area pelat baik untuk pelat atap ataupun pelat lantai. Mutu bahan yang digunakan untuk perencanaan pelat sesuai dengan preliminary desain sebagai berikut :

- Dimensi Pelat = 4 m x 3,75 m
- Tebal pelat = 12 cm
- Tebal selimut beton = 20 mm
- Mutu beton = 30 Mpa
- Mutu baja (fy) = 240 Mpa
- Tulangan lentur = 10 mm
- Tulangan susut = 8 mm
- = 0,85
- ø = 0,8

Rasio sumbu panjang dan sumbu pendek bentang pelat:

$$\frac{Ly}{Lx} = \frac{4}{3,75} = 1,073 < 2 \quad (\text{two way slab})$$

1. Pembebanan pada pelat

- Beban mati sesuai SNI 1727 2013 :

Berat pelat (12 cm)	= 0,12 x 2400	= 288 kg/m ²
Berat spesi (2 cm)	= 2 x 25 kg/m ²	= 50 kg/m ²
Berat keramik (1cm)	= 1 x 24 kg/m ²	= 16 kg/m ²
Berat plafond dan pengantung		= 8,51 kg/m ²
Plumbing		= 25 kg/m ²
Instalasi listrik, AC, dll	<u>= 40 kg/m² +</u>	
q DL		= 427,51 kg/m ²

- Beban Hidup sesuai SNI 1727 2013 tabel :

Beban hidup lantai	= 240 kg/m ²
--------------------	-------------------------

- Beban Ultimate

Qu	= 1,2 (DL) + 1,6 (LL)
----	-----------------------

$$\begin{aligned}
 &= 1,2 (427,51 \text{ kg/m}^2) + 1,6 (240 \text{ kg/m}^2) \\
 &= 897,012 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

2. Momen yang terjadi

Koefisien momen PBI 1971 untuk pelat lantai disajikan pada Tabel 4.6 :

Tabel 4.6 Koefisien Momen PBI 1971

Tipe Pelat	Momen	ly / lx																
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	
I	M _{lx} = 10001 q ₁ ^{1.2} X	44	39	39	65	73	76	84	88	93	97	100	105	105	108	110	112	125
	M _{ly} = +0001 q ₁ ^{1.2} X	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	35
II	M _{lx} = 10001 q ₁ ^{1.2} X	21	29	26	32	34	36	37	36	40	40	41	41	41	42	42	42	42
	M _{ly} = +0001 q ₁ ^{1.2} X	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8
	M _{lx} = +0.001 q ₁ ^{1.2} X	92	59	64	69	75	76	79	81	82	83	82	83	83	82	83	83	83
	M _{ly} = +0.001 q ₁ ^{1.2} X	92	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

$$\text{Nilai Clx} = 41$$

$$\text{Nilai Cly} = 12$$

$$\text{Nilai Ctx} = 83$$

$$\text{Nilai Cty} = 57$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mlx} &= 0,001 \cdot \text{qu} \cdot \text{lx}^2 \cdot \text{X} \\
 &= 0,001 \cdot 897,012 \text{ kg/m}^2 \cdot (3,75 \text{ m})^2 \cdot 41 \\
 &= 517,1834813 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mly} &= 0,001 \cdot \text{qu} \cdot \text{lx}^2 \cdot \text{X} \\
 &= 0,001 \cdot 897,012 \text{ kg/m}^2 \cdot (3,75 \text{ m})^2 \cdot 12 \\
 &= 151,370775 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mtx} &= 0,001 \cdot \text{qu} \cdot \text{lx}^2 \cdot \text{X} \\
 &= 0,001 \cdot 897,012 \text{ kg/m}^2 \cdot (3,75 \text{ m})^2 \cdot 83 \\
 &= 1046,981194 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Mty} &= 0,001 \cdot \text{qu} \cdot \text{lx}^2 \cdot \text{X} \\
 &= 0,001 \cdot 897,012 \text{ kg/m}^2 \cdot (3,75 \text{ m})^2 \cdot 57 \\
 &= 719,0111813 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

3. Tebal manfaat pelat :

$$\begin{aligned}
 \text{Dx} &= \text{tebal pelat} - \text{decking} - \frac{1}{2} \varnothing \\
 &= 120 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - (\frac{1}{2} \cdot 10) \\
 &= 95 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Dy &= \text{tebal pelat - decking} - \emptyset - \frac{1}{2} \emptyset \\
 &= 120 \text{ mm} - 30 \text{ mm} - 10 - (\frac{1}{2} \cdot 10) \\
 &= 85 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4. Tulangan Minimum dan Maksimum

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &= 0,0018 \quad f_u = 400 \text{ MPa} \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 f_{ct}}{f_y} \left\{ \frac{600}{600+f_y} \right\} \\
 &= 0,0607 \\
 \rho_{max} &= 0,75 \rho_b \\
 &= 0,0455 \\
 m &= F_y 0,85 f_c \\
 &= 9,411
 \end{aligned}$$

5. Tulangan Lapangan arah X

$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 517,1834813 \text{ kgm} \\
 &= 5171834,813 \text{ Nmm} \\
 Mn &= \frac{Ml}{\varphi} \\
 &= 5746483,125 \text{ Nmm} \\
 Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\
 &= 0,636729432 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right\} \\
 &= 0,00268
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &< \rho &< \rho_{max} \\
 0,0018 &< 0,0026 &< 0,0455 & \text{(Oke)}
 \end{aligned}$$

Sehingga ρ yang digunakan ρ_{min} :

$$\begin{aligned}
 As &= b d \\
 &= 0,0026 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm} \\
 &= 255,266 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$Smaks \quad 2h$$

$$2h = 2 (120) = 240 \text{ mm}$$

$$\text{Dicoba tulangan } \varnothing = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \pi \varnothing^2 b}{As \text{ perlu}} \\ &= \frac{392,6990817}{325,2102685} \\ &= 307,677 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ll} Smaks & 2h \\ 307,677 \text{ mm} & 240 \text{ mm} \end{array}$$

Maka pakai $S = 150$

Tulangan yang dipakai $\varnothing 10 - 150$

$$\begin{aligned} As \text{ pakai} &= \frac{\pi \cdot \varnothing^2 \cdot b}{Spakai} \\ &= 523,598 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{array}{lll} As \text{ pakai} & > & As \text{ perlu} \\ 523,598 \text{ mm}^2 & > & 255,266 \text{ mm}^2 \end{array} \quad (\text{Oke})$$

6. Tulangan Lapangan arah Y

$$\begin{array}{ll} Mly & = 151,37 \text{ kgm} \\ & = 1513707,75 \text{ Nmm} \end{array}$$

$$\begin{aligned} Mn &= \frac{Ml}{\varphi} \\ &= \frac{1513707,75}{0,8} \\ &= 1681897,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{1681897,5 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} \cdot (85 \text{ mm})^2} \\ &= 0,232 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right\} \\ &= 0,0009 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0018 < 0,00097 < 0,04553 \text{ (Tidak Oke)}$$

Sehingga ρ yang digunakan ρ_{min} :

$$\begin{aligned} As &= \min b d \\ &= 0,0018 \cdot 1000 \text{ mm} 85 \text{ mm} \\ &= 153 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned} Smaks & 2h \\ 2h & = 2(120) = 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Dicoba tulangan } \varnothing = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \pi \varnothing^2 b}{As \text{ perlu}} \\ &= 513,332 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Smaks & 2h \\ 513,332 \text{ mm} & 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka pakai $S = 150$

Tulangan yang dipakai $\varnothing 10 - 150$

$$\begin{aligned} As \text{ pakai} &= \frac{\pi \cdot \varnothing^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= 523,598 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} As \text{ pakai} &> As \text{ perlu} \\ 523,598 \text{ mm}^2 &> 153 \text{ mm}^2 \text{ (Oke)} \end{aligned}$$

7. Tulangan Tumpuan arah X

$$\begin{aligned} Mtx &= 1046,981194 \text{ kgm} \\ &= 10469811,94 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn &= \frac{Ml}{\varphi} \\ &= 11633124,38 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{11633124,38 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} (95 \text{ mm})^2} \\ &= 1,28898885 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right\}$$

$$= 0,00551$$

Syarat :

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0018 < 0,0055 < 0,0455 \text{ (Oke)}$$

Sehingga ρ yang digunakan ρ :

$$\begin{aligned} As &= b d \\ &= 0,0055 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm} \\ &= 523,116 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned} Smaks &= 2h \\ 2h &= 2(120) = 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Dicoba tulangan } \varnothing = 10 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{0,25 \pi \varnothing^2 b}{As \text{ perlu}} \\ &= 151,9376 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Smaks &= 2h \\ 151,937 \text{ mm} &= 240 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka pakai $S = 150$

Tulangan yang dipakai $\varnothing 10 - 150$

$$\begin{aligned} As \text{ pakai} &= \frac{\pi \cdot \varnothing^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\ &= 523,598 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} As \text{ pakai} &> As \text{ perlu} \\ 523,598 \text{ mm}^2 &> 523,116 \text{ mm}^2 \text{ (Oke)} \end{aligned}$$

8. Tulangan Tumpuan arah Y

$$\begin{aligned} Mty &= 719,0111813 \text{ kgm} \\ &= 7190111,813 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Mn = \frac{Ml}{\varphi}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= 7989013,125 \text{ Nmm} \\
 &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{7989013,125 \text{ Nmm}}{1000 \text{ mm} (85 \text{ mm})^2} \\
 &= 1,105 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left\{ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right\} \\
 &= 0,00471
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &< \rho & &< \rho_{max} \\
 0,0018 &< 0,00471 & &< 0,0455 \quad (\text{Oke})
 \end{aligned}$$

Sehingga ρ yang digunakan ρ :

$$\begin{aligned}
 As &= b \cdot d \\
 &= 0,00471 \cdot 1000 \text{ mm} 85 \text{ mm} \\
 &= 400,498 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat spasi antar tulangan :

$$\begin{aligned}
 Smaks &\quad 2h \\
 2h &= 2 (120) \quad = 240 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dicoba tulangan \emptyset = 10 mm

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{0,25 \pi \emptyset^2 b}{As \text{ perlu}} \\
 &= 196,105 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Smaks &\quad 2h \\
 196,105 \text{ mm} &\quad 240 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka pakai $S = 150$

Tulangan yang dipakai $\emptyset 10 - 150$

$$\begin{aligned}
 As \text{ pakai} &= \frac{\pi \cdot \emptyset^2 \cdot b}{S_{\text{pakai}}} \\
 &= 523,598 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 As \text{ pakai} &> As \text{ perlu} \\
 523,598 \text{ mm}^2 &> 400,498 \text{ mm}^2 \quad (\text{Oke})
 \end{aligned}$$

Hasil analisa perhitungan pelat lantai tipe 1 disajikan pada Tabel 4.7. Kemudian rekapitulasi hasil analisa perhitungan pelat lantai disajikan pada Tabel 4.8 dan pelat lantai atap pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 7 Penulangan Pelat P1

Rekapitulasi Penulangan			ϕ		S
Tulangan Tumpuan	Arah x	10	-	150	
Tulangan Lapangan	Arah x	10	-	150	
Tulangan Tumpuan	Arah y	10	-	150	
Tulangan Lapangan	Arah y	10	-	150	
Tulangan Susut		8	-	200	

Tabel 4. 8 Hasil Rekapitulasi Pelat Lantai

Tipe Pelat	Dimensi		Penulangan Tump		Penulangan Lap	
	p (m)	l (m)	X	Y	X	Y
P1	4	3,75	10-150	10-150	10-150	10-150
P2	3,75	3,2	10-150	10-150	10-150	10-150
P3	3,75	3	10-150	10-150	10-150	10-150
P4	4	3	10-150	10-150	10-150	10-150
P5	3,2	2,25	10-150	10-150	10-150	10-150
P6	3,2	2,75	10-150	10-150	10-150	10-150

Tabel 4. 9 Hasil Rekapitulasi Pelat Atap

Tipe Pelat	Dimensi		Penulangan Tump		Penulangan Lap	
	p (m)	l (m)	X	Y	X	Y
P1	4	3,75	10-175	10-175	10-175	10-175
P2	3,75	3,2	10-175	10-175	10-175	10-175
P3	3,75	3	10-175	10-175	10-175	10-175
P4	4	3	10-175	10-175	10-175	10-175
P5	3,2	2,25	10-175	10-175	10-175	10-175
P6	3,2	2,75	10-175	10-175	10-175	10-175

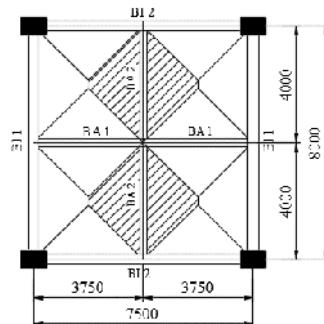
4.2.4 Perencanaan Balok Anak

4.2.4.1 Balok Anak Type 1

Data desain balok sekunder

Bentang balok (L balok)	: 4000 mm
Dimensi balok (b balok)	: 250 mm
Dimensi balok (h balok)	: 400 mm
Kuat tekan beton ($f_{c'}$)	: 30 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (f_{ys})	: 240 MPa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	: 16 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	: 10 mm
Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar)	: 25 mm
Jarak spasi tulangan antar lapis (S antar lapis)	: 25 mm
Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm
Faktor 1	: 0,85
[SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1)]	
Faktor reduksi kekuatan lentur ()	: 0,9
[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1)]	
Faktor reduksi kekuatan geser ()	: 0,75
[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]	

Denah balok anak yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 4.7.



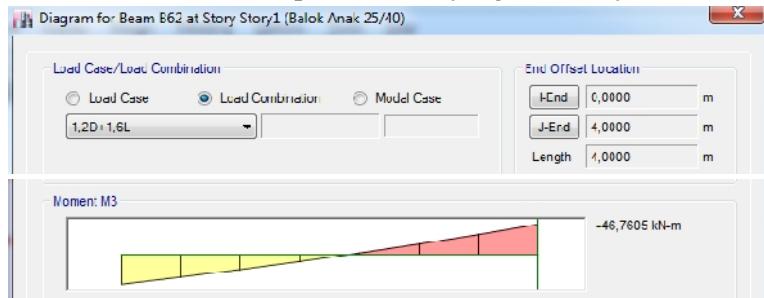
Gambar 4. 7 Denah balok anak

Hasil Output gaya dalam dari Etab

Hasil Output gaya dalam Momen Lentur

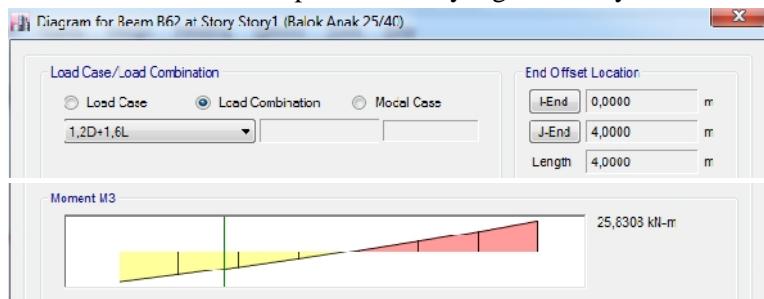
a) Momen Tumpuan

Untuk kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu :



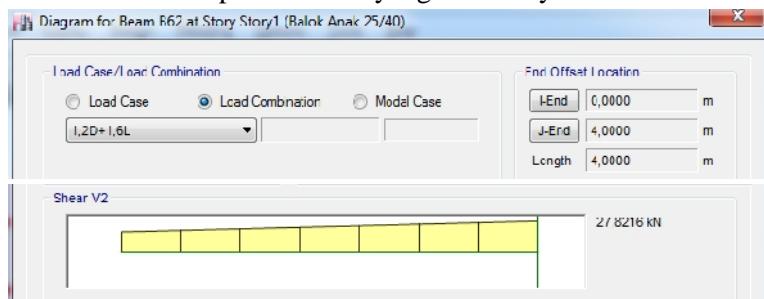
b) Momen Lapangan

Untuk kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu :



Hasil Output gaya dalam Gaya Geser

Untuk kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu :



Mu tumpuan	= 46760500	Nmm
Mu lapangan	= 25830800	Nmm
Vu	= 27821,6	N

Maka, tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\
 &= 400 - 40 - 10 - (1/2 \cdot 16) \\
 &= 339 \text{ mm} \\
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{400} \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 f_{ct}}{f_y} \left\{ \frac{600}{600+f_y} \right\} \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \left\{ \frac{600}{600+400} \right\} \\
 &= 0,0325125 \\
 \rho_{max} &= 0,75 \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,0325125 \\
 &= 0,024384375 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 f_{ct}} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\
 &= 15,686
 \end{aligned}$$

Penulangan Tumpuan

$$\begin{aligned}
 M_n &= 46760500 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\
 &= 1,627 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{15,686274} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68627 \times 1,627}{400}} \right] \\
 &= 0,00420
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,00420 < 0,024384 \quad (\text{Oke})$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} As &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0042 \times 250 \times 339 \\ &= 356,610 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan perlu lentur tarik (sisi atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{As}{Luasan D puntir} \\ &= 1,773634656 \quad 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik 2 D16

Luasan tulangan pasang lentur tarik (sisi atas)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \times Luasan D puntir \\ &= 2 \times 201,06 \\ &= 402,123 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang	As perlu
402,123	356,610

(Memenuhi)

Luasan pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menutur SNI 03 2847 2013 pasal 21.3.4.1 untuk syarat luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,5 tulangan tarik

$$\begin{aligned} As &= 0,5 \times As \text{ tarik} \\ &= 0,5 \times 356,610 \\ &= 178,305 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan perlu lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{As}{Luasan D puntir} \\ &= 0,886817328 \quad 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tekan 2D16

Luasan tulangan pasang lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \times Luasan D \text{ puntir} \\ &= 2 \times 201,06 \\ &= 402,123 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang	As perlu
402,123	178,305

(Memenuhi)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun lebih dari 1 lapis

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 2D16 dan tulangan tekan 1 lapis 2D16

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S \text{ tarik} &= \frac{b - 2xt \text{ selimut} - 2x \text{ D geser} - (nx\phi)}{n-1} \\ &= 118 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

118 mm 25 mm (Memenuhi Susun 1 lapis)

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S \text{ tekan} &= \frac{b - 2xt \text{ selimut} - 2x \text{ D geser} - (nx\phi)}{n-1} \\ &= 118 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

118 mm 25 mm (Memenuhi Susun 1 lapis)

Penulangan Lapangan

$$Mn = 25830800 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\ &= 0,899 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right]$$

$$= \frac{1}{15,686274} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68627 \times 0,899}{400}} \right] \\ = 0,002288$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \\ 0,0035 < 0,0022 < 0,024384 \quad (\text{Tidak Oke})$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$As = \rho_{\min} \cdot b \cdot d \\ = 0,0035 \times 250 \times 339 \\ = 290,1217922 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan perlu lentur tarik (sisi atas)

$$n = \frac{As}{Luasan D puntir} \\ = 1,44294741 \quad 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tarik 2 D16

Luasan tulangan pasang lentur tarik (sisi atas)

$$As \text{ pasang} = n \times Luasan D puntir \\ = 2 \times 201,06 \\ = 402,123 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$As \text{ pasang} \quad As \text{ perlu} \\ 402,123 \quad 290,1217922 \quad (\text{Memenuhi})$$

Luasan pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menutur SNI 03 2847 2013 pasal 21.3.4.1 untuk syarat luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$As = 0,5 \times As \text{ tarik} \\ = 0,5 \times 290,121 \\ = 145,060 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan perlu lentur tekan (sisi bawah)

$$n = \frac{As}{Luasan D puntir} \\ = 0,721473708 \quad 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tekan 2D16

Luasan tulangan pasang lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \times Luasan D \text{ puntir} \\ &= 2 \times 201,06 \\ &= 402,123 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang	As perlu	
402,123	145,0608961	(Memenuhi)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun lebih dari 1 lapis

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 2D16 dan tulangan tekan 1 lapis 2D16

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S \text{ tarik} &= \frac{b - 2 \times t \text{ selimut} - 2 \times D \text{ geser} - (n \times \phi)}{n-1} \\ &= 118 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

118 mm	25mm	(Memenuhi Susun 1 lapis)
--------	------	---------------------------------

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S \text{ tekan} &= \frac{b - 2 \times t \text{ selimut} - 2 \times D \text{ geser} - (n \times \phi)}{n-1} \\ &= 118 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

118 mm	25 mm	(Memenuhi Susun 1 lapis)
--------	-------	---------------------------------

Tulangan Geser

$$Vu = 27821,60 \text{ N}$$

Kuat Geser beton

$$\begin{aligned} Vc &= 0,17 \times \overline{fc} \times bw \times d \\ &= 78913,12747 \text{ N} \\ 0,5 \cdot Vc &= 0,5 \times 0,75 \times 78913,127 \\ &= 29592,422 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} .Vc &= 0,75 \times 78913,127 \\ &= 55239,1889 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan

$$\begin{aligned} Vu &\quad 0,5 \cdot .Vc \\ 27821,60 &\quad 29592,422 \Rightarrow \text{Tidak Perlu Tulangan Geser} \end{aligned}$$

Maka di pasang tulangan geser minimum

$0,5 \times \emptyset \times Vc = Vu \emptyset \times Vc$ Tulangan Geser Minimum

Direncanakan menggunakan tulangan geser $\emptyset 10 - 150$ mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} Av &= (0,25 \pi d^2) \times n \text{ kaki} \\ &= (0,25 \pi 10^2) \times 2 \text{ kaki} \\ &= 157,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vs &= \frac{Av \times Fy \times d}{s} \\ &= \frac{157,88 \times 240 \times 339}{150} \\ &= 85199,992 \text{ N} \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (Sperlu)

$$\begin{aligned} S \text{ perlu} &= \frac{Av \times Fy v \times d}{Vs \text{ perlu}} \\ &= \frac{157,88 \times 240 \times 339}{85199,99277} \\ &= 150,760 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 150 mm antar tulangan geser

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser.

$$S \text{ max} < \frac{d}{2} \quad \text{atau} \quad S \text{ max} < 600$$

$$150 \text{ mm} < 169,5 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Sehingga dipakai tulangan geser $\emptyset 10 - 150$ mm

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.4.5.1 batas spasi untuk tulangan geser tidak boleh melebihi $d/2$

$$\begin{aligned} S \text{ max} &= d/2 = 339/2 \\ &= 169,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

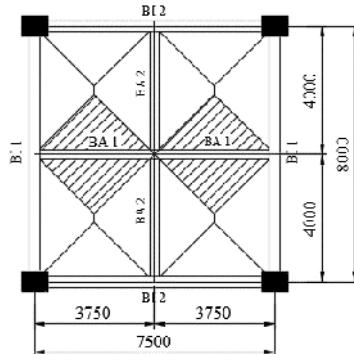
$$S \text{ pakai} = 150 \text{ mm}$$

4.2.4.1 Balok Anak Type 2

Data desain balok sekunder

Bentang balok (L balok)	: 7500 mm
Dimensi balok (b balok)	: 250 mm
Dimensi balok (h balok)	: 400 mm
Kuat tekan beton (f_c')	: 30 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (f_y)	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (f_{ys})	: 240 MPa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	: 22 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	: 10 mm
Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar)	: 25 mm
Jarak spasi tulangan antar lapis (S antar lapis)	: 25 mm
Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm
Faktor 1	: 0,85
[SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1)]	
Faktor reduksi kekuatan lentur ()	: 0,9
[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1)]	
Faktor reduksi kekuatan geser ()	: 0,75
[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]	

Denah balok anak yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 4.8.



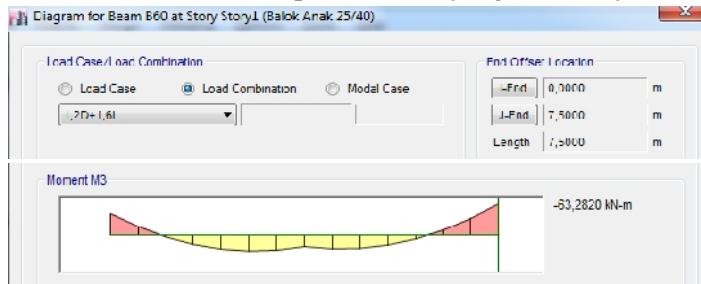
Gambar 4. 8 Denah balok Anak type 2

Hasil Output gaya dalam dari Etab

Hasil Output gaya dalam Momen Lentur

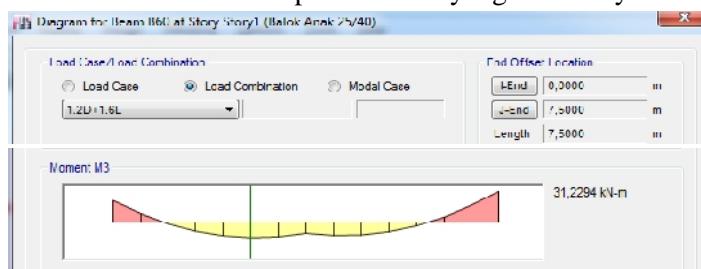
a) Momen Tumpuan

Untuk kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu :



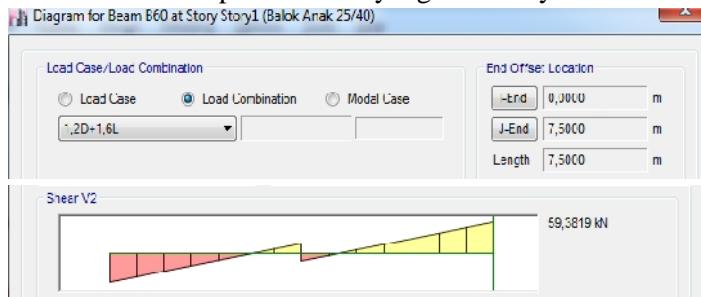
b) Momen Lapangan

Untuk kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu :



Hasil Output gaya dalam Gaya Geser

Untuk kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu :



Mu tumpuan	= 63282000	Nmm
Mu lapangan	= 31229400	Nmm
Vu	= 59381,9	N

Maka, tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\
 &= 400 - 40 - 10 - (1/2 \cdot 16) \\
 &= 339 \text{ mm} \\
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{400} \\
 &= 0,0035 \\
 \rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 f_{ct}}{f_y} \left\{ \frac{600}{600+f_y} \right\} \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \left\{ \frac{600}{600+400} \right\} \\
 &= 0,0325125 \\
 \rho_{max} &= 0,75 \rho_b \\
 &= 0,75 \times 0,0325125 \\
 &= 0,024384375 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 f_{ct}} \\
 &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\
 &= 15,686
 \end{aligned}$$

Penulangan Tumpuan

$$\begin{aligned}
 M_n &= 63282000 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\
 &= 2,202 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{15,686274} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68627 \times 2,202}{400}} \right]
 \end{aligned}$$

$$= 0,00576$$

Syarat :

$$\begin{array}{l} \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max} \\ 0,0035 < 0,00576 < 0,024384 \end{array} \quad (\text{Oke})$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} As &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0057 \times 250 \times 339 \\ &= 488,791 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan perlu lentur tarik (sisi atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{As}{Luasan D puntir} \\ &= 2,431 \quad 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik 3 D16

Luasan tulangan pasang lentur tarik (sisi atas)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \times Luasan D puntir \\ &= 3 \times 201,06 \\ &= 603,185 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ll} As \text{ pasang} & As \text{ perlu} \\ 603,185 & 488,791 \end{array} \quad (\text{Memenuhi})$$

Luasan pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menutur SNI 03 2847 2013 pasal 21.3.4.1 untuk syarat luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,5 tulangan tarik

$$\begin{aligned} As &= 0,5 \times As \text{ tarik} \\ &= 0,5 \times 488,791 \\ &= 244,395 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan perlu lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{As}{Luasan D puntir} \\ &= 1,2155 \quad 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tekan 2D16

Luasan tulangan pasang lentur tekan (sisi bawah)

$$As \text{ pasang} = n \times Luasan D puntir$$

$$= 2 \times 201,06 \\ = 402,123 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

As pasang	As perlu	
402,123	244,395	(Memenuhi)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun lebih dari 1 lapis

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 2D16 dan tulangan tekan 1 lapis 2D16

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{tarik} = \frac{b - 2xt\text{ selimut} - 2x\text{ D geser} - (nx\phi)}{n-1} \\ = 51 \text{ mm}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

51 mm 25 mm (Memenuhi Susun 1 lapis)

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{tekan} = \frac{b - 2xt\text{ selimut} - 2x\text{ D geser} - (nx\phi)}{n-1} \\ = 118 \text{ mm}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

118 mm 25 mm (Memenuhi Susun 1 lapis)

Penulangan Lapangan

$$M_n = 31229400 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ = 1,086 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right] \\ = \frac{1}{15,686274} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68627 \times 1,086}{400}} \right] \\ = 0,0027$$

Syarat :

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,00277 < 0,024384 \quad (\text{Tidak Oke})$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$As = \rho_{min} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0035 \times 250 \times 339$$

$$= 290,1217922 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan perlu lentur tarik (sisi atas)

$$n = \frac{As}{Luasan D puntir}$$

$$= 1,44294741 \quad 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tarik 2 D16

Luasan tulangan pasang lentur tarik (sisi atas)

$$As \text{ pasang} = n \times Luasan D puntir$$

$$= 2 \times 201,06$$

$$= 402,123 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

As pasang	As perlu
402,123	290,1217922

(Memenuhi)

Luasan pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menutur SNI 03 2847 2013 pasal 21.3.4.1 untuk syarat luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$As = 0,5 \times As \text{ tarik}$$

$$= 0,5 \times 290,121$$

$$= 145,060 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan perlu lentur tekan (sisi bawah)

$$n = \frac{As}{Luasan D puntir}$$

$$= 0,721473708 \quad 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan tekan 2D16

Luasan tulangan pasang lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned}
 As \text{ pasang} &= n \times Luasan D \text{ puntir} \\
 &= 2 \times 201,06 \\
 &= 402,123 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang	As perlu	
402,123	145,0608961	(Memenuhi)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun lebih dari 1 lapis

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 2D16 dan tulangan tekan 1 lapis 2D16

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S \text{ tarik} &= \frac{b - 2 \times t \text{ selimut} - 2 \times D \text{ geser} - (n \times \phi)}{n-1} \\
 &= 118 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

118 mm 25mm **(Memenuhi Susun 1 lapis)**

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 S \text{ tekan} &= \frac{b - 2 \times t \text{ selimut} - 2 \times D \text{ geser} - (n \times \phi)}{n-1} \\
 &= 118 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

118 mm 25 mm **(Memenuhi Susun 1 lapis)**

Tulangan Geser

$$Vu = 44448,24 \text{ N}$$

Kuat Geser beton

$$\begin{aligned}
 Vc &= 0,17 \times \overline{fc} \times bw \times d \\
 &= 78913,12747 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0,5 \cdot Vc &= 0,5 \times 0,75 \times 78913,12747 \\
 &= 29592,4228 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$.Vc = 0,75 \times 78913,12747$$

$$= 59184,8456 \text{ N}$$

Cek Persyaratan

Kondisi 1

$V_u = 0,5 \times \emptyset \times V_c$ Tidak Perlu Tulangan Geser

44448,24 N 29592,422 N (Tidak Memenuhi)

Maka Lanjutkan ke kondisi selanjutnya.

Kondisi 2

$0,5 \times \emptyset \times V_c = V_u \emptyset \times V_c$ Tulangan Geser Minimum

29592,422 N 44448,24 N 59184,8456 N (Memenuhi)

Direncanakan menggunakan tulangan geser $\emptyset 10 - 150$ mm dengan 2 kaki, maka luasan tulangan geser :

$$\begin{aligned} A_v &= (0,25 \pi d^2) \times n \text{ kaki} \\ &= (0,25 \pi 10^2) \times 2 \text{ kaki} \\ &= 157,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \times F_y \times d}{s} \\ &= \frac{157,079 \times 240 \times 339}{150} \\ &= 85199,992 \text{ N} \end{aligned}$$

Jarak Tulangan Geser Perlu (Sperlu)

$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= \frac{A_v \times F_y v \times d}{V_s \text{ perlu}} \\ &= \frac{157,88 \times 240 \times 339}{85199,99277} \\ &= 150,760 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang jarak 150 mm antar tulangan geser

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Geser.

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

$$150 \text{ mm} < 169,5 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Hasil rekapitulasi analisa perhitungan balok anak disajikan pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Rekapitulasi Penulangan Balok Anak

Type Balok Anak	Penulangan Lentur				Penulangan Geser	
	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan
	Tarik	Tekan	Tarik	Tekan		
BA 1	2D16	2D16	2D16	2D16	2 10 - 150	2 10 - 150
BA 2	3D16	2D16	2D16	2D16	2 10 - 150	2 10 - 150

4.2.5 Perencanaan Balok Lift

4.2.5.1 Spesifikasi 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 *Mitsubishi Corporation* dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Merk : Mitsubishi
- Kecepatan : 45 m/mnt
- Kapasitas : 1500 kg
- Lebar pintu (opening width) : 1700 mm
- Dimensi sangkar (car size) : 2200 x 2400 mm²
- Hoistway : 3150 x 3000 mm²
- Dimensi ruang mesin : 3600 x 4050 mm²
- Beban reaksi ruang mesin :
- $R_1 = 10100 \text{ kg}$
(Berat mesin penggerak + beban kereta + perlengkapan)
- $R_2 = 5390 \text{ kg}$
(Berat bandul pemberat + perlengkapan)

4.2.5.2 Perencanaan Awal Dimensi Balok Balok Lift

a. Balok Penggantung Lift

Panjang balok penggantung lift = 375 cm

$$h = \frac{L}{16} = \frac{375}{16} = 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} 60 = 25 \text{ cm}$$

Diperoleh dimensi balok penggantung lift 25/40.

4.2.5.3 Pembebaan Balok Lift

1. Beban yang bekerja pada balok penumpu

Beban yang bekerja merupakan beban akibat dari mesin penggerak lift + berat kereta luncur + perlengakapan, dan akibat bandul pemberat + perlengakapan.

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 :

$$= (1 + k_1 k_2 v) = 1,15$$

Dimana :

= 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.

k₁ = koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6.

k₂ = koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan diambil sebesar 1,3

Jadi, beban yang bekerja pada balok adalah :

$$\begin{aligned} P &= R . &= (10100 + 5390) \cdot (1 + 0,6 \cdot 1,3 \cdot 1) \\ &= 17813,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

a. Pembebanan balok penggantung lift

- Beban mati (qd) :

$$\begin{aligned} - \text{Berat sendiri balok} &= 0,25 \times 0,40 \times 2400 \\ &= 240 \text{ kg/m} \\ - \text{Berat pelat beton} &= 0,12 \times 2400 \\ &= 288 \text{ kg/m} \\ - \text{Berat aspal} &= 0,01 \times 3,75 \times 14 \\ &= 1,05 \text{ kg/m} \\ qd &= 529,05 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban Hidup (ql) :

$$\begin{aligned} - ql &= \frac{1500}{3,75} \\ &= 400 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban berfaktor

$$\begin{aligned} - qu &= 1,2 qd + 1,6 ql \\ &= 1,2 \times 529,05 + 1,6 \times 400 \\ &= 1274,86 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban terpusat lift $P = 17813,5 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} - Vu &= \frac{1}{2} quL + \frac{1}{2} P \\ &= 11297,1125 \text{ Kg} \\ - Mu &= \frac{1}{8} quL^2 + \frac{1}{4} PL \\ &= 18941,12109 \text{ Kgm} \\ &= 189411210,9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

4.2.5.4 Penulangan balok lift

a. Penulangan balok penggantung lift

Data data perencanaan tulangan balok :

Bentang balok (L balok)	: 3750 mm
Dimensi balok (b balok)	: 250 mm
Dimensi balok (h balok)	: 400 mm
Kuat tekan beton (fc')	: 30 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (fy)	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (fys)	: 240 MPa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	: 22 mm
Diameter tulangan geser (Ø geser)	: 13 mm
Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar)	: 25 mm
Jarak spasi tulangan antar lapis (S antar lapis)	: 25 mm
Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm
Faktor 1	: 0,85
[SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1)]	
Faktor reduksi kekuatan lentur ()	: 0,9
[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1)]	
Faktor reduksi kekuatan geser ()	: 0,75
[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]	
Maka, tinggi efektif balok :	

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\
 &= 400 - 40 - 13 - (1/2 \cdot 22) \\
 &= 331,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{400} \\
 &= 0,0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho b &= \frac{0,85 \cdot \beta 1 f'c}{f_y} \left\{ \frac{600}{600+f_y} \right\} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \left\{ \frac{600}{600+400} \right\} \\ &= 0,0325125\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0,75 \rho b \\ &= 0,75 \times 0,0325125 \\ &= 0,024384375\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 f'c} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,68627451\end{aligned}$$

$$Mn = 331797526 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\ &= 2,97923825 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{15,686274} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68627 \times 2,259}{400}} \right] \\ &= 0,023472415\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}\rho_{min} &< \rho &< \rho_{max} \\ 0,0035 &< 0,0234 &< 0,024384 \quad (\text{Oke})\end{aligned}$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned}As &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0234 \times 250 \times 331,5 \\ &= 1945,276 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jumlah tulangan perlu lentur tarik (sisi atas)

$$\begin{aligned}n &= \frac{As}{Luasan Dpuntir} \\ &= \frac{1945,276387}{380,13} \\ &= 5,117 \quad 6 \text{ buah}\end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik 6 D22

Luasan tulangan pasang lentur tarik (sisi atas)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \times Luasan D \text{ puntir} \\ &= 6 \times 380,13 \\ &= 2280,796 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang	As perlu
2280,796	1945,276

(Memenuhi)

Luasan pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menutur SNI 03 2847 2013 pasal 21.3.4.1 untuk syarat luasan tulangan tidak boleh kurang dari 0,3 tulangan tarik

$$\begin{aligned} As &= 0,5 \times As \text{ tarik} \\ &= 0,5 \times 1945,276 \\ &= 972,638 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan perlu lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{As}{Luasan D \text{ puntir}} \\ &= \frac{972,6381935}{380,13} \\ &= 2,558 \quad 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tekan 3D22

Luasan tulangan pasang lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \times Luasan D \text{ puntir} \\ &= 3 \times 380,13 \\ &= 1140,398 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang	As perlu
1140,398	972,638

(Memenuhi)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun lebih dari 1 lapis

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 6D22 dan tulangan tekan 1 lapis 3D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{tarik} = \frac{b - 2xt_{selimut} - 2x D_{geser} - (nx\phi)}{n-1}$$

$$= 2,4 \text{ mm}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

24 mm 25mm (**Tidak Memenuhi Susun 1 lapis**)

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{tekan} = \frac{b - 2xt_{selimut} - 2x D_{geser} - (nx\phi)}{n-1}$$

$$= 39 \text{ mm}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

39 mm 25 mm (**Memenuhi Susun 1 lapis**)

Tulangan Geser

Vu = 112971,125 N

Kuat Geser beton

$$Vc = 0,17 \times \overline{fc} \times bw \times d$$

$$= 77167,26182 \text{ N}$$

$$0,5 \cdot Vc = 0,5 \times 0,75 \times 77167,26182$$

$$= 28937,72318 \text{ N}$$

Cek Persyaratan

$$\begin{array}{ll} Vu & 0,5 \cdot Vc \\ 112971,125 & 28937,723 \end{array} \Rightarrow \text{Perlu Tulangan Geser}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 11.4.5.1 batas spasi untuk tulangan geser tidak boleh melebihi d/2

$$\begin{aligned}
 S_{\text{max}} &= d/2 = 331,5/2 \\
 &= 165,75 \text{ mm} \\
 S_{\text{pakai}} &= 120 \text{ mm} \\
 A_{\text{V geser}} &= \frac{1}{4} (D^2) \\
 &= \frac{1}{4} (13^2) \\
 &= 132,732 \text{ mm}^2 \\
 V_s &= \frac{A_v \times F_y \times d}{s} \\
 &= \frac{132,732 \times 400 \times 331,5}{120} \\
 &= 88001,50801 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan geser

Vn	Vu
(Vc + Vs)	Vu
0,75 (77167,261+88001,508)	112971,125
123876,577	112971,125 (Oke)

Hasil analisa perhitungan tulangan lentur balok lift disajikan pada Tabel 4.11 dan tulangan geset pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 11 Penulangan Balok Penggantung Lift

Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok Penggantung Lift				
Posisi	Tulangan	n	D	
Tumpuan	Tulangan Tarik	6	D	22
	Tulangan Tekan	3	D	22

Tabel 4. 12 Penulangan Geser Balok Lift

Rekapitulasi Tulangan Geser Balok Penggantung Lift				
Posisi		ø	S	
Tumpuan	ø	13	120	
Lapangan	ø	13	120	

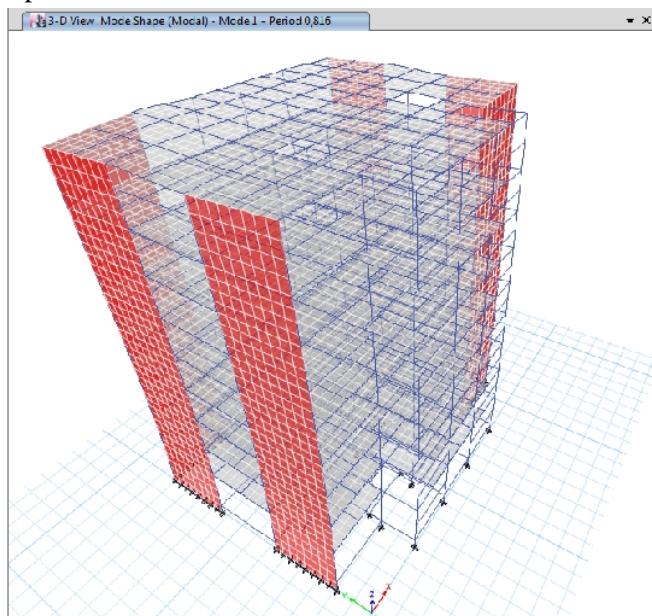
4.3 Pembebanan dan Analisa Struktur

4.3.1 Umum

Dalam perencanaan gedung bertingkat perlu dilakukan adanya perencanaan pembebalan gravitasi maupun pembebalan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur gedung tersebut mampu untuk memikul beban yang terjadi. Pembebalan gravitasi mengacu pada ketentuan SNI 2847:2013 dan pembebalan gempa mengacu pada SNI 1726:2012.

4.3.2 Permodelan Struktur

Dalam perhitungan analisis beban gempa perlu suatu permodelan struktur, sehingga struktur Gedung Twin Tower harus dilakukan analisa dengan menggunakan analisa respon spektrum. Struktur Gedung Twin Tower memiliki total 10 lantai, tinggi total gedung \pm 38 meter. Permodelan struktur yang di analisa dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Permodelan Struktur pada ETABS

4.3.3 Pembebanan Gravitasi

Data-data perencanaan pembebanan Gedung Twin Tower yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Input beban sendiri :

Mutu beton (f_c)	: 30 Mpa
Mutu baja (f_y)	: 400 MPa
Ketinggian Lantai :	
- Lantai Dasar	: 5,00 m
- Lantai 1-7	: 4,00 m
- Lantai 8 - atap	: 5,00 m
Dimensi Balok Induk	: 40/60
Dimensi Balok Anak	: 25/40
Dimensi Sloof	: 40/60
Dimensi Balok Bordes	: 25/40
Dimensi Balok Lift	: 40/60
Dimensi Kolom	: 60/90

- Input beban hidup

1. Beban hidup atap :

- Hujan	: 19,6 kg/m ²
- Pekerja	: 96 kg/m ²

2. Beban hidup lantai :

- Lantai Perkantoran	: 240 kg/m ²
----------------------	-------------------------

3. Beban hidup Tangga & Bordes :

- Lantai Tangga	: 479 kg/m ²
- Lantai Tangga	: 479 kg/m ²

- Input beban mati :

- Keramik	: 16 kg/m ²
- Spesi	: 25 kg/m ²
- Dinding bata ringan	: 113 kg/m ²
- Plafond + penggantung	: 8,51 kg/m ²
- Plumbing	: 25 kg/m ²

- AC dan Instalasi : 40 kg/m²
- Aspal : 14 kg/m²

Rekap pembebanan gravitasi disajikan pada Tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Tabel Pembebanan

Lantai	Beban Mati (Kg)	Beban Hidup (Kg)	Beban Total (Kg)
Dasar	735751,72	735751,72	735751,72
1	1247299,75	1247299,75	1247299,75
2	1247299,75	1247299,75	1247299,75
3	1247299,75	1247299,75	1247299,75
4	1247299,75	1247299,75	1247299,75
5	1247299,75	1247299,75	1247299,75
6	1247299,75	1247299,75	1247299,75
7	1247299,75	1247299,75	1247299,75
8	1228959,47	1228959,47	1228959,47
Atap	679466,18	679466,18	679466,18
Total Beban			11375275,63

Didapatkan beban mati sebesar **9565693,40 Kg** dan beban hidup sebesar **1809582,22 Kg**, sehingga menghasilkan beban total (1D +1L) adalah **11375275,63 Kg**.

Pembebanan yang diinput pada ETABS haruslah mendekati perhitungan manual sehingga pembebanan pada ETABS dapat dinyatakan benar. Berikut merupakan pembebanan gravitasi yang didapat dari ETABS disajikan pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Output Beban dari ETABS

Load Case Combo	FZ Kg
1D+1L	11978218,74

Jadi total beban gravitasi pada ETABS (Dead + Live) sebesar **11978218,74 Kg**. Sehingga didapatkan sebagai berikut:

Wtotal Manual = **11375275,63 kN**

Wtotal ETABS = **11978218,74 kg**

Selisih perhitungan manual dengan ETABS = **5,3005 %**

Jadi dapat dikatakan bahwa pembebanan gravitasi pada ETABS sudah benar.

4.3.4 Pembebanan Gempa

Pembebanan gempa dengan mengacu pada SNI 1726:2012, yang di dalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa.

4.3.4.1 Faktor Keutamaan Gempa

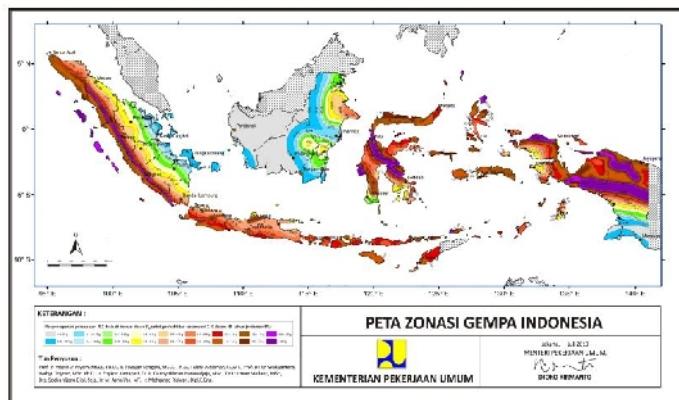
Faktor keutamaan gempa ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung sesuai dengan kategori resiko pada peraturan. Kategori resiko untuk gedung Twin Tower yaitu II dengan faktor keutamaan gempa (I) **1**.

4.3.4.2 Kelas Situs

Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang didapat dari proses pengumpulan data. Pada proyek pembangunan gedung Twin Tower didapatkan berdasarkan nilai N (tes NSPT) yang termasuk dalam kelas situs SE (Tanah Lunak).

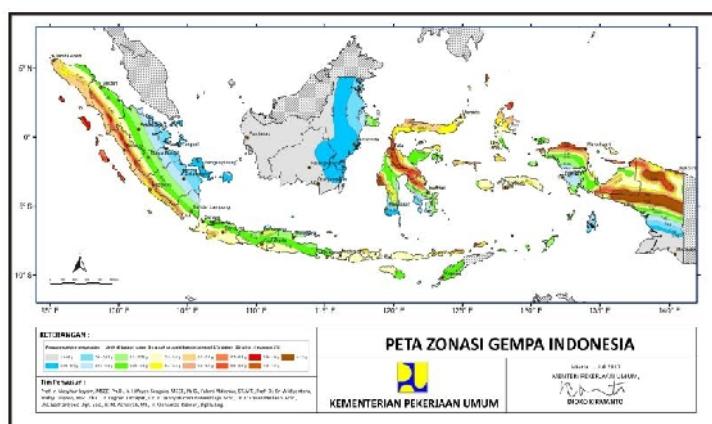
4.3.4.3 Parameter Respon Spektral

Sebagai input data pada ETABS, diperlukan data Percepatan Respon Spektrum (MCE). Penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. 10 Peta zonasi gempa untuk nilai Ss

Ss, Gempa Maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaikan (MCER). Parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spectral 0,2 detik dalam g, (5% redaman kritis), Kelas situs SE. Dari gambar 4.10 untuk daerah surabaya didapatkan nilai Ss = **0.7 g**.



Gambar 4. 11 Peta zonasi gempa untuk nilai S1

Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tersesuaikan (MCER) parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spectral

1 detik dalam g (5% redaman kritis), kelas situs SE. Dari gambar 4.11 untuk wilayah surabaya $S_1 = 0,25$ g.

4.3.4.4 Parameter Percepatan Spectral Desain

Parameter percepatan spectra didisain untuk periode pendek 0,2 detik (SDS) dan periode 1 detik (SD1) adalah sebagai berikut:

$$SMS = Fa S_s = 1,3 \times 0,7 = 0,91$$

$$SM1 = Fv S_1 = 3 \times 0,25 = 0,75$$

sehingga :

$$SDS = \frac{2}{3} SMS = \frac{2}{3} \times 0,91 = 0,606$$

$$SD1 = \frac{2}{3} SM1 = \frac{2}{3} \times 0,75 = 0,5$$

Untuk perioda pendek 0,2 detik (Ss) sebesar **0,7** g dan parameter respon spectral percepatan gempa terpetakan untuk periode 1 detik (S_1) sebesar **0,25** g dengan kelas situs SE didapatkan daerah Surabaya memiliki SDS sebesar **0,606** dan SD1 sebesar **0,5**.

4.3.4.5 Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismic dibagi berdasarkan tabel pada SNI 1726:2012 Tabel 6. Untuk SDS sebesar 0,606 dan SD1 sebesar 0,5 dan kategori resiko IV kategori desain seismic tergolong kategori D. Untuk kategori D tipe struktur menggunakan Sistem Ganda yaitu Dinding Geser Beton Bertulang Khusus dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SPRMK).

4.3.4.6 Respon Spektrum Desain

Respons spektrum disusun berdasarkan respons terhadap percepatan tanah (*ground acceleration*) hasil rekaman gempa dan desain spektrum sendiri merupakan representasi gerakan tanah (*ground motion*) akibat gempa yang pernah terjadi di lokasi tersebut. Maka perhitungan spektrum respons desain gempa wilayah surabaya adalah sbb:

Periода getar fundamental struktur :

$$T_o = 0,2 \frac{S_{DI}}{S_{DS}} = 0,2 \frac{0,5}{0,606} = 0,165 \text{ detik}$$

$$Ts = \frac{S_{DI}}{S_{DS}} = \frac{0,5}{0,606} = 0,824 \text{ detik}$$

Untuk perioda yang lebih kecil dari T_o , spektrum respons percepatan desain, S_a , dihitung Persamaan :

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

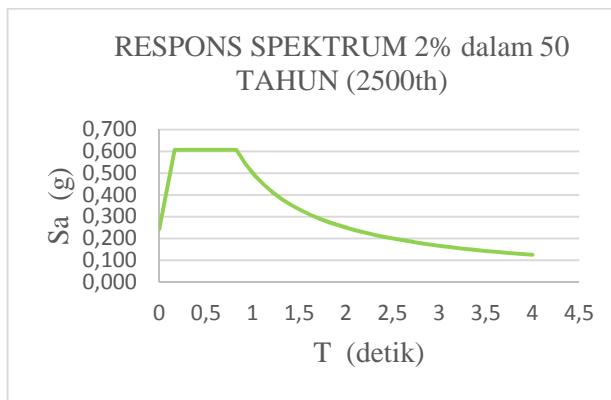
Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_o dan lebih kecil dari atau sama dengan TS spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan SDS; Untuk perioda lebih besar dari TS , spektrum respons percepatan desain, S_a , dihitung Persamaan :

Maka respons spektrum desain disajikan pada Tabel 4.15 dan grafik respons dapat dilihat pada Gambar 4.12.

Tabel 4. 15 Respons spektrum desain

T (detik)	T (detik)	Sa (g)
0	0	0,243
T_o	0,165	0,607
Ts	0,824	0,607
$Ts+0,1$	0,924	0,541
$Ts+0,2$	1,024	0,488
$Ts+0,3$	1,124	0,445
$Ts+0,4$	1,224	0,408
$Ts+0,5$	1,324	0,378
$Ts+0,6$	1,424	0,351
$Ts+0,7$	1,524	0,328
$Ts+0,8$	1,624	0,308
$Ts+0,9$	1,724	0,290
$Ts+1,0$	1,824	0,274

Ts+1,1	1,924	0,260
Ts+1,2	2,024	0,247
Ts+1,3	2,124	0,235
Ts+1,4	2,224	0,225
Ts+1,5	2,324	0,215
Ts+1,6	2,424	0,206
Ts+1,7	2,524	0,198
Ts+1,8	2,624	0,191
Ts+1,9	2,724	0,184
Ts+2,0	2,824	0,177
Ts+2,1	2,924	0,171
Ts+2,2	3,024	0,165
Ts+2,3	3,124	0,160
Ts+2,4	3,224	0,155
Ts+2,5	3,324	0,150
Ts+2,6	3,424	0,146
Ts+2,7	3,524	0,142
Ts+2,8	3,624	0,138
Ts+2,9	3,724	0,134
4	4,000	0,125



Gambar 4. 12 Grafik Respons Spektrum Desain

4.3.4.7 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Pendekatan yang digunakan untuk struktur dengan dinding geser berdasarkan SNI 1726:2012 adalah:

Tabel 4. 16 Koefisien batas atas pada periода yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{η}	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

Dari tabel 4.16 di dapatkan hasil nilai $C_u = 1,4$

Tabel 4. 17 Nilai Parameter periode pendekatan Ct dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemilik momen di mana rangka memiliki 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilengkapi atau dihitungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa.		
Rangka baja pemilik momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemilik 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

Dari tabel 4.17 di dapatkan hasil nilai $C_t = 0,0488$

$$X = 0,75$$

$$\begin{aligned} Ta &= C_t H^x \\ &= 0,0488 \times 38^{0,75} \\ &= 0,761584817 \end{aligned}$$

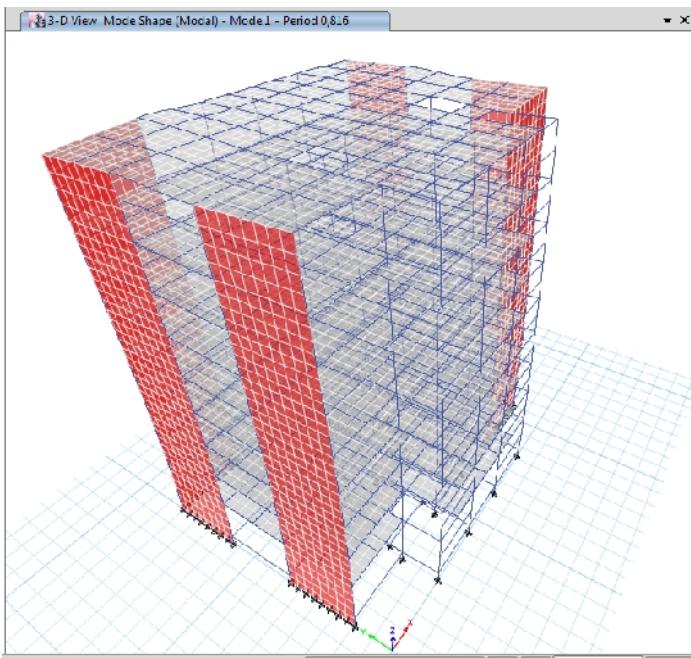
Jika $Tc > Ta \text{ max}$, maka digunakan $T = Ta \text{ max}$

Jika $Ta < Tc < Ta \text{ max}$, maka digunakan $T = Tc$

Jika $Tc < Ta$, maka digunakan $T = Ta$

$$\begin{aligned} T_{\max} &= Ta \times Cu \\ &= 0,7468 \times 1,4 \\ &= 1,045648106 \end{aligned}$$

Tc dari Etabs dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4. 13 Nilai Tc dari permodelan ETABS

$$T_c = 0,816$$

$$\begin{array}{lcl} T_a & < & T_c & < & T_{a \max} \\ 0,746891504 & < & 0,816 & < & 1,045648106 \end{array} \quad \textbf{Oke}$$

Sehingga menggunakan $T_{a \max} = 0,816$

4.3.4.8 Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Koefisien respons seismik, C_s , harus ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1.1. Nilai R yang dipakai yaitu R untuk sistem ganda dengan Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus dan Dinding Geser Beton Bertulang Khusus = 7. (SNI 1726:2012 Tabel 9)

$$C_s = \frac{SDs}{\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,606}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,0866$$

Cs tidak lebih dari :

$$C_s = \frac{SD 1}{T\left(\frac{R}{I}\right)} = \frac{0,606}{0,816\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,08754$$

Cs tidak kurang dari:

$$Cs = 0,044 SDS Ie = 0,026$$

$$\text{Sehingga diambil } Cs = 0,086$$

Untuk perhitungan gempa berat seismic efektif bangunan (W) didapatkan dari nilai terbesar dari perhitungan manual dan perhitungan dari ETABS sebagai berikut (Tabel 4.18):

Tabel 4. 18 Berat Struktur

Load Case Combo	FZ Kg
1D+1L	11978218,7

Gaya geser yang telah didapatkan dari perhitungan di atas akan didistribusikan secara vertikal ke masing-masing lantai sesuai dengan SNI 1726:2012.

$$\begin{aligned} V &= Cs \times W = 0,068 \times 11978218,7 \\ &= 1038112,291 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam (Vt) lebih kecil 85 persen dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekivalen, 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 ETABS didapatkan gaya geser dasar ragam (Vt) disajikan pada Tabel 4.19 sebagai berikut :

Tabel 4. 19 Gaya Geser Dasar Hasil ETABS

Load Case/Combo	FX	FY
	kN	kN
Gempa x Max	4457,9536	4799,3498
Gempa y Max	3372,2675	4405,5731

$$V \text{ statik eqivalen} = 1038112,291 \text{ Kg}$$

$$V \text{ respon} = 489389,6991 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Scale Factor} &= 0,85 \frac{V}{V_t} \\ &= 1,824 \Rightarrow 1,85 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan faktor skala untuk masing-masing arah pembebanan, selanjutnya dilakukan analisa ulang struktur dengan mengalikan skala faktor yang diperoleh di atas pada *scale factor* untuk *Define Respons Spectra*. Kemudian dilakukan running ulang pada program analisis. Hasil dari running ulang tersebut adalah sesuai Tabel 4.20.

Tabel 4. 20 Gaya Geser Dasar setelah Scale Factor

Load Case/Combo	FX	FY
	kN	kN
Gempa x Max	8247,2142	8878,7972
Gempa y Max	6238,695	8150,3102

$$0,85 V \text{ statik eqivalen} = 654002,39 \text{ Kg}$$

$$V \text{ respon} = 887879,72 \text{ Kg}$$

$$V \text{ respon} \quad 0,85 V \text{ statik eqivalen}$$

$$887879,72 \quad 882395,45 \quad \text{Memenuhi}$$

4.3.4.9 Kontrol Dual system

Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut. Berikut total reaksi perletakan SRPM dan shearwall (Tabel 4.21).

Tabel 4. 21 Distribusi beban Sistem Ganda

Pemikul Gaya Geser	Gempa X				Gempa Y			
	Fx		Fy		Fx		Fy	
	KN	%	KN	%	KN	%	KN	%
Shear Wall	8633,814	73%	7454,729	67%	6983,099	74%	8834,764	70%
SRPM	3167,723	27%	3611,669	33%	2405,524	26%	3707,432	30%
Total	11801,54	100%	11066,4	100%	9388,623	100%	12542,2	100%

Dari hasil perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa persentase total dari SRPM memiliki nilai lebih **besar** dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai struktur dual system.

4.3.4.10 Kontrol Partisipasi Massa

Sesuai dengan SNI 1726:2012, Perhitungan respons dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total sekurang kurangnya adalah 90%. Hasil running diketahui besar partisipasi massa yang disajikan pada Tabel 4.22.

Tabel 4. 22 Partisipasi Massa

Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
			sec	
Modal	1	0,816	0,4847	0,2106
Modal	2	0,547	0,7075	0,6961
Modal	3	0,378	0,7078	0,6962
Modal	4	0,171	0,8777	0,7342
Modal	5	0,123	0,9152	0,9058
Modal	6	0,085	0,9153	0,9059
Modal	7	0,077	0,9631	0,9144
Modal	8	0,057	0,9681	0,9628
Modal	9	0,049	0,986	0,9657
Modal	10	0,04	0,986	0,9657

Modal	11	0,037	0,9928	0,9718
Modal	12	0,036	0,9944	0,9859

Dari tabel diatas didapatkan bahwa dalam penjumlahan respon ragam menghasilkan respon total telah mencapai 90% untuk arah X dan arah Y. maka ketentuan menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 terpenuhi.

4.3.5 Kontrol Drift

Kinerja batas layan struktur gedung sangat ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencahan. Dimaksudkan untuk menjaga kenyamanan penghuni, mencegah kerusakan non-struktur, membatasi peretakan beton yang berlebihan. Simpangan Gedung Twin Tower yang didapatkan dengan program bantu ETABS disajikan pada Tabel 4.23 yaitu

Tabel 4. 23 Simpangan ijin antar lantai untuk beberapa macam sistem struktur

Struktur	Kategori resiko		
	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 $\bar{\varepsilon}_{sx}^c$	0,020 $\bar{\varepsilon}_{sx}$	0,015 $\bar{\varepsilon}_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 $\bar{\varepsilon}_{sx}$	0,010 $\bar{\varepsilon}_{sx}$	0,010 $\bar{\varepsilon}_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 $\bar{\varepsilon}_{sx}$	0,007 $\bar{\varepsilon}_{sx}$	0,007 $\bar{\varepsilon}_{sx}$
Semua struktur lainnya	0,020 $\bar{\varepsilon}_{sx}$	0,015 $\bar{\varepsilon}_{sx}$	0,010 $\bar{\varepsilon}_{sx}$

Untuk sistem struktur dual sistem, drift dibatasi sebesar :

$$\begin{aligned}
 &= 0.020.hsx \\
 &= 0.020 \times 5000 \\
 &= 100 \text{ mm} \quad (\text{Lantai dasar - 1}) \\
 &= 0.020.hsx \\
 &= 0.020 \times 4000 \\
 &= 80 \text{ mm} \quad (\text{Lantai 1 - 8}) \\
 &= 0.020.hsx \\
 &= 0.020 \times 5000 \\
 &= 100 \text{ mm} \quad (\text{Lantai 8 - atap})
 \end{aligned}$$

Dari hasil permodelan diketahui nilai simpangan gempa x arah x pada Tabel 4.24, dan gempa x arah y pada Tabel 4.25 serta grafik simpangan gempax pada Gambar 4.14. sedangkan simpangan gempa y arah x pada Tabel 4.26 dan gempa y arah y pada Tabel 4.27 serta grafik simpangan gempa y pada gambar 4.28.

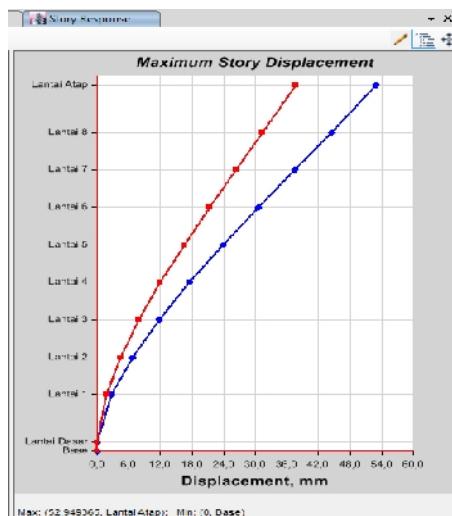
Gempa Arah X

Tabel 4. 24 Kontrol Simpangan Gempa X arah X

Tingkat	h (m)	Drift	Syarat	Keterangan
		n_x (mm)	a (mm)	
Atap	5	52,949	100	OKE
8	4	44,431	80	OKE
7	4	37,522	80	OKE
6	4	30,612	80	OKE
5	4	23,86	80	OKE
4	4	17,458	80	OKE
3	4	11,635	80	OKE
2	4	6,649	80	OKE
1	5	2,773	100	OKE
Dasar	1	0	20	OKE
Base	0	0		

Tabel 4. 25 Kontrol Simpangan Gempa X arah Y

Tingkat	h (m)	Drift	Syarat	Keterangan
		nx (mm)	a (mm)	
Atap	5	37,697	100	OKE
8	4	31,41	80	OKE
7	4	26,353	80	OKE
6	4	21,341	80	OKE
5	4	16,483	80	OKE
4	4	11,921	80	OKE
3	4	7,818	80	OKE
2	4	4,361	80	OKE
1	5	1,745	100	OKE
Dasar	0	0	20	OKE
Base	0	0		



Gambar 4. 14 Output ETABS Simpangan Gempa X

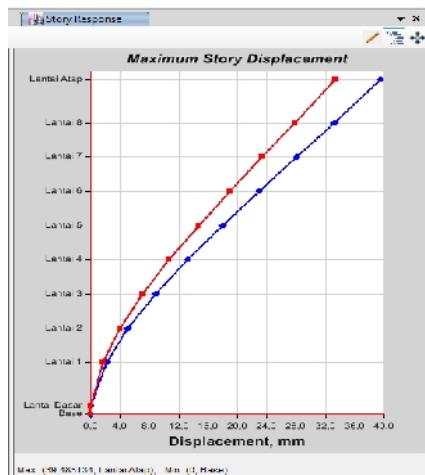
Gempa arah Y

Tabel 4. 26 Kontrol Simpangan Gempa Y arah X

Tingkat	h	Drift	Syarat	Keterangan
	(m)	nx (mm)	a (mm)	
Atap	5	39,485	100	OKE
8	4	33,198	80	OKE
7	4	28,082	80	OKE
6	4	22,953	80	OKE
5	4	17,927	80	OKE
4	4	13,15	80	OKE
3	4	8,795	80	OKE
2	4	5,053	80	OKE
1	5	2,129	100	OKE
Dasar	0	0	20	OKE
Base		0		

Tabel 4. 27 Kontrol Simpangan Gempa Y arah Y

Tingkat	h	Drift	Syarat	Keterangan
	(m)	nx (mm)	a (mm)	
Atap	5	33,298	100	OKE
8	4	27,803	80	OKE
7	4	23,372	80	OKE
6	4	18,968	80	OKE
5	4	14,693	80	OKE
4	4	10,669	80	OKE
3	4	7,041	80	OKE
2	4	3,968	80	OKE
1	5	1,62	100	OKE
Dasar	0	0	20	OKE
Base		0		



Gambar 4. 15 Ouput ETABS SImpangan Gempa Y

Sehingga berdasarkan simpangan yang terjadi searah sumbu X dan Sumbu Y memenuhi persyaratan.

4.4 Perencanaan Struktur Utama Pratekan

4.4.1 Umum

Beton pratekan merupakan komponen struktur yang menggabungkan kekuatan baja mutu tinggi dan beton mutu tinggi. Penggunaan pratekan ini juga didasari oleh effisiensi yang mampu diberikan balok pratekan dibandingkan beton bertulang biasa. Pratekan yang menggantikan balok beton bertulang biasa mampu menghemat berat tiap lantai sehingga dapat mengurangi beban gempa yang terjadi. Pada akhirnya juga dapat memperkecil struktur rangkanya.

Menurut SNI 2847:2013 pasal. 21.5.2.5, tendon pratekan diperbolehkan menerima 25% momen positif atau negatif. Perencanaan beton pratekan pada Gedung Twin Tower ini direncanakan dengan metode pasca tarik (*post tension*) dan penulangan sendi pada kepala kolom. Metode pasca tarik adalah metode pratekan dimana tendon baja ditarik setelah beton mengeras. Jadi tendon pratekan diangkurkan pada beton tersebut segera setelah gaya pratekan diberikan.

Perencanaan beton pratekan pada lantai atap pada balok atas, karena ruangan akan dijadikan *ballroom*, sehingga dibutuhkan ruangan yang bebas hambatan kolom di tengahnya. Jumlah balok pratekan yang didesain adalah 1 buah, dengan panjang bentang bersihnya adalah 15 meter. Sebelum dilakukan perhitungan perencanaan balok pratekan, maka akan ditentukan terlebih dahulu spesifikasi mutu bahan, tahap pembebanan, jenis tendon yang digunakan, tegangan ijin komponen struktur, kehilangan pratekan, serta kontrol struktur yang meliputi kontrol batas layan (servisibility), dan penggambaran output.

4.4.2 Data Perencanaan Beton Pratekan

Berikut ini adalah data data perencanaan beton pratekan :

- Panjang bentang total : 15 m
 - Dimensi balok pratekan : 50/75 cm
 - F_c : 40 MPa (beton pratekan)
 - F_c : 30 MPa (pelat lantai)
 - F_y : 400 Mpa
 - Selimut beton : 40 mm
 - d' : 64,5 cm (jarak serat terluar tarik hingga titik berat tendon)
 - t_f : 12 cm
- Untuk tebal pelat yang digunakan, perencanaan pada tiap lantai atap dengan balok pratekan ketebalan yang digunakan yaitu 12 cm.
- Jarak antar balok pratekan (s)
 - Sisi kanan : 6,4 m
 - Sisi kiri : 6 m

4.4.3 Analisa penampang dan dimensi

Dalam mencari lebar efektif (bw), maka didasarkan pada perumusan yang terdapat pada SNI 2847:2013 pasal 8.12.2, dimana lebar efektif sayap balok T tidak boleh melebihi seperempat bentang balok, dan lebar efektif sayap dari masing masing sisi badan balok tidak boleh melebihi:

- delapan kali tebal pelat
- setengah jarak bersih antara balok-balok yang bersebelahan

Perhitungan lebar efektif ialah sebagai:

$$b_{\text{eff}} = \frac{L}{4} = \frac{1500}{4} = 3,7$$

$$b_{\text{eff}} = bw + 2(8 \times t_f) = 0,5 + (8 \times 0,12) = 2,42 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} b_{\text{eff}} &= bw + 0,5(Lx1 + Lx2) = 0,5 + 0,5(5,9 + 7,5) \\ &= 7,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga nilai b yang terkecil adalah 2,095 m. Sesuai dengan persyaratan pertama dimana lebar efektif sayap balok T eff tidak boleh melebihi seperempat bentang balok atau 3,75 m. Penggunaan lebar efektif di dalam perhitungan beton pratekan hanya digunakan pada saat analisa tegangan yang terjadi pada beton pratekan sendiri, sementara untuk perhitungan beban yang ada lebar yang digunakan ialah sebesar 6,4 m dan 6 m, sesuai dengan jarak antar balok pratekan yang sesungguhnya.

Penampang balok pratekan menjadi penampang balok-T, karena ada pelat lantai. Mutu bahan antara pelat dan balok pratekan berbeda, sehingga perlu disamakan terlebih dahulu lebar efektifnya. Perhitungan dapat menggunakan sebagai berikut,

$$\begin{aligned} E_{\text{pelat}} &= 4700 \sqrt{f_c} = 4700 \sqrt{30} = 25742,96 \text{ Mpa} \\ E_{\text{balok}} &= 4700 \sqrt{f_c} = 4700 \sqrt{40} = 29725,41 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Dalam perhitungan tegangan, maka kita perlu menganalisa lebar efektif balok yang baru karena nilai mutu pelat dan beton pratekan berbeda. Perumusan yang digunakan untuk perhitungan lebar efektif ialah dengan membandingkan modulus elastisitas pelat dan balok, lalu dikalikan dengan lebar efektif yang ada, sebesar 2 meter.

$$\begin{aligned} n &= \frac{E_{\text{pelat}}}{E_{\text{balok}}} = \frac{25742,96}{29725,41} = 1,1547 \\ b_{\text{pakai}} &= \frac{b_{\text{eff}}}{n} = \frac{2420}{1,1547} = 2095,78 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan manual, diperoleh nilai-nilai untuk :

$$\begin{aligned} A_{\text{pelat}} &= tp \times be = 120 \times 2095,78 \\ &= 251493,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{balok}} &= bw \times (h - tp) = 500 \times (750 - 120) \\ &= 315000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{total}} &= A_{\text{plat}} + A_{\text{balok}} \\
 &= 251493,77 \text{ mm}^2 + 315000 \text{ mm}^2 \\
 &= 566493,77 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$Y_{\text{top}} = \frac{315000 \times 435 + 251494 \times 60}{566493,7} = 268,5195014 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 Y_{\text{bot}} &= h - Y_t \\
 &= 750 - 268,519 \\
 &= 481,48 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dt &= yt - tp/2 \\
 &= 268,519 - 60 \\
 &= 208,519 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 db &= yb - hb/2 \\
 &= 481,48 - 315 \\
 &= 166,48 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Mencari kern pada balok

$$\begin{aligned}
 I_c &= 1/12 b h^3 + A_{\text{balok}} db^2 + 1/12 be t^3 + A_{\text{plat}} dt^2 \\
 &= 30385926426 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_t &= I_c / Y_t \\
 &= 113160966,9 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_b &= I_c / Y_b \\
 &= 63109360,64 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_t &= W_b / A_{\text{tot}} \\
 &= 111,40 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K_b &= W_t / A_{\text{tot}} \\
 &= 199,76 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Keterangan:

K_t = kern atas I = momen inersia

K_b = kern bawah

4.4.4 Penentuan Tegangan Ijin Baja dan Beton

Untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton saat belum keras, diambil waktu curing 14 hari, sehingga nilai fci dihitung dengan cara sebagai berikut (acuan koefisien berdasarkan PBI) :

- $f_{ci} = 0,88 \times 40 = 35,2 \text{ Mpa}$

Tegangan baja tidak boleh melampaui nilai-nilai berikut:

a. Tegangan ijin akibat gaya pengangkuran tendon 0,94 f_{py}, tetapi tidak lebih besar dari nilai terkecil dari 0,8 fpu dan nilai maksimum yang direkomendasikan oleh pabrik pembuat tendon pratekan atau perangkat angkur. (SNI 2847:2013 pasal 18.5.1)

b. Tendon pasca tarik pada daerah angkur dan sambungan sesaat setelah penyaluran gaya pratekan 0,70 fpu (SNI 2847:2013 pasal 18.5.1)

Namun berdasarkan T.Y Lin dan Burns perumusan diatas juga berlaku untuk tendon pratarik segera setelah peralihan gaya pratekan. Tegangan ijin pada beton tidak boleh melebihi nilai-nilai berikut:

a. Segera setelah peralihan gaya pratekan(sebelum kehilangan), tegangan serat-serat terluar memiliki nilai sebagai berikut:

- Tegangan tekan : $0,60 \times f_{ci}$ (SNI 2847:2013 pasal 18.4.1)

$$\begin{aligned} tk &= 0,6 \times f_{ci} &= 0,6 \times 35,2 \\ &&= 21,12 \text{ Mpa} \end{aligned}$$
- Tegangan tarik terluar direncanakan untuk dapat terjadi retak, sehingga diklasifikasikan sebagai kelas T :

$$\begin{aligned} tr &= ft > 0,5 \sqrt{f_{ci}} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 18.4.1}) \\ tr &= 0,5 \times \sqrt{f_{ci}} &= 0,5 \times \sqrt{35,2} \\ &&= 2,96 \text{ Mpa} \end{aligned}$$
- Tegangan tekan terluar pada ujung-ujung komponen struktur di atas perletakan sederhana : $0,70 \times f_{ci}$ (SNI 2847:2013 pasal 18.4.1 b)

$$\begin{aligned} tk &= 0,7 \times f_{ci} &= 0,7 \times 35,2 \end{aligned}$$

$$= 24,64 \text{ Mpa}$$

- Tegangan tarik terluar pada ujung-ujung komponen struktur di atas perletakan sederhana : $(0,5) \times \sqrt{f_{ci}}$ (SNI 2847:2013 pasal 18.4.1 c)

$$\begin{aligned} tr &= 0,5 \times \sqrt{f_{ci}} &= 0,5 \times \sqrt{35,2} \\ &= 17,6 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- b. Pada beban kerja setelah terjadi kehilangan gaya pratekan.

- Tegangan tekan (beban tetap): $0,45 \times f_c$ (SNI 2847:2013 pasal 18.4.2)

$$\begin{aligned} tk &= 0,45 \times f'_c &= 0,45 \times 40 \\ &= 18 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Tegangan tekan (beban tetap + beban hidup): $0,6 \times f_c$ (SNI 2847:2013 pasal 18.4.2)

$$\begin{aligned} tk &= 0,6 \times f'_c &= 0,6 \times 40 \\ &= 24 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Tegangan tarik: $0,62 \times \sqrt{f_{ci}}$

$$\begin{aligned} tk &= 0,62 \times f'_c &= 0,62 \times \sqrt{35,2} \\ &= 3,921 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Tegangan tarik (SNI 2847:2013 pasal 18.3.3)

Kelas U = ft	$0,62 \sqrt{f'_c}$
= ft	$0,62 \sqrt{f'_c}$
= ft	3,92 MPa

Kelas T = $0,62 \sqrt{f'_c}$	ft	$\sqrt{f'_c}$
= $0,62 \sqrt{f'_c}$	ft	$\sqrt{f'_c}$
= 3,921	ft	$\sqrt{f'_c}$

Kelas C = ft	$\sqrt{f'_c}$
= ft	$\sqrt{f'_c}$
= ft	$\sqrt{f'_c}$

Pada perencanaan ini beton pratekan diijinkan tariknberdasarkan kelas T dengan tegangan ijin tarik sebesar $0,8 \sqrt{f'c} = 5,059$ MPa.

Dimana :

- fpu = kuat tarik tendon pratekan yang diisyaratkan, MPa
- fpy = kuat leleh tendon pratekan yang diisyaratkan, MPa
- fc = kuat tekan beton saat pemberian pratekan awal, MPa
- fci = kuat tekan beton yang diisyaratkan, MPa

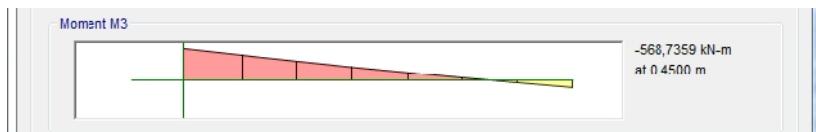
4.4.5 Perhitungan Pembebanan

Beban saat layan

Pada saat beban layan, gaya-gaya dalam langsung diambil dari program bantu ETABS dengan kombinasi beban 1D+1L dapat dilihat pada gambar 4.16 dan 4.17:



Gambar 4. 16 Momen Lapangan Balok Pratekan kombinasi 1D+1L



Gambar 4. 17 Momen Tumpuan Balok Pratekan kombinasi 1D+1L

$$M_{max\ lapangan} = 44924 \text{ kgm Output Etabs}$$

$$M_{max\ tumpuan} = 56873 \text{ kgm Output Etabs}$$

Beban saat transfer

Beban mati

$$\begin{aligned} \text{Balok} &= 0,63 \times 0,5 \times 2400 \text{ kg/m}^3 &= 756 \text{ kg/m} \\ \text{Total} &&= 756 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Kombinasi untuk gaya desain tendon U = D

$$Qu = q_d.$$

$$= 756,0 \text{ kg/m}$$

$$M_{\max \text{ lap}} = \frac{1}{24} \times Qu \times L^2 = \frac{1}{24} \times 756,0 \times 15^2$$

$$= 7087,5 \text{ kgm}$$

$$M_{\max \text{ tump}} = \frac{1}{12} \times Qu \times L^2 = \frac{1}{12} \times 756,0 \times 15^2$$

$$= 14175,0 \text{ kgm}$$

4.4.6 Penentuan Gaya Prategang

4.4.6.1 Analisa gaya Prategang Awal (F_o)

Tegangan pada beton yang diijinkan

- Pada saat transfer

Tengah bentang:

$$\text{Tarik ijin} = 2,966 \text{ MPa}$$

$$\text{Tekan ijin} = -21,12 \text{ MPa}$$

Tumpuan:

$$\text{Tarik ijin} = 17,6 \text{ MPa}$$

$$\text{Tekan ijin} = -24,64 \text{ Mpa}$$

- Pada saat beban layan

Tengah bentang:

$$\text{Tarik ijin} = 3,921 \text{ MPa}$$

$$\text{Tekan ijin} = -18 \text{ Mpa}$$

Tumpuan:

$$\text{Tarik ijin} = -3,921 \text{ MPa}$$

$$\text{Tekan ijin} = 18 \text{ MPa}$$

Digunakan decking (selimut beton) = 40 mm = 4 cm

Jarak d' pada tumpuan dan lapangan direncanakan

- Eksentrisitas pada tumpuan (e)

$$e = yt - d' = 268,519 - 268,519$$

$$= 0 \text{ mm (tepat pada cgc)}$$

- Eksentrisitas tengah bentang (e)

$$e = yb - d' = 481,48 - 150$$

$$= 331,4805 \text{ mm.}$$

Besar gaya prategang yang dibutuhkan diambil berdasarkan beberapa persamaan, yaitu persamaan pada serat atas dan bawah tengah bentang saat transfer dan saat beban layan.

1. Tegangan saat transfer

Kondisi saat transfer gaya prategang (Tengah Bentang).

Momen diambil dari hasil perhitungan manual balok T untuk kondisi transfer. Hasilnya dengan kombinasi 1D yaitu:

$$\text{Momen tumpuan} = 0 \text{ kgm}$$

$$\text{Momen lapangan} = 7087,5 \text{ kgm}$$

Tegangan pada serat atas:

$$\begin{aligned}\sigma_{tr} &= -\frac{F_o}{A_{total}} + \frac{F_o \times e}{W_{top}} - \frac{M_{lap}}{W_{top}} \\ 2,966 &= -\frac{F_o}{566493,77} + \frac{F_o \times 331,5}{113160966,9} - \frac{70875000}{113160966,9} \\ F_o &= 3086495,3 \text{ N}\end{aligned}$$

Tegangan pada serat bawah:

$$\begin{aligned}\sigma_{tk} &= -\frac{F_o}{A_{total}} - \frac{F_o \times e}{W_{bottom}} + \frac{M_{lap}}{W_{bottom}} \\ -21,12 &= -\frac{F_o}{566493,77} - \frac{F_o \times 331,5}{63109360,64} + \frac{70875000}{63109360,64} \\ F_o &= 3169554,2 \text{ N}\end{aligned}$$

Kondisi saat transfer gaya prategang (Tumpuan).

Tegangan pada serat atas:

$$\begin{aligned}\sigma_{tr} &= -\frac{F_o}{A_{total}} - \frac{F_o \times e}{W_{top}} + \frac{M_{tum}}{W_{top}} \\ 17,6 &= -\frac{F_o}{566493,77} - \frac{F_o \times 0}{113160966,9} + \frac{0}{113160966,9} \\ F_o &= -1981712391,3 \text{ N}\end{aligned}$$

Tegangan pada serat bawah:

$$\begin{aligned}\sigma_{tk} &= -\frac{F_o}{A_{total}} + \frac{F_o \times e}{W_{bottom}} - \frac{M_{tum}}{W_{bottom}} \\ -24,64 &= -\frac{F_o}{566493,77} + \frac{F_o \times 0}{63109360,64} - \frac{0}{63109360,64}\end{aligned}$$

$$F_o \quad 1569099483,8 \text{ N}$$

2. Tegangan saat Layan

Kondisi saat layan gaya prategang (Tengah Bentang).

Momen diambil dari hasil output permodelan struktur ETABS untuk kondisi layan. Hasilnya dengan kombinasi 1D + 1L:

$$\text{Momen tumpuan} = -56873,0 \text{ kgm}$$

$$\text{Momen lapangan} = 44924,0 \text{ kgm}$$

Tegangan pada serat atas:

$$\sigma_{tr} = -\frac{F_o}{A_{total}} + \frac{F_o \times e}{W_{top}} - \frac{M_{lap}}{W_{top}}$$

$$3,92 = -\frac{F_o}{566493,77} + \frac{F_o \times 331,5}{113160966,9} - \frac{449240000}{113160966,9}$$

$$F_o = -6779109,1 \text{ N}$$

Tegangan pada serat bawah:

$$\sigma_{tk} = -\frac{F_o}{A_{total}} - \frac{F_o \times e}{W_{bottom}} + \frac{M_{lap}}{W_{bottom}}$$

$$-18 = -\frac{F_o}{566493,77} - \frac{F_o \times 331,5}{63109360,64} + \frac{449240000}{63109360,64}$$

$$F_o = 3579286,4 \text{ N}$$

Kondisi saat layan gaya prategang (Tumpuan).

Tegangan pada serat atas:

$$\sigma_{tr} = -\frac{F_o}{A_{total}} - \frac{F_o \times e}{W_{top}} + \frac{M_{tum}}{W_{top}}$$

$$17,6 = -\frac{F_o}{566493,77} - \frac{F_o \times 0}{113160966,9} + \frac{568730000}{113160966,9}$$

$$F_o = -2592648378,6 \text{ N}$$

Tegangan pada serat bawah:

$$\sigma_{tk} = -\frac{F_o}{A_{total}} + \frac{F_o \times e}{W_{bottom}} - \frac{M_{tum}}{W_{bottom}}$$

$$-24,64 = -\frac{F_o}{566493,77} + \frac{F_o \times 0}{63109360,64} - \frac{568730000}{63109360,64}$$

$$F_o = -318405908,3 \text{ N}$$

Dari kondisi beban saat transfer dan beban layan diambil gaya yang paling minimum $F_o < 3086495,3 \text{ N}$, maka diambil

$$F_o = 1300000 \text{ N} = 1300 \text{ kN}$$

4.4.6.2 Pemilihan Strand dan Tendon Yang Digunakan

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 18.5, tegangan tarik baja prategang tidak boleh melebihi:

- Akibat gaya penarikan (jacking) baja prategang sebesar $0,94f_{py}$ tetapi tidak lebih besar dari $0,80f_{pu}$
- Tendon pasca tarik, pada perangkat angkur dan kopler (couplers), sesaat setelah transfer gaya sebesar $0,70f_{pu}$

Untuk strand tendon yang dipakai diambil spesifikasi sebagai berikut :

Tipe	= AS 4672
Diameter	= 15,2 mm
Luas kawat	= 143,3 mm ²
Min breaking load	= 250 kN

Tegangan izin baja prategang

$$f_{pu} = \frac{\text{min breaking load}}{A_s} = \frac{250000}{143,3} = 1744,59 \text{ Mpa}$$

Tegangan diambil paling minimum dari :

$$f_{py} = 0,9f_{pu} = 0,9 \times 1744,59 \text{ Mpa} = 1570,133 \text{ Mpa}$$

maka

- 1) $0,94 \times f_{py} = 0,94 \times 1570,133 \text{ Mpa} = 1475,925 \text{ Mpa}$
- 2) $0,8 \times f_{pu} = 0,8 \times 1744,59 \text{ Mpa} = 1395,673 \text{ Mpa}$
- 3) $0,7 \times f_{pu} = 0,7 \times 1744,59 \text{ Mpa} = 1221,214 \text{ Mpa}$

Tegangan tendon menentukan adalah 1221,214 Mpa

Luas tendon perlu

$$A_{ps} = \frac{F}{f_{st}} = \frac{1200000}{1221,214} = 1064,514 \text{ mm}^2$$

Jumlah strand

$$n = \frac{A_{ps}}{A_s} = \frac{1064,514}{143,3} = 8 \text{ buah}$$

4.4.6.3 Kehilangan gaya pratekan

Kehilangan pratekan terdapat 2 macam, yaitu kehilangan langsung dan kehilangan tak langsung. Kehilangan langsung adalah kehilangan gaya awal pratekan sesaat setelah pemberian gaya pratekan pada komponen balok pratekan. Sedangkan kehilangan tak langsung adalah kehilangan gaya awal pratekan yang terjadi secara bertahap dalam waktu yang relative lama. Berikut ini adalah macam-macam kehilangan langsung dan kehilangan tak langsung pada balok pratekan.

Kehilangan Langsung:

- Perpendekan Elastis Beton
- Gesekan
- Pengangkuran
- Kekangan Kolom

Kehilangan Tak Langsung:

- Rangkak Beton
- Susut Beton
- Relaksasi Baja

Berikut ini adalah perhitungan kehilangan pratekan langsung dan tak langsung:

1. Kehilangan Akibat Perpendekan Elastis Beton

Beton mengalami perpendekan akibat gaya tekan dan kabel juga ikut memendek sehingga menyebabkan berkurangnya gaya pratekan awal. Pada metode post tensioned, apabila hanya menggunakan 1 kabel saja, maka tidak terdapat kehilangan pratekan akibat perpendekan elastis beton.

Jumlah tendon = 1 buah

$ES = 0$

Dimana:

$ES = \text{kehilangan akibat perpendekan elastis beton}$

2. Kehilangan Akibat Gesekan

Tendon yang dipasang parabola atau lengkung, akan menimbulkan gesekan antara sistem penarik dan angkur. Sehingga tegangan yang ada pada tendon atau kabel prategang akan lebih kecil daripada bacaan pada alat baca tegangan. Kehilangan pratekan akibat gesekan dipengaruhi oleh:

- Efek gerakan/goyangan dari selongsong (wobble) kabel pratekan, untuk itu dipergunakan koefisien wobble K
- Kelengkungan tendon/kabel pratekan, untuk itu digunakan koefisien gesekan μ

$$F_{pF} = F_i x e^{-\mu\alpha+KL}$$

$$\Delta f_{pF} = F_i - F_{pF}$$

Dimana:

$$\Delta f_{pF} = \text{besarnya gaya kehilangan pratekan akibat gesekan}$$

$$F_{pF} = \text{gaya pratekan setelah terjadi kehilangan akibat gesekan}$$

$$L = \text{panjang balok pratekan} = 15 \text{ m}$$

$$\alpha = \text{sudut kelengkungan tendon} = 8e/L \\ = 8 x 331,5 \text{ mm}/15 \text{ m} = 0,176$$

$$\mu = \text{koefisien kelengkungan} = 0,15 \text{ (strand untaian 7 kawat)}$$

$$K = \text{koefisien wobble} = 0,0016/\text{m (strand untaian 7 kawat)}$$

$$F_1 = \frac{F_i}{Aps} \\ = \frac{1300000}{1064,514} \\ = 1221,21 \text{ Mpa}$$

$$\Delta f_{pF} = F_1 x (1 - e^{-\mu\alpha+KL}) \\ = 1221,21 x (1 - e^{-0,15 x 0,176 + 0,0016 x 15}) \\ = 60,1614 \text{ Mpa}$$

Jadi, kehilangan pratekan akibat gesekan sebesar $60,1614 \text{ Mpa}$

3. Kehilangan Akibat Pengangkuran

Pada saat tendon dilepas dari mesin penarik (dongkrak), pada metode paasca tarik setelah pemberian gaya pratekan dan alat jacking dilepas maka angkur yang mengalami tegangan pada saat peralihan cenderung mengalami deformasi sehingga dapat menyebabkan tendon tergelincir. Rumus kehilangan pratekan akibat slip angkur dapat dihitung dengan perumusan berikut.

Besarnya kehilangan akbat slip angkur dihitung dengan cara berikut :

$$\text{Eps} = 200000 \text{ Mpa}$$

$$G = 0,8 \text{ mm}$$

$$f_{pi} = 1221,214236 \text{ Mpa}$$

$$X = \frac{\frac{E_{ps} \times g}{f_1 \frac{\mu \times}{L} + K}}{L} < \frac{L}{2}$$

$$= \frac{200000 \times 0,8}{1221,21 \frac{0,15 \times 0,146}{15000} + 0,0000016} < \frac{15000}{2}$$

$$= 6237,129 \text{ mm} < 7500 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

$$f_{pA} = 2 \times \frac{\mu \times}{L} + K \times X$$

$$= 2 \times \frac{0,15 \times 0,1709}{15000} + 0,0000016 \times 6237,129$$

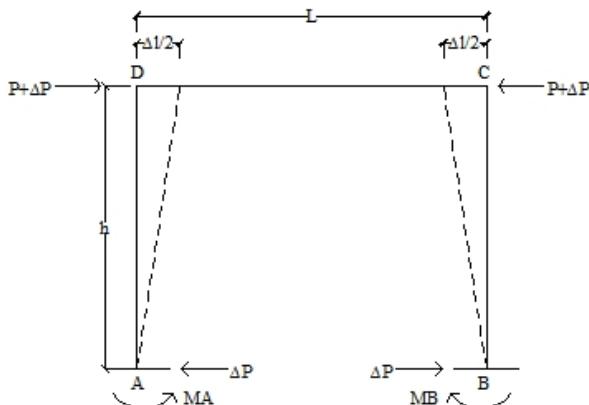
$$= 51,3056568 \text{ Mpa}$$

Presentase kehilangan akibat slip angkur

$$\% = \frac{f_{pA}}{\text{izin}} = \frac{51,305}{1221,214} \times 100\% = 4,20\%$$

4. Kehilangan Akibat Kekangan Kolom

Beton yang dicor monolit dengan kolom harus diperhitungkan kehilangan pratekan akibat kekangan kolom. Hal ini dikarenakan gaya perlawanan yang diberikan kolom menahan reaksi perpendekan beton akibat gaya jacking yang terjadi. Gaya perlawanan kolom menyebabkan berkurangnya gaya pratekan karena sebagian gaya pratekan digunakan untuk mengatasi perlawanan gaya kolom (Gambar 4.18).



Gambar 4. 18 Kehilangan akibat kekangan kolom

$$\Delta f_{pA} = MB - MA / \square$$

Dimana:

Δf_{pA} = kehilangan pratekan akibat kekangan kolom

MA = momen di kolom A akibat gaya pratekan

MB = momen di kolom B akibat gaya pratekan

\square = tinggi kolom = 5 m

$$\begin{aligned}\Delta f_{pA} &= MB - MA / \square \\ &= 78,22 \text{ KNm} - (- 110,74 \text{ KNm}) / 5 \text{ m} \\ &= 37,792 \text{ KN} \\ &= 37792 \text{ N} / 982,6285714 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$= 38,460107 \text{ Mpa}$$

Jadi, kehilangan pratekan akibatkekangan kolom adalah sebesar 38,460 Mpa

$$\% = \frac{f_{pA}}{\text{izin}} = \frac{38,460107}{1221,214} \times 100\% = 3,149 \%$$

Total kehilangan langsung adalah:

$$\begin{aligned}\text{Kehilangan langsung} &= ES + \Delta f_{pF} + F_{pA} + \Delta f_{pA} \\ &= 0+60,1614+51,30+38,460107 \\ &= 149,927 N\end{aligned}$$

5. Kehilangan Akibat Rangkak Beton

Kehilangan Gaya Prategang yang diakibatkan oleh Creep (Rangkak) dari beton ini merupakan salah satu kehilangan gaya prategang yang tergantung pada waktu (time dependent loss of stress) yang diakibatkan oleh proses penuaan dari beton selama pemakaian. Rangkak dianggap terjadi dengan beban mati permanen yang ditambahkan pada komponen struktur setelah beton diberi gaya pratekan. Bagian dari regangan tekan awal disebabkan pada beton segera setelah peralihan gaya pratekan dikurangi oleh regangan tarik yang dihasilkan oleh beban mati permanen.

$$\begin{aligned}F_{pCR} &= CR \times A_{ps} \\ CR &= K_{cr} \times E_s/E_c \times f_{cir} - f_{cds}\end{aligned}$$

Dimana:

F_{pCR} = besarnya gaya kehilangan pratekan akibat rangkak beton

CR = kehilangan pratekan akibat rangkak beton

A_{ps} = luas penampang tendon = 982,628 mm²

K_{cr} = 1,6 (*post-tensioned*)

E_s = modulus elastisitas baja = 200000MPa

E_c = modulus elastisitas beton = 4700 $\overline{f'_c}$

$$= 4700\sqrt{40}$$

$$= 29725,41 \text{ MPa}$$

F_{cpi} = gaya pratekan yang sudah dikurangi kehilangan pratekan langsung

f_{cir} = besarnya tegangan di garis berat tendon akibat berat sendiri sesaat setelah transfer

f_{cds} = besarnya tegangan di garis berat tendon akibat beban tambahan pelat

M_D = momen akibat beban sendiri = $182599119,1 \text{ Nmm}$
(dari perhitungan mekanika balok pratekan sesaat setelah transfer)

M_S = momen akibat beban mati tambahan =
 25866100 Nmm (dari SAP akibat beban mati tambahan)

$$\begin{aligned} f_{cir} &= -\frac{F_{cpi}}{A_{total}} - \frac{F_{cpi} x e^2}{I} + \frac{M_D x e}{I} \\ &= -\frac{1109,74}{566493,7} - \frac{1109,74 x 331,480^2}{30385926426} + \frac{70875000,0 x 331,48}{30385926426} \\ &= 0,7672 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{cds} &= \frac{M_S x e}{I} \\ &= \frac{8204062,5 x 331,4805}{30385926426} \\ &= 0,089 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CR &= K_{cr} x E_s/E_c x f_{cir} - f_{cds} \\ &= 1,6 x 200000/29725,41 x 0,76 - 0,089 \\ &= 7,2956 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{pCR} &= CR x A_{ps} \\ &= 7,295 \text{ MPa} x 982,628 \text{ mm}^2 \\ &= 7168,9 \text{ N} \end{aligned}$$

Jadi, kehilangan pratekan akibat rangkak beton adalah sebesar $7168,9 \text{ N}$

6. Kehilangan Akibat Susut Beton

Besarnya susut beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, meliputi proporsi campuran, tipe agregat, tipe semen, tipe perawatan, waktu antara akhir perawatan eksternal dan pemberian pratekan, ukuran komponen struktur dan kondisi lingkungan.

$$F_{pCH} = SH \times A_{ps}$$

$$SH = 8,2 \times 10^{-6} \times K_{sh} \times E_s \times 1 - 0,0236 \times V/S \times 100 - RH$$

Dimana:

F_{pCH} = besarnya gaya kehilangan pratekan akibat susut beton

SH = kehilangan pratekan akibat susut beton

A_{ps} = luas penampang tendon = 982,628 mm²

K_{sh} = koefisien jangka waktu setelah perawatan sampai penerapan pratekan (diambil masa 7 hari) = 0,77

E_s = modulus elastisitas baja = 200000MPa

V/S = perbandingan volume terhadap luas permukaan balok
 $= \frac{400 \times 600 \times 13550}{2 \times 400 \times 600 + 2 \times 400 \times 13550 + 2 \times 600 \times 13550}$

$$= 117,91 \text{ mm}$$

RH = prosentase kelembapan untuk daerah bekasi = 80%

$$SH = 8,2 \times 10^{-6} \times K_{sh} \times E_s \times 1 - 0,0236 \times V/S \times 100 - RH$$

$$= 8,2 \times 10^{-6} \times 0,77 \times 200000 \times (1-0,0236 \times 117,91) \times (100-80)$$

$$= 45,02 \text{ MPa}$$

$$F_{pCH} = SH \times A_{ps}$$

$$= 45,02 \text{ MPa} \times 1283 \text{ mm}^2$$

$$= 55329,25 \text{ N}$$

Jadi, kehilangan pratekan akibat susut beton adalah sebesar $55329,25N$

7. Kehilangan Akibat Relaksasi Baja

Relaksasi baja prategang terjadi pada baja prategang dengan perpanjangan tetap selama suatu periode yang mengalami pengurangan gaya prategang. Pengurangan gaya prategang ini akan tergantung pada lamanya waktu berjalan dan rasio antara prategang awal (f_{pi}) dan prategang akhir (f_{pu}).

$$\begin{aligned} F_{pRE} &= RE \times A_{ps} \\ RE &= K_{re} - J \times SH + CR + ES \times C \end{aligned}$$

Dimana:

F_{pRE} = besarnya gaya kehilangan pratekan akibat relaksasi baja

RE = kehilangan pratekan akibat relaksasi baja

A_{ps} = luas penampang tendon = 1283mm^2

K_{re} = koefisien relaksasi = 138 (tabel 4-5 T.Y Lin & Burns)

J = faktor waktu = 0,15 (tabel 4-5 T.Y Lin & Burns)

SH = kehilangan pratekan akibat susut beton

CR = kehilangan pratekan akibat rangkak beton

ES = kehilangan pratekan akibat perpendekan elastic beton

f_{pi} = tegangan tendon terpasang = $1221,214\text{MPa}$

f_{pu} = kuat tarik tendon = 1860MPa

$\frac{f_{pi}}{f_{pu}}$ = $1221,214\text{ MPa}/1860\text{MPa}$

f_{pu} = 0,65

C = faktor relaksasi yang besarnya tergantung pada jenis kawat/baja prategang = 0,73

RE = $K_{re} - J \times SH + CR + ES \times C$

= $138 - 0,15 \times 35,25 + 7,295 + 0 \times 0,73$

= $96,081\text{ MPa}$

$$F_{pRE} = RE \times A_{ps}$$

$$\begin{aligned}
 &= 98,51 MPa \times 982,628 mm^2 \\
 &= 94412,145 N
 \end{aligned}$$

Jadi, kehilangan pratekan akibat relaksasi baja adalah sebesar $94412,14552 N$

Total kehilangan pratekan langsung dan tak langsung disajikan pada Tabel 4.29 sebagai berikut:

Tabel 4. 28 Kehilangan Gaya Pratekan

Level tegangan tiap tahap	Tegangan baja	Persen
	Mpa	%
Tegangan efektif		
Sesudah penarikan 0,7 fpu	1221,214236	100%
Kehilangan langsung		
1 kehilangan perpedekan elastis	0	0
2 Kehilangan angker slip	51,31	4,2%
3 Kehilangan wobble effect	60,16	4,9%
4 Kehilangan Kekangan kolom	38,46	2,907%
Total Kehilangan Langsung	149,93	12,035%
Kehilangan tak langsung		
1 Kehilangan rangkak	7,30	0,6%
2 Kehilangan susut	35,25	2,9%
3 Kehilangan relaksasi baja	96,08	7,9%
Total Kehilangan Tak Langsung	138,63	11,4%
Total kehilangan	288,55	23,4%
Tegangan efektif	932,66	76,6%

4.4.6.4 Kontrol Gaya Pratekan Setelah Kehilangan

Setelah mendapatkan gaya pratekan efektif setelah kehilangan, tegangan beton harus dikontrol terhadap tegangan tarik ijin dan tegangan tegangan tekan ijin. Terutama pada tegangan tarik, tidak boleh melebihi tegangan tarik ijin kaena akan

mengakibatkan retak pada balok apabila tegangan tarik melebihi tegangan tarik ijin.

$$\text{Fe} = 935,62 \text{ Mpa}$$

$$\text{Jumlah Strands} = 8$$

$$\text{Luasan kawat} = 143,3$$

$$\text{F efektif} = 1072592,841 \text{ N}$$

Tegangan saat Layan (Lapangan)

Tegangan pada serat atas:

$$\begin{aligned}\sigma_{tr} &= -\frac{F_o}{A_{total}} + \frac{F_o \times e}{W_{top}} - \frac{M_{lap}}{W_{top}} \\ 3,92 &= -\frac{935551,1}{566493,77} + \frac{935551,1 \times 331,5}{113160966,9} - \frac{449240000}{113160966,9} \\ 3,92 &= -2,9 \text{ Mpa} \quad (\text{OKE})\end{aligned}$$

Tegangan pada serat bawah:

$$\begin{aligned}\sigma_{tk} &= -\frac{F_o}{A_{total}} - \frac{F_o \times e}{W_{bottom}} + \frac{M_{lap}}{W_{bottom}} \\ -18 &= -\frac{-935551,1}{566493,77} - \frac{-935551,1 \times 331,5}{63109360,64} + \frac{449240000}{63109360,64} \\ -18 &= 0,552 \text{ Mpa} \quad (\text{OKE})\end{aligned}$$

Kondisi saat layan gaya prategang (Tumpuan).

Tegangan pada serat atas:

$$\begin{aligned}\sigma_{tr} &= -\frac{F_o}{A_{total}} - \frac{F_o \times e}{W_{top}} + \frac{M_{tum}}{W_{top}} \\ 17,6 &= -\frac{935551,1}{566493,77} - \frac{-935551,1 \times 0}{113160966,9} + \frac{568730000}{113160966,9} \\ 17,6 &= -6,7 \text{ N} \quad (\text{OKE})\end{aligned}$$

Tegangan pada serat bawah:

$$\sigma_{tk} = -\frac{F_o}{A_{total}} + \frac{F_o \times e}{W_{bottom}} - \frac{M_{tum}}{W_{bottom}}$$

$$\begin{aligned}
 -24,64 & - \frac{-935551,1}{566493,77} + \frac{935551,1 \times 0}{63109360,64} - \frac{568730000}{63109360,64} \\
 -24,64 & 7,4 \text{ Mpa} \quad (\text{OKE})
 \end{aligned}$$

Jadi, kontrol tegangan saat beban layan sudah terpenuhi. Sehingga gaya pratekan dan eksentrisitas tendon yang digunakan sudah benar.

4.4.6.5 Kontrol Lendutan

Lendutan ijin pada beton pratekan harus memenuhi syarat seperti pada SNI 2847-2013 pasal 9.5.4 yaitu lendutan untuk konstruksi yang menahan atau yang disatukan oleh komponen non struktural sebesar:

$$\begin{aligned}
 \Delta_{ijin} &= L/480 \\
 &= 15000 \text{ mm}/480 \\
 &= 31,3 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Kontrol lendutan pada balok pratekan dihitung berdasarkan 2 kondisi, yaitu sesaat setelah penyaluran pratekan dan saat beban layan.

1. Sesaat Setelah Penyaluran Pratekan (Sebelum Komposit)

Lendutan Akibat Tekanan Tendon:

Tekanan tendon menyebabkan balok tertekuk ke atas sehingga lendutan yang terjadi berupa lendutan ke atas.

$$\begin{aligned}
 P_o &= 8 \times F_o \times e / L^2 \\
 &= 8 \times 1200000 \text{ N} \times 331 \text{ mm} / 15000 \text{ mm}^2 \\
 &= 14,143 \text{ N/mm} \\
 \Delta l_{po} &= \frac{5}{384} \times \frac{P_o \times L^4}{E_c \times I} \\
 &= \frac{5}{384} \times \frac{14,143 \times 15000^4}{29725,41 \times 17578125000} \\
 &= -17,842 \text{ mm (ke atas)}
 \end{aligned}$$

Lendutan Akibat Eksentrisitas di Tumpuan:

Letak tendon di atas pusat garis netral menyebabkan balok tertekuk ke bawah sehingga lendutan yang terjadi berupa lendutan ke bawah.

$$\begin{aligned}\Delta l_{me} &= \frac{1}{8} \chi \frac{F_o x e x L^2}{E_c x I} \\ &= \frac{1}{8} \chi \frac{1200000 x 0 x 15000^4}{29725,41 x 17578125000} \\ &= 0 \text{ mm (ke bawa)}\end{aligned}$$

Lendutan Akibat Berat Sendiri Balok:

Berat sendiri balok menyebabkan balok tertekuk ke bawah sehingga lendutan yang terjadi berupa lendutan ke bawah.

$$\begin{aligned}\Delta l_{qo} &= \frac{5}{384} \chi \frac{q x L^4}{E_c x I} \\ &= \frac{5}{384} \chi \frac{7,56 x 15000^4}{29725,41 x 17578125000} \\ &= 9,537 \text{ mm (ke bawa)}\end{aligned}$$

Lendutan total sesaat setelah transfer adalah:

$$\begin{aligned}\Delta l_{tr} &= \Delta l_{po} + \Delta l_{me} + \Delta l_{qo} \\ &= -17,842 \text{ mm} + 0 \text{ mm} + 9,537 \text{ mm} \\ &= -8,304 \text{ mm (ke atas)}\end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{array}{lll}\Delta_{tr} & \Delta_{ijin} \\ -8,304 \text{ mm} & 31,3 \text{ mm} & (\text{Memenuhi})\end{array}$$

2. Saat Beban Layan

Lendutan Akibat Tekanan Tendon:

Tekanan tendon menyebabkan balok tertekuk ke atas sehingga lendutan yang terjadi berupa lendutan ke atas.

$$\begin{aligned}
 P_o &= 8 \times F_e \times e / L^2 \\
 &= 8 \times 935551,095 N \times 331 mm / 15000 mm^2 \\
 &= 11,026 N/mm
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta l_{po} &= \frac{5}{384} \chi \frac{P_o \times L^4}{E_c \times I} \\
 &= \frac{5}{384} \chi \frac{11,026 \times 15000^4}{29725,41 \times 17578125000} \\
 &= -13,91 mm \text{ (ke atas)}
 \end{aligned}$$

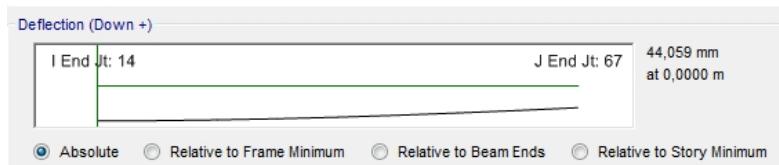
Lendutan Akibat Eksentrisitas di Tumpuan:

Letak tendon di atas pusat garis netral menyebabkan balok tertekuk ke bawah sehingga lendutan yang terjadi berupa lendutan ke bawah.

$$\begin{aligned}
 \Delta l_{me} &= \frac{1}{8} \chi \frac{F_e \times e \times L^2}{E_c \times I} \\
 &= \frac{1}{8} \chi \frac{935551,095 \times 0 \times 15000^4}{29725,41 \times 17578125000} \\
 &= 0 mm \text{ (ke bawah)}
 \end{aligned}$$

Lendutan Akibat Beban Mati dan Beban Hidup:

Saat beban layan, semua beban sudah bekerja sehingga menyebabkan balok tertekuk ke bawah sehingga lendutan yang terjadi berupa lendutan ke bawah. Lendutan pada saat beban layan akibat beban mati dan beban hidup langsung diambil dari hasil permodelan ETABS dengan kombinasi 1D + 1L (Gambar 4.19)



Gambar 4. 19 Lendutan Balok Pratekan Saat Beban Layan
Kombinasi 1D+1L

$$\Delta l_{qo} = 44,059 \text{ mm (ke bawah)}$$

Lendutan total saat beban layan adalah:

$$\begin{aligned}\Delta l_{tr} &= \Delta l_{po} + \Delta l_{me} + \Delta l_{qo} \\ &= -15,947 \text{ mm} + 0 \text{ mm} + 44,059 \text{ mm} \\ &= 30,148 \text{ mm (ke bawah)}\end{aligned}$$

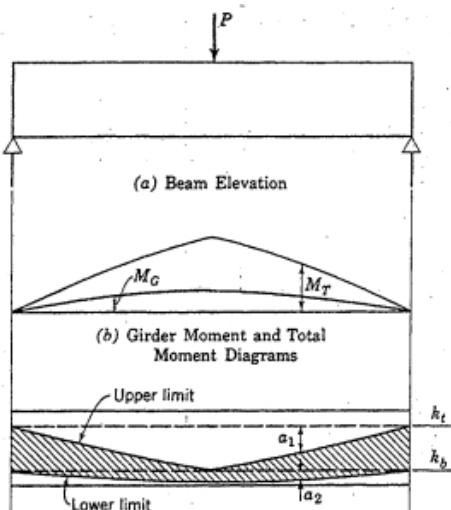
Kontrol:

Δ_{tr}	Δ_{ijin}	
28,111 mm	31,3 mm	(Memenuhi)

Dari kedua kondisi di atas, yaitu sesaat setelah penyaluran pratekan dan saat beban layan, dapat disimpulkan bahwa lendutan pada kedua kondisi di atas sudah memenuhi.

4.4.6.6 Daerah Limit Kabel

Daerah limit kabel adalah daerah dimana kabel tendon pratekan boleh dipasang tanpa menimbulkan tegangan-tegangan yang menyalahi tegangan yang ijin. Letak titik berat tendon tidak boleh berada di atas kern atas dan tidak boleh berada di kern bawah. a1 diukur dari kern atas ke bawah dan a2 diukur dari kern bawah ke bawah (Gambar 4.20).



Gambar 4.20 Daerah Limit Kabel

Batas paling atas letak kabel pratekan agar tidak terjadi tegangan tarik serat paling bawah beton:

$$k_t = 111 \text{ mm}$$

Batas paling bawah letak kabel pratekan agar tidak terjadi tegangan tarik serat paling atas beton:

$$k_b = 200 \text{ mm}$$

Mencari nilai daerah limit kabel:

Dimana:

M_T = momen total akibat beban mati dan beban hidup hasil ETABS

M_G = momen akibat berat sendiri balok pratekan

F_e = gaya pratekan setelah terjadi kehilangan pratekan

F_o = gaya awal pratekan

$$\begin{aligned} a_1 &= M_T/F_e \\ &= 449240000 \text{ Nmm}/1072592,841 \text{ N} \\ &= 418,835 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$a_2 = M_G/F_o$$

$$\begin{aligned}
 &= 70875000 \text{ Nmm} / 1300000 \text{ N} \\
 &= 54,519 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Selisih syarat} &= a_2 - (Y_b - k_b - d') \\
 &= 54,519 - (481,48 - 200 - 64,5) \\
 &= -163 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga

e lapangan

$$\begin{aligned}
 a_1 - k_t &< e_{\text{lapangan}} && < k_b + a_2 - \text{selisih syarat} \\
 418,835 - 111 &< 331,5 && < 200 + 54,519 - (-162,704) \\
 307 \text{ mm} &< 331,5 \text{ mm} && < 417 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

e tumpuan

$$\begin{aligned}
 e_{\text{tumpuan}} &< k_t \\
 0 \text{ mm} &< 111,40 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

5. Posisi Tendon

Bentuk lintasan tendon yang dipakai adalah berbentuk parabola. Untuk mengetahui posisi tendon digunakan persamaan garis lengkung.

$$Y_i = \frac{4x f x X_i x L - X_i}{L^2}$$

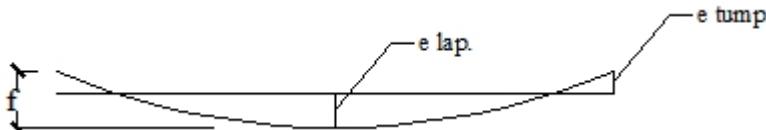
Dimana:

- Y_i = ordinat tendon yang ditinjau
- X_i = absis tendon yang ditinjau
- L = panjang bentang = 15000 mm
- f = tinggi puncak parabola maksimum = 331,48 mm
- Y_t = titik berat dari serat atas beton = 268,519 mm
- Y_b = titik berat dari serat bawah beton = 481,48 mm
- e_{tump} = eksentrisitas di tumpuan = 0 mm
- e_{lap} = eksentrisitas di lapangan = 331,48 mm

Jarak dari tendon paling atas (tumpuan) ke serat paling bawah beton:

$$\begin{aligned}
 Y_b + e_{tump} &= 331,48 \text{ mm} + 0 \text{ mm} \\
 &= 331,48 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Untuk gambar posisi tendon pada penampang balok baik pada tumpuan dan lapangan dapat dilihat pada gambar 4.21.



Gambar 4.21 Posisi Tendon

Sehingga dari hasil perhitungan posisi tendon dapat dilihat pada tabel 4.30 berikut:

Tabel 4. 29 Letak Posisi Tendon

jarak tinjau X_i (mm)	Y_i (mm)	letak tendon dari serat bawah (mm)	letak tendon dari garis netral (c)(mm)	Y pakai	Dp
0	0,000	481,480	0,000	268,520	268,520
500	42,724	438,756	-42,724	268,520	311,244
1000	82,502	398,979	-82,502	268,520	351,021
1500	119,333	362,148	-119,333	268,520	387,852
2000	153,218	328,263	-153,218	268,520	421,737
2500	184,156	297,325	-184,156	268,520	452,675
3000	212,148	269,333	-212,148	268,520	480,667
3500	237,193	244,288	-237,193	268,520	505,712
4000	259,291	222,189	-259,291	268,520	527,811
4500	278,444	203,037	-278,444	268,520	546,963
5000	294,649	186,831	-294,649	268,520	563,169
5500	307,909	173,572	-307,909	268,520	576,428
6000	318,221	163,259	-318,221	268,520	586,741
6500	325,588	155,893	-325,588	268,520	594,107

7000	330,007	151,473	-330,007	268,520	598,527
7500	331,480	150,000	-331,480	268,520	600,000
8000	330,007	151,473	-330,007	268,520	598,527
8500	325,588	155,893	-325,588	268,520	594,107
9000	318,221	163,259	-318,221	268,520	586,741
9500	307,909	173,572	-307,909	268,520	576,428
10000	294,649	186,831	-294,649	268,520	563,169
10500	278,444	203,037	-278,444	268,520	546,963
11000	259,291	222,189	-259,291	268,520	527,811
11500	237,193	244,288	-237,193	268,520	505,712
12000	212,148	269,333	-212,148	268,520	480,667
12500	184,156	297,325	-184,156	268,520	452,675
13000	153,218	328,263	-153,218	268,520	421,737
13500	119,333	362,148	-119,333	268,520	387,852
14000	82,502	398,979	-82,502	268,520	351,021
14500	42,724	438,756	-42,724	268,520	311,244
15000	0,000	481,480	0,000	268,520	268,520

4.4.6.8 Perencanaan Kebutuhan Tulangan Lunak

Perhitungan tulangan lunak balok pratekan. Pada penentuan gaya dalam yang akan dianalisa menggunakan gaya dalam terbesar dari berbagai kombinasi (envelope). Berikut data data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output ETABS , ketentuan perhitungan penulangan balok dengan SRPMK, perhitungan

1. Data data perencanaan tulangan balok :

Bentang balok (L balok)	: 15000 mm
Dimensi balok (b balok)	: 500 mm
Dimensi balok (h balok)	: 750 mm
Kuat tekan beton (fc')	: 40 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (fy)	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (fyv)	: 240 MPa
Kuat leleh tulangan puntir (fyt)	: 400 MPa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	: 29 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	: 13 mm
Diameter tulangan puntir (\emptyset puntir)	: 19 mm

Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar) : 25 mm
 Jarak spasi tulangan antar lapis

(S antar lapis) : 25 mm

Tebal selimut beton (t decking) : 40 mm

Faktor 1 : 0,85

[SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1)]

Faktor reduksi kekuatan lentur () : 0,9

[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1)]

Faktor reduksi kekuatan geser () : 0,75

[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]

Faktor reduksi kekuatan puntir () : 0,75

[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]

Maka, tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} \text{Ø sengkang} - \frac{1}{2} \text{Ø tul lentur} \\ &= 750 - 40 - 13 - (1/2 \cdot 29) \\ &= 682,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \frac{1}{2} \text{Ø sengkang} + \frac{1}{2} \text{Ø tul lentur} \\ &= 40 - 13 - (1/12 \cdot 29) \\ &= 67,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Hasil Output diagram gaya dalam dari analisa ETABS:

Setelah dilakukan analisa permodelan struktur gedung syariah dengan menggunakan program bantu ETABS maka didapatkan hasil gaya gaya dalam dari gedung syariah yang selanjutnya akan digunakan pada perhitungan penulangan balok.

Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa ETABS yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Untuk gaya dalam yang digunakan dalam perhitungan penulangan balok yaitu sebagai berikut:

Hasil Ouput gaya dalam Gaya Torsi

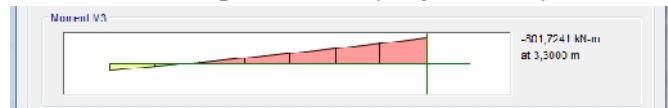
Untuk kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu :



Hasil Output gaya dalam Momen Lentur

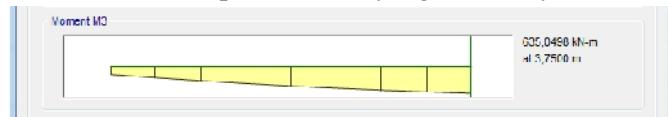
a. Momen Tumpuan

Untuk kombinasi pembebahan yang terbesar yaitu :



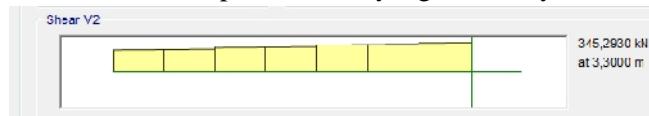
b. Momen Lapangan

Untuk kombinasi pembebahan yang terbesar yaitu :



Hasil Output gaya dalam Gaya Geser

Untuk kombinasi pembebahan yang terbesar yaitu :



$$\text{Mu tumpuan} = 801720000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mu lapangan} = 635040000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 345290 \text{ N}$$

$$T = 40140000 \text{ Nmm}$$

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir.

Ukuran penampang balok yang dipakai = 50/75



Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} Acp &= b \text{ balok} \times h \text{ balok} \\ &= 500 \text{ mm} \times 750 \text{ mm} \\ &= 375000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton Acp

$$\begin{aligned} Pcp &= 2 \times (b \text{ balok} + h \text{ balok}) \\ &= 2 \times (500 \text{ mm} + 750 \text{ mm}) \\ &= 2500 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} Aoh &= (b \text{ balok} - 2.t \text{ decking} - \emptyset \text{ geser}) \times (h \text{ balok} - 2.t \text{ decking} - \emptyset \text{ geser}) \\ &= (500 - (2.40) - 13) \times (750 - (2.40) - 13) \\ &= 267399 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} Ph &= 2 \times [(b \text{ balok} - 2.t \text{ decking} - \emptyset \text{ geser}) + (h \text{ balok} - 2.t \text{ decking} - \emptyset \text{ geser})] \\ &= 2 \times \{(500 - (2.40) - 13) + (750 - (2.40) - 13)\} \\ &= 2128 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Penulangan Puntir

Berdasarkan hasil output diagram torsi pada ETABS diperoleh momen puntir terbesar :

$$Tu = 40140000 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$\begin{aligned} Tn &= \frac{Tu}{\phi} \\ &= \frac{40140000}{0,75} \\ &= 53520000 \text{ N} \end{aligned}$$

Geser Ultimate

$$Vu = 345290 \text{ N}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor Tu besarnya kurang daripada :

$$\begin{aligned} Tu \min &= \emptyset 0,083 \lambda f_c \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right) \\ &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{40} \times \left(\frac{375000^2}{2500} \right) \\ &= 22145825,74 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek Pengaruh Momen Puntir

Syarat :

$Tu < Tu \min$ tidak memerlukan tulangan puntir

$Tu > Tu \min$ memerlukan tulangan puntir

$$\Rightarrow Tu > Tu \min$$

$$\Rightarrow 40140000 \text{ Nmm} > 22145825,74 \text{ Nmm}$$

(Perlu tulangan puntir)

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.

Cek kecukupan penampang menahan Momen Puntir.

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut :

$$\begin{aligned} \overline{\left(\frac{Vu}{bw d} \right)^2 + \left(\frac{Tu Ph}{1,7 Aoh^2} \right)^2} &\quad \emptyset \frac{Vc}{bw d} + 0,66 \quad \overline{f'c} \\ 1,011838828 &\quad 3,937035687 \quad (\text{Oke}) \end{aligned}$$

Tulangan Puntir Untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$Al = \frac{At}{S} Ph \frac{Fyt}{Fy} \cot^2 \phi$$

Dengan $\frac{At}{S}$ dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah:

$$Tn = \frac{2 \cdot Ao \cdot At \cdot Fyt}{S} \cot \phi$$

Untuk beton prategang = $37,5^\circ$

Dimana :

$$\begin{aligned} Ao &= 0,85 \times Aoh \\ &= 227289,15 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{At}{S} &= \frac{Tn}{2 \cdot Ao \cdot Fyt \cdot \cot \phi} \\ &= 0,225854052 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$\begin{aligned} Al &= 0,225854052 \times 1632 \times \left(\frac{240}{400} \right) \cot^2 37,5 \\ &= 816,278887 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan:

$$\begin{aligned} Al_{min} &= \frac{0,42 \cdot \overline{fc'} \cdot Acp}{Fy} - \frac{At}{S} P_{\perp} \frac{Fyt}{Fy} \\ &= 2009,676235 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dengan $\frac{At}{S}$ tidak boleh kurang dari $0,175 \frac{bw}{Fyt}$

$$0,225 \text{ mm} > 0,175 \frac{400}{240}$$

$$0,225 \text{ mm} > 0,21875 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol :

Al perlu Al min maka gunakan Al min

Al perlu Al min maka gunakan Al perlu

Maka dipakai tulangan puntir sebesar $2009,676235 \text{ mm}^2$.

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok.

$$\frac{Al}{4} = \frac{2009,676235}{4}$$

$$= 204,069 \text{ mm}^2$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok

pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka pada balok karena menerima dari sisi atas dan bawah, balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar

$$2 \times \frac{Al}{4} = 2 \times 204,069 \text{ mm}^2$$

$$= 408,139 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah).

Direncanakan menggunakan tulangan 2D 19.

$$n = \frac{As}{\text{Luasan D puntir}}$$

$$= \frac{408,1394435}{283,528737} \\ = 1,439499389 \quad 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan puntir 2D19

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$As = n x Luasan D puntir \\ = 2 \times 283,528737 \\ = 567,057474 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

As pasang	As perlu
567,057 mm ²	408,139 mm ²

(Memenuhi)

4. Perhitungan Penulangan Lentur

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy} \\ = \frac{1,4}{400} \\ = 0,0035 \\ \rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 f_{ct}}{fy} \left\{ \frac{600}{600+fy} \right\} \\ = \frac{0,85 \times 0,85 \times 40}{400} \left\{ \frac{600}{600+400} \right\} \\ = 0,0408 \\ \rho_{max} = 0,75 \rho_b \\ = 0,75 \times 0,0408 \\ = 0,0306 \\ m = \frac{fy}{0,85 f_{ct}} \\ = \frac{400}{0,85 \times 40} \\ = 11,76470588$$

1. Penulangan Tumpuan

$$Mn = 890800000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{890800000}{500 \cdot (682,5)^2} \\
 &= 3,824766198 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{11,764} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 3,824}{400}} \right] \\
 &= 0,010170364
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &< \rho &< \rho_{\max} \\
 0,0035 &< 0,0101 < 0,0306 \quad (\text{Oke})
 \end{aligned}$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned}
 As &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0101 \times 500 \times 682,5 \\
 &= 3470,636 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik.

$$\text{At} = 204,069 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur tarik + luasan tulangan puntir

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= 3470,636 \text{ mm}^2 + 204,069 \text{ mm}^2 \\
 &= 3674,706 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan perlu lentur tarik (sisi atas)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As}{\text{Luasan D puntir}} \\
 &= \frac{3674,706569}{660,5198554} \\
 &= 5,563355 \quad 6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik 6 D29

Luasan tulangan pasang lentur tarik (sisi atas)

$$\text{As pasang} = n \times \text{Luasan D puntir}$$

$$\begin{aligned}
 &= 6 \times 660,5198554 \\
 &= 3963,119 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang	As perlu
3963,119	3674,706 (Memenuhi)

Luasan pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menutur SNI 03 2847 2013 pasal 21.5.2.2 untuk syarat luasan tulangan positif tidak boleh kurang dari 0,5 tulangan negatif

$$\begin{aligned} As &= 0,5 \times As \text{ tarik} \\ &= 0,5 \times 3963,119 \\ &= 1837,353285 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan perlu lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{As}{Luasan D puntir} \\ &= \frac{1837,353285}{660,5198554} \\ &= 2,781 \quad 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tekan 3D29

Luasan tulangan pasang lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \times Luasan D puntir \\ &= 3 \times 660,5198554 \\ &= 1981,559 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang	As perlu
1981,559	1837,353 (Memenuhi)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun lebih dari 1 lapis

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 6D29 dan tulangan tekan 1 lapis 3D29

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S \text{ tarik} = \frac{b - 2 \times t \text{ selimut} - 2 \times D \text{ geser} - (n \times \phi)}{n-1}$$

$$= 44 \text{ mm}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis
 44 mm 25mm (Memenuhi Susun 2 lapis)

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\text{tekan}} = \frac{b - 2xt_{\text{selimut}} - 2x D_{\text{geser}} - (nx\phi)}{n-1}$$

$$= 153,5 \text{ mm}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis
 153,5mm 25 mm (Memenuhi Susun 1 lapis)

Cek syarat SRPMK tulangan lentur untuk kapasitas minimum momen positif dan momen negatif. Pasal 21.5.2.1 dan 21.5.2.2 menghariskan sekurang kurangnya ada dua batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah yang dipasang secara menerus dan kapasitas momen positif dan momen negatif minimum pada sebarang penampang di sepanjang bentang balok SRPMK tidak boleh kurang dari $\frac{1}{4}$ kali kapasitas momen maksimum yang disediakan pada kedua muka kolom balok tersebut.

M lentur tumpuan (+) $\frac{1}{2} \times M$ lentur tumpuan (-). [SNI 03-2847-2013, Pasal 21.5.2.2]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3963,119 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 1981,559 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{lentur tumpuan}} (+) &\quad \frac{1}{2} \times M_{\text{lentur tumpuan}} (-) \\ 1981,559 \text{ mm}^2 &\quad 1981,559566 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

2. Penulangan Lapangan

$$M_n = 705600000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{705600000}{500 \cdot (682,5)^2} \\
 &= 3,029585799 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{11,764} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,764 \times 3,824}{400}} \right] \\
 &= 0,007945305
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{array}{lcl}
 \rho_{\min} & < & \rho & < & \rho_{\max} \\
 0,0035 & < & 0,0079 & < & 0,0306
 \end{array} \quad (\text{Oke})$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned}
 As &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,00794 \times 500 \times 682,5 \\
 &= 2711,3353 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik.

$$\text{At } = 204,069 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur tarik + luasan tulangan puntir

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= 2711,33 \text{ mm}^2 + 204,069 \text{ mm}^2 \\
 &= 2915,405 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan perlu lentur tarik (sisi atas)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{As}}{\text{Luasan D puntir}} \\
 &= \frac{2915,405022}{660,5198554} \\
 &= 4,413803761 \quad 5 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik 5 D29

Luasan tulangan pasang lentur tarik (sisi atas)

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= n \times \text{Luasan D puntir} \\
 &= 5 \times 660,5198554 \\
 &= 3302,599277 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang	As perlu
3302,5992	2915,405022 (Memenuhi)

Luasan pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menutur SNI 03 2847 2013 pasal 21.5.2.2 untuk syarat luasan tulangan positif tidak boleh kurang dari 0,5 tulangan negatif

$$\begin{aligned} As &= 0,5 \times As \text{ tarik} \\ &= 0,5 \times 2915,405 \\ &= 1457,702 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan perlu lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{As}{Luasan D puntir} \\ &= \frac{1457,702511}{660,5198554} \\ &= 2,20690 \quad 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tekan 3D29

Luasan tulangan pasang lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \times Luasan D puntir \\ &= 3 \times 660,5198554 \\ &= 1981,559 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang	As perlu
1981,559	1457,702
	(Memenuhi)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun lebih dari 1 lapis

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 6D29 dan tulangan tekan 1 lapis 3D29

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S \text{ tarik} = \frac{b - 2 \times t \text{ selimut} - 2 \times D \text{ geser} - (n \times \phi)}{n-1}$$

$$= 62,25 \text{ mm}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis
 62,2 mm 25mm (Memenuhi Susun 2 lapis)

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\text{tekan}} = \frac{b - 2xt_{\text{selimut}} - 2xD_{\text{geser}} - (nx\phi)}{n-1}$$

$$= 153,5 \text{ mm}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis
 153,5mm 25 mm (Memenuhi Susun 1 lapis)

Cek syarat SRPMK tulangan lentur untuk kapasitas minimum momen positif dan momen negatif

Pasal 21.5.2.1 dan 21.5.2.2 menghariskan sekurang kurangnya ada dua batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah yang dipasang secara menerus dan kapasitas momen positif dan momen negatif minimum pada sebarang penampang di sepanjang bentang balok SRPMK tidak boleh kurang dari $\frac{1}{4}$ kali kapasitas momen maksimum yang disediakan pada kedua muka kolom balok tersebut.

M lentur tumpuan (+) $\frac{1}{2} \times M$ lentur tumpuan (-). [SNI 03-2847-2013, Pasal 21.5.2.2]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3302,599277 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 1981,559 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan}} (+) \quad \frac{1}{2} \times M_{\text{lentur tumpuan}} (-)$$

$$1981,559 \text{ mm}^2 \quad 1651,299639 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

Kontrol Kapasitas Momen

$$\text{Mn tumpuan} = 890800000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mu lapangan} = 635040000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{array}{ll}
 Mu_{\text{lapangan}} & \frac{1}{4} \times Mn_{\text{Tumpuan}} \\
 635040000 & 222700000 \quad (\text{Memenuhi})
 \end{array}$$

Maka pada tumpuan atas digunakan 6-D29 dan pada tumpuan bawah digunakan 3-D29, Perhitungan Tulangan lentur di lapangan didapatkan menggunakan dipasang lapangan bawah 5D29 dan lapangan atas 3-D29.

5. Penulangan Geser

Penulangan transversal atau geser harus di desain sesuai persyaratan SNI 2847 2013 Ps. 21.5.3. gaya geser harus di dasarkan pada gaya geser desain (V_e) sesuai Ps.21.5.4.1 sbb:

1. Menghitung momen ujung (M_{pr})

Momen ujung dihitung berdasarkan nilai tegangan tarik baja sebesar $1.25 f_y$ (SNI 2847 2013 Pasal 21.6.2.2). Momen ujung dihitung harus mempertimbangkan pelat lantai yang di cor secara monolit dengan balok, sehingga balok dan pelat lantai bekerja secara bersama. Lebar efektif pelat lantai yang ikut dihitung harus sesuai dengan Pasal 13.2.4 SNI 2847 2013.

Tulangan pada Tumpuan

Tulangan tarik : 6D29 $A_s = 3963,119133 \text{ mm}^2$

Tulangan Tekan: 3D29 $A_s' = 1981,559566 \text{ mm}^2$

Momen ujung tumpuan Tarik

Atas (M_{pr1})

$$\begin{aligned}
 a_{pr} &= \frac{A_s \cdot 1.25 f_y}{0.85 x f_c' x b} = \frac{3963,1192 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 40 \times 500} \\
 &= 116,5623274 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$M_{pr} = A_s \cdot 1.25 f_y \cdot (d - 0.5a)$$

$$= 3963,119 \times 1,25 \times 400 (682,5 - (0,5 \times 116,562))$$

$$= 1236926806 \text{ Nmm}$$

Momen ujung tumpuan Tekan

Bawah (M_{pr3})

$$a_{pr} = \frac{As \cdot 1,25 fy}{0,85 \cdot f_{c'} \cdot xb} = \frac{1981,55 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 40 \times 500} \\ = 58,28116371 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = As \cdot 1,25 fy \cdot (d - 0,5a) \\ = 1981,559 \times 1,25 \times 400 (682,5 - (0,5 \times 58,281)) \\ = 647335302,6 \text{ Nmm}$$

2. Menghitung Beban

- Beban terbagi rata pada balok prategang (Wu)

- Berat Pelat :

$$\text{beton} \times s \times \text{tebal plat} = 24 \times 6,2 \times 0,12 = 23,04 \text{ kN/m}$$

- Berat Sendiri Balok

$$\text{beton} \times b \times h = 24 \times 0,5 \times 0,75 = 8,40 \text{ kN/m}$$

- Beban Mati tambahan

$$qd \times s = 0,875 \times 6,2 = 7,20 \text{ kN/m}$$

- Beban Hidup

$$q_l \times s = 0,96 \times 86,2 = 6,79 \text{ kN/m}$$

Sehingga didapat:

$$\text{Beban mati} : 32,28162 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban hidup} : 5,952 \text{ kN/m}$$

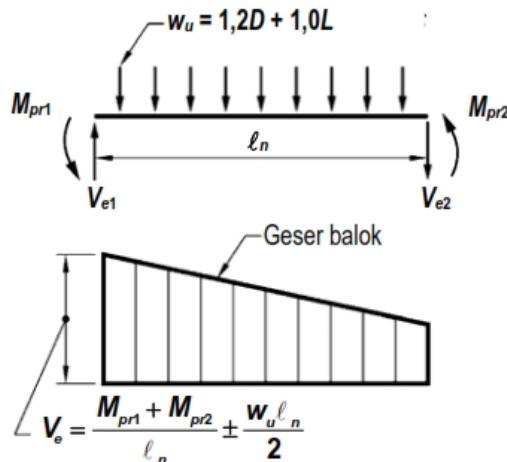
Beban terbagi rata ultimate (Wu) :

$$W = (1,2D + 1L)$$

$$= 1,2 \times 32,28162 + 1,6 \times 5,952 = 48,261 \text{ kN/m}$$

3. Menghitung Gaya geser desain (Ve)

Gaya geser desain yang di syaratkan dapat dilihat Gambar 4.22.



Gambar 4. 22 Gaya Geser Desain

$$L_n = 15 \text{ m}$$

$$V_g = \frac{W_u \cdot L_n}{2} = \frac{48,261144 \times 14,1}{2}$$

$$= 340241,0652 \text{ N}$$

$$V_{\text{sway}} = \frac{M_{pr1} + M_{pr3}}{l_n}$$

$$= \frac{1236926806 + 647335302,6}{14400}$$

$$= 136164,4724 \text{ N}$$

$$V_e = V_g + V_{\text{sway}}$$

$$= 471092,6006 \text{ N}$$

Syarat geser SRPMK

1. Gaya geser V_{sway} akibat sendi plastis diujung ujung balok melebihi $\frac{1}{2}$ kuat geser perlu maksimum,
 $130851,5354 \quad \frac{1}{2} V_u$
 $136164,4724 \quad 172645 \quad (\text{TIDAK OKE})$

2. Gaya tekan aksial terfaktor, termasuk akibat pembebanan gempa kurang dari $A_g f_c / 20$.

Pu	$A_g f_c / 20$
569520	360000 (TIDAK OKE)

Karena syarat tidak dipenuhi maka perencanaan geser dilakukan dengan tidak ikut memperhitungkan kontribusi beton V_c , disepanjang zona sendi plastis di masing masing muka kolom.

Penulangan Geser di daerah sendi plastis

Untuk daerah sendi plastis sepanjang $2h$ dari muka kolom ($2 \times 600 = 1200$ mm). Nilai aksial terfaktor P_u kurang dari nilai $A_g f_c / 20$, sehingga nilai $V_c=0$ (SNI 2847 2013 Ps. 21.5.4.2)

Persyaratan tulangan transversal pada daerah sendi plastis (SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.3.2), (a) Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. (b) Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi nilai terkecil dari :

- a. $d/4$ mm
- b. Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil =114 mm
- c. 150 mm

$$V_e = 471092,6006 \text{ N}$$

$$d = 682,5 \text{ mm}$$

$$V_s = (V_e /) - V_c = (471092,6006 / 0,75) - 0 \\ = 628123,4674 \text{ N}$$

Dipakai sengkang 4 kaki D13

$$A_v = 530,9291585 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{530,92 \times 400 \times 682,5}{628123,4674} = 103,840 \text{ mm}$$

Dipakai Sengkang D13-100 mm

Cek jarak untuk SRPMK,

Untuk daerah Tumpuan :

$$S \text{ pakai} < \frac{d}{4}, \quad 100 \text{ mm} < 134,25 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$S \text{ pakai} < 6D, \quad 100 \text{ mm} < 132 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$S \text{ pakai} < 150, \quad 100 \text{ mm} < 150 \quad (\text{Memenuhi})$$

Penulangan Geser di daerah luar sendi plastis

Untuk daerah di luar sendi plastis, diluar $2h$ dari muka kolom, $2 \times 600 = 1200$ mm, beton dianggap dapat berkontribusi menahan geser (v_c) yang terjadi. Persyaratan tulangan transversal di luar sendi plastis sesuai SNI 2847 2013 Ps. 21.5.3.4 adalah jarak sengkang tidak lebuh dari $d/2 = 537/2 = 268,5$ mm

$$V_e \text{ lap} = \frac{471092,6006 \times 11250}{15000}$$

$$= 353319,4504 \text{ N}$$

$$V_c = (1/6) \sqrt{f'_c} x b w x d = 1/6 \sqrt{40} \times 500 \times 682,5$$

$$= 359709,0838 \text{ N}$$

$$V_s = (V_e /) - V_c = (353319,4504 / 0.75) - 359709,0838$$

$$= 111383,5167 \text{ N}$$

Dipakai sengkang 2 kaki D13

$$A_v = 265,4645 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,46 \times 500 \times 682,5}{111383,5167}$$

$$= 292,793 \text{ mm}$$

Dipakai Sengkang D13-200

4.4.8 Kontrol Momen Nominal Setelah Adanya Tulangan

Kontrol momen nominal dilakukan untuk mengecek secara keseluruhan apakah tendon baja pratekan yang telah dipasang dengan tulangan lunak baja telah memenuhi kontrol momen. Kontrol penampang dilakukan agar mengetahui kekuatan batas

penampang rencana apakah telah mampu menahan momen ultimate yang terjadi, baik dari beban hidup dan mati maupun setelah menerima gempa. Dalam perhitungan ini, konsep keseimbangan gaya tekan dan tarik pada beton menjadi dasar perhitungan kontrol momen nominal :

$$C = T$$

4.4.8.1 Momen Nominal Oleh Tendon Pratekan

1. Momen Nominal Tumpuan

$$\text{Tulangan tarik : } 6D29 \quad As = 3963,119133 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan : } 3D 29 \quad As = 1981,559566 \text{ mm}^2$$

$$d = 683 \text{ mm}$$

$$f_c = 40 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$beff = 2095,781 \text{ mm}$$

$$A_{ps} = 1064,514 \text{ mm}^2$$

$$f_{pu} = 1860 \text{ Mpa}$$

$$f_{py} = 1675 \text{ Mpa}$$

$$f_{py}/f_{pu} = \frac{1675}{1860} \\ = 0,900537634$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 18.7.2 (a) menjelaskan untuk f_{py}/f_{pu} yang tidak kurang dari 0,9, maka γ_p adalah 0,28

$$\beta_1 = 0,85 - \frac{f'_c - 28}{7} \times 0,05 \\ = 0,764285714$$

$$\gamma_p = 0,28$$

$$d_p = \text{jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tendon}$$

$$= Y_{bottom} + e \\ = 268,520 \text{ mm} + 0 \text{ mm} \\ = 268,520 \text{ mm}$$

$$\rho_{ps} = \text{rasio tulangan pratekan terpasang}$$

$$\begin{aligned}
&= A_{ps} / b x d_p \\
&= 1064,514 \text{ mm}^2 / 2095,781 \text{ mm} \times 268,520 \text{ mm} \\
&= 0,001891602 \\
\rho &= \text{rasio tulangan tarik balok pratekan} \\
&= A_s / b x d \\
&= 3963,119 \text{ mm}^2 / 2095,781 \text{ mm} \times 683 \text{ mm} \\
&= 0,002770693 \\
\rho' &= \text{rasio tulangan tarik balok pratekan} \\
&= A_s' / b x d \\
&= 1981,559 \text{ mm}^2 / 2095,781 \text{ mm} \times 683 \text{ mm} \\
&= 0,001385347 \\
\omega &= \rho x f_y / f_c' \\
&= 0,0027706 \times 400 / 40 \\
&= 0,027706934 \\
\omega' &= \rho' x f_y / f_c' \\
&= 0,0013853 \times 400 / 40 \\
&= 0,013853467
\end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 18.7.2 (a), tegangan lentur baja prategang saat lentur nominal, f_{ps} , dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned}
f_{ps} &= f_{pu} \left(1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1}\right) \mu_{ps} \frac{f_{pu}}{f_{c'}'} + \frac{d}{d_p} \omega - \omega' \\
&= 1860 \left(1 - \frac{0,28}{0,764}\right) 0,0018 \frac{1860}{40} + \frac{683}{268,52} 0,027 - 0,0138 \\
&= 1776,068724 \text{ Mpa} \\
a_{ps} &= \frac{A_{ps} x f_{ps}}{0,85 x f_c' x b_{eff}} \\
&= \frac{1064,514 x 1776,068}{0,85 x 40 x 2095,781} \\
&= 26,53299932 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{n,pratekan} &= A_{ps} x f_{ps} x d_p - a_{ps} / 2 \\
&= 1064,514 x 1776,068 x 268,520 - 26,53 / 2
\end{aligned}$$

$$= 482594222,8 \text{ Nmm}$$

$$= 482,594 \text{ KNm}$$

2. Momen Nominal Lapangan

Tulangan tarik : 5D29 $A_s = 3302,599 \text{ mm}^2$

Tulangan tekan : 3D 29 $A_s = 1981,559 \text{ mm}^2$

d $= 683 \text{ mm}$

f_c $= 40 \text{ Mpa}$

f_y $= 400 \text{ Mpa}$

b_{eff} $= 2095,781 \text{ mm}$

A_{ps} $= 1064,514 \text{ mm}^2$

f_{pu} $= 1860 \text{ Mpa}$

f_{py} $= 1675 \text{ Mpa}$

f_{py}/f_{pu} $= \frac{1675}{1860}$

$= 0,900537634$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 18.7.2 (a) menjelaskan untuk f_{py}/f_{pu} yang tidak kurang dari 0,9, maka γ_p adalah 0,28

β_1 $= 0,85 - \frac{f'_c - 28}{7} \times 0,05$

$= 0,764285714$

γ_p $= 0,28$

d_p $= \text{jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tendon}$

$= Y_{bottom} + e$

$= 268,520 \text{ mm} + 331,480 \text{ mm}$

$= 600,000 \text{ mm}$

ρ_{ps} $= \text{ratio tulangan pratekan terpasang}$

$= A_{ps} / b \times d_p$

$= 1064,514 \text{ mm}^2 / 2095,781 \text{ mm} \times 268,520 \text{ mm}$

$= 0,001891602$

ρ $= \text{ratio tulangan tarik balok pratekan}$

$= A_s / b \times d$

$$\begin{aligned}
&= 3302,599 \text{ mm}^2 / 2095,781 \text{ mm} \times 683 \text{ mm} \\
&= 0,002308911 \\
\rho' &= \text{rasio tulangan tarik balok pratekan} \\
&= A_s' / b x d \\
&= 1981,559 \text{ mm}^2 / 2095,781 \text{ mm} \times 683 \text{ mm} \\
&= 0,001385347 \\
\omega &= \rho x f_y / f_c' \\
&= 0,002308911 \times 400 / 40 \\
&= 0,027706934 \\
\omega' &= \rho' x f_y / f_c' \\
&= 0,0013853 \times 400 / 40 \\
&= 0,013853467
\end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 18.7.2 (a), tegangan lentur baja prategang saat lentur nominal, f_{ps} , dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\begin{aligned}
f_{ps} &= f_{pu} \left(1 - \frac{\gamma_p}{\beta_1} \right) \rho_{ps} \frac{f_{pu}}{f_{c'}} + \frac{d}{d_p} \omega - \omega' \\
&= 1860 \left(1 - \frac{0,28}{0,764} \right) 0,0018 \frac{1860}{40} + \frac{683}{600} 0,002 - 0,0138 \\
&= 1826,017 \text{ Mpa} \\
a_{ps} &= \frac{A_{ps} x f_{ps}}{0,85 x f_c' x b_{eff}} \\
&= \frac{1064,514 x 1826,017}{0,85 x 40 x 2095,781} \\
&= 27,279 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{n,pratekan} &= A_{ps} x f_{ps} x d_p - a_{ps}/2 \\
&= 1064,514 x 1826,017 x 600 - 26,53/2 \\
&= 1139780008 \text{ Nmm} \\
&= 1139,78 \text{ KNm}
\end{aligned}$$

4.4.8.2 Momen Nominal Oleh Tulangan Lunak

1. Momen Nominal Tumpuan

Tulangan tarik : 6D29 $A_s = 3963,119133 \text{ mm}^2$

Tulangan tekan : 3D 29 $A_s = 1981,559566 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}
 d &= 682,5 \text{ mm} \\
 dp &= 268,520 \text{ mm} \\
 fc &= 40 \text{ Mpa} \\
 fy &= 400 \text{ Mpa} \\
 beff &= 2095,781 \text{ mm} \\
 A_{ps} &= 1064,514 \text{ mm}^2 \\
 a_{ps} &= 26,532 \text{ mm} \\
 a_{lentur} &= \frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times bw} \\
 &= \frac{3963,119 \times 400}{0,85 \times 40 \times 500} \\
 &= 93,249 \text{ mm} \\
 Mn &= As \times fy \left(d - \frac{a}{2} \right) + A_{ps} \times fp \left(dp - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 3963,119 \times 400 \left(683 - \frac{93,24}{2} \right) + \\
 &\quad 1064,514 \times 1776,1 \left(268,5 - \frac{26,53}{2} \right) \\
 &= 1490613684 \text{ Nmm} \\
 &= 1490,613684 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

2. Momen Nominal Lapangan

$$\begin{aligned}
 \text{Tulangan tarik : } 5\text{D29} &\quad As = 3302,599277 \text{ mm}^2 \\
 \text{Tulangan tekan : } 3\text{D 29} &\quad As = 1981,559566 \text{ mm}^2 \\
 d &= 682,5 \text{ mm} \\
 dp &= 600,000 \text{ mm} \\
 fc &= 40 \text{ Mpa} \\
 fy &= 400 \text{ Mpa} \\
 beff &= 2095,781 \text{ mm} \\
 A_{ps} &= 1064,514 \text{ mm}^2 \\
 a_{ps} &= 27,279 \text{ mm} \\
 a_{lentur} &= \frac{As \times fy}{0,85 \times fc \times bw} \\
 &= \frac{3302,599 \times 400}{0,85 \times 40 \times 500} \\
 &= 77,708 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= As \times fy \left(d - \frac{a}{2}\right) + Aps \times fps \left(dp - \frac{a}{2}\right) \\
 &= 3302,599 \times 400 \left(683 - \frac{77,708}{2}\right) + \\
 &\quad 1064,514 \times 1776,1 \left(600 - \frac{26,53}{2}\right) \\
 &= 1990061790 \text{ Nmm} \\
 &= 1990,06179 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

4.4.6.13 Momen Ultimate (Mu)

Nilai Mu yang diambil ialah kombinasi antara beban hidup dan mati, ditambah dengan analisa beban gempa maksimum yang terjadi.

4.4.6.14 Momen Nominal Total (Mn)

a. Tumpuan

$$\begin{aligned}
 \text{Mn total} &= \text{Mn tump (tendon)} + \text{Mn tump (lentur)} \\
 &= 482,594 + 1490,613 \\
 &= 1973,207 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{lll}
 \text{Mn} & \text{Mu max tumpuan, dimana nilai} & = 0,9 \\
 0,9 \times 1973,207 & 801,72 \text{ kNm} & \\
 1775,887 \text{ kNm} & 801,72 \text{ kNm} & (\text{OK})
 \end{array}$$

Kontrol terhadap gempa (Kombinasi Gempa)

$$\begin{aligned}
 \text{Mn total} &= 25\% \times \text{Mn tendon} + \text{Mn tulangan lunak} \\
 &= 25\% \times 482,594 + 1490,613 \\
 &= 1611,262 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$\text{Mu gempa} = 688 \text{ kNm}$

$$\begin{array}{lll}
 \text{Mn} & \text{Mu max gempa, dimana nilai} & = 0,9 \\
 0,9 \times 1611,262 & 688 \text{ kNm} & \\
 1450,136 \text{ kNm} & 688 \text{ kNm} & (\text{OK})
 \end{array}$$

b. Lapangan

$$\begin{aligned}
 \text{Mn total} &= \text{Mn lap (tendon)} + \text{Mn lap (lentur)} \\
 &= 1139,78 + 1990,06 \\
 &= 3129,841 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Mn	Mu max tumpuan, dimana nilai = 0,9
$0,9 \times 3082,853$	635,04 kNm
2816,857 kNm	635,04 kNm (OK)

Maka dengan kontrol momen nominal saat ada penambahan baja lunak telah memenuhi, sehingga hasil perhitungan beton pratekan secara keseluruhan telah memenuhi persyaratan.

4.4.6.15 Kontrol Momen Retak

Perhitungan kuat ultimate dari beton pratekan harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 18.8.2 mengenai jumlah total baja tulangan non pratekan dan pratekan harus cukup untuk menghasilkan beban terfaktor paling sedikit 1,2 beban retak yang terjadi berdasarkan nilai modulus retak sebesar 0,62 $\sqrt{f'c}$ sehingga didapatkan $Mu > 1.2Mcr$, dengan nilai = 0,8

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

a. Tumpuan

$$\begin{aligned}
 Fe &= 1072,592 \text{ kN} \\
 Kb &= 199,8 \text{ mm} \\
 e &= 0 \text{ mm} \\
 W_T &= 113160966,9 \text{ mm} \\
 f_r &= 0,62 \sqrt{f'c} \\
 &= 3,921 \\
 Mcr &= F(e+Kb) + fr \times WT \\
 &= 1072592,841 \times (0+199,8) + 3,921 \times 113160966,9 \\
 &= 657987214,3 \text{ Nmm} \\
 &= 657,987 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan persyaratan kontrol momen retak dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Mn &> 1.2Mcr \\
 1775,887 &> 1,2 \times 657,987 \text{ kNm} \\
 1775,887 \text{ kNm} &> 789,584 \text{ kNm} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

b. Lapangan

$$F = 1072592,841 \text{ kN}$$

$$Kt = 111,4 \text{ mm}$$

$$e = 331 \text{ mm}$$

$$W_B = 63109360,6 \text{ mm}$$

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

$$= 3,921$$

$$M_{cr} = F(e+Kt) + f_r \times WT$$

$$= 1072592,841 \times (331 + 111,4) + 3,921 \times 63109360,6$$

$$= 722500110,1 \text{ Nmm}$$

$$= 722,5 \text{ kNm}$$

Berdasarkan persyaratan kontrol momen retak dapat dihitung sebagai berikut:

$$M_n > 1.2 M_{cr}$$

$$2816,857 > 1,2 \times 722,5$$

$$2816,857 \text{ kNm} > 867, \text{kNm} \quad (\text{OK})$$

Maka dengan kontrol momen retak di tumpuan dan lapangan telah memenuhi persyaratan, maka beton pratekan telah memenuhi persyaratan.

4.4.6.16 Prestress Partial Ratio (PPR)

Sifat lentur balok beton prategang parsial sangat tergantung pada besarnya Partial Prestressing Ratio (PPR). PPR adalah rasio momen batas akibat strand prategang terhadap momen batas total penampang. Persyaratan PPR diperhitungkan pada posisi tumpuan.

$$\begin{aligned} PPR &= \frac{\text{Momen Batas (Prategang)}}{\text{Momen Batas Total (Prategang dan Tulangan}}} \\ &= \frac{482,594}{482,594 + 1490,613684} \times 100 \% = 24,46\% \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013, pasal. 21.5.2.5, baja prategang tidak boleh menyumbang lebih dari seperempat kekuatan lentur positif atau negatif di penampang kritis pada daerah sendi plastis dan harus diangkur pada atau melewati muka eksterior joint.

$$\text{Presentase nilai PPR} = 24,46\% < 25\% \quad (\text{OK})$$

Persyaratan mengisyaratkan prategang

4.4.6.17 Pengangkuran Ujung

Balok pratekan pasca tarik, kegagalan bisa disebabkan oleh hancurnya bantalan beton pada daerah tepat dibelakang angkur tendon akibat tekanan yang sangat besar. Kegagalan ini diperhitungkan pada kondisi ekstrim saat transfer, yaitu saat gaya pratekan maksimum dan kekuatan beton minimum. Kuat tekan nominal beton pada daerah pengangkuran global diisyaratkan oleh SNI 2847:2013 pasal 18.13.4.2. Bila diperlukan, pada daerah pengangkuran dapat dipasang tulangan untuk memikul gaya pencar, pengelupasan dan gaya tarik tepi longitudinal yang timbul akibat pengangkuran tendon sesuai pasal 18.13.3.2

Dalam studi ini digunakan angkur hidup. Hal ini dikarenakan metode pemberian gaya pratekan dengan sistem pasca tarik. Penulangan pengekangan di seluruh pengangkuran harus sedemikian rupa hingga mencegah pembelahan dan bursting yang merupakan hasil dari gaya tekan terpusat besar yang disalurkan melalui alat angkur. Metode perhitungan perencanaan daerah pengangkuran global sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 18.13.3.2 mensyaratkan untuk mengalihkan gaya tendon dengan faktor beban sebesar 1,2.

Dari hasil perhitungan sebelumnya diperoleh gaya pratekan awal sebagai berikut :

$$F_o = 1300000 \text{ N}$$

$$P_u = 1,2 \times F_o \\ = 1,2 \times 1300000 = 1560000 \text{ N}$$

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

$$d_{PENCAR} = 0,5 (h - 2e)$$

Dimana :

- Pu = Jumlah gaya tendon terfaktor total untuk pengaturan penarikan tendon yang ditinjau
 a = Tinggi angkur atau kelompok angkur yang berdekatan pada arah yang ditinjau
 e = Eksentrisitas angkur atau kelompok angkur yang berdekatan terhadap sumbu berat penampang (selalu diambil sebagai nilai positif)
 h = Tinggi penampang pada arah yang ditinjau

Diperoleh nilai sebagai berikut :

- a = 270 mm (angkur dengan strand 5-17, VSL tabel)
 e = 0 mm (eksentrisitas pada tumpuan)
 h = 700 mm

Sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

$$T_{PENCAR} = 0,25 \cdot Pu \left(1 - \frac{a}{h}\right)$$

$$= 249600 \text{ N}$$

$$d_{PENCAR} = 0,5 (h - 2e)$$

$$= 375 \text{ mm}$$

$$A_{vp} = \frac{T_{PENCAR}}{f_y}$$

$$= \frac{249600}{400}$$

$$= 624 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 2 D13 ($As = 265,464 \text{ mm}^2$), maka kebutuhan tulangan sengkang ialah sebanyak

$$n = \frac{A_v}{A_s}$$

$$= \frac{624}{265,464}$$

$$= 2,35 \Rightarrow 3 \text{ buah}$$

Spasi antar sengkang dihitung dengan cara sebagai berikut

$$s = \frac{d_{PENCAR}}{n}$$

$$= \frac{375}{3}$$

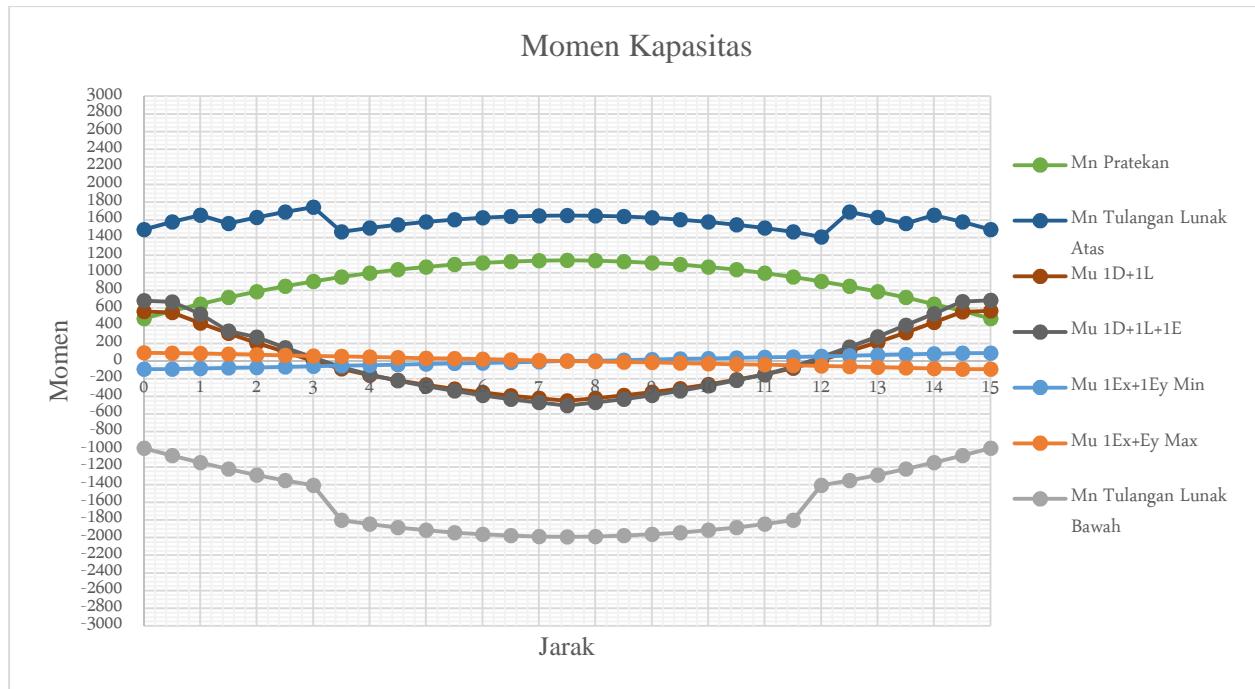
$$= 159,534 \text{ mm, diambil } 150 \text{ mm}$$

Sehingga dipasang 2 kaki D13, dengan nilai $s = 150$ mm.

Hasil rekapitulasi perhitungan balok pratekan di sajikan pada Tabel 4.31. Kemudian untuk grafik perbandingan antara beban momen ultimate yang terjadi dan momen kapasitas yang terjadi dari tendon dan tulangan lunak dapat dilihat pada Gambar 4.23.

Tabel 4. 30 Hasil Rekapitulasi Tulangan Lunak Balok Prategang

Jenis Balok Pratekan	Penulangan Lentur				Penulangan Geser		Torsi	
	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan		
	Tarik	Tekan	Tarik	Tekan				
BP1	6D29	3D29	5D29	3D29	4 13 - 100	2 13 - 200	2D19	
BP2	6D29	3D29	5D29	3D29	4 13 - 100	2 13 - 200	2D19	



Gambar 4. 23 Grafik Momen Kapasitas Balok Pratekan

4.5 Perencanaan Struktur Utama Non Pratekan

4.5.1 Perencanaan Balok Induk

1. Data perencanaan :

Perhitungan tulangan balok induk : BI (40/60). Pada penentuan gaya dalam yang akan dianalisa menggunakan gaya dalam terbesar dari semua balok. Berikut data data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output ETABS , ketentuan perhitungan penulangan balok dengan SRPMK, perhitungan serta hasil akhir gambar penampang balok sebagai berikut :

Data data perencanaan tulangan balok :

Bentang balok (L balok)	: 8000 mm
Dimensi balok (b balok)	: 400 mm
Dimensi balok (h balok)	: 600 mm
Kuat tekan beton (fc')	: 30 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (fy)	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (fyv)	: 240 MPa
Kuat leleh tulangan puntir (fyt)	: 400 MPa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	: 22 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	: 12 mm
Diameter tulangan puntir (\emptyset puntir)	: 22 mm
Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar)	: 25 mm
Jarak spasi tulangan antar lapis (S antar lapis)	: 25 mm
Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm
Faktor 1	: 0,85
[SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1)]	
Faktor reduksi kekuatan lentur ()	: 0,9
[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1)]	
Faktor reduksi kekuatan geser ()	: 0,75
[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]	
Faktor reduksi kekuatan puntir ()	: 0,75

[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]

Maka, tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\ &= 600 - 40 - 12 - (1/2 \cdot 22) \\ &= 537 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\ &= 40 + 12 + (1/2 \cdot 22) \\ &= 63 \text{ mm} \end{aligned}$$

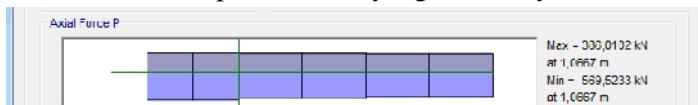
2. Hasil Output diagram gaya dalam dari analisa ETABS:

Setelah dilakukan analisa permodelan struktur gedung syariah dengan menggunakan program bantu ETABS maka didapatkan hasil gaya gaya dalam dari gedung syariah yang selanjutnya akan digunakan pada perhitungan penulangan balok.

Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa ETABS yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Untuk gaya dalam yang digunakan dalam perhitungan penulangan balok yaitu sebagai berikut:

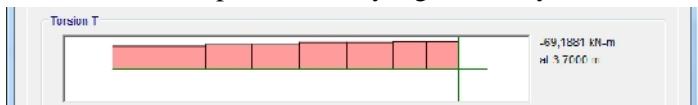
Hasil Ouput gaya dalam Aksial

Untuk kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu :



Hasil Ouput gaya dalam Gaya Torsi

Untuk kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu :



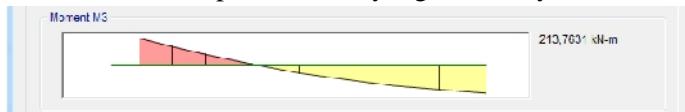
Hasil Ouput gaya dalam Momen Lentur

Momen Tumpuan

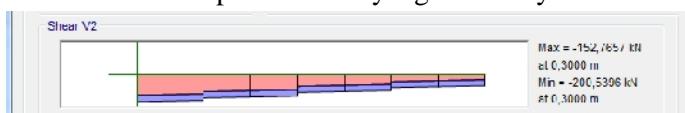
Untuk kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu :



Untuk kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu :



Untuk kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu :



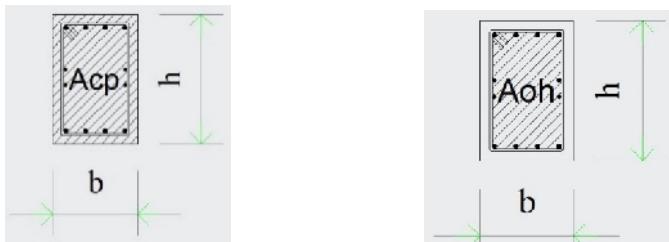
3. Syarat Gaya Aksial pada Balok

Balok harus memenuhi definisi komponen struktur lentur detail penulangan SRPMK harus memenuhi ketentuan ketentuan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3(2), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi $\frac{Ag \times fct}{10} = \frac{400 \times 600 \times 30}{10} = 720000 \text{ N}$

Berdasarkan analisa struktur ETABS gaya aksial tekan pada komponen struktur sebesar $= 569520 \text{ N} < 720000 \text{ N}$

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir.

Ukuran penampang balok yang dipakai = 40/60



Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} Acp &= b \text{ balok} \times h \text{ balok} \\ &= 400 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \\ &= 240000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton Acp

$$\begin{aligned} Pcp &= 2 \times (b \text{ balok} + h \text{ balok}) \\ &= 2 \times (400 \text{ mm} + 600 \text{ mm}) \\ &= 2000 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} Aoh &= (b \text{ balok} - 2.t \text{ decking} - \emptyset \text{ geser}) \times (h \text{ balok} - 2.t \text{ decking} - \emptyset \text{ geser}) \\ &= (400 - (2.40) - 12) \times (600 - (2.40) - 12) \\ &= 156464 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} Ph &= 2 \times [(b \text{ balok} - 2.t \text{ decking} - \emptyset \text{ geser}) + (h \text{ balok} - 2.t \text{ decking} - \emptyset \text{ geser})] \\ &= 2 \times \{(400 - (2.40) - 12) + (600 - (2.40) - 12)\} \\ &= 1632 \text{ mm} \end{aligned}$$

4. Perhitungan Penulangan Puntir

Berdasarkan hasil out put diagram torsi pada ETABS diperoleh momen puntir terbesar :

$$Tu = 69180000 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$Tn = \frac{Tu}{\phi}$$

$$= \frac{69180000}{0,75} \\ = 92240000 \text{ N}$$

Geser Ultimate

$$Vu = 200530 \text{ N}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor Tu besarnya kurang daripada :

$$Tu \min = \emptyset 0,083 \lambda f_c \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right) \\ = 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30} \times \left(\frac{240000^2}{2000} \right) \\ = 9819570,011 \text{ Nmm}$$

Cek Pengaruh Momen Puntir

Syarat :

$Tu < Tu \min$ tidak memerlukan tulangan puntir

$Tu > Tu \min$ memerlukan tulangan puntir

$Tu > Tu \min$

$69180000 > 9819570,011 \text{ Nmm}$ (Perlu tulangan puntir)

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.

Cek kecukupan penampang menahan Momen Puntir.

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut:

$$\left(\frac{Vu}{bw d} \right)^2 + \left(\frac{Tu Ph}{1,7 Aoh^2} \right)^2 \quad \emptyset \frac{Vc}{bw d} + 0,66 \quad \overline{f'c}$$

$$0,933566108 \quad 3,40957292 \quad (\text{Oke})$$

Tulangan Puntir Untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$Al = \frac{At}{S} Ph \frac{Fyt}{Fy} \cot^2 \emptyset$$

Dengan $\frac{At}{S}$ dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah:

$$Tn = \frac{2 \cdot Ao \cdot At \cdot Fyt}{S} \cot \phi$$

Untuk beton non prategang $\phi = 45^\circ$

Dimana :

$$\begin{aligned} Ao &= 0,85 \times Aoh \\ &= 0,85 \times 156464 \text{ mm}^2 \\ &= 132994,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{At}{S} &= \frac{Tn}{2 \cdot Ao \cdot Fyt \cdot \cot \phi} \\ &= \frac{92240000}{2 \cdot 132994,4 \cdot 400 \cdot \cot(45^\circ)} \\ &= 0,866953797 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$\begin{aligned} Al &= 0,866953797 \times 1632 \times \left(\frac{240}{400}\right) \cot^2 45 \\ &= 1414,868596 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan:

$$\begin{aligned} Al_{min} &= \frac{0,42 \cdot f_{ct} \cdot Acp}{Fy} - \frac{At}{S} P \frac{Fyt}{Fy} \\ &= \frac{0,42 \cdot \sqrt{30} \cdot 240000}{400} - 0,866 \cdot 1632 \cdot \left(\frac{400}{400}\right) \\ &= 34,60775106 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dengan $\frac{At}{S}$ tidak boleh kurang dari $0,175 \frac{bw}{Fyt}$

$$0,866953797 \text{ mm} > 0,175 \frac{400}{240}$$

$$0,866953797 \text{ mm} > 0,175 \quad (\text{memenuhi})$$

Kontrol :

Al perlu $<$ Al min maka gunakan Al min

Al perlu $>$ Al min maka gunakan Al perlu

$1414,868596 \text{ mm}^2 > 34,60775106 \text{ mm}^2$ maka gunakan Al perlu.
Maka dipakai tulangan puntir minimal sebesar $1414,868596 \text{ mm}^2$.

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok.

$$\frac{Al}{4} = \frac{1414,868596}{4}$$

$$= 353,717149 \text{ mm}^2$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok

pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka pada balok karena menerima dari sisi atas dan bawah, balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar

$$2 \times \frac{Al}{4} = 2 \times 353,717149 \text{ mm}^2$$

$$= 707,434298 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah).

Direncanakan menggunakan tulangan 2D 22.

$$n = \frac{As}{\text{Luasan D puntir}}$$

$$= \frac{707,434298}{380,1327111}$$

$$= 1,861019263 \quad 2 \text{ buah}$$

Dipasang tulangan puntir 2D22

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$As = n \times \text{Luasan D puntir}$$

$$= 2 \times 380,1327111$$

$$= 804,25 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

As pasang As perlu

760,265 mm² 707,43 mm² (Memenuhi)

5. Perhitungan Penulangan Lentur

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,0035$$

$$\begin{aligned}\rho b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 f_{c'}}{f_y} \left\{ \frac{600}{600+f_y} \right\} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \left\{ \frac{600}{600+400} \right\} \\ &= 0,0306\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0,75 \rho b \\ &= 0,75 \times 0,0306 \\ &= 0,02295\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 f'c} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,68627451\end{aligned}$$

a. Daerah Tumpuan

$$Mn = 450877777,8 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{450877777,8}{400 \cdot (537)^2} \\ &= 3,90886137 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{15,686274} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68627 \times 3,014073}{400}} \right] \\ &= 0,010664098\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}\rho_{min} &< \rho &< \rho_{max} \\ 0,0035 &< 0,01066409 &< 0,02295 \quad (\text{Oke})\end{aligned}$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned}As &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,010664098 \times 400 \times 537 \\ &= 2290,648357 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik.

$$At \quad = 353,717149 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur tarik + luasan tulangan puntir

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= 2290,648357 \text{ mm}^2 + 353,717149 \text{ mm}^2 \\ &= 2644,365506 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan perlu lentur tarik (sisi atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{As}{Luasan D puntir} \\ &= \frac{2644,365506}{380,1327111} \\ &= 6,956 \quad 7 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik 7 D22

Luasan tulangan pasang lentur tarik (sisi atas)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \times Luasan D puntir \\ &= 7 \times 380,1327111 \\ &= 2660,928 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{array}{ll} As \text{ pasang} & As \text{ perlu} \\ 2660,928 & 2644,365 \quad (\text{Memenuhi}) \end{array}$$

Luasan pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menutur SNI 03 2847 2013 pasal 21.5.2.2 untuk syarat luasan tulangan positif tidak boleh kurang dari 0,5 tulangan negatif

$$\begin{aligned} As' &= 0,5 \times As \text{ tarik} \\ &= 0,5 \times 2644,365 \\ &= 1322,182753 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan perlu lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{As'}{Luasan D puntir} \\ &= \frac{1322,182753}{380,1327111} \\ &= 3,478213568 \quad 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tekan 4D22

Luasan tulangan pasang lentur tekan (sisi bawah)

$$\text{As pasang} = n \times \text{Luasan D puntir}$$

$$= 4 \times 380,1327111$$

$$= 1520,530844 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

As pasang As perlu

1520,53 1322,182753 (Memenuhi)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun lebih dari 1 lapis

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 5D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{\text{tarik}} = \frac{b - 2xt \text{ selimut} - 2x D \text{ geser} - (n \times \phi)}{n-1}$$

$$= 23,666 \text{ mm}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

23,6 mm 25mm (Memenuhi Susun 2 lapis)

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{\text{tekan}} = \frac{b - 2xt \text{ selimut} - 2x D \text{ geser} - (n \times \phi)}{n-1}$$

$$= 69,333 \text{ mm}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

69,33mm 25 mm (Memenuhi Susun 1 lapis)

Cek syarat SRPMK tulangan lentur untuk kapasitas minimum momen positif dan momen negatif

Pasal 21.5.2.1 dan 21.5.2.2 menghariskan sekurang kurangnya ada dua batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah yang dipasang secara menerus dan kapasitas momen positif dan momen negatif minimum pada sebarang penampang di sepanjang bentang balok SRPMK tidak boleh kurang dari $\frac{1}{4}$ kali kapasitas momen

maksimum yang disediakan pada kedua muka kolom balok tersebut.

$M_{lentur\ tumpuan\ (+)} = \frac{1}{2} \times M_{lentur\ tumpuan\ (-)}$. [SNI 03-2847-2013, Pasal 21.5.2.2]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 2660,928978 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 1520,530844 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{lentur\ tumpuan\ (+)} &= \frac{1}{2} \times M_{lentur\ tumpuan\ (-)} \\ 1520,53 \text{ mm}^2 &\quad 1322,182 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Kontrol Kapasitas Momen

$$M_n \text{ tumpuan} = 450877777,8 \text{ Nmm}$$

$$M_u \text{ lapangan} = 213763100 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_u \text{ lapangan} &= \frac{1}{4} \times M_n \text{ Tumpuan} \\ 213763100 &\quad 112719444,4 \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

b. Daerah Lapangan

$$M_n = 237514555,6 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{237514555,6}{400 \cdot (537)^2} \\ &= 2,059120047 \text{ N/mm}^2 \\ \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \frac{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}}{f_y} \right] \\ &= \frac{1}{15,686274} \left[1 - \frac{1 - \frac{2 \times 15,68627 \times 2,059}{400}}{400} \right] \\ &= 0,005374337 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$$

$$0,0035 < 0,0053 \quad < 0,02295 \quad (\text{Oke})$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} As &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0053 \times 400 \times 537 \\ &= 1154,407672 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik.

$$At = 353,717149 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur tarik + luasan tulangan puntir

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= 1154,407672 \text{ mm}^2 + 353,717149 \text{ mm}^2 \\ &= 1508,124821 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan perlu lentur tarik (sisi atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{As}{Luasan D \text{ puntir}} \\ &= \frac{1508,124821}{380,1327111} \\ &= 3,967363967 \quad 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik 4 D22

Luasan tulangan pasang lentur tarik (sisi atas)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \times Luasan D \text{ puntir} \\ &= 4 \times 380,1327111 \\ &= 1520,530844 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{array}{ll} As \text{ pasang} & As \text{ perlu} \\ 1520,53 & 1508,124821 \quad (\text{Memenuhi}) \end{array}$$

Luasan pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menutur SNI 03 2847 2013 pasal 21.5.2.2 untuk syarat luasan tulangan positif tidak boleh kurang dari 0,5 tulangan negatif

$$\begin{aligned} As &= 0,5 \times As \text{ tarik} \\ &= 0,5 \times 1508,124821 \end{aligned}$$

$$= 754,0624104 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan perlu lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{As}{Luasan D puntir} \\ &= \frac{754,0624104}{380,1327111} \\ &= 1,983681984 \quad 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tekan 2D22

Luasan tulangan pasang lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \times Luasan D puntir \\ &= 2 \times 380,1327111 \\ &= 760,2654222 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{array}{lll} As \text{ pasang} & As \text{ perlu} & \\ 760,265 & 754,062 & (\text{Memenuhi}) \end{array}$$

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun lebih dari 1 lapis

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 5D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} S \text{ tarik} &= \frac{b - 2xt \text{ selimut} - 2x D \text{ geser} - (n \times \emptyset)}{n-1} \\ &= 69,33333333 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{lll} Ssejajar & Smaks = 25 \text{ mm} & \text{Susun 1 lapis} \\ 69,33 \text{ mm} & 25mm & (\text{Memenuhi Susun 1 lapis}) \end{array}$$

- Kontrol Tulangan Tekan

$$\begin{aligned} S \text{ tekan} &= \frac{b - 2xt \text{ selimut} - 2x D \text{ geser} - (n \times \emptyset)}{n-1} \\ &= 252 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Ssejajar \quad Smaks = 25 \text{ mm} \quad \text{Susun 1 lapis}$$

252 mm 25mm (Memenuhi Susun 1 lapis)

Cek syarat SRPMK tulangan lentur untuk kapasitas minimum momen positif dan momen negatif

Pasal 21.5.2.1 dan 21.5.2.2 menghariskan sekurang kurangnya ada dua batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah yang dipasang secara menerus dan kapasitas momen positif dan momen negatif minimum pada sebarang penampang di sepanjang bentang balok SRPMK tidak boleh kurang dari $\frac{1}{4}$ kali kapasitas momen maksimum yang disediakan pada kedua muka kolom balok tersebut.

$M_{\text{lentur tumpuan} (+)} = \frac{1}{2} \times M_{\text{lentur tumpuan} (-)}$. [SNI 03-2847-2013, Pasal 21.5.2.2]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 1520,530844 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 760,2654222 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$M_{\text{lentur tumpuan} (+)} = \frac{1}{2} \times M_{\text{lentur tumpuan} (-)}$$

$760,265 \text{ mm}^2 = 754,0624104 \text{ mm}^2$ (Memenuhi)

c. Penulangan Geser

Penulangan transversal atau geser harus di desain sesuai persyaratan SNI 2847 2013 Ps. 21.5.3. gaya geser harus di dasarkan pada gaya geser desain (V_e) sesuai Ps.21.5.4.1 sbb:

Menghitung momen ujung (M_{pr})

Momen ujung dihitung berdasarkan nilai tegangan tarik baja sebesar $1.25 f_y$ (SNI 2847 2013 Pasal 21.6.2.2). Momen ujung dihitung harus mempertimbangkan pelat lantai yang di cor secara monolit dengan balok, sehingga balok dan pelat lantai bekerja

secara bersama. Lebar efektif pelat lantai yang ikut dihitung harus sesuai dengan Pasal 13.2.4 SNI 2847 2013.

Momen ujung tumpuan kiri

Atas (M_{pr1})

$$a_{pr} = \frac{As \cdot 1,25 fy}{0,85 xfc' xb} = \frac{2660,92 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 30 \times 400} = 130,43 \text{ mm}$$

$$Mpr = As \cdot 1,25 fy \cdot (d - 0,5a)$$

$$= 2660,928 \times 1,25 \times 400 (537 - (0,5 \times 130,43))$$

$$= 627688069,9 \text{ Nmm}$$

Momen ujung tumpuan kanan

bawah (M_{pr3})

$$a_{pr} = \frac{As \cdot 1,25 fy}{0,85 xfc' xb} = \frac{1520,53 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 30 \times 400} = 74,53 \text{ mm}$$

$$Mpr = As \cdot 1,25 fy \cdot (d - 0,5a)$$

$$= 1520,53 \times 1,25 \times 400 (537 - (0,5 \times 74,53))$$

$$= 379929026,2 \text{ Nmm}$$

Menghitung Gaya geser desain (Ve)

$$Vg = \frac{Wu \cdot ln}{2}$$

$$= 200530 \text{ N (ETABS)}$$

$$Ln = 7400 \text{ mm}$$

$$V \text{ sway} = \frac{M_{pr1} + M_{pr3}}{ln}$$

$$= \frac{627688069,9 + 379929026,2}{7400}$$

$$= 136164,4724 \text{ N}$$

$$Ve = Vg + V \text{ sway}$$

$$= 336694,4724 \text{ N}$$

Syarat geser SRPMK

Gaya geser V sway akibat sendi plastis diujung ujung balok melebihi $\frac{1}{2}$ kuat geser perlu maksimum,

$$\begin{array}{ll} 136164,4724 & \frac{1}{2} Vu \\ 136164,4724 & 100265 \quad (\text{OKE}) \end{array}$$

Gaya tekan aksial terfaktor, termasuk akibat pembebangan gempa kurang dari $Ag.fc/20$.

$$\begin{array}{ll} Pu & Ag. Fc / 20 \\ 569520 & 360000 \quad (\text{TIDAK OKE}) \end{array}$$

Karena salah satu syarat tidak dipenuhi maka perencanaan tulangan geser dilakukan dengan tidak ikut memperhitungkan kontribusi beton V_c , disepanjang zona sendi plastis di masing masing muka kolom.

Penulangan Geser di daerah sendi plastis

Untuk daerah sendi plastis sepanjang $2h$ dari muka kolom ($2 \times 600 = 1200$ mm). Nilai aksial terfaktor P_u kurang dari nilai $A_g fc'/20$, sehingga nilai $V_c=0$ (SNI 2847 2013 Ps. 21.5.4.2)

Persyaratan tulangan transversal pada daerah sendi plastis (SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.3.2), (a) Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. (b) Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi nilai terkecil dari :

1. $d/4$ mm
2. Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil = 114 mm
3. 150 mm

$$V_e = 336694,4724 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_s &= (V_e /) - V_c = (336694,4724 / 0.75) - 0 \\ &= 448925,9633 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{s_{\max}} &= 0.66 \sqrt{fc'} b w x d = 0.66 \sqrt{30} \times 400 \times 540 ,5 \\ &= 781556,27 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_s \text{ pakai} = 321556,86 \text{ N}$$

Dipakai sengkang 3 kaki D12

$$A_v = 339,2920066 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{339,29 \times 400 \times 537}{448925,963 \times 3} = 73,0542 \text{ mm}$$

Dipakai Sengkang D12-70

Cek jarak untuk SRPMK,

Untuk daerah Tumpuan :

$$S \text{ pakai} < \frac{d}{4}, \quad 70 \text{ mm} < 134,25 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$S \text{ pakai} < 6D, \quad 70 \text{ mm} < 132 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$S \text{ pakai} < 150, \quad 70 \text{ mm} < 150 \quad (\text{Memenuhi})$$

Penulangan Geser di daerah luar sendi plastis

Untuk daerah di luar sendi plastis, diluar $2h$ dari muka kolom, $2 \times 600 = 1200 \text{ mm}$, beton dianggap dapat berkontribusi menahan geser (v_c) yang terjadi. Persyaratan tulangan transversal di luar sendi plastis sesuai SNI 2847 2013 Ps. 21.5.3.4 adalah jarak sengkang tidak lebuh dari $d/2 = 537/2 = 268,5 \text{ mm}$

$$V_e \text{ lap} = \frac{336694,4724 \times 6000}{8000} \\ = 252520,8543 \text{ N}$$

$$d =$$

$$V_c = (1/6) \sqrt{f'_c} x b w x d = 1/6 \sqrt{30} \times 400 \times 537 \\ = 196084,6756 \text{ N}$$

$$V_s = (V_e /) - V_c = (252520,8543 / 0.75) - 196084,6756 \\ = 140609,7969 \text{ N}$$

$$V_{s \max} = 0.66 \sqrt{f'_c} x b w x d = 0.66 \sqrt{30} \times 400 \times 540,5 \\ = 781556,27 \text{ N}$$

$$V_s \text{ pakai} = 140609,7969 \text{ N}$$

Dipakai sengkang 2 kaki D12

$$A_v = 339,2920066 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs} = \frac{339,29 \times 400 \times 537}{140609,796 \text{ } 9}$$

$$= 155,4939797 \text{ mm}$$

Dipakai Sengkang D12-150

Perhitungan Panjang Penulangan

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing masing penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.

Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2 Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm. Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 tabel pada pasal 12.2 sebagai berikut

Dimana,

$$\begin{aligned} d &= \text{panjang penyaluran tulangan kondisi tarik} \\ db &= \text{diameter tulangan lentur yang dipakai} \\ \psi_t &= \text{faktor lokasi penulangan} \\ &= 1 \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.4}) \\ \psi_e &= \text{faktor pelapis} \\ &= 1,5 \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.4}) \\ &= 1 \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.4}) \\ d &= \frac{fy \psi_t \psi_e}{1,7 \lambda \ f_c} \ db \\ &= \frac{400 \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30}} \ 22 \\ &= 753,118 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} d &> 300 \text{ mm} \\ 753,118 &> 300 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned} d \text{ reduksi} &= \frac{As \text{ Perlu}}{As \text{ Pasang}} \times d \\ &= 690,771 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan balok dalam kondisi tarik 750 mm.

Penyaluran Kait berstandar dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.5 Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm. [SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.1].

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.2 Untuk batang tulangan ulir d harus sebesar $(0,24 \psi e F_y / \lambda f_c) / db$ dengan ψe diambil sebesar 1,2 untuk tulangan dilapisi epoksi, dan λ diambil sebesar 0,75 untuk beton ringan. Untuk kasus lainnya, ψe dan λ harus diambil sebesar 1,0.

$$\begin{aligned} d &= \left[\frac{0,24 \psi e f_y}{\lambda \sqrt{f_c}} \right] db \\ &= \left[\frac{0,24 \times 1,2 \times 400}{1 \times \sqrt{30}} \right] 22 \\ &= 385,5966805 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} d &> 150 \text{ mm} \\ 385,5966805 &> 150 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned} d \text{ reduksi} &= \frac{As \text{ Perlu}}{As \text{ Pasang}} \times d \\ &= 374,1519831 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan balok dalam kondisi tarik 400 mm.

Panjang kait

$$\begin{aligned} 12\text{db} &= 12 \times (22) \\ &= 264 \text{ mm} = 300 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tekan.

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.3 Panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan tidak boleh kurang dari 200 mm [SNI 03-2847-2013 pasal 12.3.1] Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.3.2 panjang penyaluran diambil terbesar dari:

$$\begin{aligned} d &= \left[\frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f_{c'}}} \right] db \\ &= \left[\frac{0,24 \times 400}{1 \sqrt{30}} \right] 22 \\ &= 385,5966805 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= (0,043 f_y) db \\ &= (0,043 \times 400) 22 \\ &= 378,4 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diambil nilai terbesar dari hasil diatas yaitu 385,5966805 mm.

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned} d \text{ reduksi} &= \frac{As \text{ Perlu}}{As \text{ Pasang}} \times d \\ &= 231,3580083 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan balok dalam kondisi tarik 300 mm.

$$\begin{aligned} \text{Panjang kait} &= 4 \text{ db} + 4 \text{ db} \\ &= 4 \times (22) + 4 \times (22) \\ &= 176 \text{ mm} = 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penyaluran Tulangan Momen Negatif

Panjang penyaluran tulangan momen negatif dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.12. Tulangan momen negatif paling sedikit sepertiga tulangan tarik total yang dipasang untuk momen negatif pada tumpuan harus mempunyai panjang penanaman

melewati titik belok tidak kurang dari d , 12 db, atau $\ln/16$, mana yang lebih besar.

$$\begin{aligned}\text{Panjang penyaluran} &= d \\ &= 539 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang penyaluran} &= 12 \text{ db} \\ &= 12 \cdot 22 \\ &= 264 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang penyaluran} &= \ln/16 \\ &= \frac{(7500-400)}{16} \\ &= 475 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan momen negatif yang dipakai yaitu sepanjang $d = 539$ mm. Panjang penyaluran yang dipakai sepanjang 550 mm.

Hasil rekapitulasi perhitungan balok induk disajikan pada Tabel 4.32.

Tabel 4. 31 Hasil Rekapitulasi Balok Induk

Jenis Balok	Penulangan Lentur				Penulangan Geser		Torsi	
	Tumpuan		Lapangan		Tumpuan	Lapangan		
	Tarik	Tekan	Tarik	Tekan				
BI Lantai	8D22	4D22	4D22	2D22	4 13 - 100	2 13 - 150	4D19	
BI Atap	7D22	4D22	3D22	2D22	2 13 - 125	2 13 - 150	2D16	

4.5.2 Perencanaan Kolom

Perhitungan kolom dihitung berdasarkan ketentuan dalam SNI 2847 2013 tentang sistem SRPMK, dimana kekuatan kolom harus lebih kuat dibanding dengan kuat balok (*Strong Coloum Weak Beam*). Analisis struktur menggunakan program bantu ETABS dengan hasil berupa gaya dalam yang bekerja bolak-balik akibat pengaruh gempa pada setiap elemen kolom. Dimensi Kolom adalah 600x900 mm dan balok induk terdiri dari satu jenis balok yaitu balok induk 400x600 mm.

Data Perencanaan Kolom Ekterior :

- Frame : 528
- Tinggi kolom : 5000 mm
- Dimensi kolom : 600x900
- Kuat tekan beton (f_c') : 40 MPa
- Modulus elastisitas beton : 25743 MPa
- Modulus elastisitas baja : 200000 MPa
- Kuat leleh tulangan lentur (f_y lentur) : 400 MPa
- Kuat leleh tulangan geser (f_y geser) : 240 MPa
- Diameter tulangan lentur (\varnothing lentur) : 25 mm
- Diameter tulangan geser (\varnothing geser) : 10 mm
- Tebal selimut beton : 40 mm

Maka, tinggi efektif balok

$$\begin{aligned} d &= b - \text{selimut} - \varnothing_{\text{geser}} - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{lentur}} \\ &= 500 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 16 \\ &= 442 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{selimut} + \varnothing_{\text{geser}} + \frac{1}{2} \varnothing_{\text{lentur}} \\ &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 19 \\ &= 58 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d'' &= b - \text{selimut} - \varnothing_{\text{geser}} - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{lentur}} - \frac{1}{2} b \\ &= 500 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 19 - \frac{1}{2} \cdot 500 \\ &= 192 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek Syarat Kolom Sebagai Struktur Penahan Gaya Gempa

- A. Untuk komponen struktur penahan gaya gempa yang dikenai beban aksial dan lentur sesuai Pasal 21.6.1 SNI 2847 2013, nilai P_u harus lebih besar dari $Ag.f_c'/10$.

$$\begin{array}{ll} P_u & Ag.f_c'/10 = \\ 9051910 & 2160000 \quad (\text{Memenuhi}) \end{array}$$

- B. Dimensi penampang kolom terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm (Pasal 21.6.1.1 SNI 2847 2013)

$$\begin{array}{ll} \text{Dimensi} & 300 \\ 600 \text{ mm} & 300 \quad (\text{Memenuhi}) \end{array}$$

- C. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap penampang tegak lurusnya tidak boleh kurang dari 0.4 (Pasal 21.6.1.2 SNI 2847 2013)

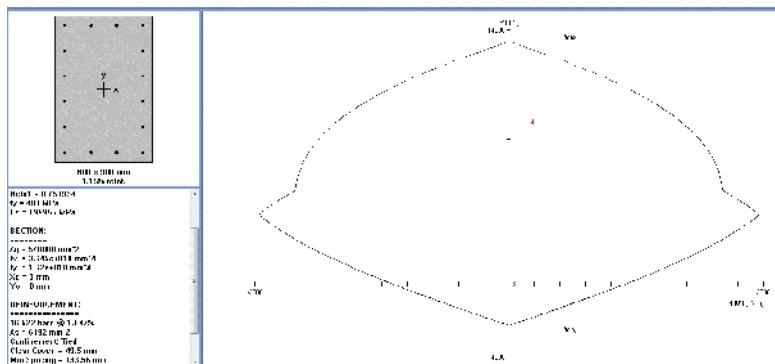
$$\begin{array}{ll} \text{Rasio } b/h & 0,4 \\ 0,666666667 & 0,4 \quad (\text{Memenuhi}) \end{array}$$

Penulangan Lentur Kolom

Luas tulangan longitudinal sesuai Pasal 21.6.3.1 SNI 2847 2013 adalah tidak boleh kurang dari $0.01 Ag$ atau lebih dari $0.06 Ag$.

$$\begin{array}{lll} 0.01 \quad Ag & < Ag \text{ perlu} & < 0.06 Ag \\ 0.01 \quad x (600 \times 900) & < Ag \text{ perlu} & < 0.06x(600 \times 900) \\ 3600 \text{ mm}^2 & < Ag \text{ perlu} & < 21600 \text{ mm}^2 \end{array}$$

Perencanaan tulangan untuk kolom menggunakan program bantu PCA column yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4. 24 Diagram PCA Column

Didapat hasil Tulangan

16 D 22

Cek Syarat Strong Coloumn Weak Beam

Menurut SNI 2847 2013 pasal 21.6.2.2 .Kekuatan kolom harus memenuhi $\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb}$. M_{nc} adalah jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur terendah.

M_{nb} adalah jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint.

1. Pada joint bawah

Menentukan Nilai M_{nc}

Dimana terdapat M_{nc} bagian bawah dan bagian atas joint. Untuk hasil interaksi kolom bawah dapat dilihat pada Gambar 4.25. Sedangkan interaksi kolom atas pada Gambar 4.26.

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)							Page 3
No.	Fu KN	Max KN m	May KN m	CMax KN m	EMay KN m	EMn/Mu	
1	1785,0	89,0	7,0	1486,0	115,3	16.472	
2	1814,0	101,0	8,0	1495,2	116,4	17.600	
3	5773,0	71,0	114,0	601,4	965,6	8.471	
4	9051,0	131,0	4,0	1380,6	31,8	9.102	
5	4249,0	73,0	101,0	470,0	920,1	9.102	
6	7527,0	155,0	17,0	1503,8	164,9	9.702	
7	7101,0	9,0	4,0	840,1	562,1	40.670	
8	110,0	14,0	0,0	941,0	0,0	87.216	
9	644,0	65,0	14,0	1048,2	804,0	18.040	
10	7412,0	113,0	55,0	1180,6	574,6	10.447	

posColumn v3.64 © Portland Cement Association
Standards license. Locking Code: 4-294002. User: Microsoft, Microsoft
D:\Tuas Akhir\TUGAS AKHIR\PERMODELAN\bismillah\Fix\kolom beling besar.col Page 3
06/10/18
10:53 PM

No.	Fu KN	Max KN m	May KN m	CMax KN m	EMay KN m	EMn/Mu
11	5888,0	114,0	41,0	1346,0	484,1	11.807
12	7776,0	129,0	112,0	836,1	704,8	6.946
13	9715,0	58,0	155,0	420,7	741,0	6.781
14	7874,0	152,0	55,0	1298,0	524,7	8.012

Gambar 4. 25 Diagram Interaksi Kolom Bawah

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)							Page 3
No.	Fu KN	Max KN m	May KN m	CMax KN m	EMay KN m	EMn/Mu	
1	1785,0	89,0	7,0	1486,0	115,3	16.472	
2	1814,0	101,0	8,0	1495,2	116,4	17.600	
3	5773,0	71,0	114,0	601,4	965,6	8.471	
4	9051,0	131,0	4,0	1380,6	31,8	9.102	
5	4249,0	73,0	101,0	470,0	920,1	9.102	
6	7527,0	155,0	17,0	1503,8	164,9	9.702	
7	7101,0	9,0	4,0	840,1	562,1	40.670	
8	110,0	14,0	0,0	941,0	0,0	87.216	
9	644,0	65,0	14,0	1048,2	804,0	18.040	
10	7412,0	113,0	55,0	1180,6	574,6	10.447	

posColumn v3.64 © Portland Cement Association
Standards license. Locking Code: 4-294002. User: Microsoft, Microsoft
D:\Tuas Akhir\TUGAS AKHIR\PERMODELAN\bismillah\Fix\kolom beling besar.col Page 3
06/10/18
10:53 PM

No.	Fu KN	Max KN m	May KN m	CMax KN m	EMay KN m	EMn/Mu
11	5888,0	114,0	41,0	1346,0	484,1	11.807
12	7776,0	129,0	112,0	836,1	704,8	6.946
13	9715,0	58,0	155,0	420,7	741,0	6.781
14	7874,0	152,0	55,0	1298,0	524,7	8.012

Gambar 4. 26 Diagram Interaksi Kolom Atas

$$M_{nc} \text{ bagian bawah} = 741 \text{ KNm}$$

$$M_{nc} \text{ bagian atas} = 34,6 \text{ KNm}$$

$$\begin{aligned} M_{nc} &= M_{nc} \text{ bawah} + M_{nc} \text{ atas} \\ &= 775,6 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Menentukan Nilai M_{nb}

$$Mu_1 = 17,26 \text{ KNm} \quad \text{bentang balok } 4 \text{ m}$$

$$Mu_2 = 37,008 \text{ KNm} \quad \text{bentang balok } 7 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nb} &= \frac{M_u + M_{u2}}{0,9} \\
 &= 60,2977 \text{ KNm} \\
 M_{nc} &= 1,2 M_{nb} \\
 775,6 &\quad 72,35733333 \text{ KNm} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

2. Pada joint atas

Dimana terdapat Mnc bagian bawah dan bagian atas joint. Untuk hasil interaksi kolom bawah dapat dilihat pada Gambar 4.27. Sedangkan interaksi kolom atas pada Gambar 4.28.

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)						
No.	F _u kN	M _{ux} kNm	M _{uy} kNm	M _{max} kNm	M _{day} kNm	f _{Mn/Mu}
1	1785,0	89,0	7,0	1466,0	115,3	16,472
2	1814,0	101,0	8,0	1478,2	116,4	17,605
3	5773,0	71,0	114,0	401,4	965,6	8,471
4	9051,0	131,0	4,0	1330,6	34,3	8,610
5	4249,0	73,0	101,0	670,0	920,1	9,103
6	7527,0	155,0	17,0	1503,8	164,9	9,702
7	1019,0	9,0	4,0	841,1	162,1	91,670
8	110,0	14,0	0,0	941,0	0,0	67,216
9	644,0	46,0	14,0	1048,2	804,0	15,040
10	7412,0	113,0	55,0	1180,6	574,6	10,447
 posColumn v3.66 © Portland Cement Association Software license. Licensor. Licensing Code: 4-29402. User: Micromat, Micromat. D:\Tugas Akhir\TUGAS ANHIR\PERMODELAN\bismillah\Fix\kolom beling besar.col						
11	5888,0	114,0	41,0	1346,0	684,1	11,807
12	7776,0	129,0	111,0	846,1	704,9	6,946
13	9718,0	88,0	155,0	420,7	741,0	4,781
14	18024,0	152,0	62,0	1208,0	624,7	8,012

Gambar 4. 27 Diagram Interaksi Kolom Bawah

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities: (see user's manual for notation)							
No.	Pu KN	Mux KN m	Muy KN m	CMux KN m	CMuy KN m	Mn/Mu	
1	1785,0	89,0	7,0	1456,0	115,3	16.472	
2	7814,0	101,0	8,0	1476,0	116,3	17.460	
3	5773,0	71,0	114,0	601,4	965,6	8.471	
4	9081,0	131,0	4,0	1380,6	31,6	8.610	
5	4249,0	73,0	101,0	470,0	920,1	9.108	
6	7527,0	155,0	17,0	1503,8	164,9	9.702	
7	7310,0	9,0	4,0	840,1	562,1	41.670	
8	110,0	14,0	0,0	541,0	0,0	67.216	
9	644,0	66,0	18,0	1648,2	804,0	16.040	
10	7412,0	113,0	55,0	1180,6	574,6	10.447	

posColumn v3.64 © Portland Cement Association							Page 3
Standardized license. Locking Code: 4-294002. User: Microsoft, Microsoft							06/10/10
D:\Tugas Akhir\TUGAS ANHIR\PERMODELAN\bismillah\Fix\kolumn belting besar.col							10:53 PM
11	5888,0	114,0	41,0	1346,0	484,1	11.807	
12	7176,0	129,0	113,0	846,1	704,3	6.946	
13	9716,0	85,0	155,0	420,7	741,0	6.781	
14	7804,0	152,0	53,0	1218,0	724,7	8.012	

Gambar 4. 28 Diagram Interaksi Kolom Atas

$$M_{nc} \text{ bagian bawah} = 424,7 \text{ KNm}$$

$$M_{nc} \text{ bagian atas} = 784,9 \text{ KNm}$$

Menentukan Nilai Mnb

$$Mu_1 = 87,68 \text{ KNm} \quad \text{bentang balok } 4 \text{ m}$$

$$Mu_2 = 336,9 \text{ KNm} \quad \text{bentang balok } 7 \text{ m}$$

$$M_{nb} = \frac{Mu_1 + Mu_2}{0,9}$$

$$= 471,7555556 \text{ KNm}$$

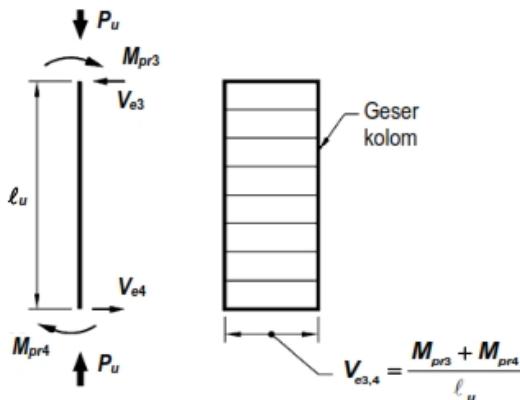
$$M_{nc} = 1,2 \quad M_{nb}$$

$$1209,6 \quad 566,106 \text{ KNm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Tulangan transversal sebagai penahan gaya geser

Tulangan transversal sebagai penahan gaya geser harus di desain dengan gaya geser desain V_e yang diatur dalam Pasal 21.6.5.1 SNI 3847 2013, 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.

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 $\phi=1$. Untuk analisa gaya pada kolom dapat dilihat pada Gambar 4.29.



Gambar 4. 29 Analisa gaya pada kolom

Faktor distribusi momen (DF) = 0,5 karena kolom di atas lantai dan dibawah lantai memiliki kekakuan yang sama.

Mpr pada balok muka kolom bawah

$$\text{Mpr 1} = 627,6880699 \text{ KN}$$

$$\text{Mpr 3} = 379,9290262 \text{ KN}$$

Mpr pada balok muka kolom atas

$$\text{Mpr 1} = 627,6880699 \text{ KN}$$

$$\text{Mpr 3} = 379,9290262 \text{ KN}$$

$$V_e = \frac{M_{pr.bawah} \times DF + M_{pr.Atas} \times DF}{l_u}$$

$$= \frac{504 + 504}{4400} = 229,0038855 \text{ N}$$

V_e tidak boleh lebih kecil dari V_u

$$V_u = 323,36 \text{ N}$$

Maka dipakai $V_e = 323,36 \text{ N}$

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 (SNI3 2847:2013 pasal 21.6. 5.2) :

1. Gaya geser yang ditimbulkan gempa, V_e lebih besar dari $\frac{1}{2} V_u$ dalam l_o .

$$V_e > \frac{1}{2} V_u$$

$$323,360 > 161,680 \quad (\text{Oke})$$

2. Gaya tekan aksial terfaktor, P_u kurang dari $A_g f' / 10$.

$$P_u < A_g f' / 10,$$

$$9051910 < 1080000 \quad (\text{Tidak Oke})$$

Karena salah satu syarat tidak dipenuhi maka nilai V_c dapat diperhitungkan

- A. Transversal penahan geser untuk daerah sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom.

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6\sqrt{fc'} \cdot b \cdot w \cdot d = 1/6\sqrt{40} \cdot x 600 \times 536 \\ &= 338996,1652 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= (V_u /) - V_c \\ &= (323360 / 0.75) - 338996,1652 \\ &= 92150,5015 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek tulangan transversal rencana

4D13-100 ($A_v = 530,929 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} V_{spasang} &> V_s \\ 1138312,116 \text{ N} &> 92150,5015 \text{ N} \quad (\text{OKE}) \end{aligned}$$

Maka, tulangan transversal penahan geser 4D13-100

- B. Untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi l_o di masing-masing ujung kolom) diberi hoops dengan spasi minimum (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4 5) :

- Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil
 $6db = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$
- 150 mm

Digunakan Sengkang (hoop) 4D13 – 120.

Tulangan transversal sebagai confinement.

- A. Daerah pemasangan tulangan sengkang persegi (hoop). Tulangan hoop diperlukan sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom

dengan l_o merupakan nilai terbesar dari (SNI3 2847:2013 pasal 21.6.4.1) :

- Tinggi komponen struktur di joint, $h = 900 \text{ mm}$
- $1/6$ bentang bersih komponen struktur = $1/6 \times 4400 = 733.33 \text{ mm}$
- 450 mm

Maka jarak untuk l_o digunakan 900 mm

B. Spasi maksimum *hoop*, s_{max} , pada daerah sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom. Nilai s_{max} tidak boleh melebihi dari nilai terkecil dari (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3):

- Seperempat dimensi komponen struktur minimum = $1/4 \times 600 = 150 \text{ mm}$
- Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil = $6db = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$
- s_o , dengan s_o tidak melebihi 150 mm dan tidak kurang dari 100 mm .

$$So = 100 + \frac{350 - 0.5hx}{3}$$

$$= 182,6 \text{ mm}$$

So > 150 mm , maka dipakai So = 132 mm

Dari beberapa persyaratan disimpulkan spasi *hoop* (s_{max}) = 132 mm (minimum) sepanjang l_o dari ujung-ujung kolom, *hoop* (s) = **100 mm**. Digunakan hasil perhitungan tulangan transversal **4D13-100**.

C. 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 (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4) :

$$A_{sh1} = 0,3 \left(\frac{sb_c f'_c}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \text{ dan } A_{sh2} = 0,09 \frac{sb_c f'_c}{f_{yt}}$$

b_c = lebar penampang inti beton (yang terkekang), mm

$$A_{ch} = \text{luas penampang yang diukur sampai tepi luar tulangan trasversal, } \text{mm}^2$$

$$\begin{aligned} &= b - 2(\text{selimut} + d_{\text{sengkang}}) = 600 - 2(40 + 13) = 507 \text{ mm} \\ &= (b - 2t_{\text{selimut}}) \times (h - 2t_{\text{selimut}}) \\ &= (600 - 2(40)) \times (600 - 2(40)) \\ &= 270400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh1} &= 0,3 \left(\frac{S.b.c.fc'}{fyt} \right) \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right) \\ &= 0,3 \times \left(\frac{100 \times 507 \times 40}{400} \right) \left(\frac{600 \times 900}{270400} - 1 \right) \\ &= 299,494 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2} &= 0,09 \left(\frac{S.b.c.fc'}{fyt} \right) = 0,09 \times \left(\frac{100 \times 507 \times 40}{400} \right) \\ &= 456,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan sengkang (hoop) tulangan transversal **4D13-100**

$$A_{spasang} = 4 \text{ tul} \times 0,25 \times \times (13)^2 \\ = 530,929 \text{ mm}^2 > A_{sh} = 456,3 \text{ mm}^2 \quad (\text{OKE})$$

D. Untuk daerah sepanjang sisa tinggi kolom bersih (tinggi kolom total dikurangi l_o di masing-masing ujung kolom) diberi *hoops* dengan spasi minimum (SNI 2847:2013 pasal 21.6.4 5) :

- Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil = $6d_b = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$
- 150 mm

Digunakan Sengkang (hoop) **4D13 – 120**

Desain Hubungan Balok Kolom (HBK)

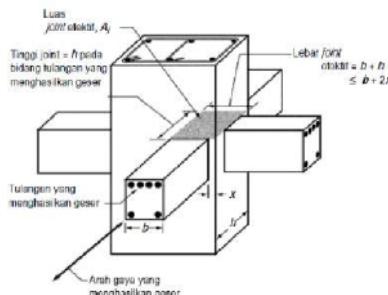
A. Cek persyaratan umum

1. Dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar balok (SNI 2847:2013 pasal 21.7.2.3).

$$\begin{array}{lcl} b \text{ dan } h \text{ mm} & > & 20d_b (20 \times 22) = 440 \\ 600 \text{ dan } 900 & > & 440 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi}) \end{array}$$

2. Menetukan luas efektif joint

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1, Aj merupakan perkalian tinggi efektif dengan lebar joint efektif (Gambar 4.30)



Gambar 4. 30 Luas Joint Efektif

Luas efektif hubungan balok kolom , dinyatakan dalam Aj adalah:

$$A_j = 600 \times 900 \text{ mm} = 540000 \text{ mm}^2$$

B. Kebutuhan tulangan transversal untuk confinement pada joint Berdasarkan SNI pasal 21.7.3.2 Untuk joint interior, jumlah tulangan confinement yang dibutuhkan setidaknya setengah tulangan confinement yang dibutuhkan di ujung ujung kolom.

$$A_{sh} \text{ Joint} = 530,929 \text{ mm}^2$$

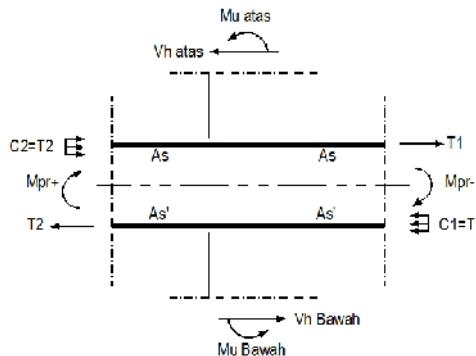
Sengkang (*hoops*) **4 kaki D13-100**, $A_{s,pasang} = 530,929 \text{ mm}^2$

$s = 100 \text{ mm} < s_{\max} = 150 \text{ mm}$, maka

Digunakan sengkang (*hoops*) **4 kaki D13-100**

C. Hitung gaya geser pada joint

Skema gaya geser yang terjadi pada HBK dapat dilihat pada Gambar 4.31.



Gambar 4. 31 Skema Geser yang terjadi di joint

Arah Sumbu Y-Y

As ujung balok sisi kiri pada kolom tulangan atas

$$As = 8 D22 = 3041,061 \text{ mm}^2$$

$$Mpr_1 = 701670510,6 \text{ Nmm}$$

As ujung balok kanan pada kolom tulangan bawah

$$As = 4 D22 = 1520,530 \text{ mm}^2$$

$$Mpr_2 = 379168760,8 \text{ Nmm}$$

DF = 0,5 kekakuan kolom atas dan bawah

$$Me = DF \times (Mpr_1 + Mpr_2)$$

$$= 540419635,7 \text{ Nmm}$$

Geser pada kolom

$$\begin{aligned} Vsway &= \frac{Me + Me}{Ln} \\ &= \frac{540419635,7 + 540419635,7}{3400} \\ &= 317893,9033 \text{ N} \end{aligned}$$

Dibagian lapis atas balok sebelah kanan dan kiri, baja tulangan yang dipakai adalah 8D22 dengan $As = 3041,061 \text{ mm}^2$

Gaya tarik yang bekerja pada baja tulangan balok dibagian kiri :

$$\begin{aligned} T1 &= As \cdot 1.25 fy = 3041,061 \times 1.25 \times 400 \\ &= 1520530,844 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya tekan yang bekerja pada baja tulangan balok dibagian kiri :

$$C1 = T1 = 1520530,844 \text{ N}$$

Gaya tarik yang bekerja pada baja tulangan balok dibagian kanan :

$$\begin{aligned} T2 &= As \cdot 1.25 fy = 3041,061 \times 1.25 \times 400 \\ &= 1520530,844 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya tekan yang bekerja pada baja tulangan balok dibagian kanan:

$$C2 = T1 = 1520530,844 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} Vu &= Vj = V_{sway} - T1 - C2 \\ &= 317893,9033 \text{ N} - 1520530,844 \text{ N} - 1520530,844 \text{ N} \\ &= -2723167,785 \text{ N} \\ &= 2723167,785 \text{ N serah dengan } T1 \end{aligned}$$

D. Cek kuat geser nominal joint

Kuat geser joint yang terkekang oleh balok pada empat muka atau sesuai (SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1) adalah $V_n = 1.7\sqrt{f'_c} \cdot A_j$

$$\begin{aligned} Vn &= 1.7\sqrt{f'_c} \cdot A_j \\ &= 1.7\sqrt{30.540000} \\ &= 5805941,784 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vn &= 0.75 \times 1.7\sqrt{f'_c} \cdot A_j \\ &= 4354456,338 \text{ N} \end{aligned}$$

Cek Kuat Geser pada Joint

$$Vn \qquad \qquad \qquad Vu_{y-y} \\ 4354456,338 \text{ N} > 2723167,785 \text{ N} \quad (\text{Memenuhi})$$

Sambungan Lewatan Tulangan Longitudinal Kolom

Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2 Panjang penyaluran untuk batang ulir

dan kawat dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm. Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 tabel pada pasal 12.2 sebagai berikut

Dimana,

- d = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik
- db = diameter tulangan lentur yang dipakai
- ψ_t = faktor lokasi penulangan
= 1 (SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.4)
- ψ_e = faktor pelapis
= 1,5 (SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.4)
= 1 (SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.4)
- c_b = Decking + $D_{tul\ geser} + 0,5D_{tul\ lentur}$
= $40+13+0.5\times22=64$ mm
- K_{tr} = 0 (SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.3)

Panjang penyaluran tulangan tarik dihitung sesuai dengan rumus (12-1) Pasal. 12.2.3 SNI 2847 2013

$$(cb+Ktr)/db = (63+0)/22 = 2.86 > 2.5, \text{ maka diambil } = 2.5$$

$$\begin{aligned} ld &= \left(\frac{f_y}{1.1\sqrt{f_{c'}}} \times \frac{\psi_t \psi_e E_s}{\left(\frac{cb+Ktr}{db} \right)} \right) db \\ &= \left(\frac{400}{1.1\sqrt{30}} \times \frac{1 \times 1,5 \times 1}{(2.5)} \right) \times 22 = 758,946 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$ld \min = 300 \text{ mm (SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.1)}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} d &> 300 \text{ mm} \\ 758,946 &> 300 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi}) \end{aligned}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$d \text{ reduksi} = \frac{As \text{ Perlu}}{As \text{ Pasang}} \times d$$

$$= 661,872 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran tulangan balok dalam kondisi tarik 700 mm.

Panjang Penyaluran Pada Ujung Joint

Sesuai Pasal 21.7.5.1 SNI 2847 2013 untuk diameter 10- 36, panjang penyaluran ldh untuk batang tulangan dengan kait 90 derajat pada beton normal tidak boleh kurang dari yang terbesar

- a. $8db = 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$
- b. 150 mm

$$\text{c. } ldh = \frac{fy \cdot db}{5.4\sqrt{fc'}} = \frac{400 \times 22}{5.4\sqrt{30}} = 257,667 \text{ mm}$$

Maka, dipakai $ldh = 300 \text{ mm}$

Sesuai Pasal 21.7.5.3 SNI 2847 2013, batang tulangan lurus yang berhenti pada suatu joint harus melewati inti terkekang dari suatu kolom atau suatu elemen pembatas

Persyaratan SRPMK

$$S_o \quad 8\text{Ølentur} = 150 \quad 152 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$S_o \quad 24\text{Øgeser} = 150 \quad 240 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$S_o \quad \frac{1}{2} b = 150 \quad 250 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$S_o \quad 300 = 150 \quad 300 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$L_o \quad \frac{1}{6}h = L_o \quad 823 \text{ mm}$$

$$L_o \quad b = L_o \quad 500 \text{ mm}$$

$$L_o \quad 450 = L_o \quad 450 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan $L_o = 850 \text{ mm}$

Hasil rekapitulasi penulangan kolom disajikan pada Tabel 4.33.

Tabel 4. 32 Hasil Rekapitulasi Penulangan Kolom

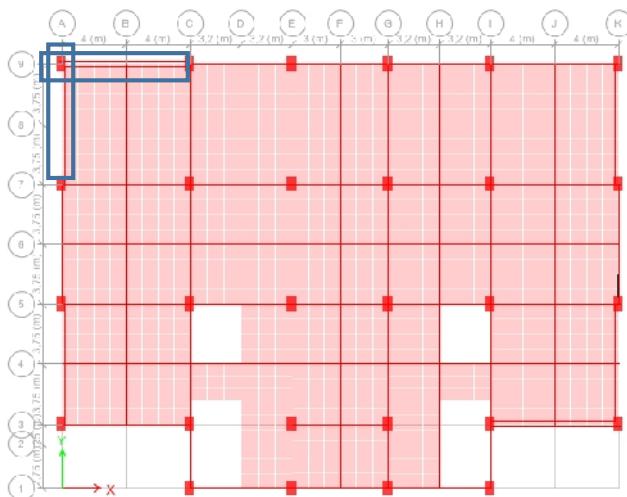
Jenis kolom	Penulangan Lentur	Penulangan Geser	
		Sendi Plastis	Luar Sendi Plastis
K1	16D22	4 13 - 100	4 13 - 150
K2	16D22	4 13 - 100	4 13 - 150

4.5.3 Perencanaan Shearwall

4.5.4.1 Data Perencanaan

- Tinggi Dinding (hw) = 4000 mm
- Tebal dinding (h) = 300 mm
- Panjang dinding (lw) = 6000 mm
- Mutu beton ($f'c$) = 40 MPa
- Mutu baja (fy) = 400 MPa
- D tulangan longitudinal = 25 mm
- D tulangan transversal = 16 mm

Untuk letak posisi dinding geser yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 4.32.



Gambar 4. 32 Letak posisi Dinding geser yang ditinjau

Gambar diatas menunjukkan lokasi dinding geser yang akan ditinjau untuk cara perhitungan, dinding geser tersebut memiliki gaya dalam.

4.5.4.2 Gaya Dalam Permodelan

Gaya dalam untuk perhitungan shearwall di dapat dari output permodelan struktur ETABS. Untuk mengambil gaya dalam yang dibutuhkan shearwall yang ditinjau di buat pier terlebih dahulu agar kaku sehingga mendapatkan hasil output gaya dalam berupa P, V₂, V₃, M₂ dan M₃. Hasil output gaya dalam dari permodelan ETABS disajikan pada Tabel 4.34.

Tabel 4. 33 Ouput Gaya dalam Shearwall

Kombo	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)
1,4D	12810	207	236	2463	4415
1,4D	12992	207	236	2699	4207
1,2D+1,6L	13101	242	284	2222	4176
1,2D+1,6L	13257	242	284	2505	3935
1,2D+1L+1Ex Max	8693	4125	1259	24471	51988
1,2D+1L+1Ex Max	8849	4125	1259	25675	55990
1,2D+1L+1Ex Min	16204	3680	1771	29098	60520
1,2D+1L+1Ex Min	16360	3680	1771	30814	64077
1,2D+1L+1Ey Max	9857	3440	1884	35756	45243
1,2D+1L+1Ey Max	10013	3440	1884	37567	48660
1,2D+1L+1Ey Min	15040	2994	2395	40383	53775
1,2D+1L+1Ey Min	15196	2994	2395	42706	56747
Max	16360	4125	1771	30814	64077

Berdasarkan data output gaya dalam pada Tabel 4.34 di atasa diperoleh nilai gaya dalam desain sebagai berikut :

- P_u : 16360,216 kN

- V₂ : 4124,996 kN

- V₃ : 1771 kN

- M₂ : 30814 kN

- M_3 : 64077 kN

4.5.4.3 Tulangan Transversal untuk Menahan Geser

SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.4 mengatur bahwa nilai V_n , gaya geser nominal harus lebih kecil dari pada $0,66A_{cv}\sqrt{f'c}$. Persyaratan tersebut harus ditinjau baik pada arah sumbu x maupun arah sumbu y. Dengan bentuk penampang dinding seperti terlihat pada gambar maka gaya geser arah x ditahan oleh segmen A, sementara gaya geser arah y ditahan oleh segmen B. Berikut adalah rincian prosedur pengecekan persyaratan tersebut.

Gaya geser nominal, $V_n = \frac{V_u}{W}; W = 0,75$

Gaya geser arah-x

$$V_{nx} = \frac{V_{ux}}{\phi} = \frac{4124,996}{0,75} = 5499,994 \text{ kN}$$

$$A_{cv} = L_x \times t = 8 \text{ m} \times 0,35 \text{ m} = 2,8 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} 0,66A_{cv}\sqrt{f'c} &= 0,66 \times 2,8 \times 10^6 \times \sqrt{30} = 10121912,863 \text{ N} \\ &= 10121,91 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{nx} < 0,66A_{cv}\sqrt{f'c}$$

$$5499,994 \text{ kN} < 10121,91 \text{ kN} \quad \text{Oke}$$

Gaya geser arah-y

$$V_{ny} = \frac{V_{uy}}{\phi} = \frac{4124,996}{0,75} = 5499,994 \text{ kN}$$

$$A_{cv} = L_y \times t = 7,5 \text{ m} \times 0,35 \text{ m} = 2,625 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} 0,66A_{cv}\sqrt{f'c} &= 0,66 \times 2,625 \times 10^6 \times \sqrt{30} = 9489293,309 \text{ N} \\ &= 9489,29 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{nx} < 0,66A_{cv}\sqrt{f'c}$$

$$5499,994 \text{ kN} < 9489,29 \text{ kN} \quad \text{Oke}$$

4.5.4.4 Cek Jumlah Lapis Tulangan yang Diperlukan

Berdasarkan SNI-2847:2013 Ps.21.9.2.2, bila V_u melebihi $0,17 \cdot A_{cv} \sqrt{f'c}$, maka dua lapis tulangan harus digunakan. Persyaratan ini harus ditinjau baik dalam arah x maupun dalam arah y.

Arah X

$$\begin{aligned} A_{cv} = L_x \times t &= 8 \text{ m} \times 0,35 \text{ m} &= 2,8 \text{ m}^2 \\ V_u &= 4124,996 \text{ kN} &= 4124996 \text{ N} \\ 0,17 \cdot A_{cv} \sqrt{f'c} &= 0,17 \times 2,8 \times \sqrt{30} &= 2\ 607\ 159,37 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena $V_u > 0,17 \cdot A_{cv} \sqrt{f'c}$, maka diperlukan 2 tirai tulangan geser.

Arah Y

$$\begin{aligned} A_{cv} = L_y \times t &= 4,5 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} &= 1,125 \text{ m}^2 \\ V_u &= 1936,6 \text{ kN} &= 1936.600 \text{ N} \\ 0,17 \cdot A_{cv} \sqrt{f'c} &= 0,17 \times 1,125 \times \sqrt{30} &= 1.047.519 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena $V_u > 0,17 \cdot A_{cv} \sqrt{f'c}$, maka diperlukan 2 tirai tulangan geser.

4.5.4.5 Perhitungan Kuat Geser Beton (Vc)

Sesuai dengan SNI 2847-2013 Ps.11.9.6, V_c harus diambil yang terkecil antara nilai-nilai berikut :

$$(1) V_c = 0,27 \sqrt{f'c} \cdot h \cdot d + \frac{P_{ux} d}{4 L_w}$$

$$(2) V_c = \left(0,05 \sqrt{f'c} + \frac{l_w \left(0,1 \sqrt{f'c} + 0,2 \frac{P_u}{l_w h} \right)}{\frac{M_{ux}}{V_{ux}} - \frac{l_w}{2}} \right) h d$$

Dimana :

h = Ketebalan dinding

$d = 0,8 L_w$

Untuk dinding arah X

$$(1) V_c = 0,27 \sqrt{30} \cdot 350 + \frac{10.073.000 \cdot x \cdot 250}{4 \cdot x \cdot 8000} = 3.491.566 \text{ N}$$

$$(2) V_c = 0,05 \cdot x \cdot \sqrt{30} + \frac{3000 \cdot 0,1 \cdot \sqrt{30} + 0,2 \cdot \frac{10.073.000}{3000 \cdot x \cdot 250}}{\frac{16.635.000}{2010.000}} \cdot x \cdot 250 \cdot x \\ (0,8 \cdot 3000) = 3.280.073 \text{ N}$$

Dengan demikian, nilai V_c yang dipakai = 3.280.073 N

Untuk dinding arah Y

$$(1) V_c = 0,27 \sqrt{30} \cdot 250 + \frac{10.073.000 \cdot x \cdot 250}{4 \cdot x \cdot 4500} = 3.296.456 \text{ N}$$

$$(2) V_c = 0,05 \cdot x \cdot \sqrt{30} + \frac{4500 \cdot 0,1 \cdot \sqrt{30} + 0,2 \cdot \frac{10.073.000}{4500 \cdot x \cdot 250}}{\frac{16.830.000}{1936.000}} \cdot x \cdot 250 \cdot x \\ (0,8 \cdot 4500) = 8.171.619 \text{ N}$$

Dengan demikian, nilai V_c yang dipakai = 3.296.456 N

4.5.4.6 Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal

Arah X

Hitung kebutuhan tulangan geser, V_s

$$V_s = \frac{Vu}{\phi} - Vc = \frac{4124996}{0,75} - 3.280.073 = 2.219.921 \text{ N}$$

Dicoba tulangan diameter 22 mm dua Tirai ($A_1 2D13 = 265,464 \text{ mm}^2$)

Jarak tulangan,

$$S = \frac{A_1 \times f_y \times L_w}{V_s} = \frac{265,46 \times 400 \times 8000}{2.219.921} = 382,665 \text{ mm}$$

Gunakan jarak 300 mm.

SNI 2847-2013 Ps. 21.9..2.1 Mengatur besarnya rasio tulangan transfersal, t , dan rasio tulangan longitudinal, l , masing-masing minimal sebesar 0,0025 dengan spasi yang tidak melebihi 450 mm.

- Rasio tulangan $\tau = \frac{A_1}{h \times S} = \frac{265,464}{350 \times 250} = 0,0030 > 0,002$ (Oke)
- Spasi tulangan, $S = 250 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$ (Oke)

Arah Y

Hitung kebutuhan tulangan geser, V_s

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{4124996}{0,75} - 3.296.456 = 2.203.538 \text{ N}$$

Dicoba tulangan diameter 13 mm dua Tirai ($A_1 2D16 = 265,464 \text{ mm}^2$)

Jarak tulangan, $S = \frac{A_1 \times f_y \times L_w}{V_s} = \frac{265,464 \times 400 \times 7500}{2.203.538} = 361,4159 \text{ mm}$

Gunakan jarak 250 mm.

SNI 2847-2013 Ps. 21.9..2.1 Mengatur besarnya rasio tulangan transfersal, τ , dan rasio tulangan longitudinal, λ , masing-masing minimal sebesar 0,0025 dengan spasi yang tidak melebihi 450 mm.

- Rasio tulangan $\tau = \frac{A_1}{h \times S} = \frac{265,57}{250 \times 250} = 0,0030 > 0,0025$ (Oke)
- Spasi tulangan, $S = 250 \text{ mm} < 450 \text{ mm}$ (Oke)

4.5.4.7 Cek Syarat Kuat Geser Nominal Penampang

SNI 2847-2013 Ps.21.9.4.1 mensyaratkan agar nilai V_n hasil hitungan tidak melebihi $V_n = A_{cv} (\gamma_c \sqrt{f'_c} + \dots_t f_y)$

Arah X

- $V_c = 3.280.073 \text{ N}$
- $V_s \text{ Aktual} = \frac{A_1 \times f_y \times L_w}{S} = \frac{265,464 \times 400 \times 8000}{250} = 3.397.947 \text{ N}$
- $V_n \text{ Aktual} = V_c + V_s = 3.280.073 + 3.397.947 = 6.678.020 \text{ N}$

Syarat :

$$- V_n = A_{cv} (\gamma_c \sqrt{f'_c} + \dots_t f_y)$$

Nilai c ditentukan sebagai berikut :

$$\frac{hw}{Lw} = \frac{350}{8000} = 0,04375 < 0,15, \text{ maka } c = 0,17$$

$$V_n = 8000 \times 350 (0,17 \times \sqrt{30} + 0,0030 \times 400) = 6.005.106 \text{ N}$$

Karena V_n actual $>$ V_n , maka nilai V_n yang digunakan V_n syarta sebesar 6.005.106 N

Arah Y

$$- V_c = 3.296.456 \text{ N}$$

$$- V_s \text{ Aktual} = \frac{A1 \times f_y \times Lw}{S} = \frac{265,464 \times 400 \times 7500}{250} = 3.185.575 \text{ N}$$

$$- V_n \text{ Aktual} = V_c + V_s = 3.296.456 + 3.185.575 = 6.482.031 \text{ N}$$

Syarat :

$$- V_n = A_{cv} (r_c \} \sqrt{f'_c} + \dots f_y)$$

Nilai c ditentukan sebagai berikut :

$$\frac{hw}{Lw} = \frac{350}{7500} = 0,04666 < 0,15, \text{ maka } c = 0,17$$

$$V_n = 7500 \times 350 (0,17 \times \sqrt{30} + 0,0030 \times 400) = 5.629.787 \text{ N}$$

Karena V_n actual $>$ V_n , maka nilai V_n yang digunakan V_n syarta sebesar 5.629.787 N

4.5.4.8 Cek Syarat Kuat Geser Nominal Maksimum

Tulangan Longitudinal Penahan Kombinasi Beban Aksial dan Lentur

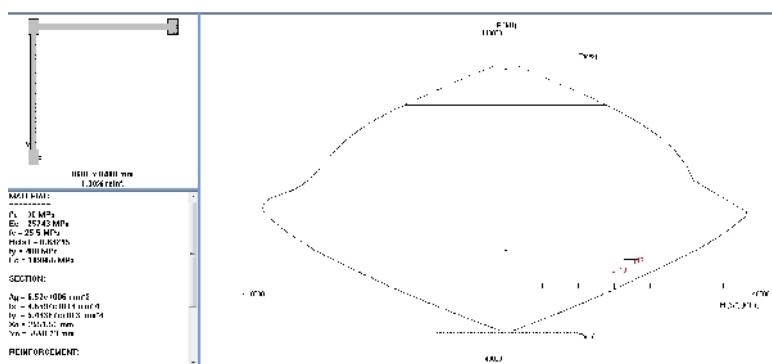
SNI 2847-2013 Ps. 21.9..2.1 Mengatur besarnya rasio tulangan transfersal, τ , dan rasio tulangan longitudinal, ι , masing-masing minimal sebesar 0,0025 dengan spasi yang tidak melebihi 450 mm. Pada perancangan dinding geser tipe 1, direncanakan menggunakan diameter tulangan **D22-200** pada segmen 1 dan **D22-200** pada segmen 2. Perhitungan tulangan dilakukan dengan menggunakan program PCA Column. Hasil Output PCA Column shearwall dapat dilihat pada Gambar 4.33 dan diagram PCA Column shearwall pada Gambar 4.34. Serta Penampang Tulangan hasil

PCA column shearwall untuk tiap segmennya dapatdilihat pada Gambar 4.35.

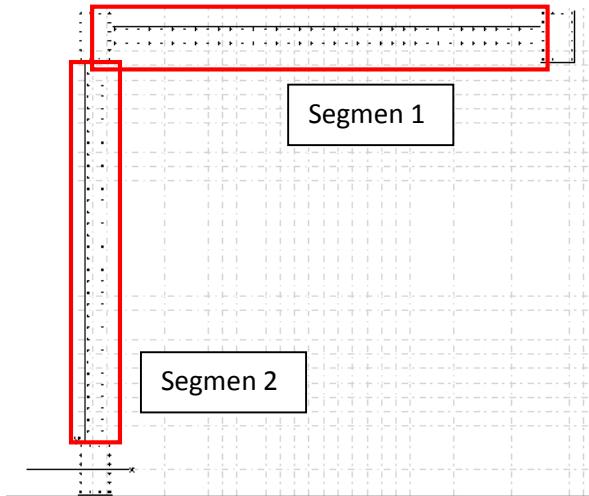
No.	P_{11} kN	M_{11x} kN-n	M_{11y} kN-m	fM_{11x} kN-m	fM_{11y} kN-m	fM_n/M_u
1	12809.0	4414.0	2462.0	81368.6	45385.0	18.434
2	12991.0	4207.0	2698.0	77534.7	49724.0	18.430
3	13100.0	4116.0	2221.0	83298.1	44302.0	19.947
4	13256.0	3934.0	2505.0	78215.8	49804.4	19.882
5	8692.0	51988.0	24470.0	77910.7	36671.5	1.499
6	8849.0	55990.0	25674.0	78881.5	36170.8	1.409
7	16203.0	60520.0	29097.0	92159.4	44308.7	1.523
8	16360.0	64076.0	30813.0	92449.3	44457.2	1.443
9	9856.0	45242.0	35756.0	65938.5	52113.0	1.457
10	10012.0	48660.0	37567.0	66881.2	51634.4	1.374
11	15010.0	53771.0	40383.0	76000.9	57074.9	1.113
12	15196.0	56746.0	42706.0	76182.3	57333.4	1.343

```
:aColumn v3.64 @ Portland Cement Association
:andalone license. Locking Code: 4-29502. User: Microsoft, Microsoft
\Tugas Akhir\TUGAS AKHIR\FERMODELAN\bismillah\Fix\shearwall\Shearwall.siku.col
```

Gambar 4. 33 Hasil Output PCA column untuk Shearwall



Gambar 4. 34 Diagram PCA Column untuk Shearwall



Gambar 4. 35 Penampang Segmen Tulangan Shearwall hasil PCA column

4.5.4.9 Elemen Pembatas Khusus

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal. 21.9.6.2, daerah tekan harus diberi komponen pembatas khusus (*Special Boundary element*) apabila persamaan berikut terpenuhi.

$$c \geq \frac{l_w}{600(u_u/h_w)}$$

Dimana :

- c : Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral pada penampang
- l_w : Panjang segmen *sheer wall*
- h_w : Tinggi dinding keseluruhan
- u_u : Deformasi terbesar

Elemen Pembatas Segmen 1 (arah X)

- $l_w = 8.000$ mm
- $h_w = 5000$ mm
- $u_u = 42,27$ mm

$$\frac{\delta u}{h_w} = \frac{\delta u 42,27}{5000} = 0,008454$$

tidak lebih kecil dari 0,007. Dengan demikian diambil nilai

$$\frac{\delta u}{h_w} = 0,008454$$

Perhitungan nilai c

- Tulangan D22-200
- Jumlah tulangan = 74 buah
- $A_s = 28129,82 \text{ mm}^2$
- $c = \frac{A_s \times f_y \times \beta_1}{0,85 \times f'_c \times b}$
 $= \frac{28129,82 \times 400 \times 0,85}{0,85 \times 30 \times 350}$
 $= 1071,612214 \text{ mm}$

$$\frac{lw}{600(\delta u/h_w)} = \frac{8000 \text{ mm}}{600(42,27 \text{ mm} / 5000 \text{ mm})} = 1577,162684 \text{ mm}$$

$$c < \frac{lw}{600(\delta u/h_w)}$$

$$1071,612 < 1577,162684 \quad \text{Tidak perlu Pembatas}$$

Berdasarkan metode pendekatan perpindahan tersebut diatas, diketahui bahwa, syarat diperlukannya komponen batas khusus tidak dipenuhi.

Dengan demikian, perlu ditunjau apakah tetap memerlukan elemen pembatas mengacu pada pasal 21.9.6.3, yang mensyaratkan bahwa komponen pembatas harus digunakan jika gaya aksial terfaktor lebih besar dari **0,2 f'c**.

$$\frac{Mu}{W} + \frac{Pu}{Ac} > 0,2 f'c$$

Dimana :

$$W = \text{Statik momen} = 1/6 \times h \times L_w^2$$

$$Ac = \text{Luas penampang dinding} = h \times L_w$$

Maka,

$$\frac{Mu}{W} + \frac{Pu}{Ac} = 23,00636233 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{Mu}{W} + \frac{Pu}{Ac} > 0,2 f'c$$

$$23,006 > 6 \text{ Mpa}$$

Dengan demikian, diperlukan elemen pembatas khusus.

Menurut SNI 2847:2013 Ps.21.9.6.4, komponen batas khusus harus dipasang secara horizontal dari sisi serat tekan terluar dengan nilai maksimal diantara :

$$(1) c - 0,1 l_w = 1071,612 - 0,1 \times 8000 = 271,612 \text{ mm}$$

$$(2) c/2 = 1071,612/2 = 535,806 \text{ mm}$$

Maka, gunakan panjang elemen batas khusus sebesar 600 mm.

Tulangan Transversal pada Elemen Pembatas

Mengacu pada SNI 2847:2013, Ps.21.6.4.2 sampai 21.6.4.4, luas tulangan sengkang tidak boleh kurang dari :

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s \times b_c \times f'c}{fyt}$$

Dimana :

A_{sh} : Luas penampang total tulangan transversal minimal (mm^2)

s : Spasi tulangan transversal pada arah longitudinal (mm) = pakai 100 mm

b_c : Dimensi penampang inti kolom dihitung dari sumbu-sumbu tulangan pengekang (mm)

: $B_{\text{kolom}} - 2 \times \text{Cover Beton} - 2 \times (1/2 \phi \text{Sengkang})$

$$: 600 - (2 \times 40) - 2 \times (1/2 \times 13) = 507 \text{ mm}$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s \times b_c \times f'c}{fyt} = 0,09 \frac{100 \times 507 \times 30}{400} = 513,337 \text{ mm}^2$$

Diameter dan jarak tulangan pakai

Gunakan diameter 13 mm ($A_1 = 132,78 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan} = A_{sh}/A_1 = \frac{513,337}{132,7} = 3,867465 \text{ Buah} \sim 4 \text{ buah}$$

Elemen Pembatas Segmen 2 (arah Y)

$$- l_w = 7500 \text{ mm}$$

$$- h_w = 5000 \text{ mm}$$

$$- u = 31,42 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta u}{h_w} = \frac{31,42}{5000} = 0,006284$$

tidak lebih kecil dari 0,007. Dengan demikian diambil nilai

$$\frac{\delta u}{hw} = 0,007$$

Perhitungan nilai c

- Tulangan D22-200
- Jumlah tulangan = 64 buah
- $A_s = 24328,493 \text{ mm}^2$
- $c = \frac{As \times fy \times \beta_1}{0,85 \times f'c \times b}$
 $= \frac{24328,493 \times 400 \times 0,85}{0,85 \times 30 \times 350}$
 $= 926,7997527 \text{ mm}$

$$\frac{lw}{600(\delta u/hw)} = \frac{8000 \text{ mm}}{600(31,42 \text{ mm} / 5000 \text{ mm})} = 1785,714286 \text{ mm}$$

$$c < \frac{lw}{600(\delta u/hw)}$$

$926,7997 < 1785,714286$ Tidak perlu Pembatas

Berdasarkan metode pendekatan perpindahan tersebut diatas, diketahui bahwa, syarat diperlukannya komponen batas khusus tidak dipenuhi.

Dengan demikian, perlu ditunjau apakah tetap memerlukan elemen pembatas mengacu pada pasal 21.9.6.3, yang mensyaratkan bahwa komponen pembatas harus digunakan jika gaya aksial terfaktor lebih besar dari **0,2 f'c**.

$$\frac{Mu}{W} + \frac{Pu}{Ac} > 0,2 f'c$$

Dimana :

$$W = \text{Statik momen} = 1/6 \times h \times L_w^2$$

$$Ac = \text{Luas penampang dinding} = h \times L_w$$

Maka,

$$\frac{Mu}{W} + \frac{Pu}{Ac} = 15,6232 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{Mu}{W} + \frac{Pu}{Ac} > 0,2 f'c$$

$$15,623 > 6 \text{ Mpa}$$

Dengan demikian, diperlukan elemen pembatas khusus.

Menurut SNI 2847:2013 Ps.21.9.6.4, komponen batas khusus harus dipasang secara horizontal dari sisi serat tekan terluar dengan nilai maksimal diantara :

$$(3) c - 0,1 l_w = 926,799 - 0,1 \times 7500 = 176,799 \text{ mm}$$

$$(4) c/2 = 926,799 / 2 = 463,399 \text{ mm}$$

Maka, gunakan panjang elemen batas khusus sebesar 600 mm.

Tulangan Transversal pada Elemen Pembatas

Mengacu pada SNI 2847:2013, Ps.21.6.4.2 sampai 21.6.4.4, luas tulangan sengkang tidak boleh kurang dari :

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s \times b_c \times f'c}{fyt}$$

Dimana :

A_{sh} : Luas penampang total tulangan transversal minimal (mm^2)

s : Spasi tulangan transversal pada arah longitudinal (mm) = pakai 100 mm

b_c : Dimensi penampang inti kolom dihitung dari sumbu-sumbu tulangan pengekang (mm)

: $B_{\text{kolom}} - 2 \times \text{Cover Beton} - 2 \times (1/2 \phi_{\text{Sengkang}})$

$$: 600 - (2 \times 40) - 2 \times (1/2 \times 13) = 507 \text{ mm}$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s \times b_c \times f'c}{fyt} = 0,09 \frac{100 \times 507 \times 30}{400} = 513,337 \text{ mm}^2$$

Diameter dan jarak tulangan pakai

Gunakan diameter 13 mm ($A_1 = 132,78 \text{ mm}^2$)

$$\text{Jumlah tulangan} = A_{sh}/A_1 = \frac{513,337}{132,7} = 3,867465 \text{ Buah} \sim 4 \text{ buah}$$

Hasil rekapitulasi penulangan dinding geser disajikan pada Tabel 4.35.

Tabel 4. 34 Hasil Rekapitulasi Penulangan ShearWall

Jenis Shearwall	Bentuk	Tulangan Utama	Tulangan Transversal	Tulangan Pembatas
SW 1	Siku L	Segmen 1 : 74 D22 - 200	2 13 - 250	13 - 150
		Segmen 2 : 64 D22 - 200	2 13 - 250	13 - 150
SW2	Lurus	89 D22 - 200	2 13 - 250	13 - 150

4.6 Perencanaan Sloof

1. Data perencanaan :

Perhitungan tulangan balok sloof. Pada penentuan gaya dalam yang akan dianalisa menggunakan gaya dalam terbesar dari semua balok. Berikut data data perencanaan balok, gambar denah pembalokan, hasil output ETABS, ketentuan perhitungan penulangan balok dengan SRPMK, perhitungan serta hasil akhir gambar penampang balok sebagai berikut :

Data data perencanaan tulangan balok :

Bentang balok (L balok)	: 6400 mm
Dimensi balok (b balok)	: 400 mm
Dimensi balok (h balok)	: 600 mm
Kuat tekan beton (fc')	: 30 MPa
Kuat leleh tulangan lentur (fy)	: 400 MPa
Kuat leleh tulangan geser (fyv)	: 240 MPa
Kuat leleh tulangan puntir (fyt)	: 400 MPa
Diameter tulangan lentur (D lentur)	: 22 mm
Diameter tulangan geser (\emptyset geser)	: 13 mm
Diameter tulangan puntir (\emptyset puntir)	: 19 mm
Jarak spasi tulangan sejajar (S sejajar)	: 25 mm
Jarak spasi tulangan antar lapis (S antar lapis)	: 25 mm
Tebal selimut beton (t decking)	: 40 mm
Faktor 1	: 0,85
[SNI 03-2847-2013 pasal 10.2.7.(1)]	
Faktor reduksi kekuatan lentur ()	: 0,9
[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(1)]	
Faktor reduksi kekuatan geser ()	: 0,75
[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]	
Faktor reduksi kekuatan puntir ()	: 0,75
[SNI 03-2847-2013 pasal 9.3.2.(3)]	

Maka, tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned}
 d &= h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\
 &= 600 - 40 - 12 - (1/2 \cdot 22) \\
 &= 536 \text{ mm} \\
 d' &= \text{decking} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul lentur} \\
 &= 40 - 12 - (1/12 \cdot 22) \\
 &= 64 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

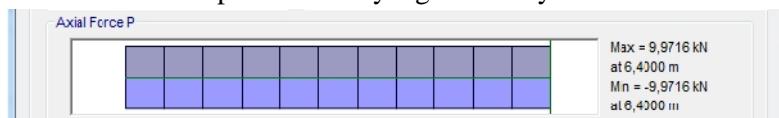
2. Hasil Output diagram gaya dalam dari analisa ETABS:

Setelah dilakukan analisa permodelan struktur gedung syariah dengan menggunakan program bantu ETABS maka didapatkan hasil gaya gaya dalam dari gedung syariah yang selanjutnya akan digunakan pada perhitungan penulangan balok.

Adapun dalam pengambilan hasil output dan diagram gaya dalam dari analisa ETABS yaitu gaya yang ditinjau harus ditentukan dan digunakan akibat dari beberapa macam kombinasi pembebanan. Untuk gaya dalam yang digunakan dalam perhitungan penulangan balok yaitu sebagai berikut:

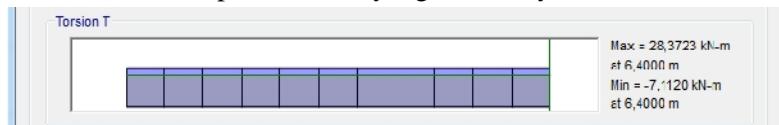
Hasil Ouput gaya dalam Aksial

Untuk kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu :



Hasil Ouput gaya dalam Gaya Torsi

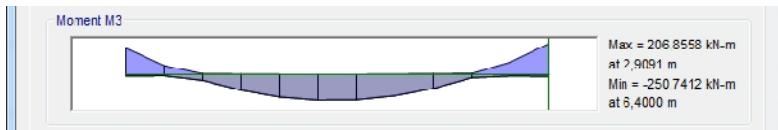
Untuk kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu :



Hasil Ouput gaya dalam Momen Lentur

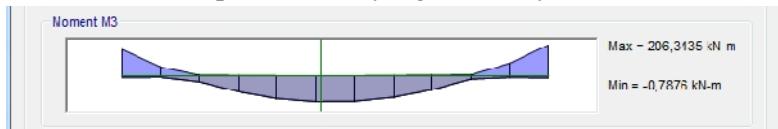
Momen Tumpuan

Untuk kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu :



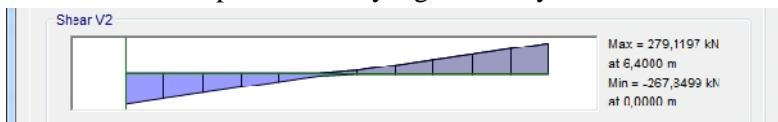
Momen Lapangan

Untuk kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu :



Hasil Output gaya dalam Gaya Geser

Untuk kombinasi pembebanan yang terbesar yaitu :



$$\text{Mu tumpuan kanan} = 250740000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mu lapangan} = 206340000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 279110 \text{ N}$$

$$T = 28370000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Aksial} = 9970 \text{ N}$$

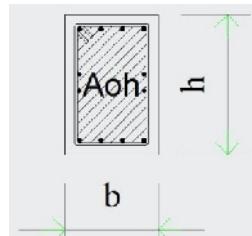
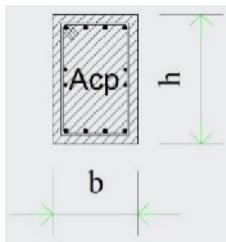
4.2 Syarat Gaya Aksial pada Balok

Balok harus memenuhi definisi komponen struktur lentur detail penulangan SRPMK harus memenuhi ketentuan ketentuan SNI 03-2847-2013 pasal 21.3(2), bila beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak melebihi $\frac{Ag \times f_{ct}}{10} = \frac{400 \times 600 \times 30}{10} = 720000 \text{ N}$

Berdasarkan analisa struktur ETABS gaya aksial tekan pada komponen struktur sebesar $= 9970 \text{ N} < 720000 \text{ N}$

Periksa kecukupan dimensi penampang terhadap beban geser lentur dan puntir.

Ukuran penampang balok yang dipakai = 40/60



Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$\begin{aligned} Acp &= b \text{ balok} \times h \text{ balok} \\ &= 400 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \\ &= 240000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Parimeter luar irisan penampang beton Acp

$$\begin{aligned} Pcp &= 2 \times (b \text{ balok} + h \text{ balok}) \\ &= 2 \times (400 \text{ mm} + 600 \text{ mm}) \\ &= 2000 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} Aoh &= (b \text{ balok} - 2.t \text{ decking} - \emptyset \text{ geser}) \times (h \text{ balok} - 2.t \text{ decking} - \emptyset \text{ geser}) \\ &= (400 - (2.40) - 12) \times (600 - (2.40) - 12) \\ &= 156464 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned} Ph &= 2 \times [(b \text{ balok} - 2.t \text{ decking} - \emptyset \text{ geser}) + (h \text{ balok} - 2.t \text{ decking} - \emptyset \text{ geser})] \\ &= 2 \times \{(400 - (2.40) - 12) + (600 - (2.40) - 12)\} \\ &= 1632 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.3 Perhitungan Penulangan Puntir

Berdasarkan hasil out put diagram torsi pada ETABS diperoleh momen puntir terbesar :

$$Tu = 28370000 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$\begin{aligned} Tn &= \frac{Tu}{\phi} \\ &= \frac{28370000}{0,75} \\ &= 37826666,67 \text{ N} \end{aligned}$$

Geser Ultimate

$$Vu = 279110 \text{ N}$$

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor Tu besarnya kurang daripada :

$$\begin{aligned} Tu \min &= \phi \cdot 0,083 \lambda \cdot fc \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right) \\ &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{30} \times \left(\frac{240000^2}{2000} \right) \\ &= 9819570,011 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Cek Pengaruh Momen Puntir

Syarat :

$Tu < Tu \min$ tidak memerlukan tulangan puntir

$Tu > Tu \min$ memerlukan tulangan puntir

$Tu > Tu \min$

$28370000 > 9819570,011 \text{ Nmm}$ (Perlu tulangan puntir)

Jadi, penampang balok memerlukan penulangan puntir berupa tulangan memanjang.

Cek kecukupan penampang menahan Momen Puntir.

Dimensi penampang melintang harus memenuhi ketentuan berikut:

$$\left(\frac{Vu}{bw d} \right)^2 + \left(\frac{Tu Ph}{1,7 Aoh^2} \right)^2 \leq \phi \frac{Vc}{bw d} + 0,66 \quad \overline{f'c}$$

1,30181903

3,40957292

(Oke)

Tulangan Puntir Untuk Lentur

Tulangan longitudinal tambahan yang diperlukan untuk menahan puntir sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut :

$$Al = \frac{At}{S} Ph \frac{Fyt}{Fy} \cot^2 \phi$$

Dengan $\frac{At}{S}$ dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal

11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah:

$$Tn = \frac{2 \cdot Ao \cdot At \cdot Fyt}{S} \cot \phi$$

Untuk beton non prategang = 45°

Dimana :

$$\begin{aligned} Ao &= 0,85 \times Aoh \\ &= 0,85 \times 156464 \text{ mm}^2 \\ &= 132994,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{At}{S} &= \frac{Tn}{2 \cdot Ao \cdot Fyt \cdot \cot \phi} \\ &= \frac{92240000}{2 \cdot 132994,4 \cdot 400 \cdot \cot(45^\circ)} \\ &= 0,357390353 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka tulangan puntir untuk lentur :

$$\begin{aligned} Al &= 0,866953797 \times 1632 \times \left(\frac{240}{400}\right) \cot^2 45 \\ &= 581,8314939 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan:

$$\begin{aligned} Al_{min} &= \frac{0,42 \cdot \sqrt{fct} \cdot Acp}{Fy} - \frac{At}{S} P \frac{Fyt}{Fy} \\ &= \frac{0,42 \cdot \sqrt{30} \cdot 240000}{400} - 0,866 \cdot 1632 \cdot \left(\frac{400}{400}\right) \\ &= 798,42935 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dengan $\frac{At}{S}$ tidak boleh kurang dari $0,175 \frac{bw}{Fyt}$

$$\begin{aligned} 0,357390353 \text{ mm} &> 0,175 \frac{400}{240} \\ 0,357390353 \text{ mm} &> 0,175 \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Kontrol :

Al perlu = Al min maka gunakan Al min

Al perlu = Al min maka gunakan Al perlu

$581,831 \text{ mm}^2$ $798,429 \text{ mm}^2$ maka gunakan Al min. Maka dipakai tulangan puntir minimal sebesar $798,429351 \text{ mm}^2$.

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok.

$$\begin{aligned} \frac{Al}{4} &= \frac{798,429351}{4} \\ &= 145,457 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang :

pada sisi atas = disalurkan pada tulangan tarik balok

pada sisi bawah = disalurkan pada tulangan tekan balok

Maka pada balok karena menerima dari sisi atas dan bawah, balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir sebesar

$$\begin{aligned} 2 \times \frac{Al}{4} &= 2 \times 145,457 \text{ mm}^2 \\ &= 290,915 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah).

Direncanakan menggunakan tulangan 2D 22.

$$\begin{aligned} n &= \frac{As}{\text{Luasan D puntir}} \\ &= \frac{290,915}{283,528} \\ &= 1,026 \quad 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan puntir 2D19

Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$\begin{aligned} As &= n \times \text{Luasan D puntir} \\ &= 2 \times 283,528 \\ &= 567,0574 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang	As perlu	
567,057 mm ²	290,915 mm ²	(Memenuhi)

4.4 Perhitungan Penulangan Lentur Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$

$$= \frac{1,4}{400}$$

$$= 0,0035$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 f'_c}{fy} \left\{ \frac{600}{600+fy} \right\} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \left\{ \frac{600}{600+400} \right\} \\ &= 0,0306\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{max} &= 0,75 \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,0306 \\ &= 0,02295\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{fy}{0,85 f'_c} \\ &= \frac{400}{0,85 \times 30} \\ &= 15,68627451\end{aligned}$$

d. Daerah Tumpuan

$$Mn = 278600000 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\ &= \frac{278600000}{400 \cdot (536)^2} \\ &= 2,424 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right] \\ &= \frac{1}{15,686274} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68627 \times 2,424}{400}} \right] \\ &= 0,0063\end{aligned}$$

Syarat :

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0035 < 0,00638 < 0,02295 \quad (\text{Oke})$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned} As &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,00638 \times 400 \times 536 \\ &= 1367,889269 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik.

$$At = 145,457 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur tarik + luasan tulangan puntir

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= 1367,889 \text{ mm}^2 + 145,457 \text{ mm}^2 \\ &= 1513,347 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan perlu lentur tarik (sisi atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{As}{Luasan D \text{ puntir}} \\ &= \frac{1513,347142}{380,1327111} \\ &= 3,981 \quad 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik 4 D22

Luasan tulangan pasang lentur tarik (sisi atas)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \times Luasan D \text{ puntir} \\ &= 4 \times 380,1327111 \\ &= 1520,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang	As perlu
1520,53	1513,347

(Memenuhi)

Luasan pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menutur SNI 03 2847 2013 pasal 21.5.2.2 untuk syarat luasan tulangan positif tidak boleh kurang dari 0,5 tulangan negatif

$$\begin{aligned}
 As &= 0,5 \times As \text{ tarik} \\
 &= 0,5 \times 1513,347 \\
 &= 756,673 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan perlu lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As}{Luasan D puntir} \\
 &= \frac{756,673}{380,132} \\
 &= 1,99 \quad 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tekan 2D22

Luasan tulangan pasang lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned}
 As \text{ pasang} &= n \times Luasan D puntir \\
 &= 2 \times 380,1327111 \\
 &= 760,265 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang	As perlu
760,265	756,673

(Memenuhi)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun lebih dari 1 lapis

Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 4D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$\begin{aligned}
 S \text{ tarik} &= \frac{b - 2xt \text{ selimut} - 2x D \text{ geser} - (n \times \phi)}{n-1} \\
 &= 68,666 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

68,666 mm 25mm (Memenuhi Susun 2 lapis)

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S \text{ tekan} = \frac{b - 2xt \text{ selimut} - 2x D \text{ geser} - (n \times \phi)}{n-1}$$

$$= 250 \text{ mm}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis
 250 mm 25 mm (Memenuhi Susun 1 lapis)

Cek syarat SRPMK tulangan lentur untuk kapasitas minimum momen positif dan momen negatif

Pasal 21.5.2.1 dan 21.5.2.2 menghariskan sekurang kurangnya ada dua batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah yang dipasang secara menerus dan kapasitas momen positif dan momen negatif minimum pada sebarang penampang di sepanjang bentang balok SRPMK tidak boleh kurang dari $\frac{1}{4}$ kali kapasitas momen maksimum yang disediakan pada kedua muka kolom balok tersebut.

M lentur tumpuan (+) $\frac{1}{2} \times M$ lentur tumpuan (-). [SNI 03-2847-2013, Pasal 21.5.2.2]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\text{As pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur}$$

$$= 1520,53 \text{ mm}^2$$

$$\text{As' pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur}$$

$$= 760,265 \text{ mm}^2$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \quad \frac{1}{2} \times M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$760,265 \text{ mm}^2 \quad 760,265 \text{ mm}^2 \text{ (Memenuhi)}$$

Kontrol Kapasitas Momen

$$M_n \text{ tumpuan} = 278600000 \text{ Nmm}$$

$$M_u \text{ lapangan} = 206340000 \text{ Nmm}$$

$$M_u \text{ lapangan} = \frac{1}{4} \times M_n \text{ Tumpuan}$$

$$206340000 \quad 69650000 \quad (\text{Memenuhi})$$

e. Daerah Lapangan

$$\begin{aligned}
 Mn &= 229266666,7 \text{ Nmm} \\
 Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} \\
 &= \frac{229266666,7}{400 \cdot (536)^2} \\
 &= 1,995 \text{ N/mm}^2 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right] \\
 &= \frac{1}{15,686274} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68627 \times 1,995}{400}} \right] \\
 &= 0,005374337
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} < \rho < \rho_{max} \\
 0,0035 < 1,9950 < 0,02295 \quad (\text{Oke})
 \end{aligned}$$

Luasan Perlu (As perlu) Tulangan Lentur Tarik

$$\begin{aligned}
 As &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 1,995 \times 400 \times 536 \\
 &= 1114,804 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik.

$$\text{At} = 145,457 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan lentur tarik + luasan tulangan puntir

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= 1114,804 \text{ mm}^2 + 145,457 \text{ mm}^2 \\
 &= 1260,262 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan perlu lentur tarik (sisi atas)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{As}{\text{Luasan D lentur}} \\
 &= \frac{1260,262}{380,1327111} \\
 &= 3,315 \quad 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tarik 4 D22

Luasan tulangan pasang lentur tarik (sisi atas)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \times Luasan D \text{ puntir} \\ &= 4 \times 380,1327111 \\ &= 1520,530844 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang	As perlu
1520,53	1260,262 (Memenuhi)

Luasan pasang (As') Tulangan Lentur Tekan

Menutur SNI 03 2847 2013 pasal 21.5.2.2 untuk syarat luasan tulangan positif tidak boleh kurang dari 0,5 tulangan negatif

$$\begin{aligned} As &= 0,5 \times As \text{ tarik} \\ &= 0,5 \times 1260,262 \\ &= 630,131 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan perlu lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned} n &= \frac{As}{Luasan D \text{ lentur}} \\ &= \frac{630,131}{380,132} \\ &= 1,657 \text{ 2 buah} \end{aligned}$$

Dipasang tulangan tekan 2D22

Luasan tulangan pasang lentur tekan (sisi bawah)

$$\begin{aligned} As \text{ pasang} &= n \times Luasan D \text{ puntir} \\ &= 2 \times 380,1327111 \\ &= 760,2654222 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As pasang	As perlu
760,265	630,131 (Memenuhi)

Kontrol Jarak Spasi Tulangan Pakai

Syarat :

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun lebih dari 1 lapis
 Direncanakan di pakai tulangan tarik 1 lapis 5D22 dan tulangan tekan 1 lapis 2D22

- Kontrol Tulangan Tarik

$$S_{tarik} = \frac{b - 2xt\text{ selimut} - 2x D\text{ geser} - (nx\phi)}{n-1}$$

$$= 68,666 \text{ mm}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis
 68,66 mm 25mm (Memenuhi Susun 1 lapis)

- Kontrol Tulangan Tekan

$$S_{tekan} = \frac{b - 2xt\text{ selimut} - 2x D\text{ geser} - (nx\phi)}{n-1}$$

$$= 250 \text{ mm}$$

Ssejajar Smaks = 25 mm Susun 1 lapis
 250 mm 25mm (Memenuhi Susun 1 lapis)

Cek syarat SRPMK tulangan lentur untuk kapasitas minimum momen positif dan momen negatif

Pasal 21.5.2.1 dan 21.5.2.2 menghariskan sekurang kurangnya ada dua batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah yang dipasang secara menerus dan kapasitas momen positif dan momen negatif minimum pada sebarang penampang di sepanjang bentang balok SRPMK tidak boleh kurang dari $\frac{1}{4}$ kali kapasitas momen maksimum yang disediakan pada kedua muka kolom balok tersebut.

M lentur tumpuan (+) $\frac{1}{2} \times M$ lentur tumpuan (-). [SNI 03-2847-2013, Pasal 21.5.2.2]

Maka berdasarkan pengecekan ini dilakukan dengan meninjau tulangan pasang.

$$\text{As pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur}$$

$$= 1520,530844 \text{ mm}^2$$

$$\text{As' pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur}$$

$$= 760,2654222 \text{ mm}^2$$

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \quad \frac{1}{2} \times M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$760,265 \text{ mm}^2 \quad 754,0624104 \text{ mm}^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

f. Penulangan Geser

Penulangan transversal atau geser harus di desain sesuai persyaratan SNI 2847 2013 Ps. 21.5.3. gaya geser harus di dasarkan pada gaya geser desain (V_e) sesuai Ps.21.5.4.1 sbb:

Menghitung momen ujung (M_{pr})

Momen ujung dihitung berdasarkan nilai tegangan tarik baja sebesar $1.25 f_y$ (SNI 2847 2013 Pasal 21.6.2.2). Momen ujung dihitung harus mempertimbangkan pelat lantai yang di cor secara monolit dengan balok, sehingga balok dan pelat lantai bekerja secara bersama. Lebar efektif pelat lantai yang ikut dihitung harus sesuai dengan Pasal 13.2.4 SNI 2847 2013.

Momen ujung tumpuan Atas (M_{pr1})

$$a_{pr} = \frac{As \cdot 1.25 f_y}{0.85 xfc' xb} = \frac{1520,53 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 30 \times 400} = 74,535 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = As \cdot 1.25 f_y \cdot (d - 0.5a)$$

$$= 1520,53 \times 1,25 \times 400 (536 - (0,5 \times 74,535))$$

$$= 379168760,8 \text{ Nmm}$$

Momen ujung tumpuan bawah (M_{pr3})

$$a_{pr} = \frac{As \cdot 1.25 f_y}{0.85 xfc' xb} = \frac{760,265 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 30 \times 400} = 37,26 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = As \cdot 1.25 f_y \cdot (d - 0.5a)$$

$$\begin{aligned}
 &= 760,265 \times 1,25 \times 400 (536 - (0,5 \times 37,26)) \\
 &= 196667756,8 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Menghitung Gaya geser desain (Ve)

$$\begin{aligned}
 Vg &= \frac{Wu \cdot ln}{2} \\
 &= 279110 \text{ N (ETABS)}
 \end{aligned}$$

$$Ln = 6400 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{sway}} &= \frac{M_{pr1} + M_{pr3}}{ln} \\
 &= \frac{379168760,8 + 196667756,8}{6400} \\
 &= 99282,158 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ve &= Vg + V_{\text{sway}} \\
 &= 378392,158 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Syarat geser SRPMK

Gaya geser V sway akibat sendi plastis diujung ujung balok melebihi $\frac{1}{2}$ kuat geser perlu maksimum,

$$\begin{array}{ll}
 99282,1582 & \frac{1}{2} Vu \\
 99282,1582 & 139555 \quad (\text{TIDAK OKE})
 \end{array}$$

Gaya tekan aksial terfaktor, termasuk akibat pembebangan gempa kurang dari $Ag.fc/20$.

$$\begin{array}{ll}
 Pu & Ag. Fc / 20 \\
 9970 & 360000 \quad (\text{TIDAK OKE})
 \end{array}$$

Karena salah satu syarat tidak dipenuhi maka perencanaan tulangan geser dilakukan dengan tidak ikut memperhitungkan kontribusi beton V_c , disepanjang zona sendi plastis di masing masing muka kolom.

Penulangan Geser di daerah sendi plastis

Untuk daerah sendi plastis sepanjang $2h$ dari muka kolom ($2 \times 600 = 1200 \text{ mm}$). Nilai aksial terfaktor P_u kurang dari nilai $A_g fc'/20$, sehingga nilai $V_c=0$ (SNI 2847 2013 Ps. 21.5.4.2)

Persyaratan tulangan transversal pada daerah sendi plastis (SNI 03-2847-2013 pasal 21.5.3.2), (a) Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. (b) Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi nilai terkecil dari :

4. $d/4$ mm
5. Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil = 114 mm
6. 150 mm

$$V_e = 378392,158 \text{ N}$$

$$V_s = (V_e /) - V_c = (378392,158 / 0.75) - 0 \\ = 504522,877 \text{ N}$$

$$V_{s \max} = 0.66 \sqrt{f'_c b w x d} = 0.66 \sqrt{30} \times 400 \times 540,5 \\ = 781556,27 \text{ N}$$

$$V_s \text{ pakai} = 504522,877 \text{ N}$$

Dipakai sengkang 3 kaki D12

$$A_v = 530,929 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{530,929 \times 400 \times 536}{504522,877} = 101,529 \text{ mm}$$

Dipakai Sengkang D12-100 mm

Cek jarak untuk SRPMK,

Untuk daerah Tumpuan :

$$S \text{ pakai} < \frac{d}{4}, \quad 70 \text{ mm} < 134,25 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$S \text{ pakai} < 6D, \quad 70 \text{ mm} < 132 \quad (\text{Memenuhi})$$

$$S \text{ pakai} < 150, \quad 70 \text{ mm} < 150 \quad (\text{Memenuhi})$$

Penulangan Geser di daerah luar sendi plastis

Untuk daerah di luar sendi plastis, diluar $2h$ dari muka kolom, $2 \times 600 = 1200 \text{ mm}$, beton dianggap dapat berkontribusi menahan geser (v_c) yang terjadi. Persyaratan tulangan transversal

di luar sendi plastis sesuai SNI 2847 2013 Ps. 21.5.3.4 adalah jarak sengkang tidak lebuh dari $d/2 = 537/2 = 268,5$ mm

$$V_{e\ lap} = \frac{378392,1582 \times 4800}{6400}$$

$$= 283794,118 \text{ N}$$

$$V_c = (1/6) \sqrt{f'_c} x b w x d = 1/6 \sqrt{30} x 400 x 537$$

$$= 195719,527 \text{ N}$$

$$V_s = (V_e /) - V_c = (283794,118 / 0.75) - 195719,527$$

$$= 182672,631 \text{ N}$$

$$V_{s\ max} = 0.66 \sqrt{f'_c} x b w x d = 0.66 \sqrt{30} x 400 x 540,5$$

$$= 781556,27 \text{ N}$$

$$V_s \text{ pakai} = 182672,631 \text{ N}$$

Dipakai sengkang 2 kaki D12

$$A_v = 265,464 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{265,464 \times 400 \times 536}{182672,631}$$

$$= 140,207 \text{ mm}$$

Dipakai Sengkang D12-130 mm

Perhitungan Panjang Penulangan

Gaya tarik dan tekan pada tulangan di setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus disalurkan pada masing masing penampang melalui penyaluran tulangan. Adapun perhitungan penyaluran tulangan berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.

Penyaluran Tulangan dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.2 Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm. Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pada pasal 12.2 sebagai berikut

Dimana,

d = panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

db = diameter tulangan lentur yang dipakai

ψ_t = faktor lokasi penulangan

= 1 (SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.4)

ψ_e = faktor pelapis

= 1,5 (SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.4)

= 1 (SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.4)

$$d = \frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,7 \lambda f_c} db$$

$$= \frac{400 \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{30}} 22$$

$$= 945,0899031 \text{ mm}$$

Syarat :

$$d > 300 \text{ mm}$$

$$1417,634855 > 300 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned} d \text{ reduksi} &= \frac{As \text{ Perlu}}{As \text{ Pasang}} \times d \\ &= 749,56 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan balok dalam kondisi tarik 750 mm.

Penyaluran Kait berstandar dalam Kondisi Tarik

Penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.5 Panjang penyaluran tulangan berkait dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 150 mm. [SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.1].

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.5.2 Untuk batang tulangan ulir d harus sebesar $(0,24 \psi_e F_y / \lambda f_c) / db$ dengan ψ_e diambil sebesar 1,2 untuk tulangan dilapisi epoksi, dan λ diambil sebesar 0,75 untuk beton ringan. Untuk kasus lainnya, ψ_e dan λ harus diambil sebesar 1,0.

$$\begin{aligned}
 d &= \left[\frac{0,24 \psi e f_y}{\lambda \sqrt{f_c}} \right] db \\
 &= \left[\frac{0,24 \times 1 \times 400}{1 \times \sqrt{30}} \right] 22 \\
 &= 385,5966805 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned}
 d &> 150 \text{ mm} \\
 385,5966805 &> 150 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi})
 \end{aligned}$$

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned}
 d \text{ reduksi} &= \frac{As \text{ Perlu}}{As \text{ Pasang}} \times d \\
 &= 374,1519831 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan balok dalam kondisi tarik 400 mm.

Panjang kait

$$\begin{aligned}
 12db &= 12 \times (22) \\
 &= 264 \text{ mm} = 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penyaluran Tulangan Berkait Dalam Kondisi Tekan.

Penyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.3 Panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan tidak boleh kurang dari 200 mm [SNI 03-2847-2013 pasal 12.3.1] Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.3.2 panjang penyaluran diambil terbesar dari:

$$\begin{aligned}
 d &= \left[\frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f_c}} \right] db \\
 &= \left[\frac{0,24 \times 400}{1 \sqrt{30}} \right] 22 \\
 &= 385,5966805 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d &= (0,043 f_y) db \\
 &= (0,043 \times 400) 22 \\
 &= 378,4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Diambil nilai terbesar dari hasil diatas yaitu 385,5966805 mm.

Reduksi panjang penyaluran (tulangan lebih) :

$$\begin{aligned} d \text{ reduksi} &= \frac{As \text{ Perlu}}{As \text{ Pasang}} \times d \\ &= 231,3580083 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan balok dalam kondisi tarik 300 mm.

$$\begin{aligned} \text{Panjang kait} &= 4 \text{ db} + 4 \text{ db} \\ &= 4 \times (22) + 4 \times (22) \\ &= 176 \text{ mm} = 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penyaluran Tulangan Momen Negatif

Panjang penyaluran tulangan momen negatif dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.12. Tulangan momen negatif paling sedikit sepertiga tulangan tarik total yang dipasang untuk momen negatif pada tumpuan harus mempunyai panjang penanaman melewati titik belok tidak kurang dari d , 12 db, atau $\ln/16$, mana yang lebih besar.

$$\begin{aligned} \text{Panjang penyaluran} &= d \\ &= 539 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang penyaluran} &= 12 \text{ db} \\ &= 12 \cdot 22 \\ &= 264 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang penyaluran} &= \ln/16 \\ &= \frac{(7500-400)}{16} \\ &= 475 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka panjang penyaluran tulangan momen negatif yang dipakai yaitu sepanjang $d = 539$ mm. Panjang penyaluran yang dipakai sepanjang 550 mm.

4.6 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan struktur utama yang merupakan struktur bagian bawah yang menerima semua beban dari struktur atas. Dalam merencanakan pondasi, yang perlu diperhitungkan adalah daya dukung ijin tiang, perencanaan kebutuhan tiang (konfigurasi ting), dan penulangan pile cap.

4.6.1 Daya Dukung Ijin Tiang

Daya dukung tiang pada tanah pondasi umumnya diperoleh dari jumlah daya dukung terpusat tiang dan tahanan geser pada dinding tiang. Besarnya daya dukung yang diizinkan R_a diperoleh dari persamaan sebagai berikut (Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Kazuto Nakazawa) :

$$R_a = \frac{1}{n} R_u = \frac{1}{n} R_p + R_f$$

Dimana:

R_a = daya dukung ijin tiang (ton)

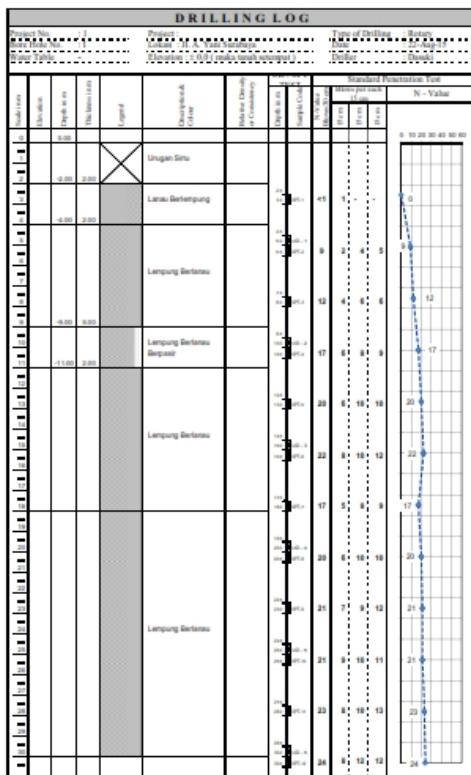
R_u = daya dukung batas pada tanah pondasi (ton)

R_p = daya dukung terpusat tiang (ton)

R_f = gaya geser dinding tiang (ton)

n = faktor keamanan

Data tanah yang diambil adalah data tanah dari lokasi gedung Twin Tower Universitas Negeri Sunan Ampel Surabaya. Data tanah yang diambil berupa data SPT dapat dilihat pada Gambar 4.36.



Gambar 4.36 Data Tanah Gedung Twin Tower

Dalam perencanaan gedung Gedung Twin Tower digunakan pondasi tiang pancang dari brosur dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Tipe Tiang Pancang = Kelas C
- Diameter luar = 600 mm
- Tebal dinding = 100 mm
- Allowable Axial Load = 229,5 Ton
- Panjang tiang = 6-16 meter

Setelah mendaatkan spesifikasi tiang pancang, kemudian dapat dilanjutkan menghitung daya dukung ijin tiang.

4.6.1.1 Gaya Geser Dinding Tiang, R_f

Perhitungan gaya geser dinding tiang dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R_f = U \times \sum l_i f_i$$

Dimana:

R_f = gaya geser dinding tiang (ton)

U = panjang keliling tiang (m)

l_i = tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang

f_i = besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m²)

Perhitungan keliling tiang:

$$U = \pi \times D$$

$$= \pi \times 0,45m$$

$$= 1,4137m$$

Nilai f_i dapat dihitung dengan memperhitungkan koefisien-koefisien berdasarkan jenis tanah yang ada dengan melihat Tabel 4.36 berikut.

Tabel 4.35 Intensitas Gaya Geser Dinding Tiang, f

Jenis Tanah Pondasi	Jenis Tiang	
	Tiang Pracetak	Tiang yang Dicor Ditempat
Tanah Berpasir	$\frac{\bar{N}}{5} \leq 10$	$\frac{\bar{N}}{2} \leq 12$
Tanah Kohesif	c atau $N \leq 10$	$\frac{\bar{c}}{2}$ atau $\frac{\bar{N}}{2} \leq 12$

Untuk menghitung nilai $U \times \sum l_i f_i$ berdasarkan data tanah dari gedung Twin Tower dapat dilihat pada Tabel 4.37 berikut:

Tabel 4. 36 Nilai $U \times \sum l_i f_i$ Sampai Kedalaman 30 meter

Depth (m)	Jenis Tanah	N rata2	Kode Tanah	f _i	$f_i \cdot li \cdot U$ ton	$U \times l_i f_i$ ton
				(t/m ²)		
0		0	0,0	0,00	0,00	0,00
-1	Sirtu	2	c	0,0	0,00	0,00
-2	Sirtu	0	c	0,0	0,00	0,00
-3	Lanau Berlempung	0		0,0	0,00	0,00
-4	Lanau Berlempung	3		1,7	3,14	3,14
-5	Lempung berlanau	7		3,3	6,28	9,42
-6	Lempung berlanau	10		5,0	9,42	18,85
-7	Lempung berlanau	11		5,5	10,37	29,22
-8	Lempung berlanau	12		6,0	11,31	40,53
-9	Lempung berlanau	13		6,5	12,25	52,78
-10	Lempung berlanau berpasir	15		7,5	14,14	66,92
-11	Lempung berlanau berpasir	17		8,5	16,02	82,94
-12	Lempung berlanau	19		9,5	17,91	100,85
-13	Lempung berlanau	20		9,8	18,54	119,38
-14	Lempung berlanau	20		10,2	19,16	138,54

-15	Lempung berlanau	21		10,5	19,79	158,34
-16	Lempung berlanau	20		9,8	18,54	176,87
-17	Lempung berlanau	18		9,2	17,28	194,15
-18	Lempung berlanau	17		8,5	16,02	210,17
-19	Lempung berlanau	18		9,0	16,96	227,14
-20	Lempung berlanau	19		9,5	17,91	245,04
-21	Lempung berlanau	20		10,0	18,85	263,89
-22	Lempung berlanau	20		10,2	19,16	283,06
-23	Lempung berlanau	21		10,3	19,48	302,54
-24	Lempung berlanau	21		10,5	19,79	322,33
-25	Lempung berlanau	21		10,7	20,11	342,43
-26	Lempung berlanau	22		10,8	20,42	362,85
-27	Lempung berlanau	22		11,0	20,73	383,59
-28	Lempung berlanau	23		11,3	21,36	404,95
-29	Lempung berlanau	23		11,7	21,99	426,94
-30	Lempung berlanau	24		10,0	22,62	449,56

Keterangan:

c = kohesi tanah pondasi

Untuk kolom kode tanah yang dikosongi artinya jenis tanah adalah selain tanah lempung (kohesi).

Sehingga, untuk menghitung gaya geser dinding tiang, R_f , dapat dilihat pada tabel di atas dengan kedalaman tiang pancang 20 meter adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R_f &= U \times \sum l_i f_i \\ &= 245,04 \text{ tm} \end{aligned}$$

4.6.1.2 Daya Dukung Ujung Tiang, R_p

Perhitungan daya dukung ujung tiang dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R_p = q_d \times A$$

Dimana:

$$R_p = \text{daya dukung ujung tiang (ton)}$$

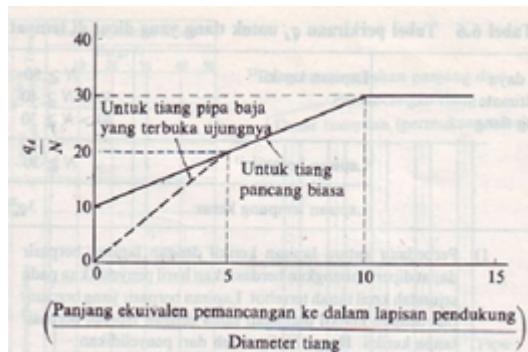
$$q_d = \text{daya dukung terpusat tiang (ton)}$$

$$A = \text{luas ujung tiang (m}^2\text{)}$$

Perhitungan luas tiang:

$$\begin{aligned} A &= 1/4 \pi \times D^2 \\ &= 1/4 \pi \times 0,6^2 \\ &= 0,282743339 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Perkiraan satuan (unit) daya dukung terpusat, q_d diperoleh dari hubungan antara L/D dan q_d/N seperti pada Gambar 4.37 berikut:



Gambar 4. 37 Diagram Perhitungan dari Intensitas Daya Dukung Ultimate Tanah Pondasi Pada Ujung Tiang (Sumber: Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Kazuto Nakazawa)

Dimana:

- L = panjang ekivalen penetrasi pada lapisan pendukung (m)
= $4 \times D$
= $4 \times 0,6m$
= $2,4 m$
- D = diameter tiang = $0,6m$
- \bar{N} = harga rata-rata N pada ujung tiang
= $N_1 + \bar{N}_2 / 2$
- N_1 = harga N pada ujung tiang (kedalaman 20 meter)
= 19
- \bar{N}_2 = harga rata-rata N pada jarak $4D$ dari ujung tiang
 $4 \times 0,6m = 2,4 m$
= $17 + 18 + 19 + 20 + 21 / 6$
= 19,17
- \bar{N} = harga rata-rata N pada ujung tiang
= $N_1 + \bar{N}_2 / 2$
= $19 + 19,17 / 2$
= 19,08

$$\begin{aligned} L/D &= 2,4m/0,6m \\ &= 4 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai L/D lalu diplot ke grafik seperti pada gambar untuk mendapatkan nilai q_d/N

$$\begin{aligned} q_d/\bar{N} &= 18 \\ \bar{N} &= 19,17 \\ q_d &= 18 \times 19,17 \\ &= 343,5 \text{ ton} \end{aligned}$$

Sehingga daya dukung ujung tiang adalah:

$$\begin{aligned} R_p &= q_d \times A \\ &= 343,5 \times 0,282 \\ &= 97,122 \text{ ton} \end{aligned}$$

4.6.1.3 Daya Dukung Ultimate Tiang, R_u

Daya dukung ultimate tiang, R_u , merupakan penjumlahan dari gaya geser dinding tiang, R_f dengan daya dukung ujung tiang, R_p .

$$\begin{aligned} R_u &= R_p + R_f \\ &= 97,122 \text{ ton} + 245,04 \text{ ton} \\ &= 342,17 \text{ ton} \end{aligned}$$

4.6.1.4 Daya Dukung Ijin Tiang, R_a

Daya dukung ultimate tiang, R_a , merupakan daya dukung ultimate tiang, R_u dibagi dengan faktor keamanan, n . Faktor keamanan untuk beban tetap adalah 3, sedangkan faktor keamanan untuk beban sementara (gempa) adalah 2.

Daya dukung ijin tiang yang terkena beban tetap:

$$\begin{aligned} R_a &= \frac{R_u}{SF} - Wp \\ &= \frac{180,49 \text{ ton}}{3} - (\text{W tiang} \times \text{panjang total tiang}) \\ &= 101 \text{ ton/tiang} \end{aligned}$$

Daya dukung ijin tiang yang terkena beban sementara:

$$R_a = R_u \times 150\%$$

$$\begin{aligned}
 &= 101 \times 1,5 \\
 &= 151,5 \text{ ton/tiang}
 \end{aligned}$$

4.6.2 Penentuan Jumlah Tiang dan Konfigurasi Tiang

Daya dukung ijin tiang yang telah dihitung akan dibandingkan dengan beban satu tiang saja. Sedangkan Tiang-tiang yang disatukan dalam satu pile cap, maka besarnya beban vertikal ekivalen (P_v) akan berubah dan dapat dirumuskan seperti berikut.

$$P_v = \frac{\sum V}{n} + \frac{M_x x_{max}}{\sum y_i^2} + \frac{M_y x_{max}}{\sum x_i^2}$$

Dimana:

P_v = total beban yang bekerja pada tiang yang ditinjau pada satu pile cap

$\sum V$ = total beban vertikal yang terjadi pada satu pile cap

M_x = momen arah x yang terjadi pada satu pile cap

M_y = momen arah y yang terjadi pada satu pile cap

x_{max} = jarak arah x maksimum dari tiang yang ditinjau ke titik berat pile cap

\bar{y}_{max} = jarak arah y maksimum dari tiang yang ditinjau ke titik berat pile cap

$\sum x_i^2$ = jumlah kuadrat jarak tiang terhadap titik berat pile cap dalam arah x

$\sum y_i^2$ = jumlah kuadrat jarak tiang terhadap titik berat pile cap dalam arah y

Untuk menghitung jumlah tiang dan konfigurasi tiang, pada tugas akhir ini akan ditulis satu contoh perhitungan saja yaitu As C5. Gaya-gaya yang terjadi pada pile cap diambil dari program bantu ETABS kombinasi tegangan ijin disajikan pada Tabel 4.38 yaitu seperti berikut ini

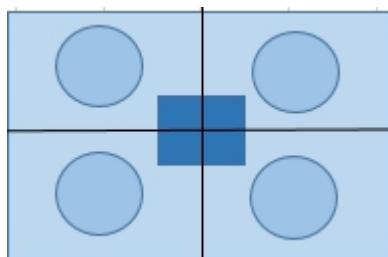
Tabel 4. 37 Output ETABS Beban Pondasi

Load Case/Combo	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
1D	0,9369	3,7166	2883,1465	1,6123	- 0,6184	0,0679
1D+1L	6,3463	3,088	3835,2185	0,597	-0,394	0,1046
1D+1L+1Ex Max	32,5083	26,8871	5291,5165	57,3158	59,778	1,3358
1D+1L+1Ex Min	5,0316	-9,5357	5108,766	- 41,9418	- 58,795	- 0,4598
1D+1L+1Ey Max	28,6244	26,3847	5263,9109	58,8504	43,255	1,3863
1D+1L+1Ey Min	8,9155	-9,0333	5136,3716	- 43,4765	- 42,272	- 0,5103

Untuk menentukan jumlah tiang, yaitu dengan membagi gaya maksimum yang terjadi dari luar, dibagi dengan daya dukung ijin tiang.

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P_{max}}{R_a} \\
 &= \frac{3835,2185 \text{ kN}}{1010 \text{ kN}} \\
 &= 3,79724604 \approx 4 \text{ tiang}
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan jumlah tiang, selanjutnya adalah membuat konfigurasi tiang yang dapat dilihat pada Gambar 4.38 seperti berikut ini:



Gambar 4. 38 Konfigurasi Tiang pada Pile Cap

Setelah membuat konfigurasi tiang, selanjutnya adalah menghitung beban vertikal ekivalen, P_v yang dihitung seperti pada Tabel 4.39 berikut:

Tabel 4. 38 Hasil Beban Vertikal pada Tiang

Tiang	V (kN)	X max (m)	Y max (m)	X2 (m)	y2 (m)	My (kNm)	Mx (kNm)	Pv (kN)
P1	3835,2185	-0,8	-0,8	0,64	0,64	1,6123	0,394	958,1776563
P2	3835,2185	0,8	-0,8	0,64	0,64	1,6123	0,394	959,1853438
P3	3835,2185	-0,8	0,8	0,64	0,64	1,6123	0,394	958,4239063
P4	3835,2185	0,8	0,8	0,64	0,64	1,6123	0,394	959,4315938
sigma				2,56	2,56		max =	959,4315938

Dari perhitungan beban ekivalen, didapatkan beban terbesar yaitu

$$P_v = 58344.85 \text{ kg}$$

Beban vertikal ekivalen harus lebih kecil dari daya dukung ijin tiang

Kontrol:

P_v	P ijin	
96 Ton	101 Ton	(Memenuhi)

4.6.3 Penulangan Pile Cap

Pile Cap merupakan struktur bawah yang berfungsi menyatukan pondasi yang digunakan untuk menerima beban dari atas berupa beban kolom maupun beban dinding geser.

4.6.3.1 Data Perencanaan

Pile cap yang dihitung pada tugas akhir ini hanya satu contoh saja yaitu pada pile cap AS C5 yang mempunyai data-data perencanaan sebagai berikut:

- Mutu beton, f_c' = 30 MPa
- Mutu baja lentur, f_y = 400 MPa
- Mutu baja geser, f_y = 240 MPa
- Diameter tiang, D = 0,6 mm
- Selimut beton, c = 75 mm

- Lebar pile cap = 3200 mm
- Panjang pile cap = 3200 mm
- Tebal pile cap = 1000 mm
- Panjang Kolom = 900 mm
- Lebar Kolom = 600 mm
- $= 0,85 - 0,05/7(f_c' - 28)$ = 0,8

menurut SNI 2847-2013 pasal 12.3.2 panjang lewatan dari dinding geser ke dalam pile cap harus dipilih yang terbesar dari berikut ini:

$$\begin{aligned}
 l_d &= 0,24 \times f_y / \lambda \times \overline{f'_c} \times d_b \\
 &= 0,24 \times 400 / 1 \times \sqrt{30} / 29 \\
 &= 508,286 \text{ mm} \\
 l_d &= 0,043 \times f_y / d_b \\
 &= 0,043 \times 400 / 29 \\
 &= 498,8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dari kedua persamaan di atas, yang terbesar adalah

$$l_d = 508,286 \text{ mm} \approx 510 \text{ mm}$$

Panjang lewatan harus lebih kecil dari tebal pile cap supaya tulangan dari dinding geser bisa masuk ke dalam pile cap.

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 l_d &\quad t_{pilecap} - c - d_b - d_{susut} \\
 550,4 \text{ mm} &\quad 1000 - 75 - 29 - 22 \\
 508,286 \text{ mm} &\quad 861 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

4.6.3.2 Geser pons Pada Pile Cap

Perencanaan pile cap harus memenuhi kekuatan geser nominal yang harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1 kuat geser yang disumbangkan oleh beton harus diambil yang terkecil dari berikut ini.

Geser pons akibat dinding geser:

- 1 Kuat geser yang disumbangkan beton syarat SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1.(a):

$$V_c = 0,17 \cdot 1 + 2/\beta \cdot \lambda \cdot \bar{f}_c' b_o d$$

Dimana:

$$d = \text{tebal efektif pile cap}$$

$$= t - c - 1/2 D$$

$$= 1000 - 75 - 1/2 \times 29$$

$$= 910,5 \text{ mm}$$

$$b_o = \text{keliling dari penampang kritis pada pelat poer}$$

$$= 2 \times b + \square + 4 \times d$$

$$= 2 \times 0,6 + 0,9 + 4 \times 0,909$$

$$= 6,642 \text{ m}$$

$$V_c = 0,17 \cdot 1 + 2/\beta \cdot \lambda \cdot \bar{f}_c' b_o d$$

$$= 0,17 \times 1 + 2/17,5 \times 1 \times \sqrt{30} \times 6,642 \times 910,5$$

$$= 16893110,58 \text{ N}$$

- 2 Kuat geser yang disumbangkan beton syarat SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1.(b):

$$V_c = 0,083 \frac{\alpha_s x d}{b_o} + 2 \lambda \bar{f}_c' b_o d$$

Dimana:

$$\alpha_s = 30 \text{ (untuk kolom tepi atau dinding geser tepi)}$$

$$V_c = 0,083 \frac{\alpha_s x d}{b_o} + 2 \lambda \bar{f}_c' b_o d$$

$$= 0,083 \frac{30 \times 909}{4270} + 2 \times 1 \times \sqrt{30} \times 4270 \times 909$$

$$= 20573586,67 \text{ N}$$

3. Kuat geser yang disumbangkan beton syarat SNI 2847-2013 pasal 11.11.2.1.(c):

$$V_c = 0,33 \lambda \bar{f}_c' b_o d$$

$$= 0,33 \times 1 \times \sqrt{40} \times 4270 \times 909$$

$$= 7576718,895 \text{ N}$$

Dari ketiga persyaratan di atas, diambil nilai V_c yang terkecil, yaitu:

$$V_c = 7576718,895N$$

Setelah mendapatkan kuat geser yang disumbangkan oleh beton, kemudian dikontrol terhadapa beban ekibalen terbesar, P_v yaitu sebesar:

$$Vu = 583448,6N$$

Kontrol:

V_u	ϕV_c
$3273418,915N$	$0,75 \times 10930836,26N$
$3273418,915 N$	$8198127,192 N$ (Memenuhi)

4.6.3.3 Penulangan Lentur Pile Cap

Penulangan lentur pile cap digunakan untuk menahan momen yang terjadi akibat reaksi dari kolom dan tiang pancang. Berikut ini adalah perhitungan momen pada pile cap.

Pada perhitungan tulangan arah x dan y, digunakan penulangan arah x sama dengan arah y karena bentuk pile cap yang simetris persegi sehingga memiliki jarak jarak yang sama.

$$\begin{aligned} q &= b \times t \times BJ \\ &= 3,2 \times 1 \times 2400 \\ &= 7680 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &= q \times \text{jarak tepi kolom ke tepi poer} \\ &= 7680 \times 1,22 \\ &= 9369,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{max} &= P \times \text{jumla tiang dalam 1 baris} \\ &= 96000 \times 2 \\ &= 191,8228625 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= P \times L - \frac{1}{2} \times Q \times L \\ &= 191,8228625 \times 0,5 - \frac{1}{2} \times 9,3696 \times 0,5 \times 10000000 \\ &= 901959752,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Pada perencanaan pile cap diketahui data-data perencanaan sebagai berikut:

- Lebar pile cap, b = 3200 mm
- Panjang pile cap, h = 320 mm
- Tinggi pile cap, t = 1000 mm
- Selimut beton, c = 75 mm
- $= 0,85 - 0,05/7(f_c' \cdot 28) = 0,8$
- $M_u = 901959752,5 \text{ Nmm}$

Direncanakan tulangan lentur pile cap:

- Diameter, D = 29 mm
- Jarak tulangan, s = 150 mm

$$\begin{aligned} d &= t - c - 1/2D \\ &= 1000\text{mm} - 75\text{mm} - \frac{1}{2} \times 29\text{mm} \\ &= 985,425 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_u/\emptyset \\ &= 901959752,5 \text{ Nmm}/0,9 \\ &= 1002177503 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{bx d^2} \\ &= \frac{1002177503 \text{ Nmm}}{150 \text{ mm} \times (985 \text{ mm})^2} \\ &= 0,322513218 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0,85x f_{c'}'} \\ &= \frac{400 \text{ MPa}}{0,85x 30 \text{ MPa}} \\ &= 15,68627451 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{400 \text{ MPa}} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{max} &= 0,5 \rho_b \\ &= 0,5 \times 0,85 \times \beta \times \left(\frac{f_c'}{f_y}\right) \times \left(\frac{600}{600 + f_y}\right) \\ &= 0,5 \times 0,85 \times 0,8 \times \left(\frac{30}{400}\right) \times \left(\frac{600}{600 + 400}\right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,024 \\
 \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} x \quad 1 - \sqrt{1 - \frac{2xmxR_n}{f_y}} \\
 &= \frac{1}{13,445} x \quad 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,445 \times 0,358}{400}} \\
 &= 0,000811447
 \end{aligned}$$

Kontrol rasio tulangan:

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

$$0,0035 \geq 0,000811447 \leq 0,018 \quad (\text{Tidak memenuhi})$$

Maka dipakai ρ_{min}

$$\begin{aligned}
 As_{perlu} &= \rho x b x d \\
 &= 0,0035 x 3200 mm x 985 mm \\
 &= 11036,76 mm^2 \\
 As_{pakai} &= 1/4 \pi x d^2 x b / s \\
 &= 1/4 \pi x 29^2 x 3200 / 150 \\
 &= 14091,09025 mm^2
 \end{aligned}$$

Kontrol luas tulangan:

$$As_{perlu} \leq As_{pakai}$$

$$11036,76 mm^2 \leq 14091,09025 mm^2 \quad (\text{Memenuhi})$$

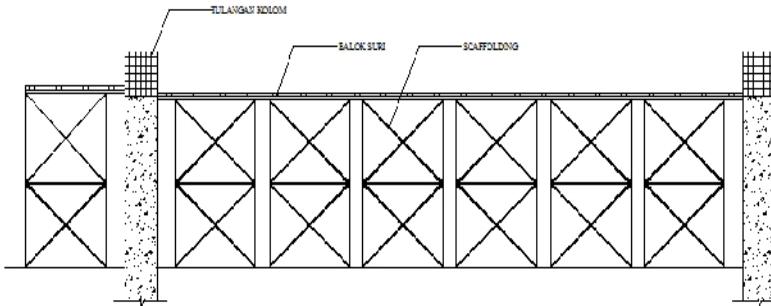
Hasil rekapitulasi perhitungan pondasi dan penulangan pile cap di sajikan pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 39 Hasil Rekapitulasi Pondasi dan Pile Cap

Tipe Pilecap	Dimensi (m)			Jumlah Tiang	Kedalaman Tiang (m)	Penulangan Pile Cap	
	p	l	t			Arah x	Arah y
P1	3,04	3,04	1	4	20	D29 - 150	D22 - 150
P2	11,7	5	1	21	24	D29 - 150	D22 - 150

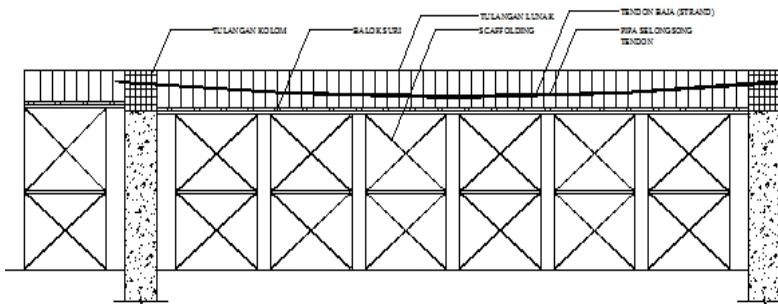
4.7 Metode Pelaksanaan Balok Pratekan

- Setelah kolom dicor, kemudian dipasang scaffolding (Gambar 4.39) dipasang dengan balok-balok suri sebagai penumpu bekisting balok pratekan, pelat, dan balok-balok di sebelahnya.



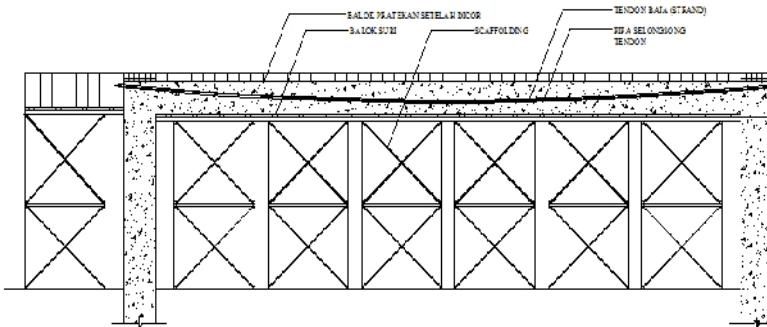
Gambar 4. 39 Pemasangan Bekisting

- Membuat bekisting balok pratekan sesuai dengan rencana letak komponen struktur
- Tulangan balok pratekan dan pipa selongsong tendon dipasang sesuai perencanaan (Gambar 4.40). Tulangan pelat dan balok anak juga dipasang secara bersamaan
- Masukkan tendon baja (strand) ke dalam pipa selongsong dan pasang anchor tendonnya



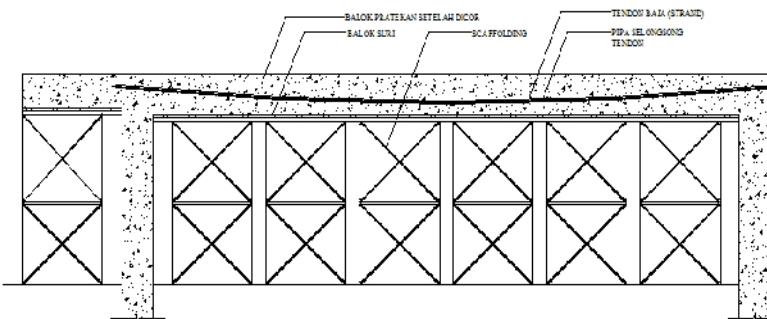
Gambar 4. 40 Pemasangan Tendon dan Tulangan Balok Pratekan

- 5) Beton dicor ke dalam bekisting balok dengan tinggi beton dikurangi tebal pelat (Gambar 4.41)
- 6) Setelah balok mengeras, pasang head anchor kemudian dilanjutkan dengan proses jacking pada kedua ujung tendon yang telah terpasang. Setelah itu potong kelebihan tendon baja.



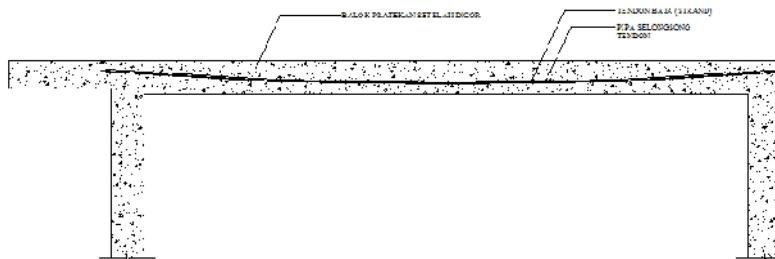
Gambar 4. 41 Pengecoran Balok Pratekan

- 7) Pasang anchor grout cap dan dilanjutkan proses grouting.
- 8) Pemasangan bekisting balok anak
- 9) Lanjutkan pengecoran pelat, balok anak, dan balok Induk (Gambar 4.42).



Gambar 4. 42 Pengecoran Final Balok Pratekan

10) Setelah beton mengering, lepas bekisting dan scaffolding yang telah digunakan (Gambar 4.43).



Gambar 4. 43 Pelepasan Bekisting dan Scafodi

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari perhitungan-perhitungan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya didapatkan kesimpulan sesuai tujuan penulisan tugas akhir ini yaitu dapatkan hasil analisa sebagai berikut :

1. Perencanaan desain modifikasi struktur gedung Twin Tower dengan menggunakan dual sistem dan penggunaan balok pratekan dengan bentang 15 m pada lantai atap.
2. Perencanaan Gedung Twin Tower UINSA Surabaya, memiliki dimensi – dimensi struktur baik struktur sekunder maupun struktur primer sebagai berikut :

Struktur Sekunder :

- | | |
|----------------------|------------|
| - Balok anak | : 25/40 cm |
| - Tebal Pelat Lantai | : 12 cm |
| - Tebal Pelat Tangga | : 15 cm |
| - Balok Bordes | : 25/40 cm |
| - Balok lift | : 40/60 cm |

Struktur Utama :

- | | |
|-------------------|-------------|
| - Balok Pratekan | : 50/75 |
| - Balok Induk | : 40/60 cm |
| - Kolom | : 60/90 cm. |
| - Tebal Shearwall | : 350 mm |

Struktur Pondasi:

- Terdapat 3 tipe pondasi yaitu:
- Pondasi menahan beban kolom,
- Pondasi menahan beban kolom dan Shearwall Lurus
- Pondasi menahan beban kolom dan Shearwall Siku

3. Analisa struktur menggunakan program bantu ETABS.
4. Perencanaan dengan menggunakan system beton pratekan berdasarkan karena kebutuhan akan ruangan yang luas dan bebas kolom pada tengah bentangnya, sehingga penggunaan beton pratekan sangat tepat untuk memenuhi kebutuhan tersebut.
5. Dari hasil perencanaan desain didapatkan distribusi beban lateral yang dipikul oleh sistem rangka dan dinding geser struktur utama gedung Twin Tower UINSA Surabaya adalah sebagai berikut:
 - Untuk beban gempa arah X, beban lateral mampu dipikul oleh struktur SRPM sebesar 27 % dan struktur Dinding Geser sebesar 73 %.
 - Untuk beban gempa arah Y, beban lateral mampu dipikul oleh struktur SRPM sebesar 30 % dan Struktur Dinding Geser sebesar 70%
6. Didapatkan hasil desain balok pratekan sepanjang 15 m pada lantai atap didapat gaya pratekan awal sebesar 1300 KN dengan kehilangan pratekan sebesar 23,4%.
7. Hasil analisa struktur yang telah dilakukan pada perencanaan Gedung Twin Tower dituangkan pada gambar teknik pada lampiran.

5.2 Saran

Saran yang mungkin dapat membantu dalam hal perencanaan struktur Twin Tower UINSA Surabaya adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan menggunakan beton pratekan sebaiknya memperhatikan dimensi balok dengan gaya pratekan yang terjadi, disesuaikan dengan panjang dan dimensi angkur yang akan dipasang nantinya pada tumpuan.

2. Perencanaan balok pratekan menggunakan metode post tensioned supaya untuk memudahkan dalam pelaksanaan diantaranya adalah pada saat jeking. Metode post tensioned melakukan jeking pada saat beton sudah mengeras, hal ini memudahkan dalam pelaksanaan khususnya untuk bangunan gedung.
3. Pada perencanaan bangunan harus dipikirkan kemudahan dalam aplikasi di lapangan sehingga pelaksanaan dapat berjalan dengan baik, lancar dan sesuai dengan perencanaan.
4. Untuk pratekan balok yang menerus dengan balok induk biasa maka dilakukan jeking pada balok pratekan dilakukan pada satu sisi saja, sisi lainnya dipasang angkur mati. Hal ini untuk mempermudah analisa dan pelaksanaan

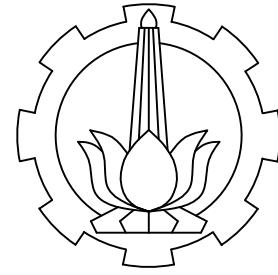
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Budiono, I.P., Wahyuni, E., Isdarmanu. 2017. "Perbandingan Berat Material Baja Pada Perencanaan Struktur Baja Sistem Rangka Pengaku Eksentris (SRPE) dengan Sistem Staggered Truss Frames (STF) pada Apartemen Purimas Surabaya." *Jurnal Teknik ITS*.
- BURNS, T. L.-H. (1993). *Desain Struktur Beton Prategang* Edisi Ketiga Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI)*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum. (1983). *Peraturan Pembebaan Indonesia untuk Bangunan Gedung (PPIUG)*. Bandung: Badan standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2012)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2013). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013)*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Imran, I., & Hendrik, F. (2014). *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang*. Bandung: ITB Bandung.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2010). *Peta Hazzard Gempa Indonesia 2010 Sebagai Acuan Dasar Perencanaan dan*

- Perancangan Infrastruktur Tahan Gempa. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Klana, K.I., Irmawan, M., Wahyuni., E. 2017. "Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang Jakarta Pusat dengan Metode Beton Pracetak." Jurnal Teknik ITS.
- Nawy, E. G. (2001). Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar Edisi Ketiga Jilid 1. Diterjemahkan oleh Ir. Bambang Suryoatmojo, Ph.D. Jakarta: Erlangga.
- Soetoyo, 2015. Konstruksi Beton Pratekan.
- Sosarodarsono, I., & Nakazawa, K. (1983). Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Tavio, & Kusuma, B. (2009). Desain Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa. Surabaya: ITS PREES.

LAMPIRAN



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

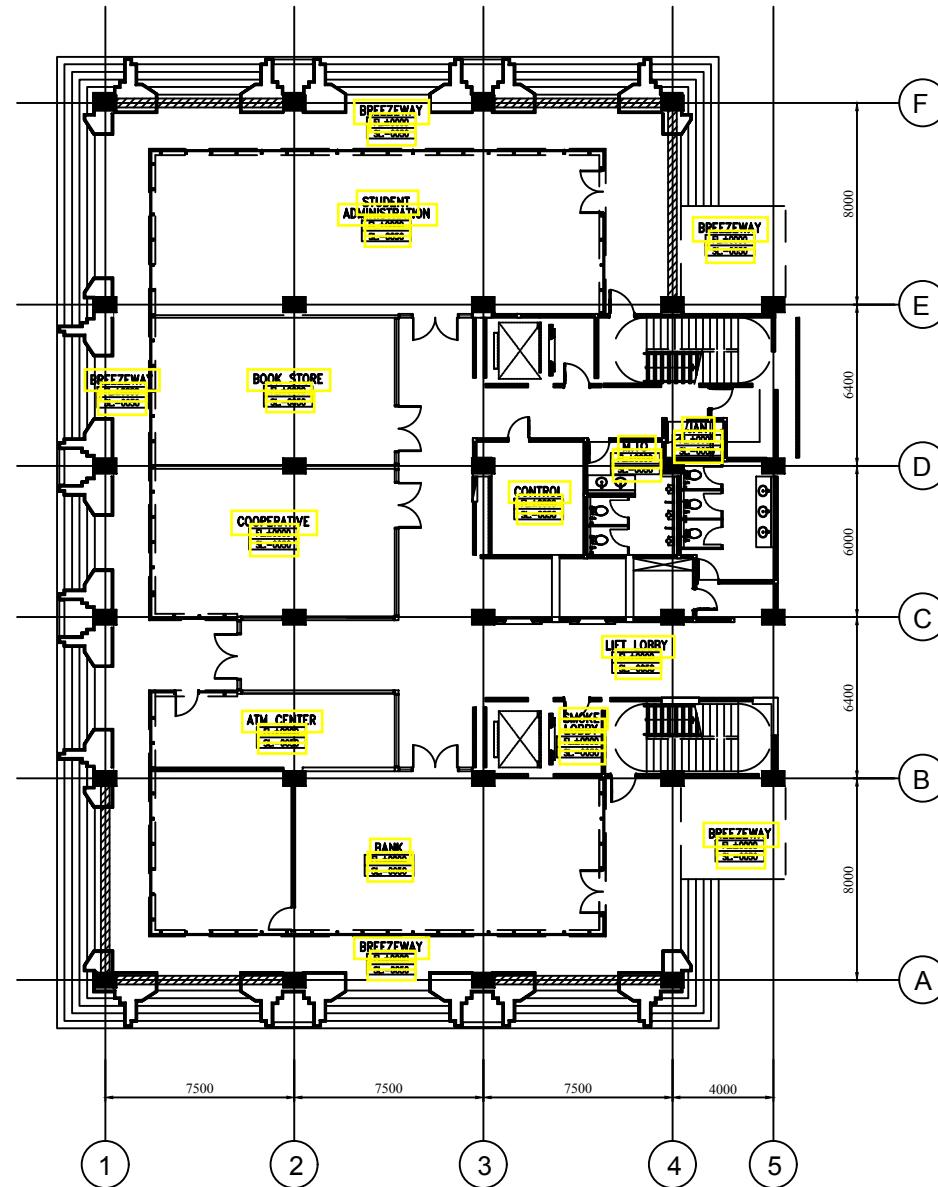
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

NAMA GAMBAR

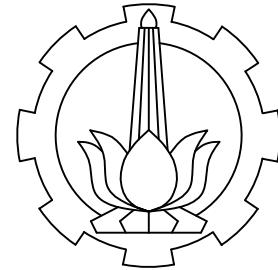
DENAH LANTAI 1



DENAH LANTAI 1

SKALA : 1 : 300

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
01	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

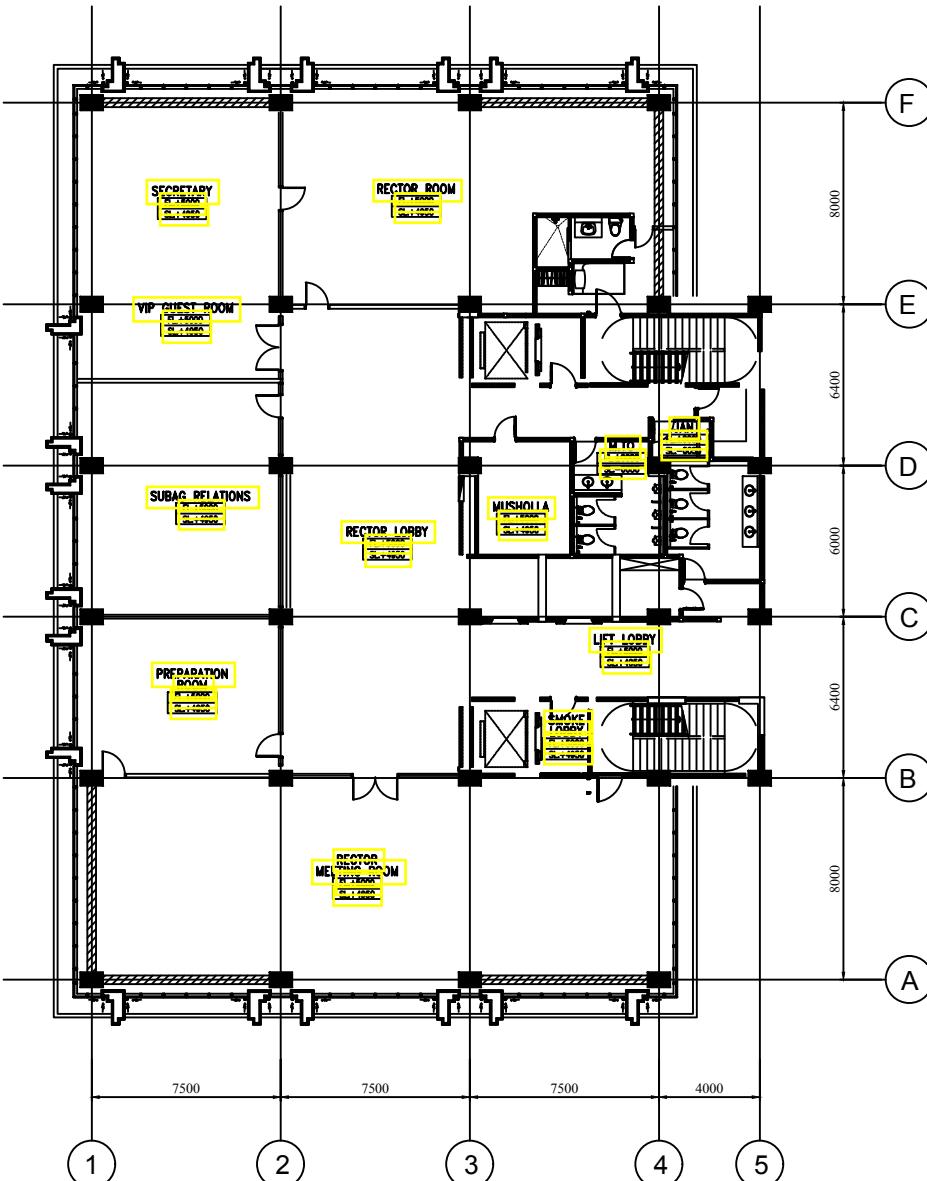
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

NAMA GAMBAR

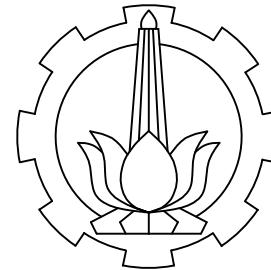
DENAH LANTAI 2



DENAH LANTAI 2

SKALA : 1 : 300

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
02	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

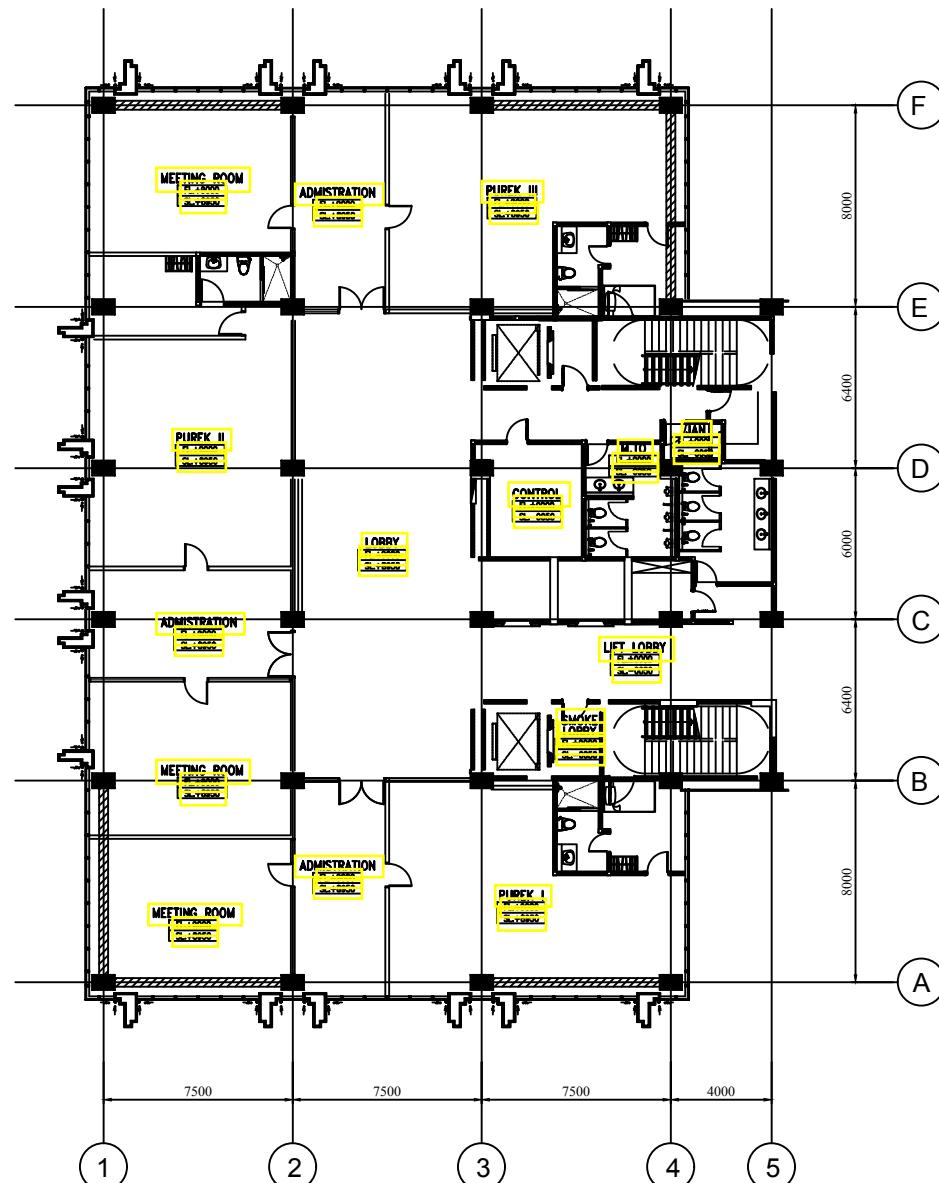
WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

NAMA GAMBAR

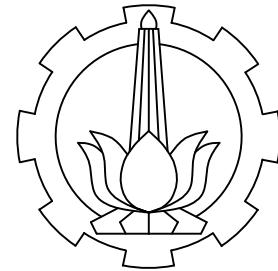
DENAH LANTAI 3

DENAH LANTAI 3

SKALA : 1 : 300



NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
03	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

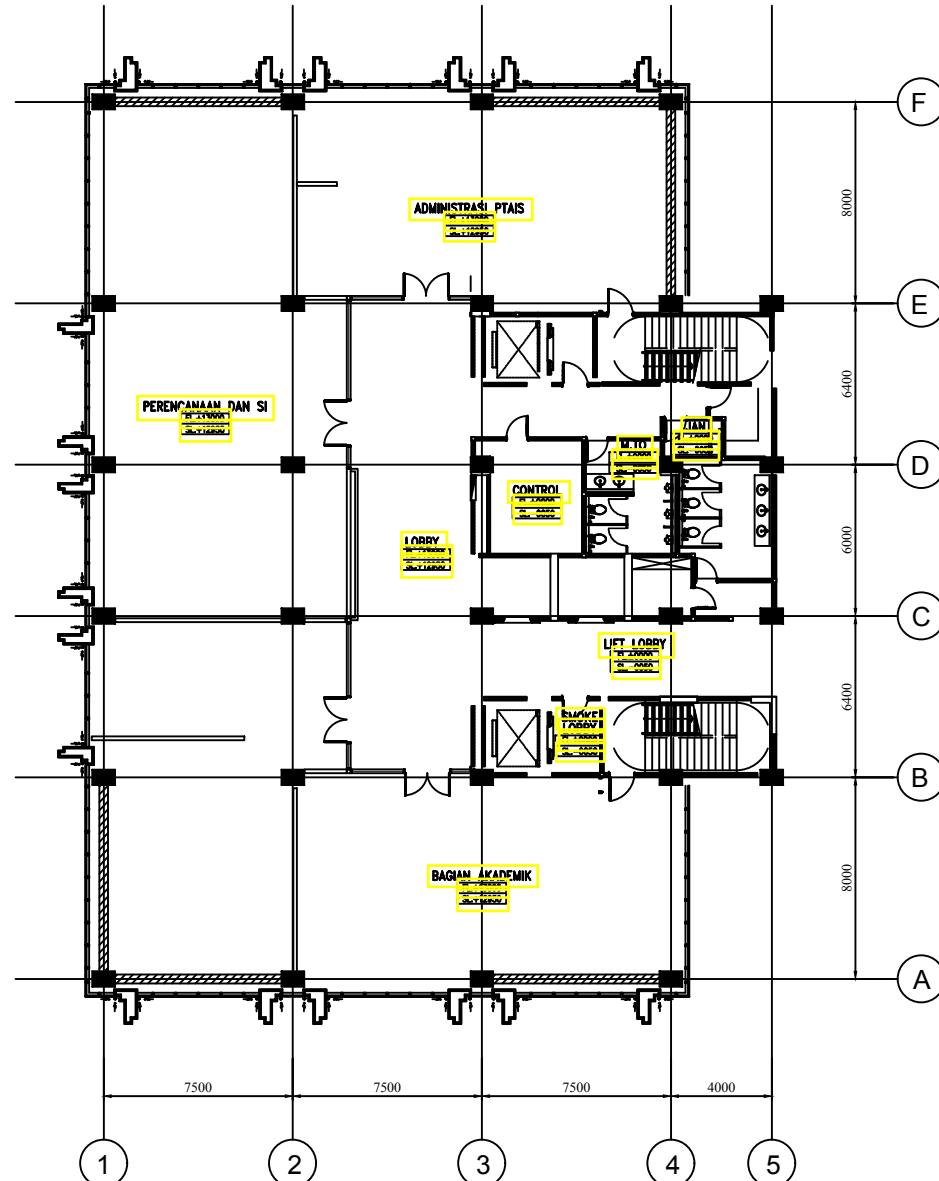
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

NAMA GAMBAR

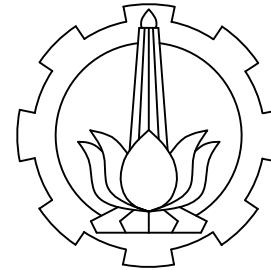
DENAH LANTAI 4



DENAH LANTAI 4

SKALA : 1 : 300

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
04	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

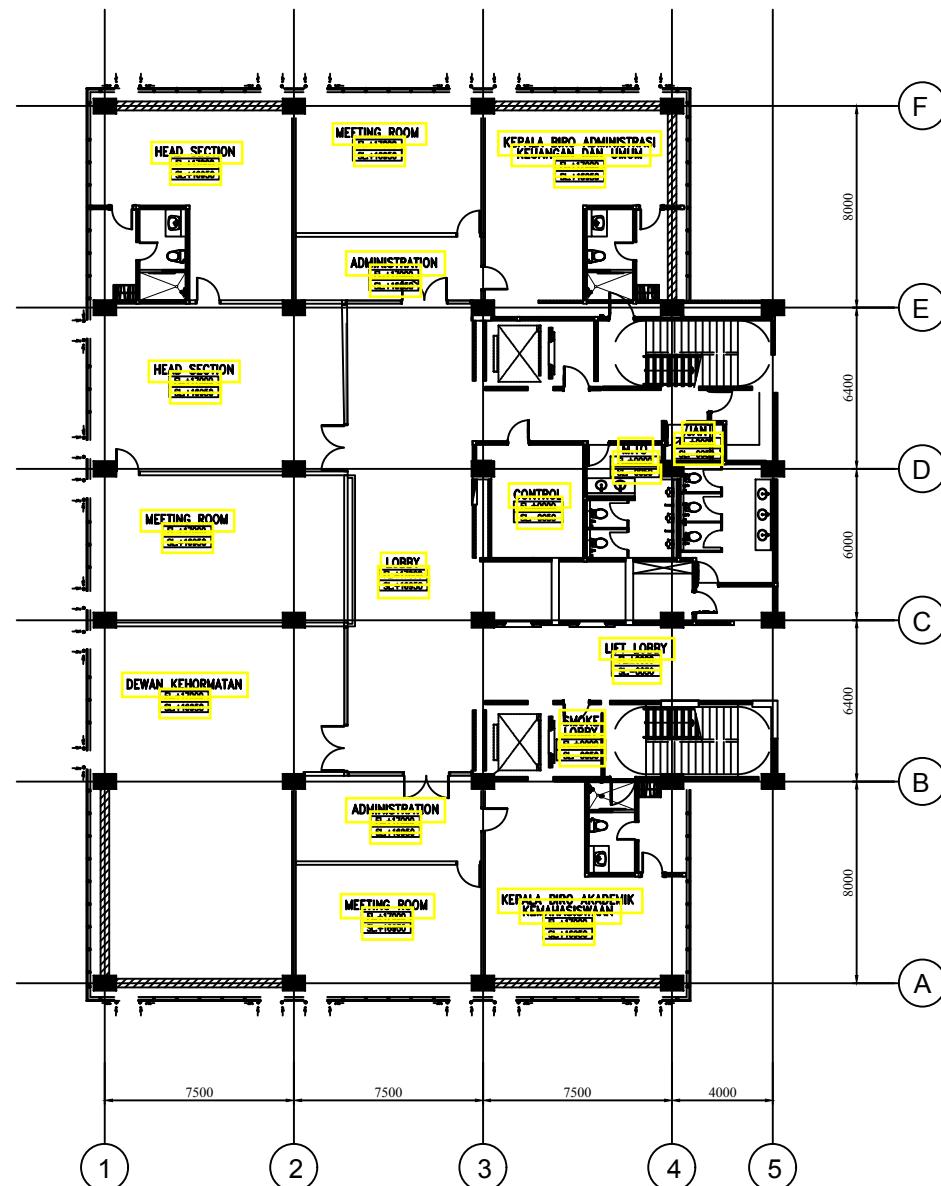
MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

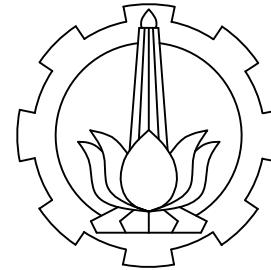
NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 5

DENAH LANTAI 5
SKALA : 1 : 300



NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
05	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

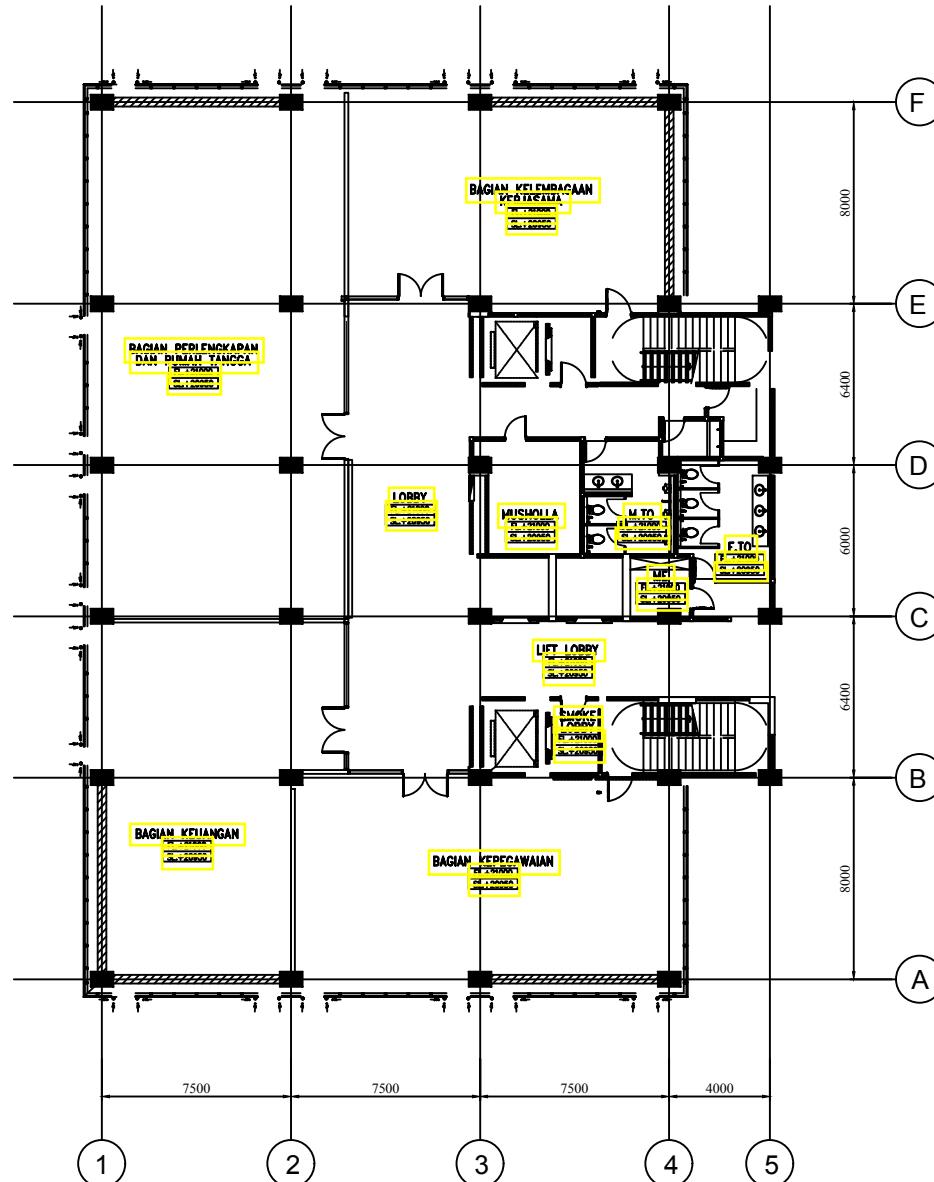
MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

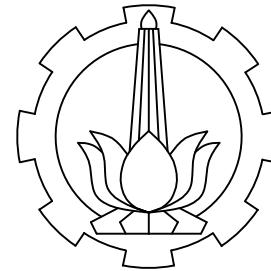
NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 6

 DENAH LANTAI 6
SKALA : 1 : 300



NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
06	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

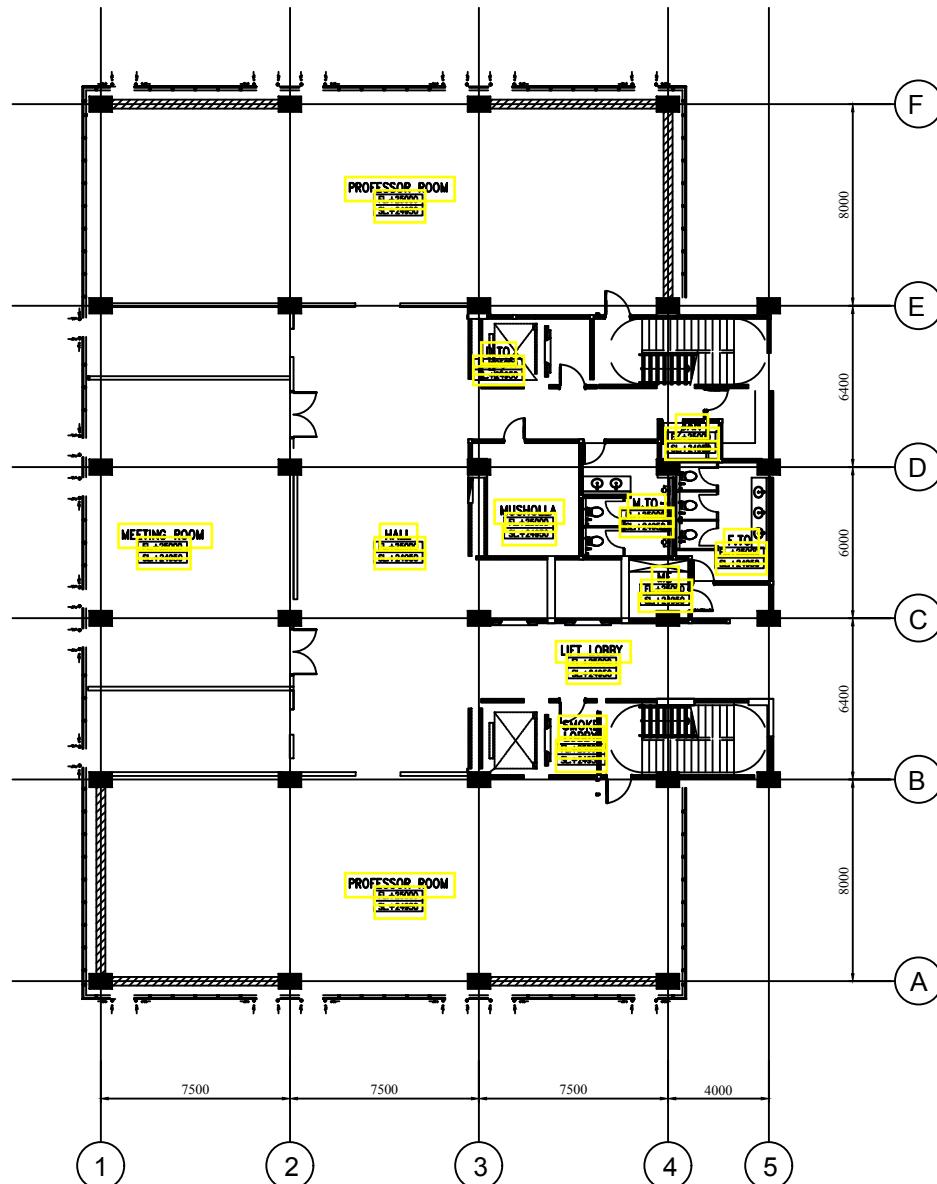
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

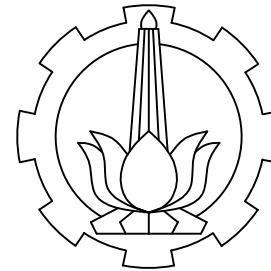
NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 7



DENAH LANTAI 7
SKALA : 1 : 300

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
07	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

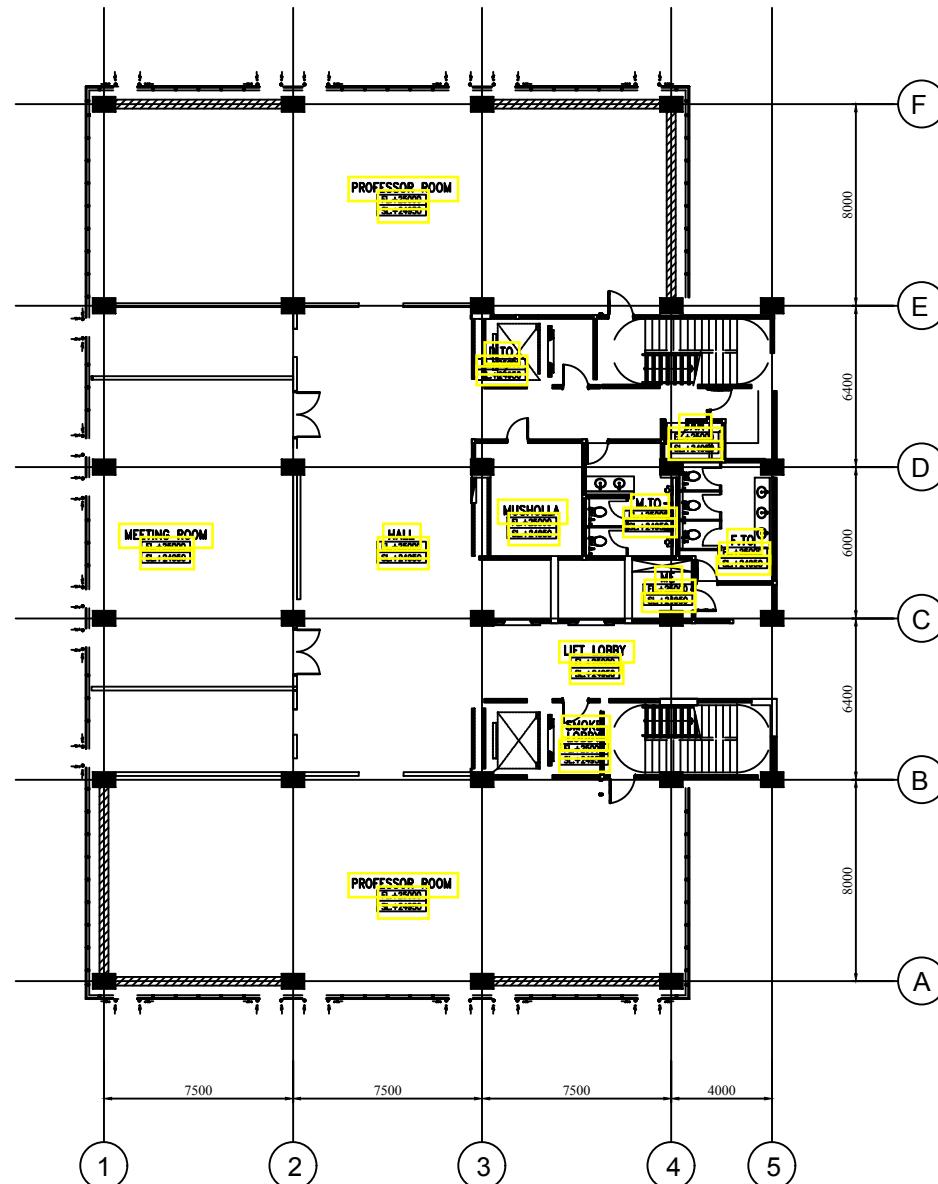
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

NAMA GAMBAR

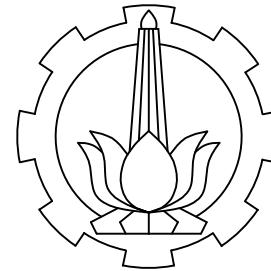
DENAH LANTAI 8



DENAH LANTAI 8

SKALA : 1 : 300

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
08	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

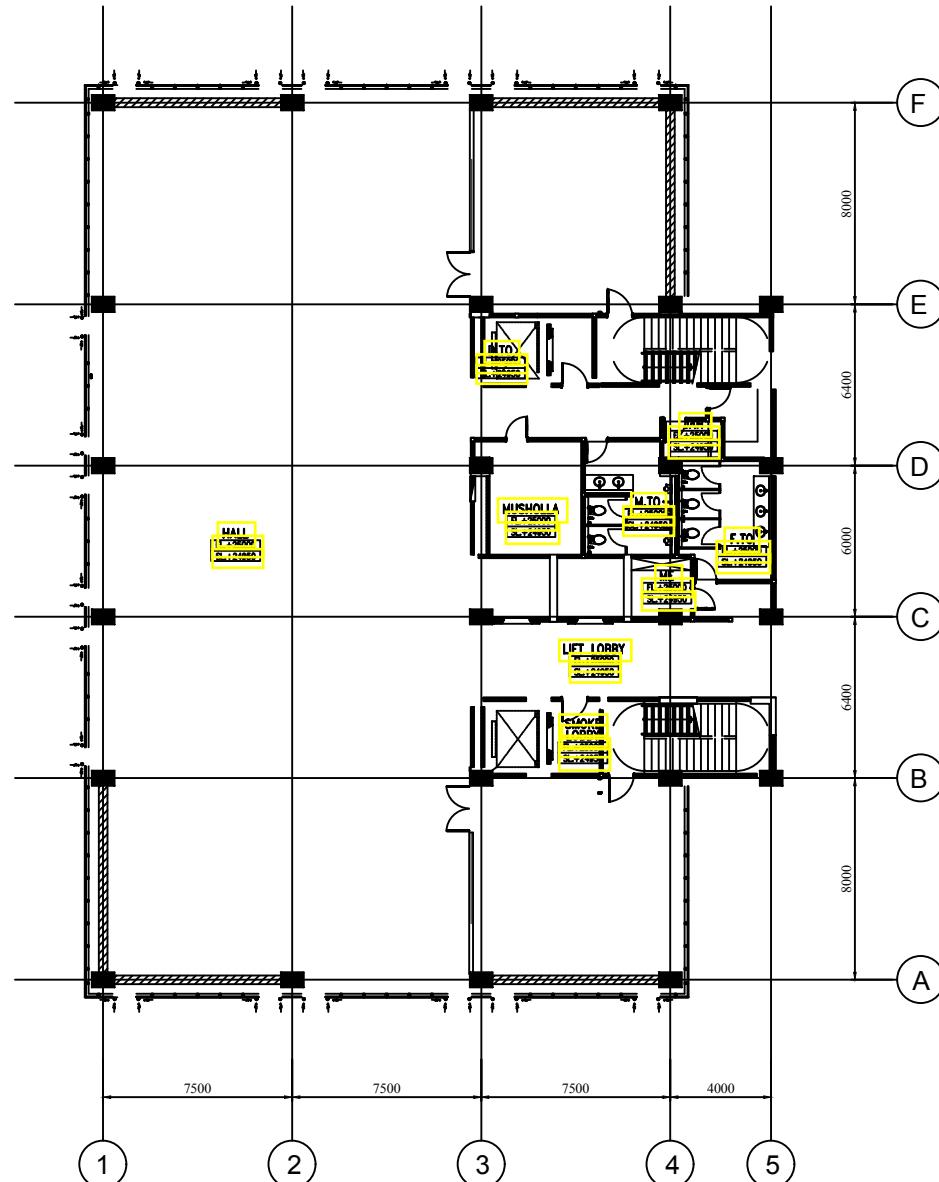
MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

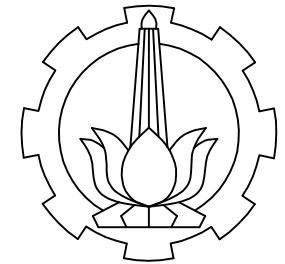
NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI 9

DENAH LANTAI 9
SKALA : 1 : 300



NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
09	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

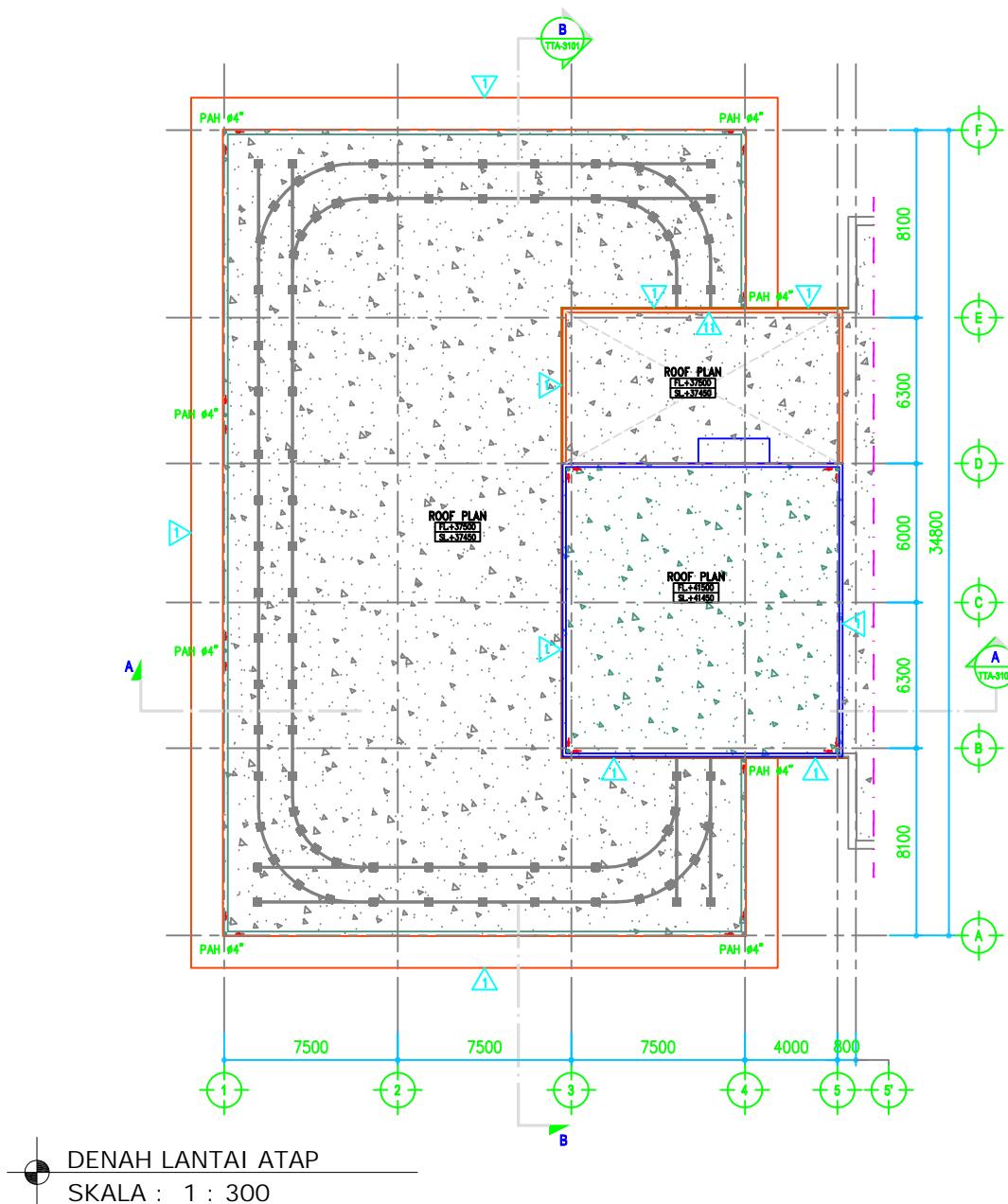
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST, MT. Ph.D

MAHASISWA

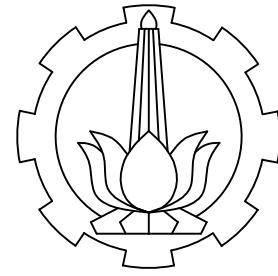
WISNU PRIAMBODO
NRP. 03111645000053

NAMA GAMBAR

DENAH LANTAI ATAP



NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
10	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

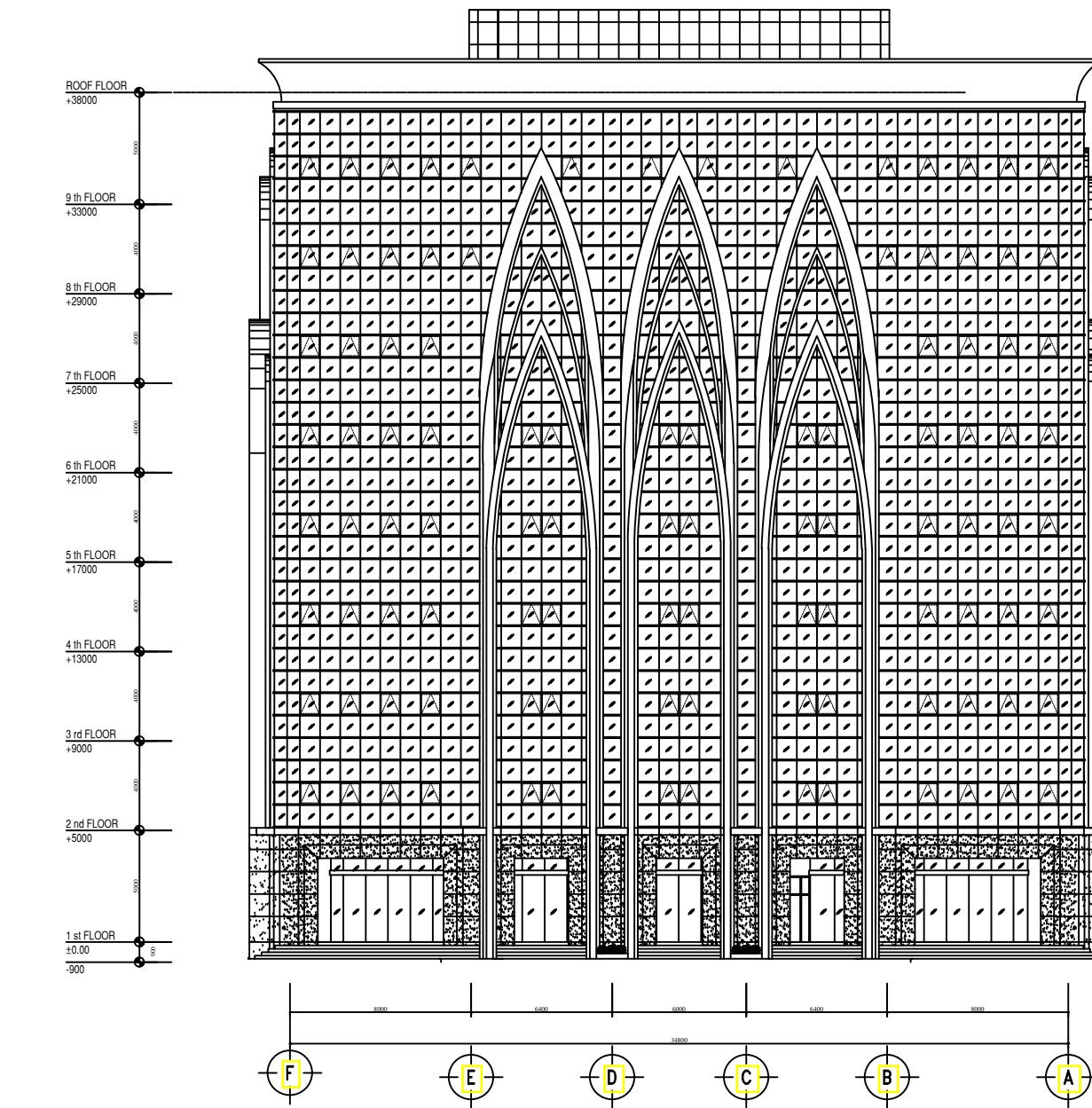
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 03111645000053

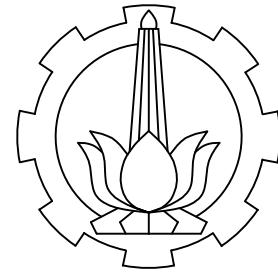
NAMA GAMBAR

TAMPAK UTARA



TAMPAK UTARA
SKALA : 1 : 300

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
11	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

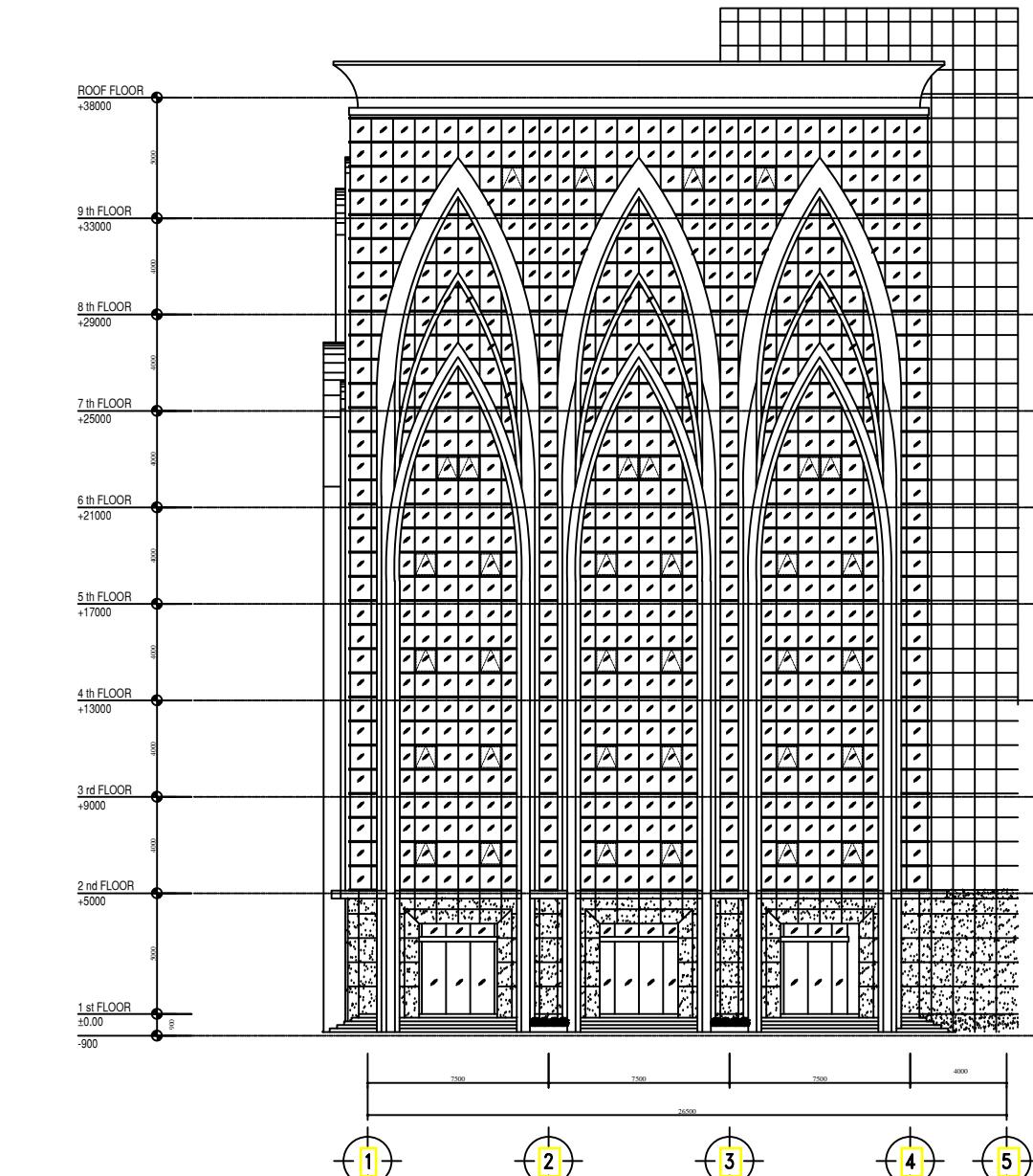
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

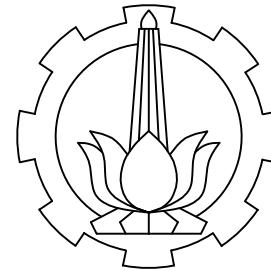
NAMA GAMBAR

TAMPAK BARAT



TAMPAK BARAT
SKALA : 1 : 300

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
12	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

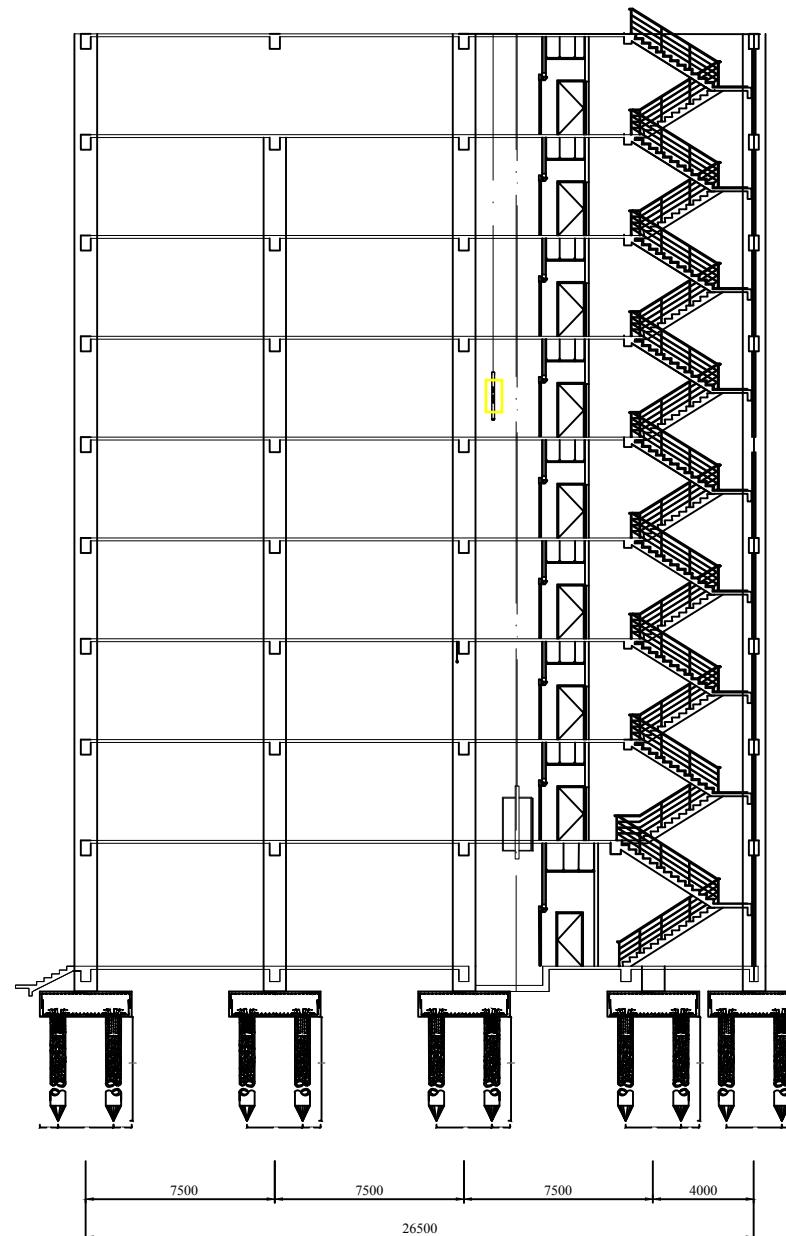
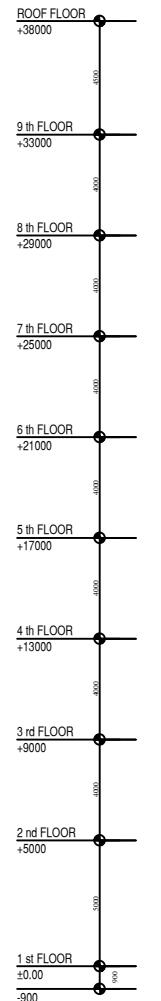
MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

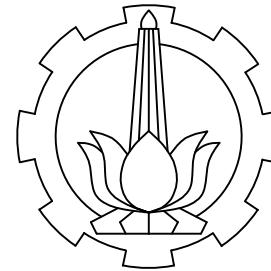
NAMA GAMBAR

POTONGAN A A'

 POTONGAN A-A'
SKALA : 1 : 300



NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
13	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

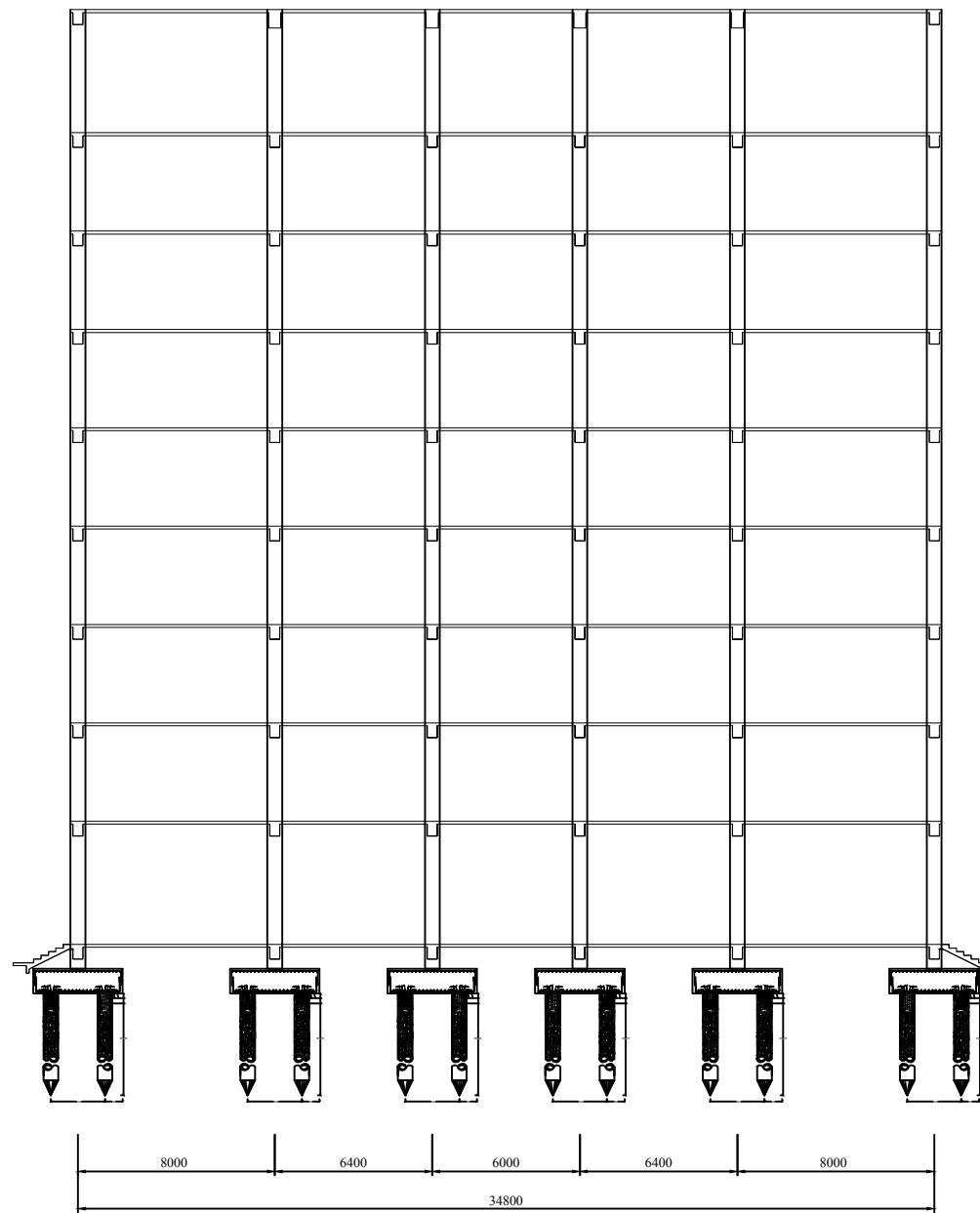
MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

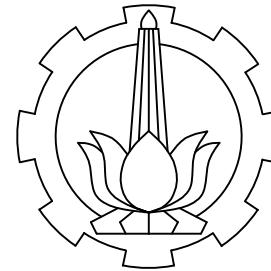
NAMA GAMBAR

POTONGAN B B'

POTONGAN B-B'
SKALA : 1 : 300



NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
14	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

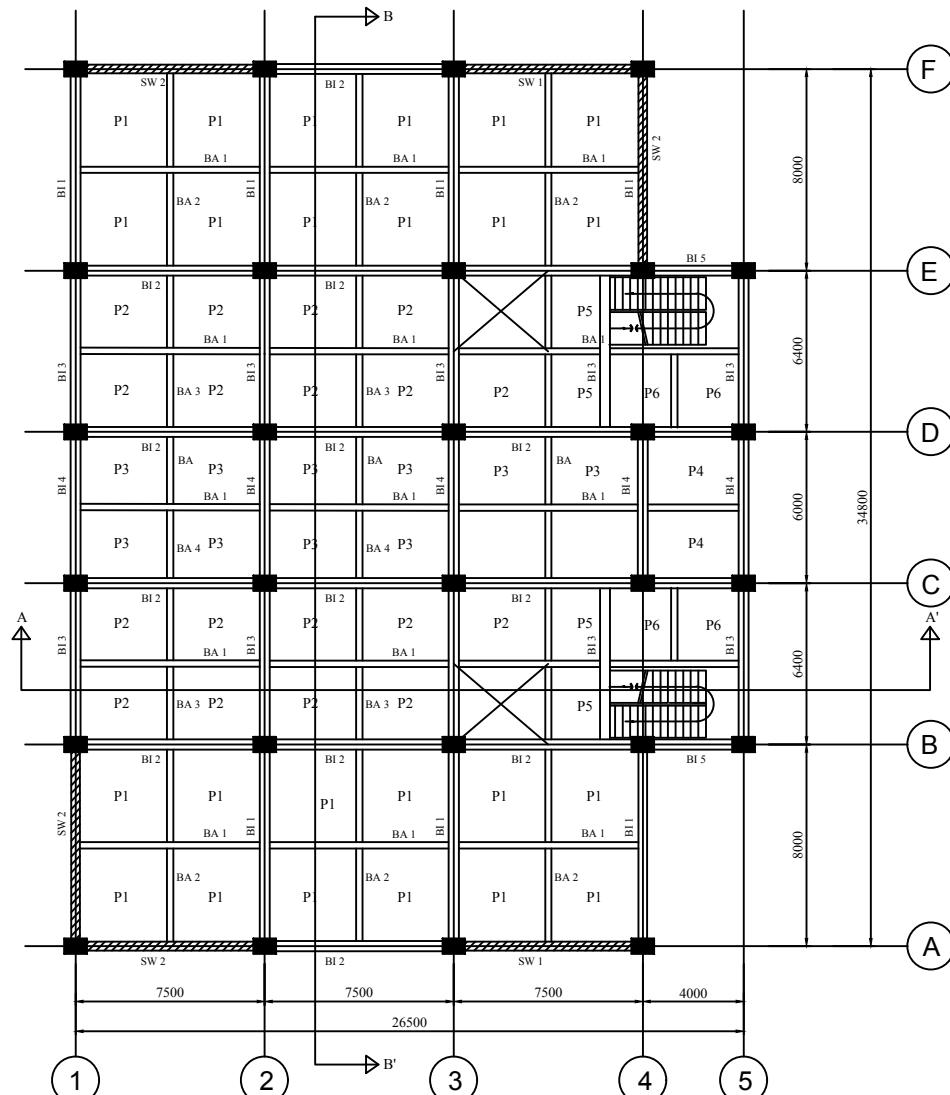
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LANTAI 2



DENAH PEMBALOKAN LANTAI 2

SKALA : 1 : 300

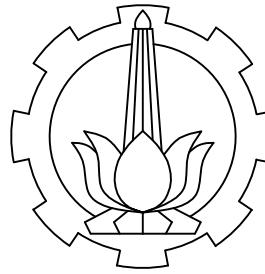
Tipe Pelat	P x l (m)
P1	3,75 x 4
P2	3,75 x 3,2
P3	3,75 x 3
P4	4 x 3
P5	2,25 x 3,2
P6	2,75 x 3,2

Tipe SW	P x t (m)
SW1	7,5 x 0,35
SW2	7,5 x 0,35
	8 x 0,35

NOTASI	PANJANG (mm)	DIMENSI
BI 1	8000	40/60
BI 2	7500	40/60
BI 3	6400	40/60
BI 4	6000	40/60
BI 5	4000	40/60

NO LEMBAR JUMLAH LEMBAR

15 37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

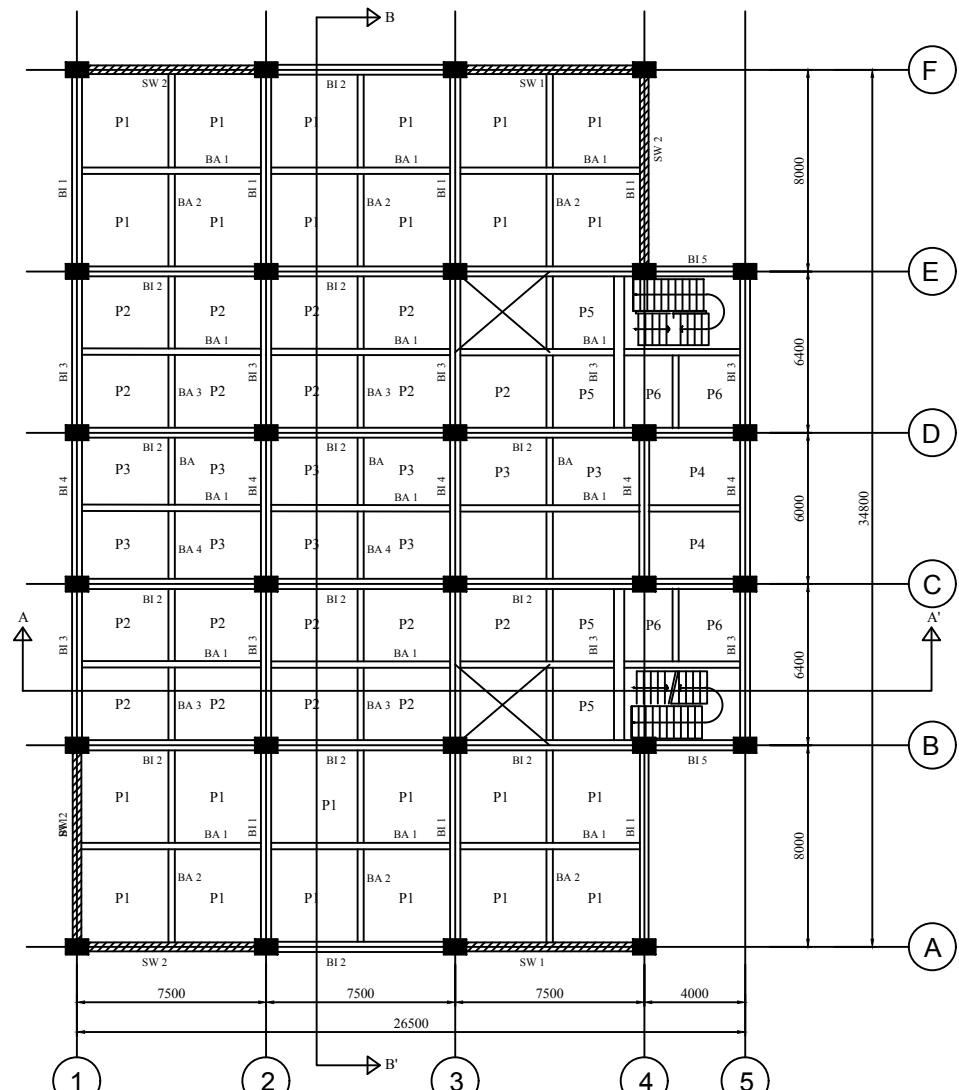
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LANTAI 2



DENAH PEMBALOKAN LANTAI 3-9

SKALA : 1 : 300

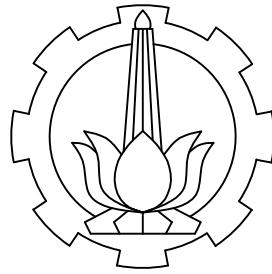
Tipe Pelat	P x l (m)
P1	3,75 x 4
P2	3,75 x 3,2
P3	3,75 x 3
P4	4 x 3
P5	2,25 x 3,2
P6	2,75 x 3,2

Tipe SW	P x t (m)
SW1	7,5 x 0,35
SW2	7,5 x 0,35
	8 x 0,35

NOTASI	PANJANG (mm)	DIMENSI
BI 1	8000	40/60
BI 2	7500	40/60
BI 3	6400	40/60
BI 4	6000	40/60
BI 5	4000	40/60

NO LEMBAR JUMLAH LEMBAR

16 37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

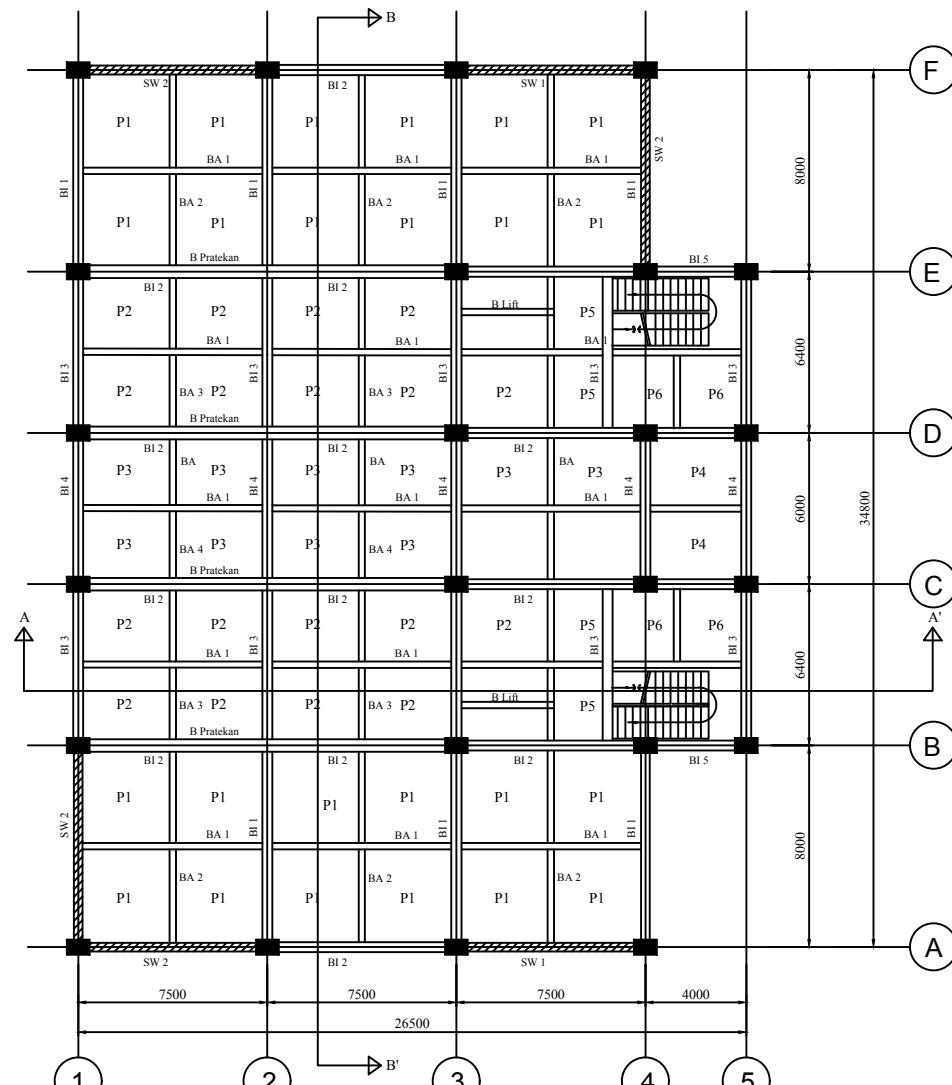
NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LANTAI 2

NOTASI	PANJANG (mm)	DIMENSI
BI 1	8000	40/60
BI 2	7500	40/60
BI 3	6400	40/60
BI 4	6000	40/60
BI 5	4000	40/60

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
-----------	---------------

17	37
----	----



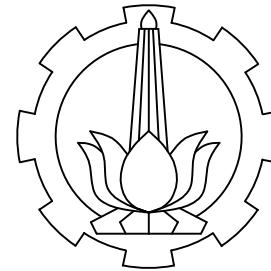
DENAH PEMBALOKAN LANTAI ATAP

SKALA : 1 : 300

Tipe Pelat	P x l (m)
P1	3,75 x 4
P2	3,75 x 3,2
P3	3,75 x 3
P4	4 x 3
P5	2,25 x 3,2
P6	2,75 x 3,2

Tipe SW	P x t (m)
SW1	7,5 x 0,35
SW2	7,5 x 0,35
	8 x 0,35

NOTASI	PANJANG (mm)	DIMENSI
BI 1	8000	40/60
BI 2	7500	40/60
BI 3	6400	40/60
BI 4	6000	40/60
BI 5	4000	40/60



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

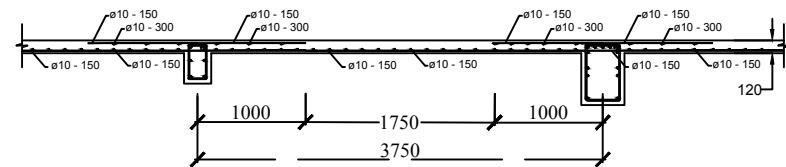
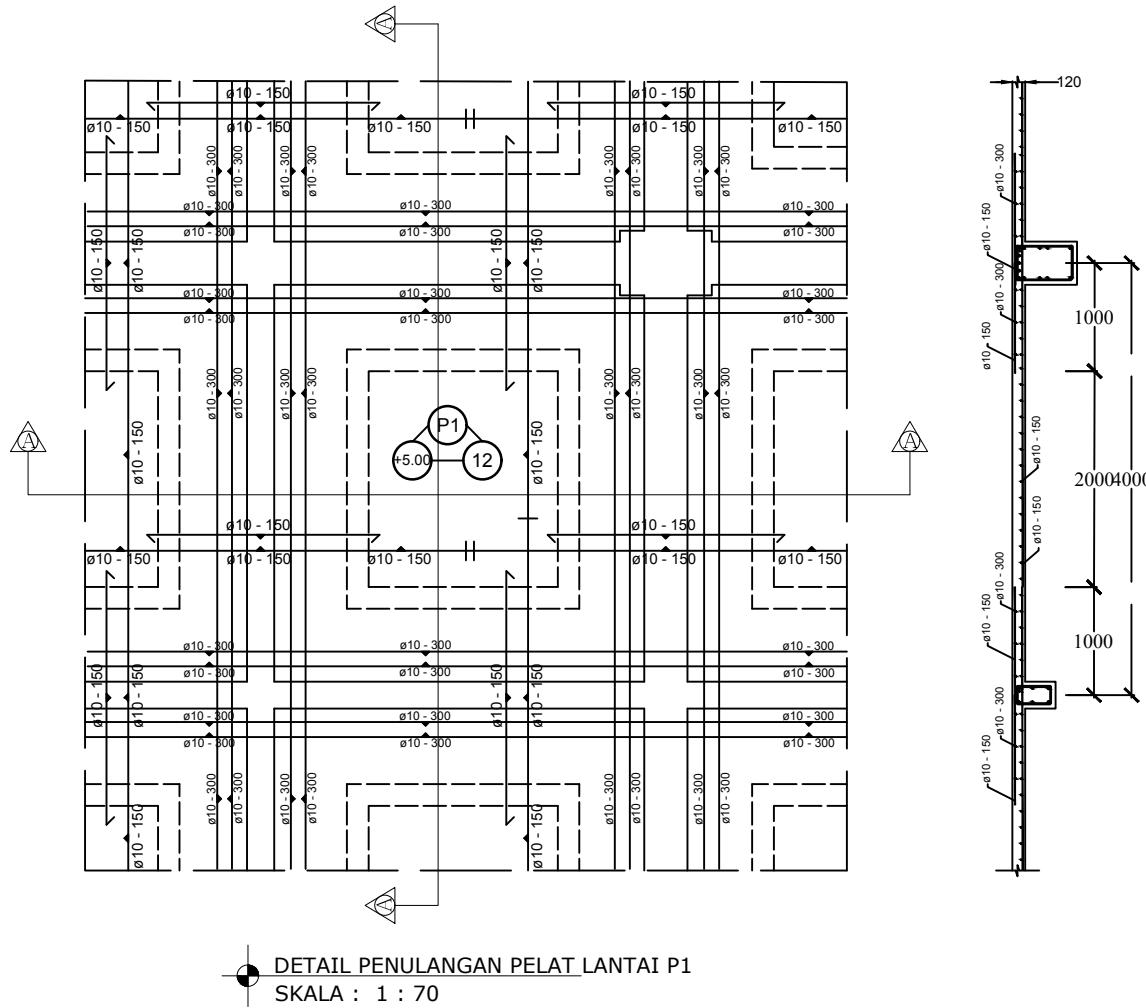
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

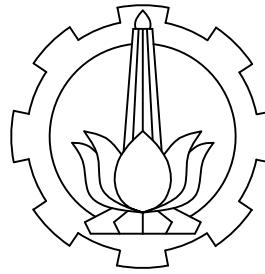
WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN PELAT
LANTAI P1



NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
-----------	---------------



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

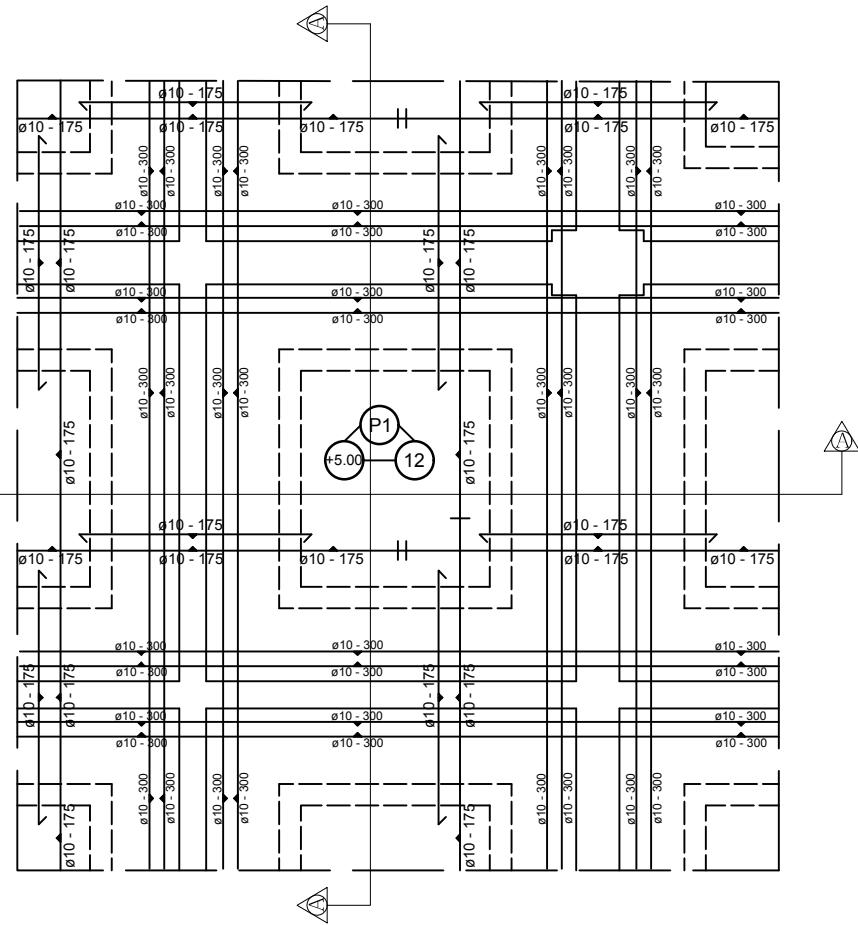
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

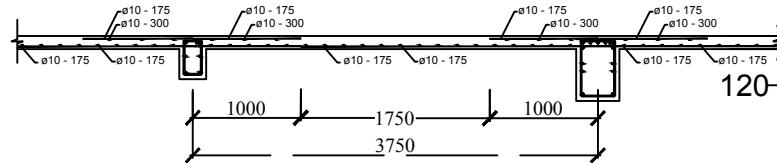
WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

NAMA GAMBAR

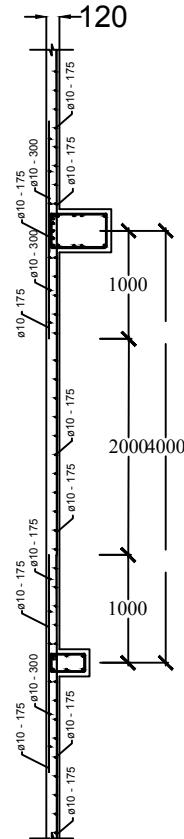
DETAIL PENULANGAN PELAT
ATAP P1



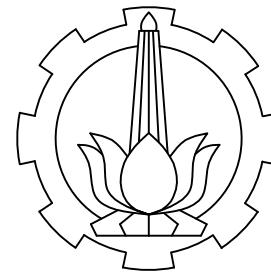
DETAIL PENULANGAN PELAT ATAP P1
SKALA : 1 : 70



POTONGAN A-A' P1
SKALA : 1 : 70



NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
19	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST, MT. Ph.D

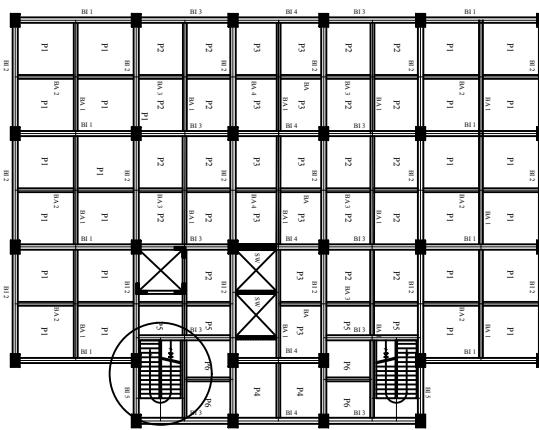
MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

NAMA GAMBAR

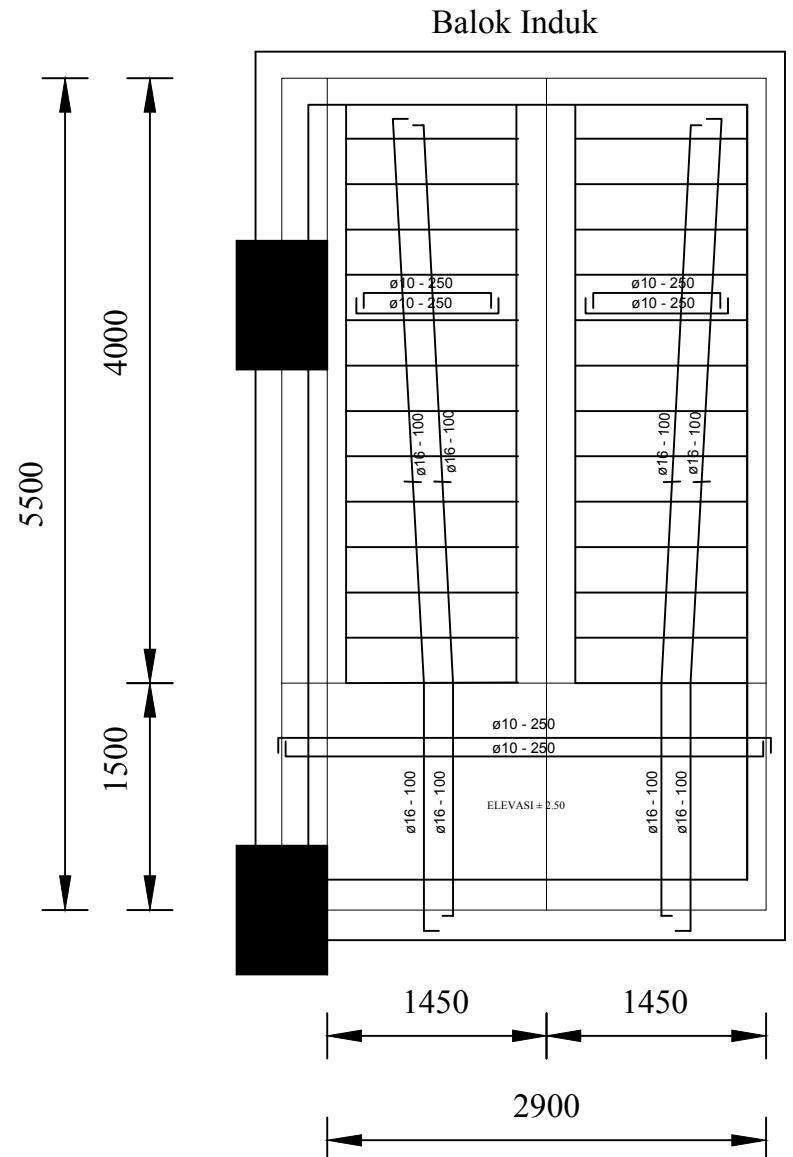
DENAH PENULANGAN TANGGA
LANTAI 1

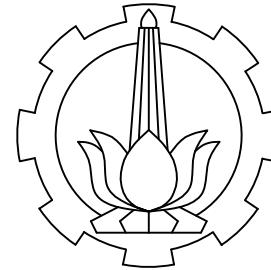
NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
20	37



PENULANGAN PELAT TANGGA DAN BORDES		
NAMA	TULANGAN UTAMA	TULANGAN SUSUT
PELAT TANGGA	ø16 - 100	ø10 - 250
PELAT BORDES	ø16 - 100	ø10 - 250

DENAH PENULANGAN TANGGA LANTAI 1
SKALA : 1 : 50





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

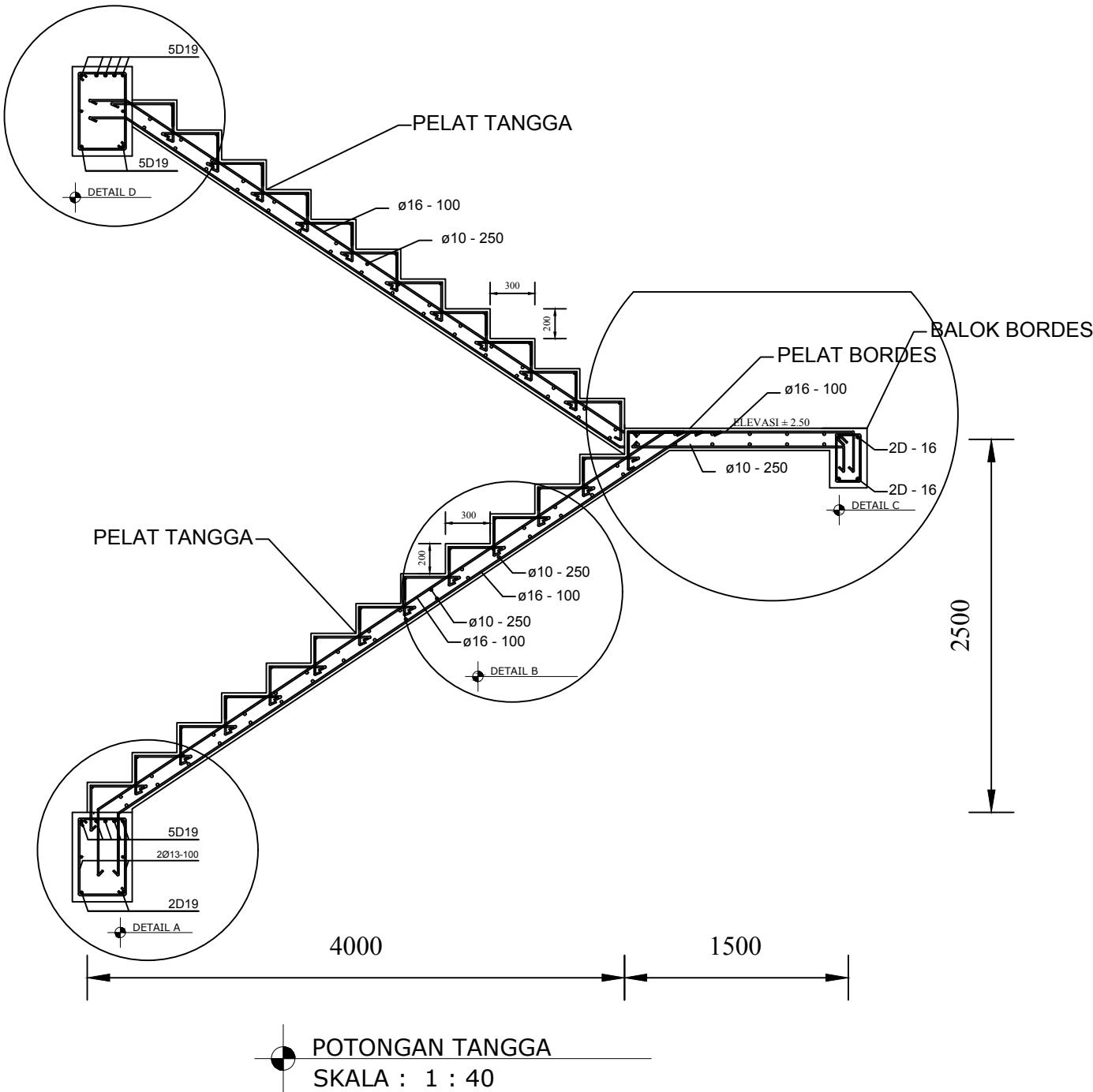
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

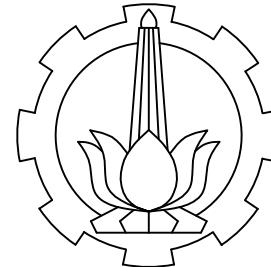
WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

NAMA GAMBAR

POTONGAN TANGGA



NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
21	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

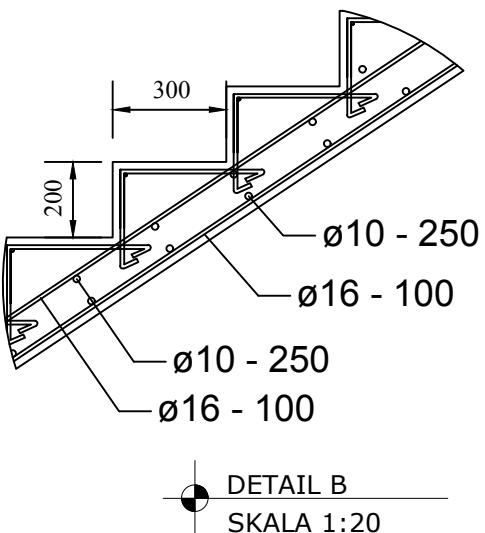
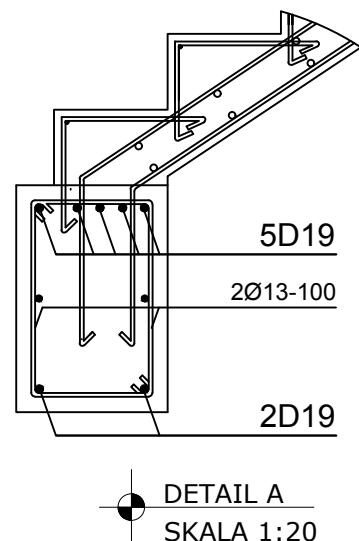
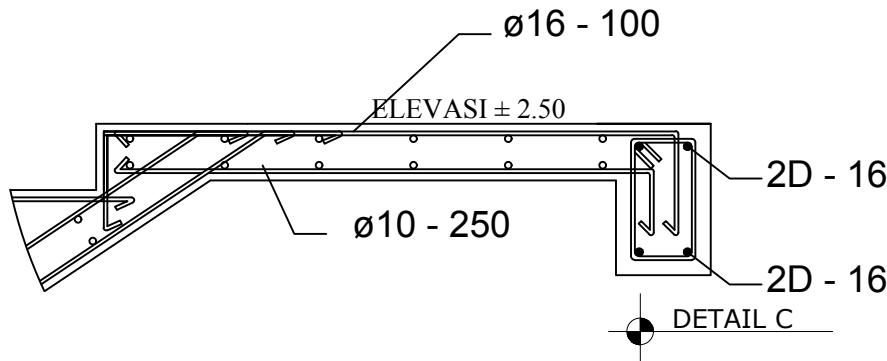
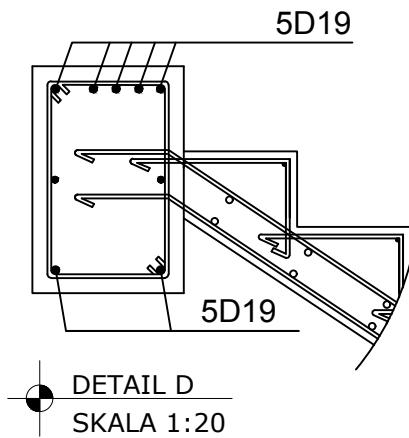
WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

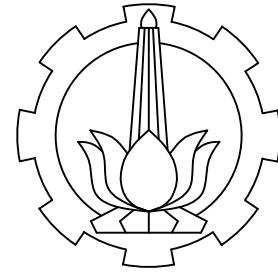
NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN TANGGA

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
-----------	---------------

22	37
----	----





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

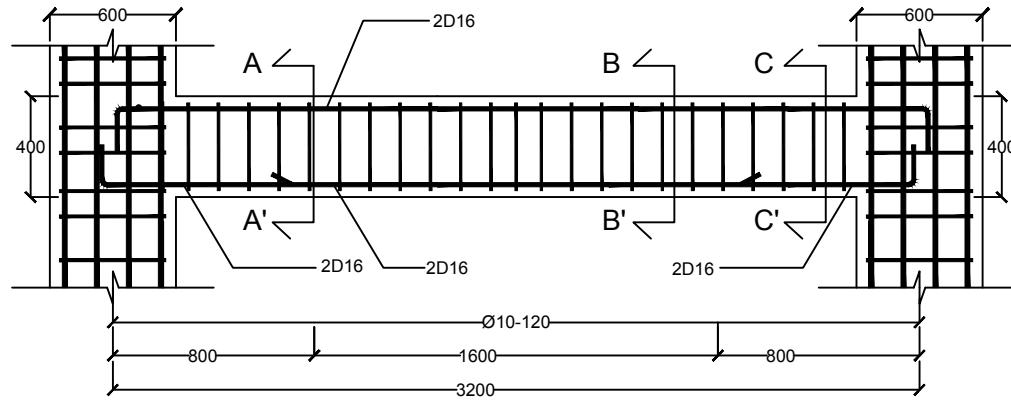
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST, MT. Ph.D

MAHASISWA

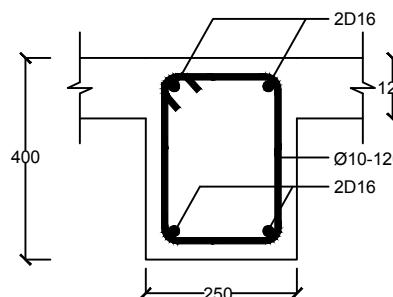
WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

NAMA GAMBAR

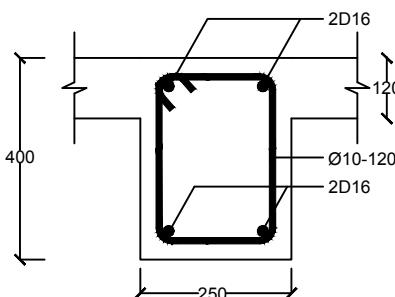
PENULANGAN BALOK Bordes



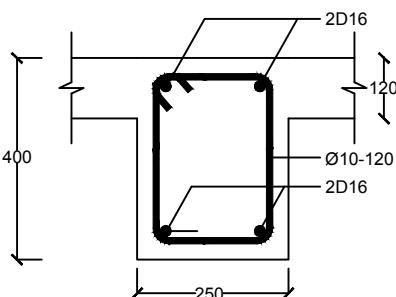
DETAIL PENULANGAN BALOK Bordes
SKALA 1:30



POTONGAN A-A'
SKALA 1:15



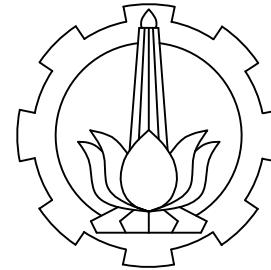
POTONGAN B-B'
SKALA 1:15



POTONGAN C-C'
SKALA 1:15

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
-----------	---------------

23	37
----	----



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

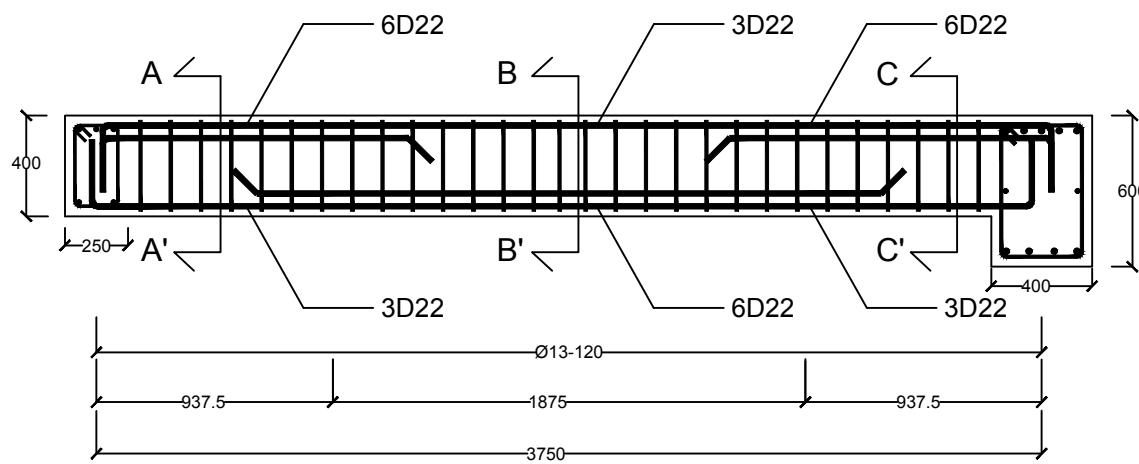
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

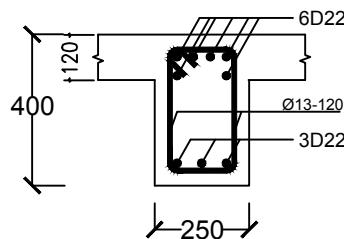
NAMA GAMBAR

PENULANGAN BALOK LIFT

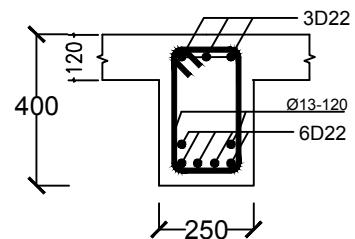


DETAIL PENULANGAN BALOK LIFT

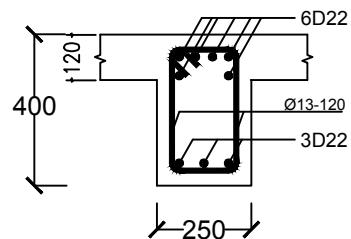
SKALA 1:30



POTONGAN A-A'
SKALA 1:20

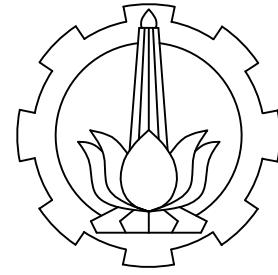


POTONGAN B-B'
SKALA 1:20



POTONGAN C-C'
SKALA 1:20

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
24	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

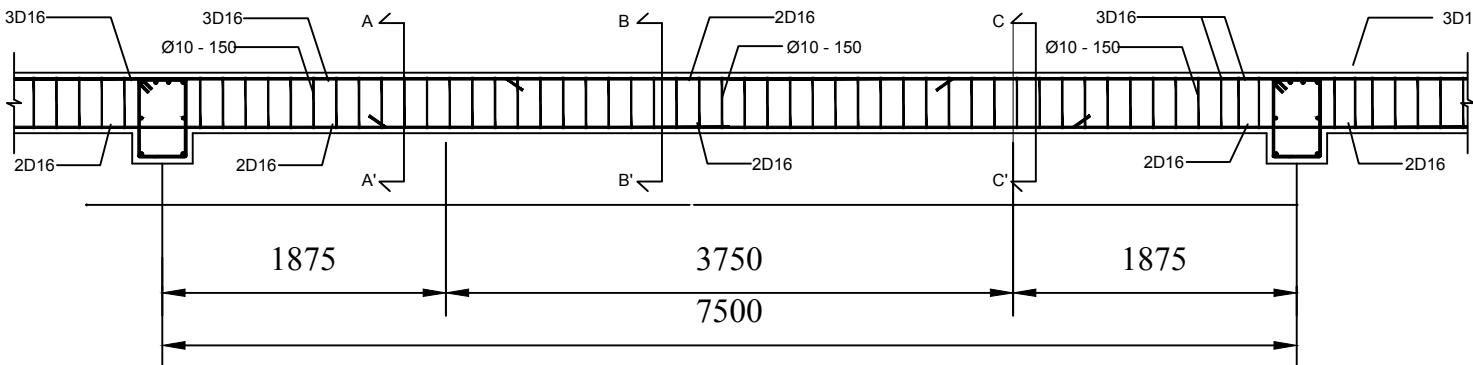
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

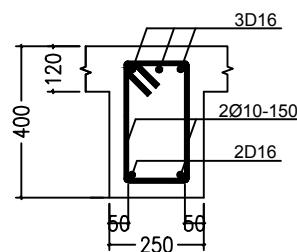
WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

NAMA GAMBAR

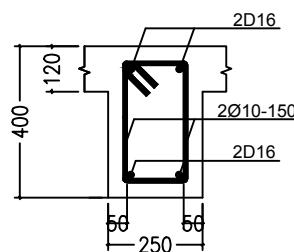
PENULANGAN BALOK ANAK



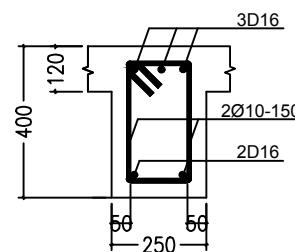
DETAL PENULANGAN BALOK ANAK
SKALA 1:30



TUMPUAN KIRI (POT A-A')
SKALA 1:20

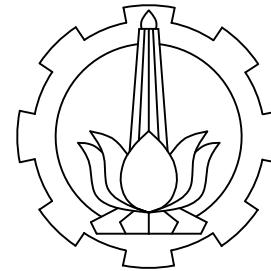


LAPANGAN (POT B-B')
SKALA 1:20



TUMPUAN KANAN (POT C-C')
SKALA 1:20

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
25	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

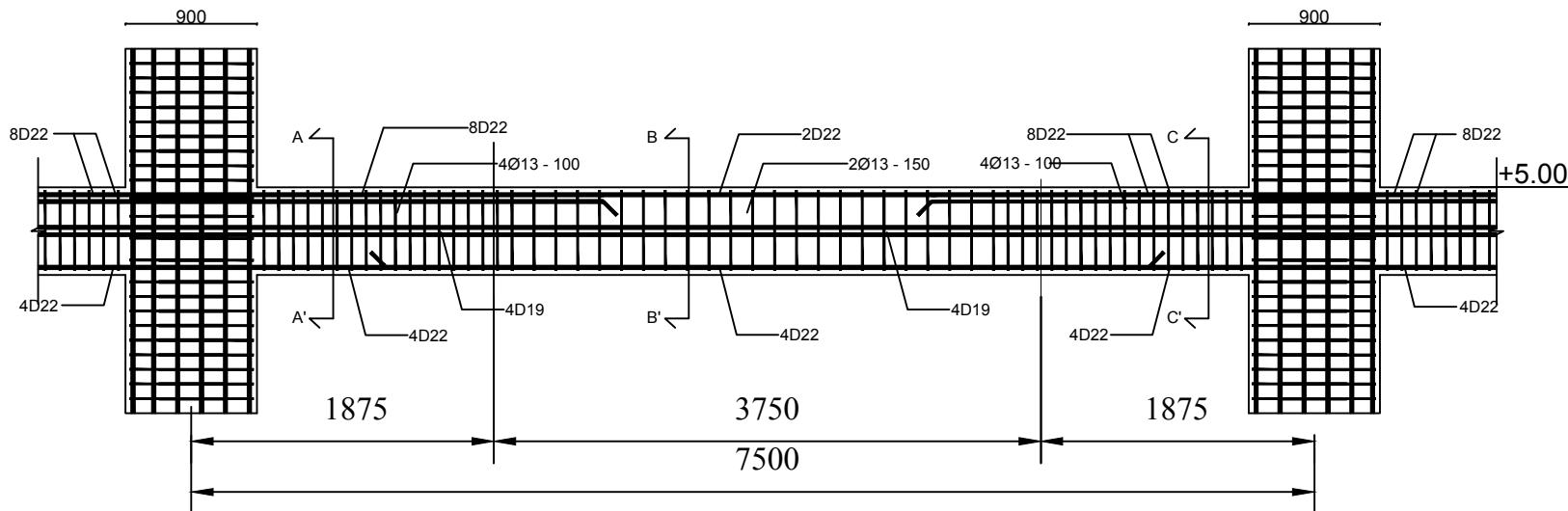
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

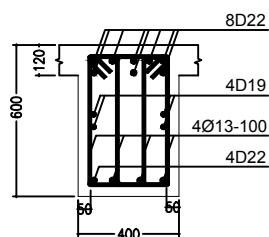
WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

NAMA GAMBAR

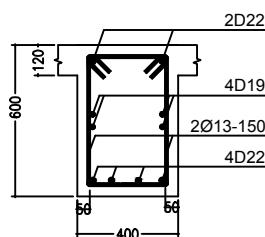
PENULANGAN BALOK INDUK
INTERIOR LANTAI



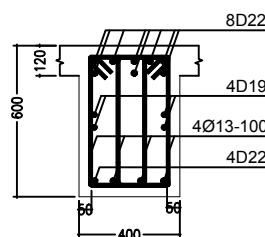
PENULANGAN BALOK INDUK INTERIOR LANTAI
SKALA 1:50



TUMPUAN KIRI (POT A-A')
SKALA 1:30

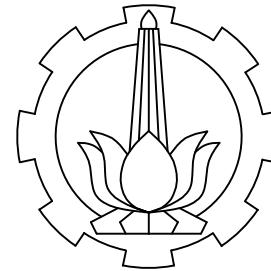


LAPANGAN (POT B-B')
SKALA 1:30



TUMPUAN KANAN (POT C-C')
SKALA 1:30

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
26	35



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

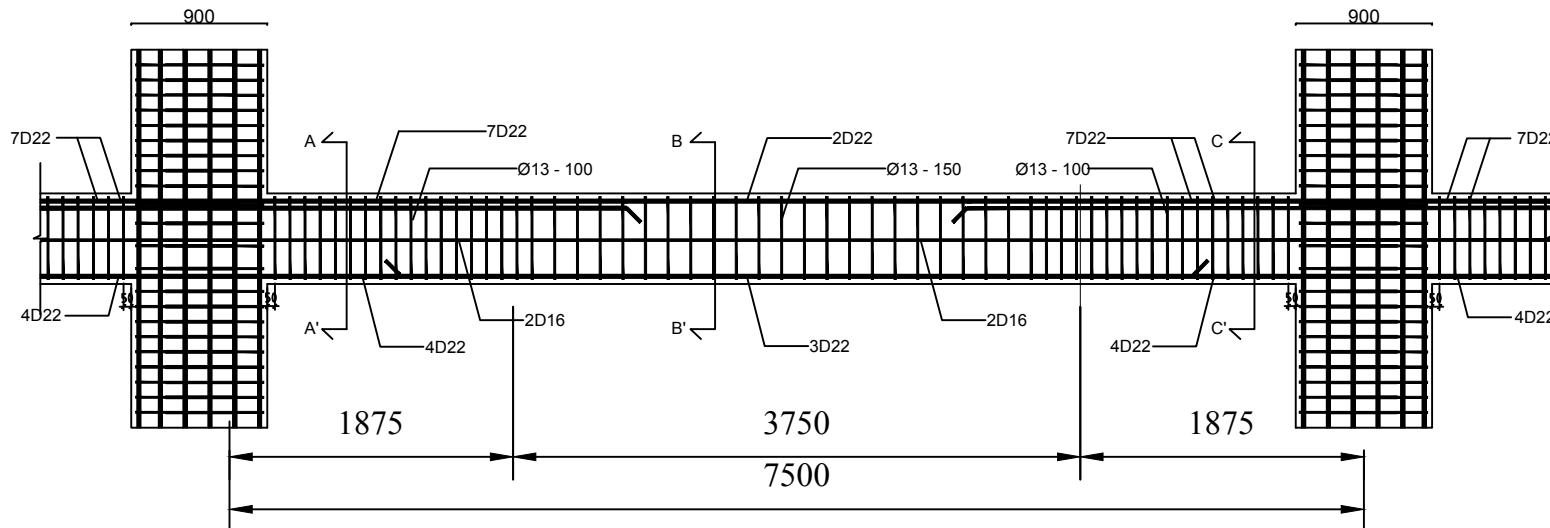
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

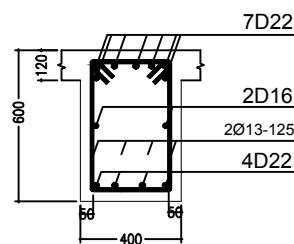
WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

NAMA GAMBAR

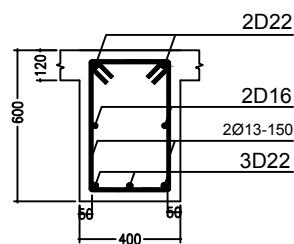
PENULANGAN BALOK INDUK
INTERIOR LT.ATAP



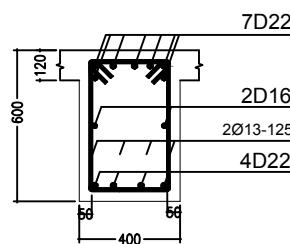
DETAL PENULANGAN BALOK INDUK INTERIOR LT.ATAP
SKALA 1:50



TUMPUAN KIRI (POT A-A')
SKALA 1:30

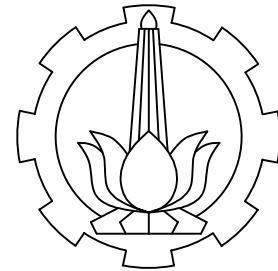


LAPANGAN (POT B-B')
SKALA 1:30



TUMPUAN KANAN (POT C-C')
SKALA 1:30

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
27	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

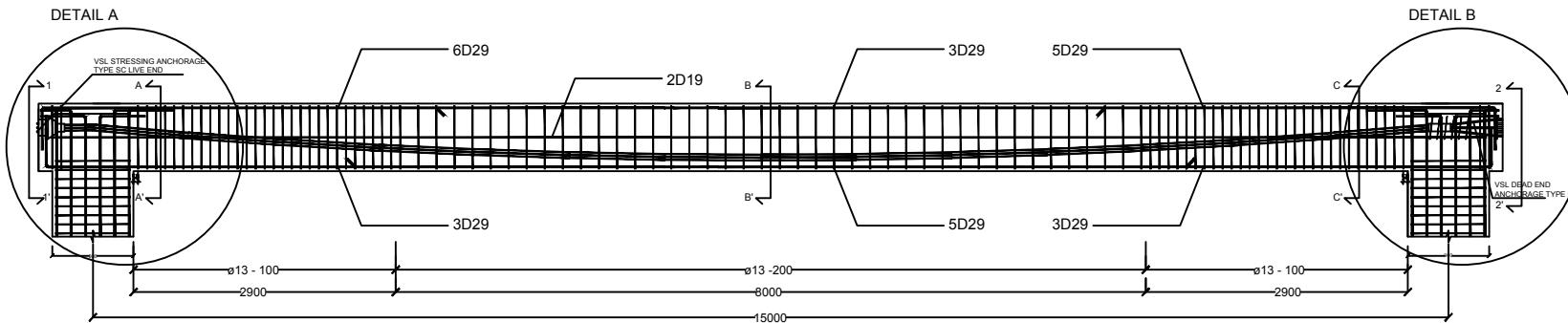
MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

NAMA GAMBAR

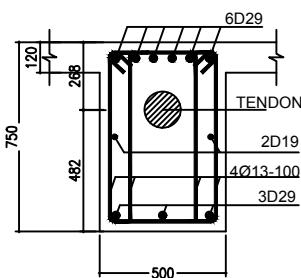
PENULANGAN BALOK PRATEKAN

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
28	37

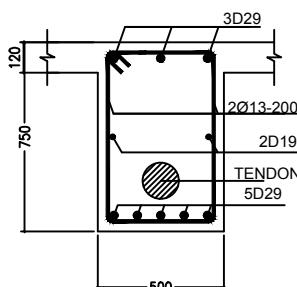


DETAIL PENULANGAN BALOK PRATEKAN (BP1)

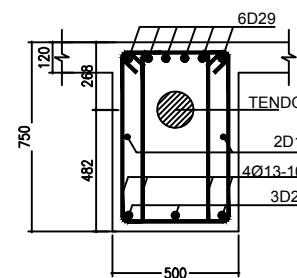
SKALA 1:80



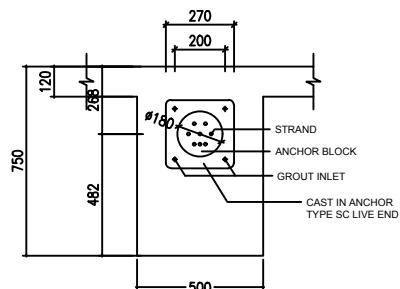
POTONGAN A-A'
SKALA 1:30



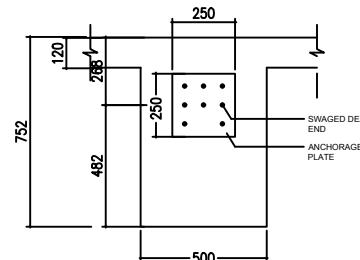
POTONGAN B-B'
SKALA 1:30



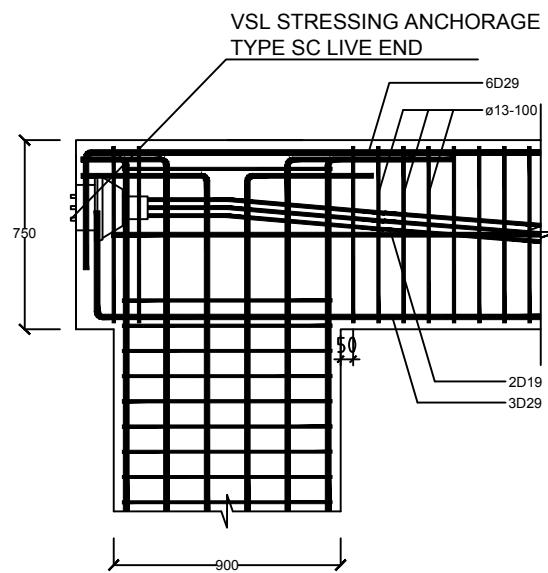
POTONGAN C-C'
SKALA 1:30



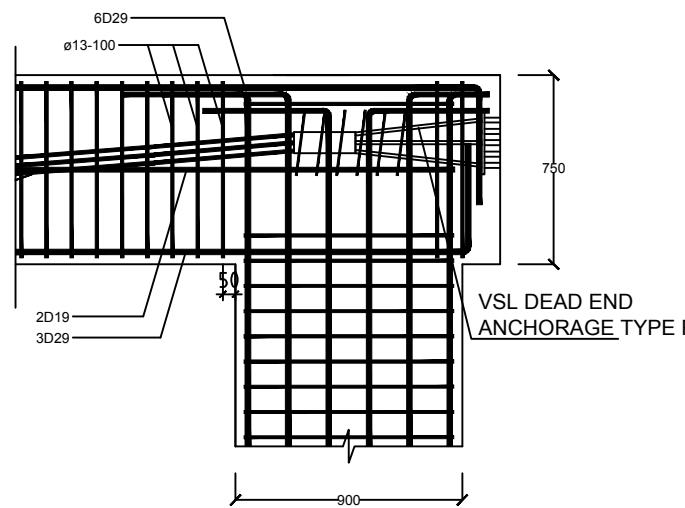
POTONGAN 1-1'
SKALA 1:30



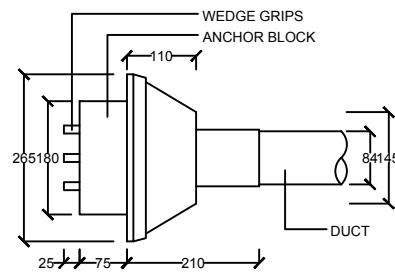
POTONGAN 2-2'
SKALA 1:30



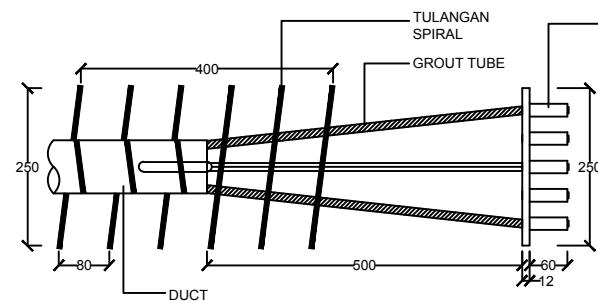
DETAIL A BALOK PRATEKAN (BP1)
SKALA 1:30



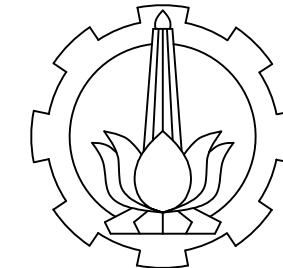
DETAIL B BALOK PRATEKAN (BP1)
SKALA 1:30



DETAIL VSL STRESSING ANCHORAGE TYPE Sc
SKALA 1:10



DETAIL VSL DEAD END ANCHORAGE TYPE P
SKALA 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

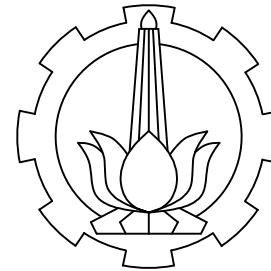
MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN BALOK
PRATEKAN

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
29	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

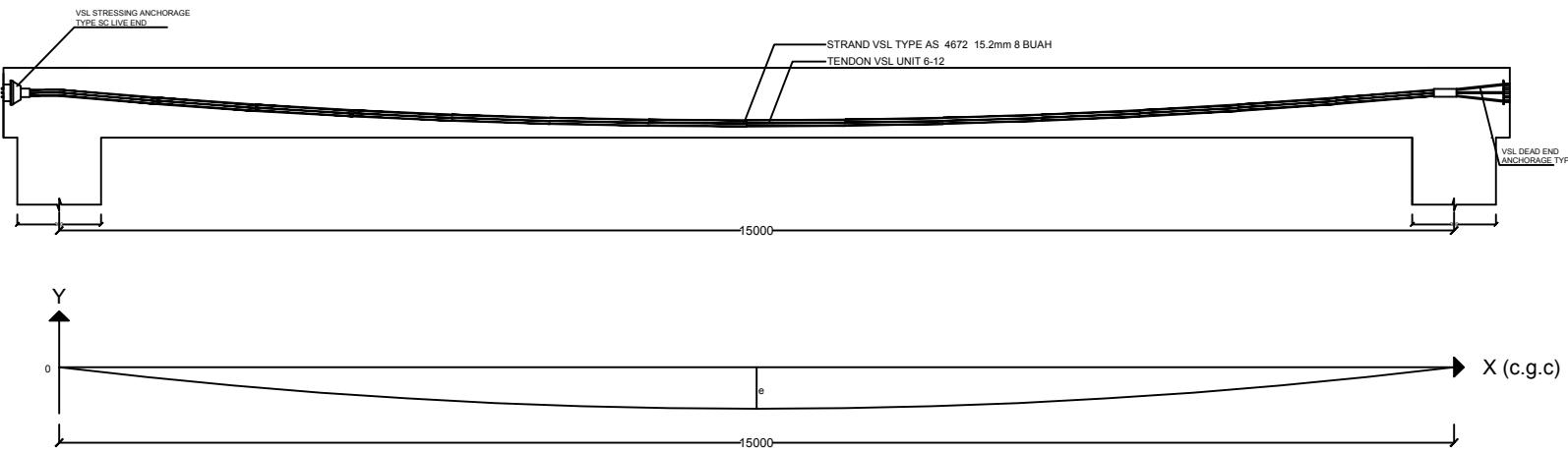
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST. MT. Ph.D

MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 03111645000053

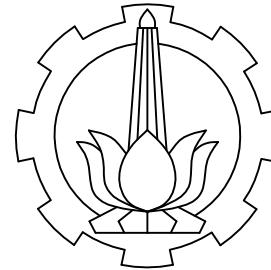
NAMA GAMBAR

LETAK TENDON



LETAK TENDON BALOK PRATEKAN (BP1)
SKALA 1:80

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
30	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

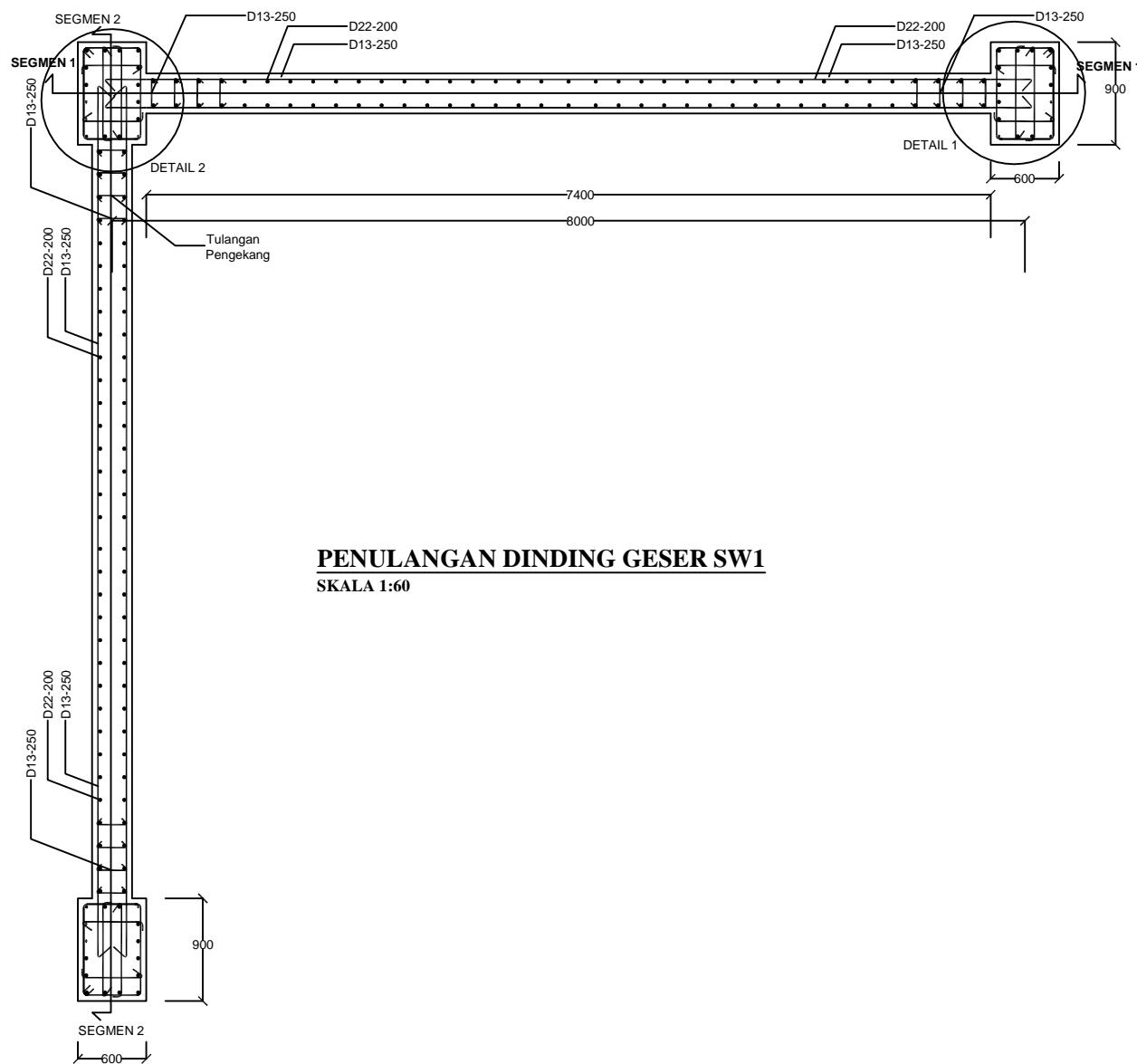
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST, MT. Ph.D

MAHASISWA

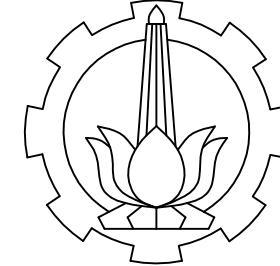
WISNU PRIAMBODO
NRP. 03111645000053

NAMA GAMBAR

PENULANGAN DINDING GESER



NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
31	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

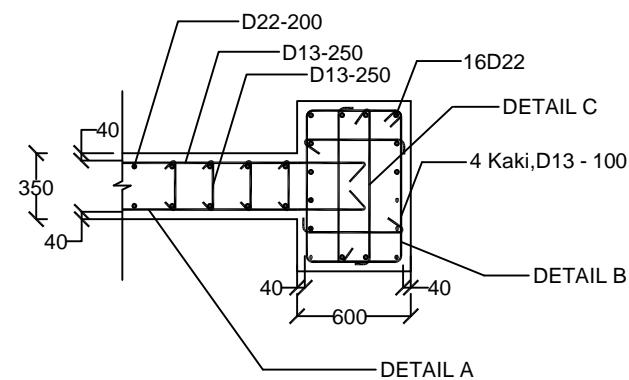
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST, MT. Ph.D

MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 03111645000053

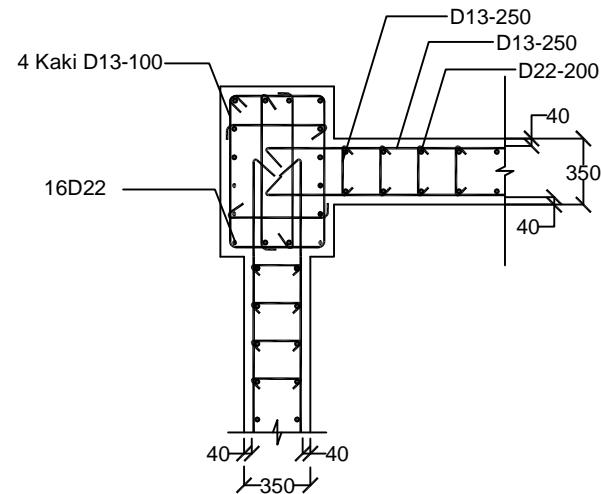
NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
SHEARWALL



DETAIL 1 DINDING GESER

SKALA 1:40

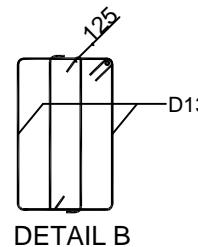


DETAIL 2 DINDING GESER

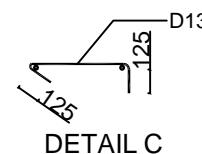
SKALA 1:40



DETAIL A

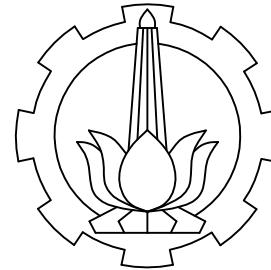


DETAIL B



DETAIL C

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
32	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

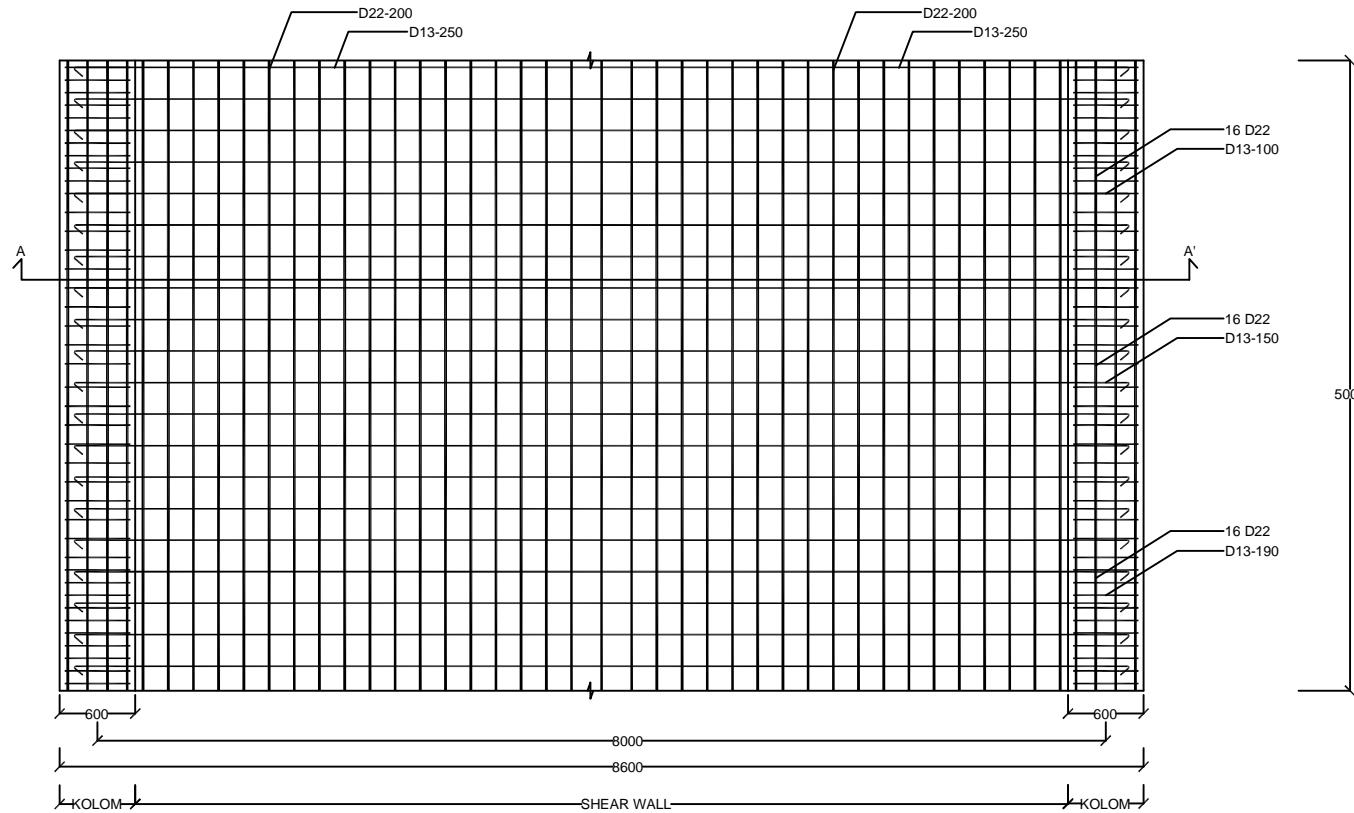
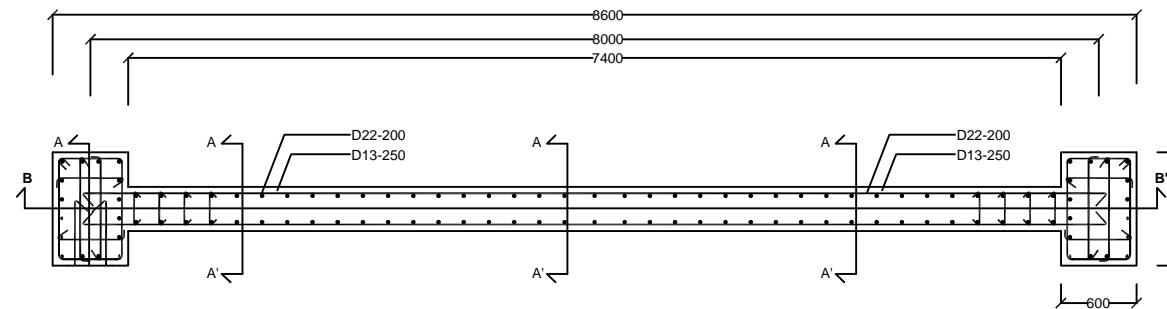
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST, MT. Ph.D

MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 03111645000053

NAMA GAMBAR

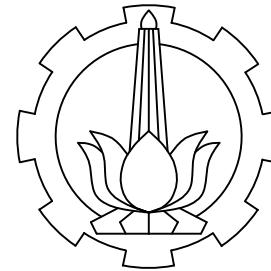
PENULANGAN DINDING GESER
SEGMENT 1



PENULANGAN DINDING GESER SEGMENT 1

SKALA 1:60

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
33	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

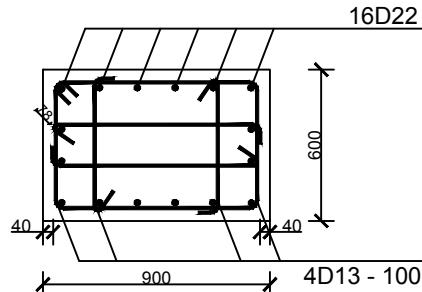
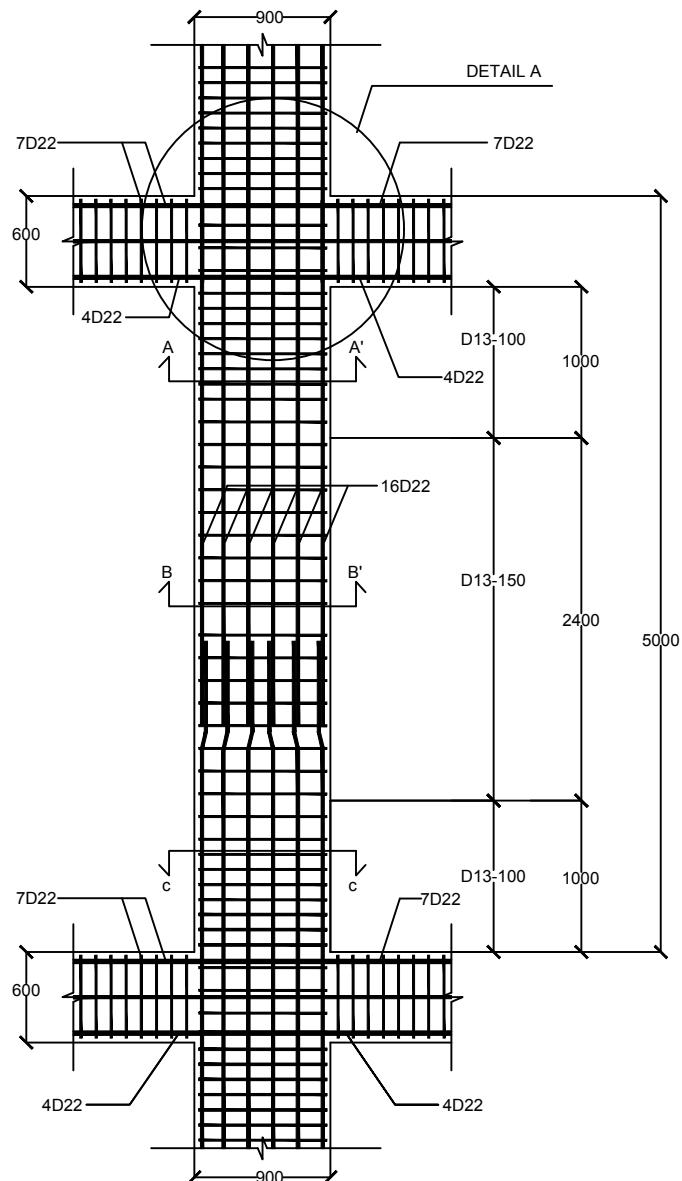
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST, MT. Ph.D

MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

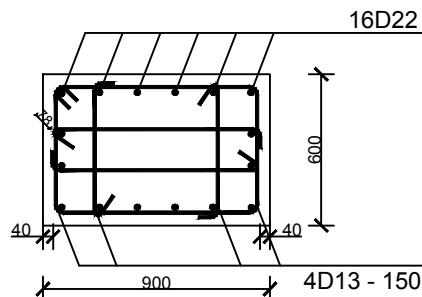
NAMA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM



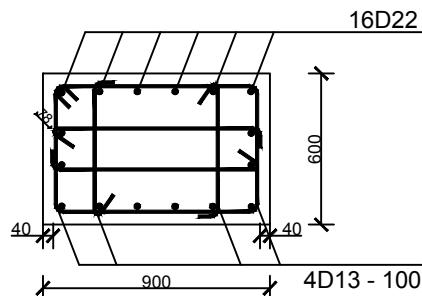
POT A-A' KOLOM

SKALA 1:30



POT B-B' KOLOM

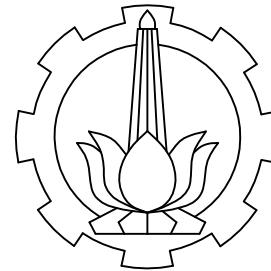
SKALA 1:30



POT C-C' KOLOM

SKALA 1:30

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
34	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

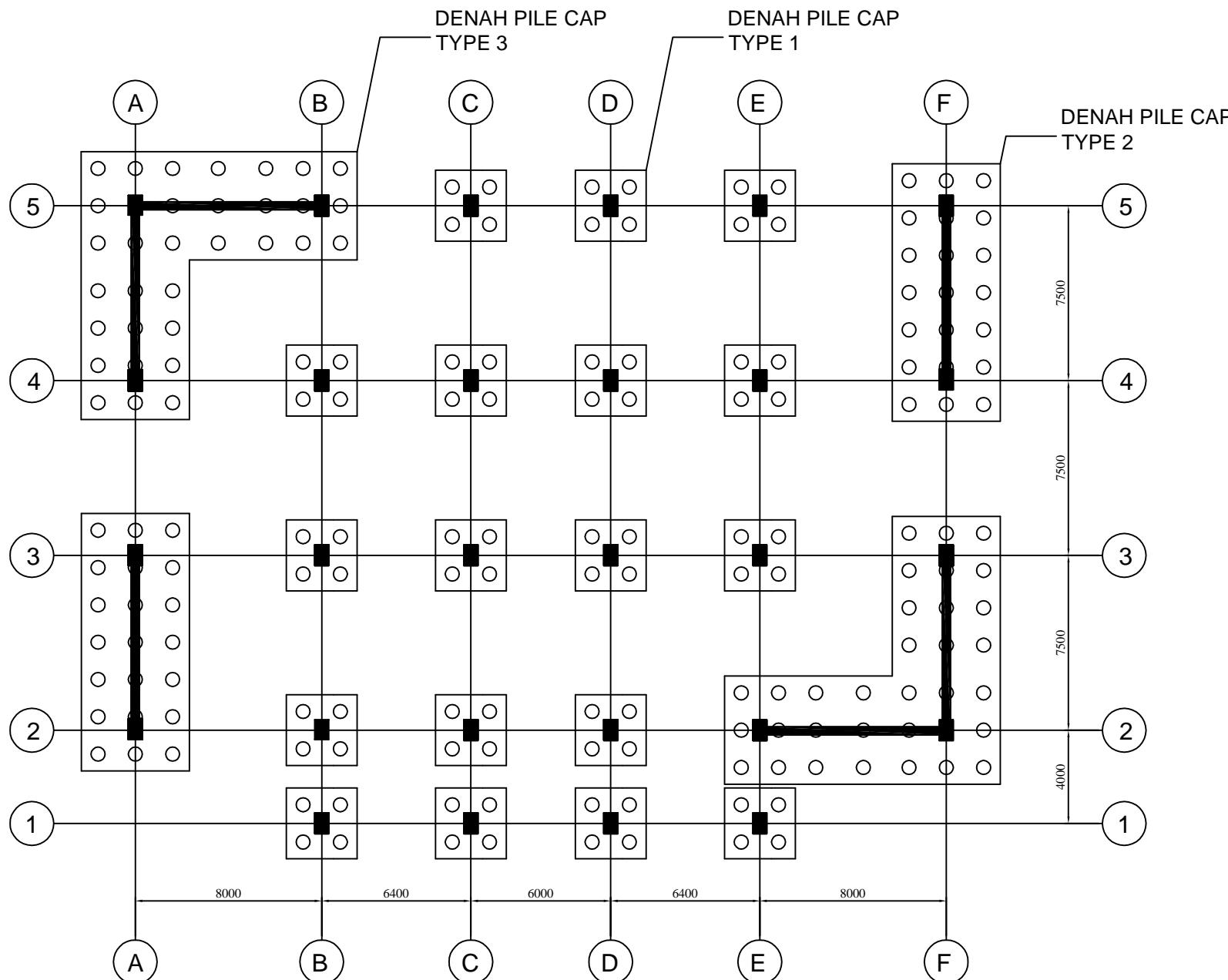
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST, MT. Ph.D

MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

NAMA GAMBAR

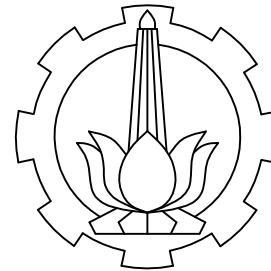
DENAH PONDASI



DENAH PONDASI

SKALA 1:250

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
35	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

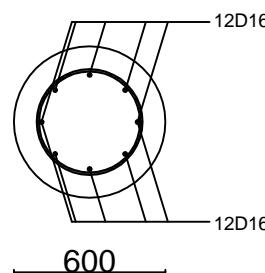
ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST, MT. Ph.D

MAHASISWA

WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

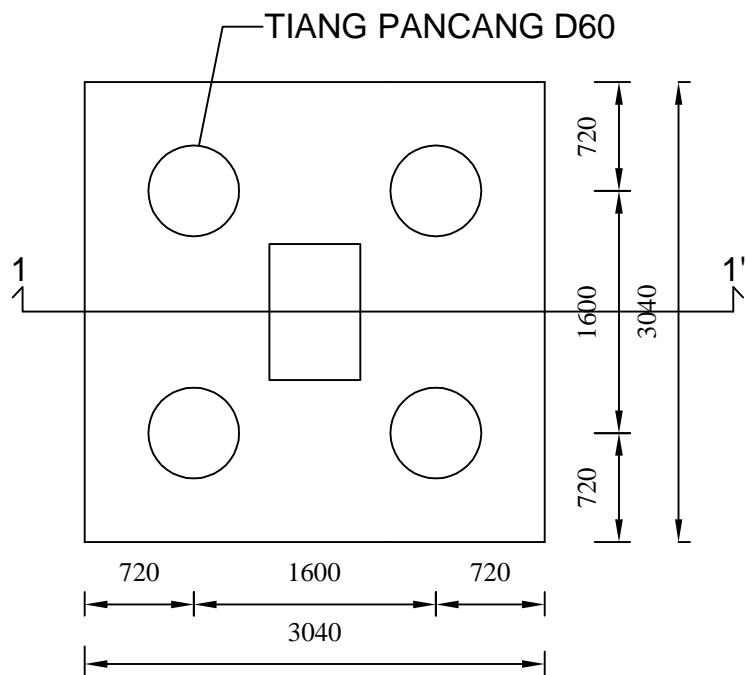
NAMA GAMBAR

PENULANGAN PONDASI TYPE 1

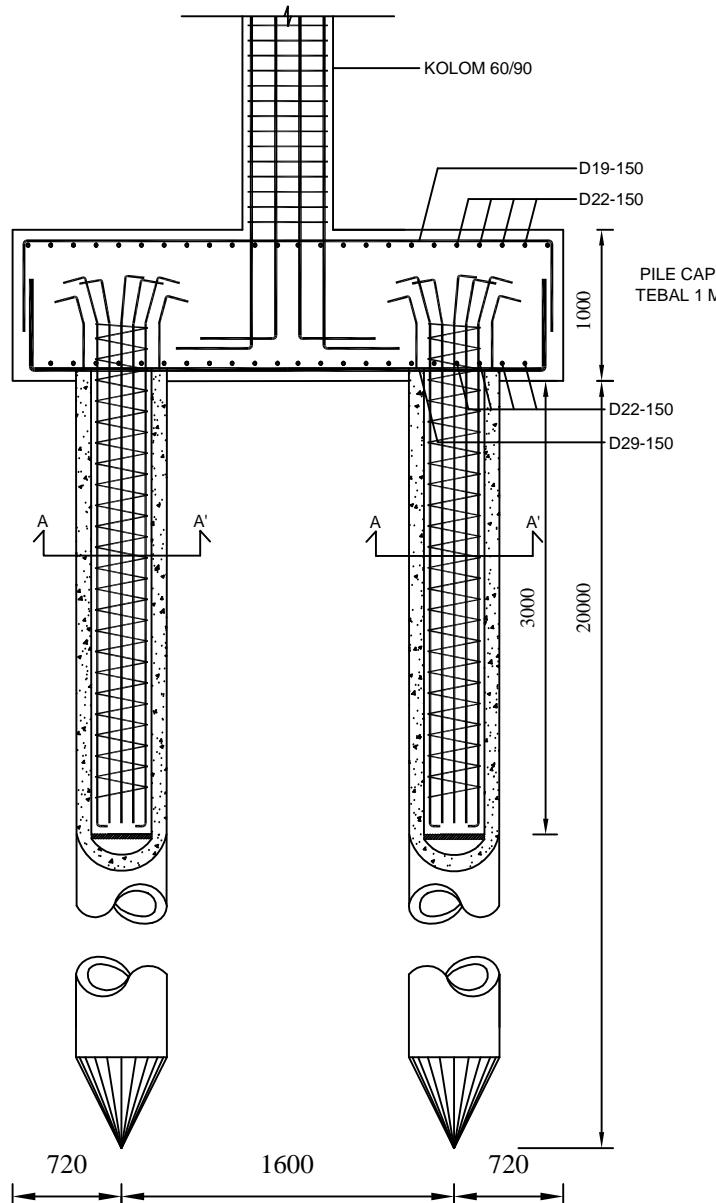


POTONGAN A-A'

SKALA 1:30



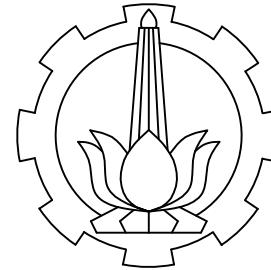
PENULANGAN PONDASI TYPE 1
SKALA 1:50



POTONGAN PILE CAP (1-1')

SKALA 1:50

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
36	37



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

TUGAS

TUGAS AKHIR

JUDUL

DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS
NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM
GANDA DAN BALOK PRATEKAN
PADA LANTAI ATAP

DOSEN PEMBIMBING

ENDAH WAHYUNI, ST. M.Sc. Ph.D
BAMBANG PISCESA, ST, MT. Ph.D

MAHASISWA

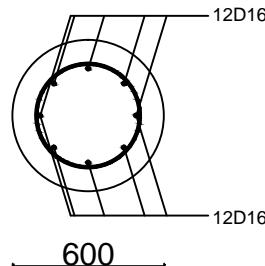
WISNU PRIAMBODO
NRP. 0311164500053

NAMA GAMBAR

PENULANGAN PONDASI TYPE 2

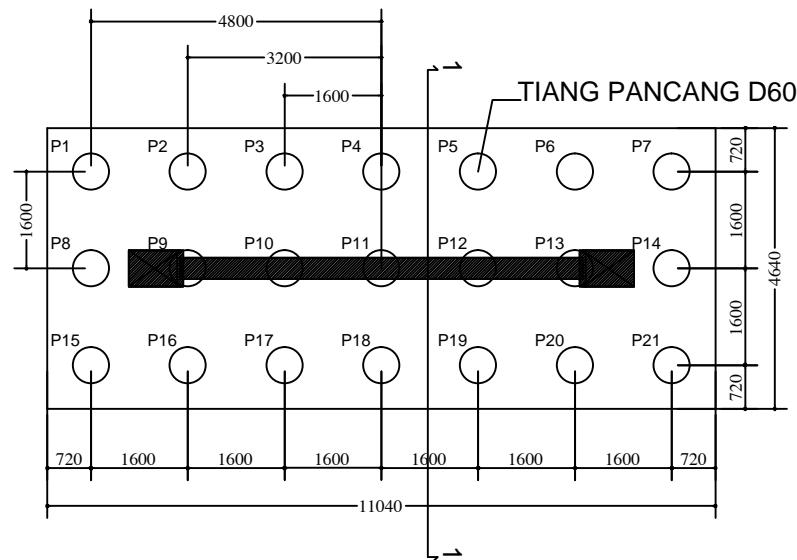
NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
-----------	---------------

37 37



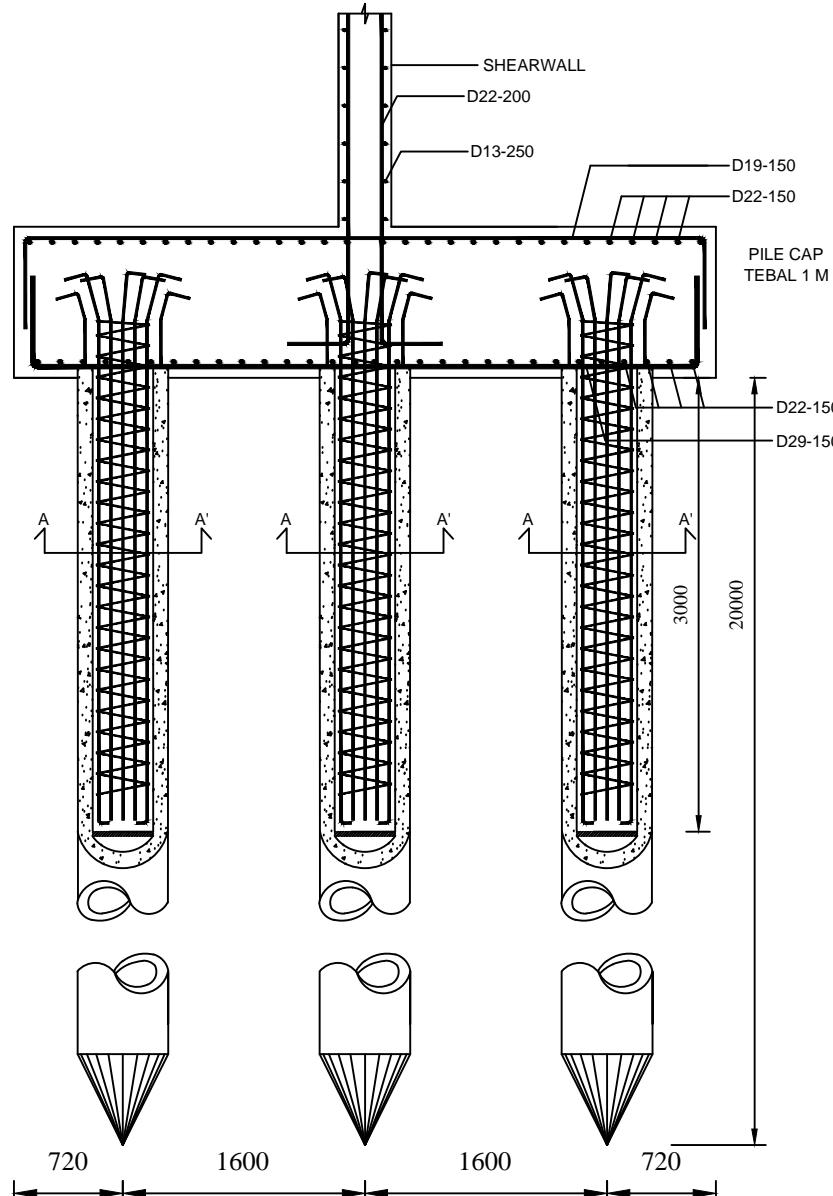
POTONGAN A-A'

SKALA 1:30



PENULANGAN PONDASI TYPE 2

SKALA 1:125



POTONGAN PILE CAP (1-1')

SKALA 1:50



30 x 30

TECHNICAL DATA
ARWANA Ceramic Tiles

DESCRIPTION	UNIT	FLOOR TILE ARWANA	ISO	UNIT	WALL TILE ARWANA	ISO
Size Tolerance	%	+/- 0.5	+/- 0.6	%	(- 0.2 - (+ 0.52))	(- 0.3 - (+ 0.6))
Thickness Tolerance	%	+/- 4.0	+/- 5.0	%	+/- 4.0	+/- 10
Rectangularity	%	+/- 0.4	+/- 0.6	%	+/- 0.3	+/- 0.3
Straightness of sides	%	+/- 0.4	+/- 0.5	%	+/- 0.3	+/- 0.3
Curvature				mm	(- 0.2 - (+ 0.8))	(- 0.2 - (+ 0.8))
a. Center Curvature	%	+/- 0.5	+/- 0.5	mm	(- 0.2 - (+ 0.8))	(- 0.2 - (+ 0.8))
b. Edge Curvature	%	+/- 0.5	+/- 0.5	mm	(- 0.2 - (+ 0.8))	(- 0.2 - (+ 0.8))
c. Warpage	%	+/- 0.5	+/- 0.5	mm	0.5	0.5
Modulus of Rupture	kg/cm ²	min 200	180	kg/cm ²	min 200	min 150
Water Absorption	%	6 - 9	6<=10	%	>10	>10
Crazing Resistance		Required	Required		Required	Required
		(5 bar)	(5 bar)		(5 bar)	(5 bar)

Arwana Ceramic tiles packing information

SIZE (cm)	QTY./BOX	M ² /BOX	WT. KG/BOX
20cm x 20cm	25	1	13-14
20cm x 25cm	20	1	12
30cm x 30cm	11	1	14-15
40cm x 40cm	6	1	15.5-16.5



Contact us :

Head Office
PT ARWANA CITRAMULIA Tbk
 Sentra Niaga Puri Indah Blok T2 No. 24
 Kembangan Selatan, Jakarta 11610
 Jakarta 11610
 Phn: +62 21 5830 2363
 Fax: +62 21 5830 2361
 E-mail: info@arwanacitra.com
 Website: www.arwanacitra.com

Factories

PLANT I:
PT ARWANA CITRAMULIA (ACM)
 Jl. Raya Pasar Kemis
 Tangerang 15133, Banten
 Phn: +62 21 5903555 Fax: +62 21 5903461
 Email: info@acm.arwanacitra.com

PLANT II:
PT ARWANA NUANSA KERAMIK (ANK)
 Jl. Raya Gorda, Desa Kibin Km 69
 Cikande - Serang, Banten
 Phn: +62 254 400365-67 Fax: +62 254 400364
 Email: info@ank.arwanacitra.com

PLANT III:
PT SINAR KARYA DUTA ABADI (SKDA)
 Jl. Wringin Anom Raya Km. 33
 Desa Wringin Anom, Kb. Gresik
 Jawa Timur
 Phn: +62 31 8982225-26 Fax: +62 31 8981679
 Email: info@skda.arwanacitra.com



INFORMASI PRODUK



TEKNIK PEMASANGAN PRODUK

NusaBoard® adalah lembaran rata kalsium silikat yang diproduksi oleh PT. Nusantara Building Industries sejak tahun 2006. Dibuat dari bahan baku pilihan yang berkualitas tinggi dan ramah lingkungan. **NusaBoard®** diproduksi dengan menerapkan teknologi **Autoclave** sehingga menghasilkan produk yang stabil dan tidak mengalami mudah rusak oleh kelembaban dan suhu udara. **NusaBoard®** sangat cocok dipraktikkan sebagai bahan plafon, partisi, dinding luar bahkan untuk panel lantai. Jenis rangka yang digunakan bisa berupa kayu atau baja.

Ukuran Standar

∅ Metric : 2400 mm x 1200 mm ∅ Imperial : 2440 mm x 1220 mm

Spesifikasi

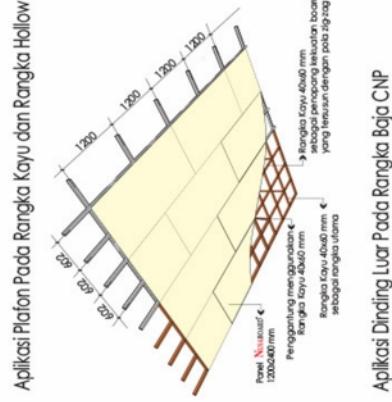
UKURAN (mm)	TEBAL (mm)	BERAT (kg per lembar)	APLIKASI	JENIS RANGKA
1000 x 1000	3	4.3	Plafon	Kayu
2400 x 1200	3.5	14.5	5.03	Kayu
1175 x 575*	3.5	1.22		
2440 x 1220	15	5.21		
2400 x 1200	4.5	18.5	6.42	Plafon
2440 x 1220	4.5	1.56		
2400 x 1200	6	24.5	8.51	Hollow
2440 x 1220*	6	6.1	2.12	Partisi dalam
2400 x 1200*	8	32	11.11	Partisi dalam
2400 x 1200	9	3.6	12.50	Metal stud
2440 x 1220*	38	13.19	Dinding luar	Metal stud
2400 x 1200*	10	40	13.88	Dinding luar
2400 x 1200*	12	48	16.67	Dinding luar
2440 x 1220*	51	17.71		Baja
2400 x 1200*	20	82.7	28.72	Lantai, dak
				Baja

- * Produk dibuat sesuai permintaan
- ukuran 3.5 x 20 mm untuk plafon
- ukuran 3.5 x 25 mm untuk partisi
- ukuran 2 x 25 mm
- Untuk penutup sambungan antar panel.

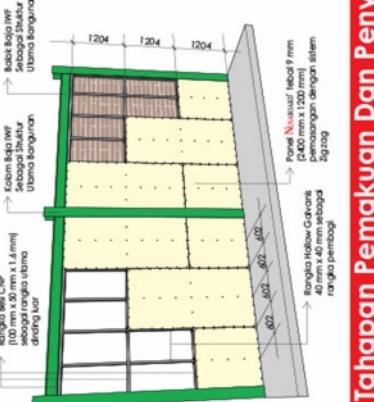
Aksesoris

Paku NUSA BOARD®	Sekrup NUSA BOARD®	NUSA® Compound

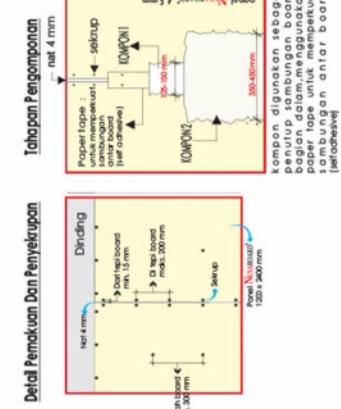
- Berfungsi untuk pengikat panel **NusaBoard** pada rangka kayu.
- Untuk penutup sambungan antar panel.



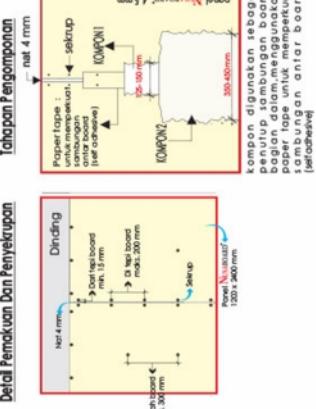
Applikasi Plafon Pada Rangka Kayu



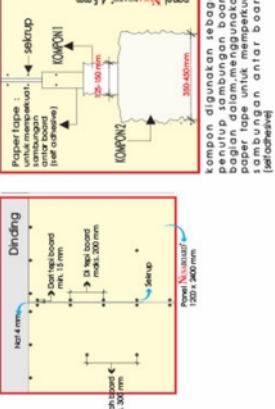
Applikasi Plafon Pada Rangka Baja



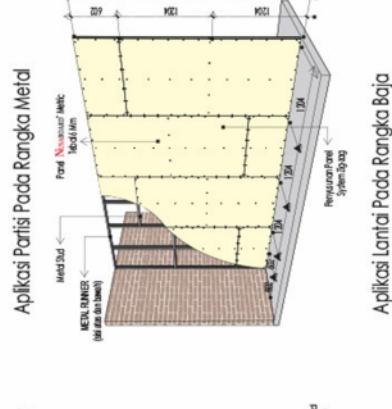
Applikasi Lantai Pada Rangka Baja



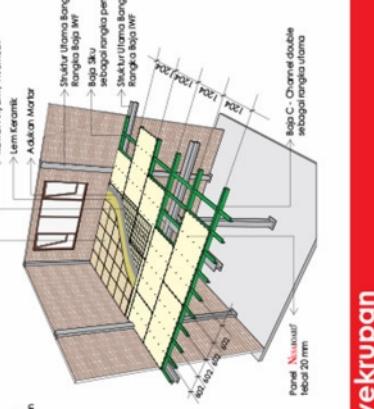
Applikasi Dinding Luar Pada Rangka Baja CNP



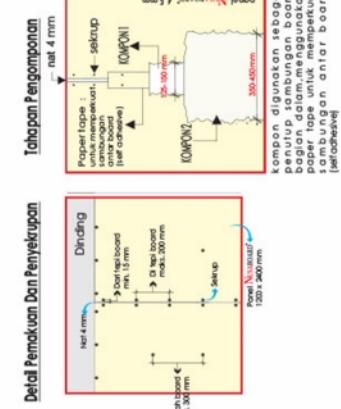
Applikasi Dinding Luar Pada Rangka Baja CNP



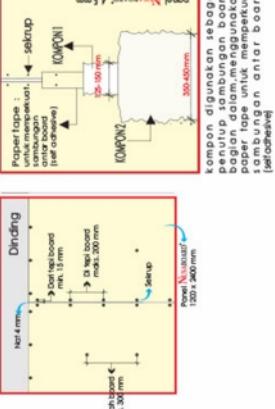
Applikasi Plafon Pada Rangka Kayu dan Rangka Hollow



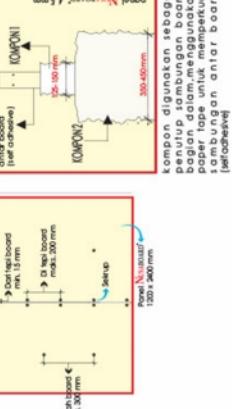
Applikasi Plafon Pada Rangka Baja



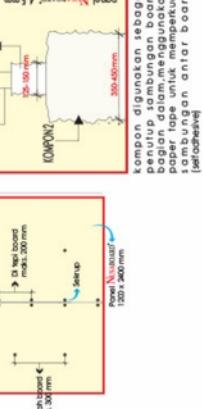
Applikasi Lantai Pada Rangka Baja



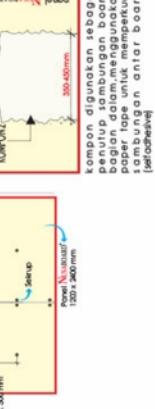
Applikasi Dinding Luar Pada Rangka Baja CNP



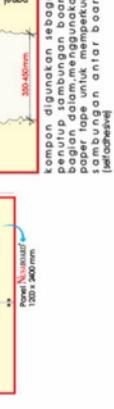
Applikasi Dinding Luar Pada Rangka Baja CNP



Applikasi Lantai Pada Rangka Baja



Applikasi Dinding Luar Pada Rangka Baja CNP



Applikasi Lantai Pada Rangka Baja



Applikasi Dinding Luar Pada Rangka Baja CNP



Applikasi Lantai Pada Rangka Baja

*Keterangan : Semua gambar menggunakan satuan mm

Semen instant MU adalah
mortar (adukan semen) siap pakai berkualitas tinggi yang diciptakan untuk mempermudah pekerjaan bangunan, tidak perlu ditambah pasir lagi cukup dicampur air saja



MU-360 Perekat Batu Ringan

Keunggulan:

- Daya rekat tinggi dan plastis saat dipakailkan.
- Sama adukan lebih tipis sehingga menghemat penggunaan bahan adukan.
- Waktu pengeringan lebih cepat, sehingga menghemat biaya.
- Hasil pekerjaan lebih rata dan lebih rapuh.

MU-400 Perekat Keramik Dinding

Keunggulan:

- Keramik dinding tidak merosot saat dipasang.
- Tahan terhadap muai-susut.
- Keramik melekat dengan kuat dan tidak mudah lepas.
- Dapat dipakai dinding (chipping).
- Dapat juga digunakan sebagai perekat keramik lantai.

MU-400 Perekat Keramik Dinding



Kemasan:
10 kg & 25 kg

Daya Sebar:

$\pm 5 \text{ m}^2 / \text{sak}$ 25 kg / 2-3 mm

MU-450 Perekat Keramik Lantai

Keunggulan:

- Daya rekat tinggi dan mudah dipakailkan.
- Tahan terhadap muai-susut.
- Pasangan keramik melekat kuat dan mencegah terangkatnya pasangan keramik lantai (popping).
- Kuat menahan beban tekan pada permukaan keramik.

MU-450 Perekat Keramik Lantai

Keunggulan:

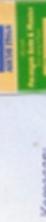
- Daya rekat tinggi dan mudah dipakailkan.
- Tahan terhadap muai-susut.
- Pasangan keramik melekat kuat dan mencegah terangkatnya pasangan keramik lantai (popping).
- Kuat menahan beban tekan pada permukaan keramik.

MU-301 Pasangan Batu & Plester

Keunggulan:

- Berfungsi ganda untuk perekat/jalan pasangan batu dan plesteran.
- Aplikasi adukan lebih tipis dan hasil pasangan batu lebih rapuh.
- Saat dipakailkan adukan tidak cepat kering terserap oleh porositas permukaan batu.
- Mengontrol terjadinya retak/rambut pada dinding akibat penrusutan.
- Hasil lebih kuat dan permukaan dinding lebih halus.

MU-301 Pasangan Batu & Plester



Kemasan:
25 kg & 40 kg

Daya Sebar:

Pasangan
- Batu merah $\pm 1,25 \text{ m}^2 / \text{sak}$ 40 kg / 10 mm
Plesteran
- Batu merah $\pm 3,5 \text{ m}^2 / \text{sak}$ 40 kg / 10 mm
- Batu merah $\pm 1,9 \text{ m}^2 / \text{sak}$ 40 kg / 10 mm
- Batu ringas $\pm 2,1 \text{ m}^2 / \text{sak}$ 40 kg / 10 mm

MU-600 Pelapis Kedap Air



Kemasan:
3 kg set &
30 kg set

Daya Sebar:

$\pm 8 \text{ m}^2 / \text{sak}$ 40 kg / 2-3 mm
(untuk 2 lapis aplikasi (vertikal dan horizontal))

MU-600 Pelapis Kedap Air

Keunggulan:

- Siap pakai dan mudah dipakailkan menggunakan kuas, roll atau trowel.
- Mempunyai sifat elastis (kelenturan) tinggi.
- Cocok untuk tempat basah,
- Membentuk lapisan elastis dan kenyal.

MU-200 Acian Plesteran & Beton

Keunggulan:

- Hasil acian lebih halus dan berwarna abu-abu muda.
- Mengontrol terjadinya retak/rambut pada dinding akibat penrusutan.
- Tidak memerlukan platenur sebagai dasar pengecatan.
- Dapat langsung dicat setelah benumur 7 hari.
- Tidak menyerap bahan cat sehingga menghamat pemakaian cat.

MU-200 Acian Plesteran & Beton



Kemasan:
10 kg & 40 kg

Daya Sebar:

$\pm 20 \text{ m}^2 / \text{sak}$ 40 kg / 1,5 mm

* Tersedia juga Acian Putih (MU-270)



Keunggulan:

- Daya rekat (adhesion strength) tinggi pada permukaan beton maupun plester.
- Dapat menutup celah (kosmek) sampai dengan minimal 0,5 mm – 2,0 mm
- Mempunyai ketahanan terhadap gesekan yang baik (dapat dilakukan pengampelasan untuk mendapat permukaan yang halus).

MU-840 Perbaikan Permukaan Acian

Keunggulan:

- Hasil acian lebih halus dan berwarna abu-abu muda.
- Mengontrol terjadinya retak/rambut pada dinding akibat penrusutan.
- Tidak memerlukan platenur sebagai dasar pengecatan.
- Dapat langsung dicat setelah benumur 7 hari.
- Tidak menyerap bahan cat sehingga menghamat pemakaian cat.

Kemasan:
10 kg & 25 kg

Daya Sebar:

$\pm 12,5 \text{ m}^2 / \text{sak}$ 25 kg / 1,5 m



CITICON BATA RINGAN

Spesifikasi Teknis Batu Ringan Citicon

Panjang, L [mm]	: 600
Tinggi, H [mm]	: 200 ; 400
Tebal, T [mm]	: 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, (ρ)	: 530 kg/m ³
Berat jenis normal, (ρ)	: 600 kg/m ³
Kuat tekan, (σ)	: $\geq 4.0 \text{ N/m}^2$
Konduktifitas termis, (λ)	: 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m ³	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m ³	Block	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

Citicon Light Concrete Technical Specifications

Length, L [mm]	: 600
Height, H [mm]	: 200 ; 400
Thick, T [mm]	: 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Dry Density, (ρ)	: 530 kg/m ³
Field Density, (ρ)	: 600 kg/m ³
Compressive Strength, (σ)	: $\geq 4.0 \text{ N/m}^2$
Thermal Conductivity, (λ)	: 0.14 w/mk

Thick	mm	75	100	125	150	175	200
Wall Area / m ³	m ²	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Contents/ m ³	Block	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67



DINDING



Plester D200

- Dipergunakan untuk pekerjaan plester dan pasangan batu.
- Ketebalan aplikasi 8-10 mm
- Memiliki daya rekat dan workability yang baik.
- Daya sebar/zak $\pm 2-2,5 \text{ m}^2/10\text{mm}$



40kg



Acian dinding dan plester

Acian S100

- Warna abu-abu muda
- Cocok untuk expos interior
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak $\pm 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$



30kg



30kg

Acian NP S450

- Warna cream
- Cat lebih hemat
- Dapat mengurangi terjadinya retak rambut
- Daya sebar/zak $\pm 10-12 \text{ m}^2/2\text{mm}$
- 5-7 hari bisa langsung di cat



Acian dinding plester dan beton



30kg

SKIMCOAT S200

- Daya rekat tinggi untuk beton dengan permukaan licin
- Mengurangi retak
- Daya sebar/zak $9-12 \text{ m}^2/30\text{ kg}$



20kg

SKIMKOT PUTIH S500

- Acian putih untuk ekspos dak beton (bagian dalam)
- Mengurangi retak
- Tanpa plamir dan cat dasar
- Menghemat cat
- Daya sebar/zak $9-11 \text{ m}^2/20\text{ kg}$



Thinbed 101 TB101

- Perekat batu ringan dengan ketebalan spesi antara 2 - 3 mm
- Memiliki daya rekat yang baik
- Daya sebar/zak $\pm 10-11 \text{ m}^2/3\text{ mm}$ (40 kg) (ukuran blok 20x60x10 cm)
- Cepat dalam pengerjaannya



40kg

Khusus
Bata Ringan

Plester Ringan 1.6 S150

Plester aci bata ringan dalam 1 aplikasi

- Plester aci bata ringan (one coat system) dengan ketebalan spesi antara 5 - 8 mm
- Plester lebih ringan
- Daya sebar/zak $\pm 4,5-6,5 \text{ m}^2/5-8\text{mm}$ (50 kg) (ukuran blok 20x60x10 cm)
- Lebih cepat dan hemat dalam pekerjaan



50kg

Produk lainnya

Concrete Fill R200

Memperbaiki retak & celah beton

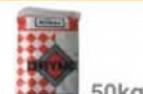
- Bahan perekat/bonding dinding plester antara permukaan beton.
- Sebagai bahan pengisi keropos pada beton, celah pada panel, dll.
- Tebal aplikasi 3-15 mm

25kg
40kg

Beton

Beton instan siap pakai

- Tersedia K 175, K 225, K300



50kg

Bonding Agent L007

Bonding untuk beton dan mortar



1L

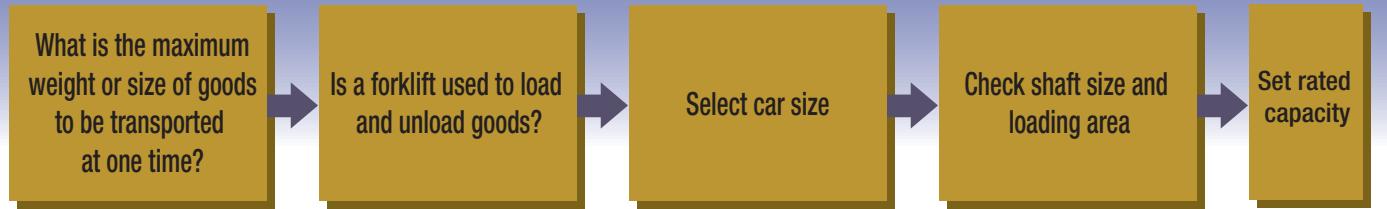
www.drymix.co.id

Mitsubishi Freight Elevators Can Improve Your Goods-Handling Ability

GFM-T

Elevator Selection

1. Rated capacity and car size



Driving system	Traction type
Machine room location	Directly over the hoistway
Rated capacity *1	750kg ~ 6000kg
Rated speed *1	30m/min. ~ 60m/min.
Maximum travel	30m
Overhead, Pit depth	Refer to pages 7 to 10
Motor capacity	

*1: Combinations between capacity and speed are shown in the table on the next page.

2. Operation system

Operation system	Outline	Remarks
Single automatic for freight 1BF	Responds to individual calls. It cannot register new calls during operation.	General operation system for typical freight uses.
Selective collective 2BC	Responds in sequence to calls in the same direction. It allows both directions per call.	Applicable for handling small goods.

3. Door system

Door type	Remarks
Horizontal sliding doors 2S: 2-panel side opening 3S: 3-panel side opening 2CO: 4-panel center opening	These door types have comparatively fast operation.
Vertical sliding doors 2U: 2-panel upward opening 3U: 3-panel upward opening	These door types make it easy to align same-size entrance width and car width. <i>Note: Not applicable with 2BC operation.</i>

Basic Specifications

GFM-T GFM-T GFM-T
GFM-T GFM-T GFM-T GFM
GFM-T GFM-T GFM-T GFM-T

The following dimension is shown in Japan code.

Loading equipment and scope of application	Type	Capacity (kg)	Car interior (mm)		Door type	Entrance (mm)		Speed (m/min.)
			Width (AA)	Depth (BB)		Width (JJ)	Height (HH)	
	F-750-2S	750	1300	2300	2S	1100	2100	45/60
	F-1000-2S	1000	1700	2300	2S	1400	2100	45/60
	F-1500-2S	1500	2200	2400	2S	1700	2100	45/60
	F-2000-2S	2000	2200	2800	2S	1700	2100	45/60
	F-2500-3S				3S	2300		
	F-2500-2U	2500	2500	3000	2U	2500		2500
	F-2500-3U				3U	2500		
	F-3000-3S				3S	2300		
	F-3000-2U	3000	2500	3400	2U	2500		2500
	F-3000-3U				3U	2500		
	F-3500-3S				3S	2400		
	F-3500-2U	3500	2800	3800	2U	2800		2500
	F-3500-3U				3U	2800		
	F-4000-2CO				2CO	2400		
	F-4000-2U	4000	3000	4500	2U	3000		2500
	F-4000-3U				3U	3000		
	F-4500-2CO				2CO	2500	2500	
	F-4500-2U	4500	3200	4500	2U	3200		30/45
	F-4500-3U				3U	3200		30/45
	F-5000-2CO				2CO	2500	2800	
	F-5000-2U	5000	3200	5000	2U	3200		30/45
	F-5000-3U				3U	3200		
	F-6000-2CO				2CO	2700	2800	
	F-6000-2U	6000	3500	5800	2U	3500		30
	F-6000-3U				3U	3500		3000

Note: 1. Freight elevators of less than 2500kg capacity can only be loaded by handtrucks with casters. Goods cannot be loaded by forklift.
Please consult our sales agency if you plan to use a forklift to load and unload goods with our traction-type freight elevators of 2500kg capacity or more.
2. In cases where capacity exceeds 3000kg, please consult our sales agency for details.
3. 2U, 3U door type can not be applied for EN-81-1 or GB code.

Car and Entrance Designs

Signal fixtures such as Car operating panel and Hall position indicator, etc., are shown according to operation system.
The applications vary based on the model, so please confirm when ordering.

E-102 FC-101-2S Finishes and Designs 2-panel side opening



Door frame	Narrow Jamb with Painted steel sheet
Entrance Doors	Painted steel sheet
Entrance Sill	Extruded hard aluminum (Capacity of 2000kg or less) Steel plate with black paint (Over 2000kg capacity)
Hall buttons	Indicator is incorporated in Hall button unit.
Car Ceiling	Painted steel sheet
Car Walls	Painted steel sheet
Car Doors	Painted steel sheet
Flooring	Checkered steel plate with black paint
Car Sill	Same as Entrance Sill
Lighting	Fluorescent light fixtures
Car wall protectors	Stainless steel hairline (Optional)

*Signal fixtures shown above are for Single automatic operation for freight (1BF). (Standard)

E-202 FC-101-3S Finishes and Designs 3-panel side opening



Door frame	Square Jamb with Painted steel sheet (Optional)
Entrance Doors	Painted steel sheet
Entrance Sill	Extruded hard aluminum (Capacity of 2000kg or less) Steel plate with black paint (Over 2000kg capacity)
Hall buttons	Indicator is incorporated in Hall button unit.
Car Ceiling	Painted steel sheet
Car Walls	Painted steel sheet
Car Doors	Painted steel sheet
Flooring	Checkered steel plate with black paint
Car Sill	Same as Entrance Sill
Lighting	Fluorescent light fixtures

*Signal fixtures shown above are for Selective collective operation (2BC). (Optional)

Note: Car operating panel is installed in Front return panel.

E-102 FC-101-2U Finishes and Designs 2-panel upward opening



Door frame	Narrow Jamb with Painted steel sheet
Entrance Doors	Painted steel sheet
Entrance Sill	Checkered steel plate with black paint
Hall buttons	Indicator is incorporated in Hall button unit.
Car Ceiling	Painted steel sheet
Car Walls	Painted steel sheet
Car Doors	Expanded metal with painted finish
Flooring	Checkered steel plate with black paint
Lighting	Fluorescent light fixtures

*Signal fixtures shown above are for Single automatic operation for freight (1BF). (Standard)

Operation System

GFM-T GFM-T GFM-T
GFM-T GFM-T GFM-T GFM-T
GFM-T GFM-T GFM-T GFM-T
GFM-T GFM-T GFM-T GFM-T

Single automatic for freight (1BF) : Standard
Selective collective (2BC) : Optional

	Signal fixtures	Functions	Remarks
Hall position indicator	Direction arrow	Shows direction during operation.	
	Position indicator	Shows position of elevator.	
	IN-USE indicator	Shows elevator is in use.	Only 1BF
	Call button	Push to register call. Invalid while IN-USE indicator is illuminated.	Only 1BF
	Up call button	Push to go up.	Only 2BC
	Down call button	Push to go down.	Only 2BC
	Door close button	Close doors promptly for next user.	Only 1BF
Car operating panel	Direction arrow	Shows direction during operation.	
	Position indicator	Shows position of elevator.	
	Intercom	Enables contact with building superintendents.	
	Alarm button	Keep pushing in times of emergency to enable the elevator operator contact with outside.	
	Emergency stop switch	When pressed during an emergency, the elevator immediately stops.	
	Car button	Press for the destination floor.	
	Door open button	Press to re-open the doors when doors are closing.	
Swing door	Door close button	Keep pressing until the car starts with doors closed.	Only 2BC
	Key hole	Turn the key to the left to open swing door.	

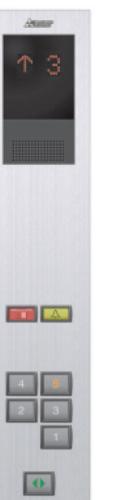
Single automatic for freight (1BF)



PIM-J10

CBM-J31

Selective collective (2BC)



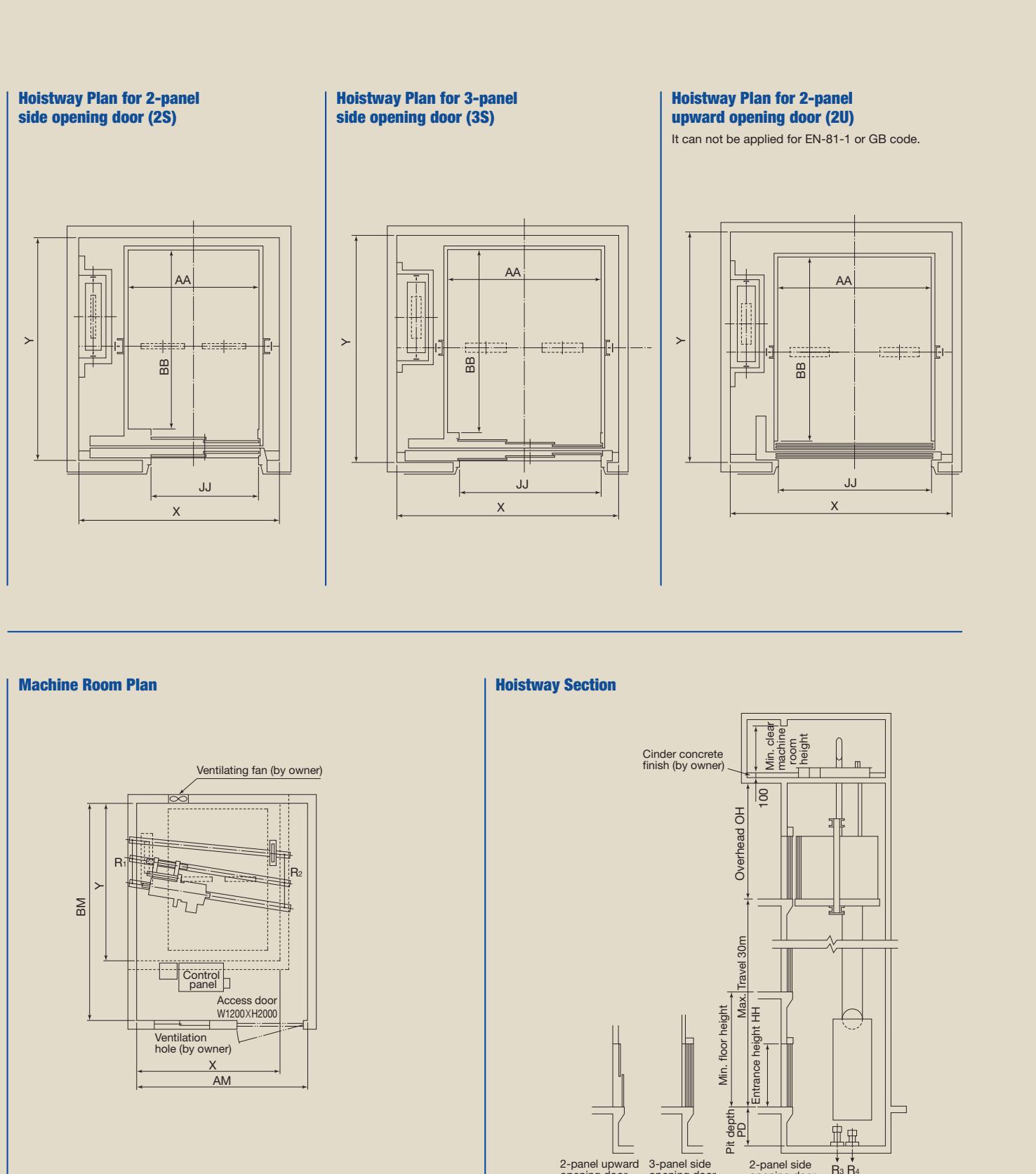
PIM-C110



CBM-C111

Layout Drawings and Dimensions for One Gate (1D1G) For JIS Code

GFM-T GFM-T GFM-T
GFM-T GFM-T GFM-T GFM
GFM-T GFM-T GFM-T GFM-T



Type	Capacity (kg)	Speed (m/min.)	Motor (kW)*1	Machine room (mm)		Pit depth PD (mm)	Door type	Hoistway (mm)	Min. floor height (mm)	Overhead OH (mm)	Reaction loads (kN)*2			
				AM	BM						X	XXY	R1	R2
F-750-2S	750	45	7.5	2600 × 3950		1250	2S	2200 × 2900	2800	4450	57.9	41.2	70.6	55.4
		60	9.5			1550				4650			71.6	55.4
F-1000-2S	1000	45	7.5	3150 × 3950		1250	2S	2600 × 2900	2800	4450	74.6	43.1	80.4	66.2
		60	9.5			1550				4650			84.8	73.1
F-1500-2S	1500	45	9.5	3600 × 4050		1250	2S	3150 × 3000	2800	4450	101	53.9	119.6	82.4
		60	13			1550				4650			129.4	88.3
F-2000-2S	2000	45	13	3600 × 4250		1250	2S	3150 × 3400	2800	4450	121.6	63.7	139.2	103
		60	18.5			1550				4650			150	109.8
F-2500-3S		45	18.5	4000 × 4400		1250	3S	3600 × 3700	3300	4850	148.1	81.4	192.2	144.2
		60	22			1550				5050			206	154
F-2500-2U*4	2500	45	18.5	4000 × 4400		1250	2U	3600 × 3700	4500	4850	155.9	80.4	192.2	144.2
		60	22			1550				5050			206	154
F-2500-3U*4		45	18.5	4000 × 4400		1250	3U	3600 × 3700	3950	4850	155.9	80.4	192.2	144.2
		60	22			1550				5050			206	154
F-3000-3S		45	18.5	4100 × 4800		1250	3S	3750 × 4100	3300	4850	166.7	92.2	208	154
		60	26			1800				5050			223	165
F-3000-2U*4	3000	45	18.5	4100 × 4800		1250	2U	3750 × 4100	4500	4850	174.5	92.2	208	154
		60	26			1800				5050			223	165
F-3000-3U*4		45	18.5	4100 × 4800		1250	3U	3750 × 4100	3950	4850	174.5	92.2	208	154
		60	26			1800				5050			223	165

*1: Since required motor power varies according to the specifications, such as elevator cage weight, etc., please consult our sales agency for details.

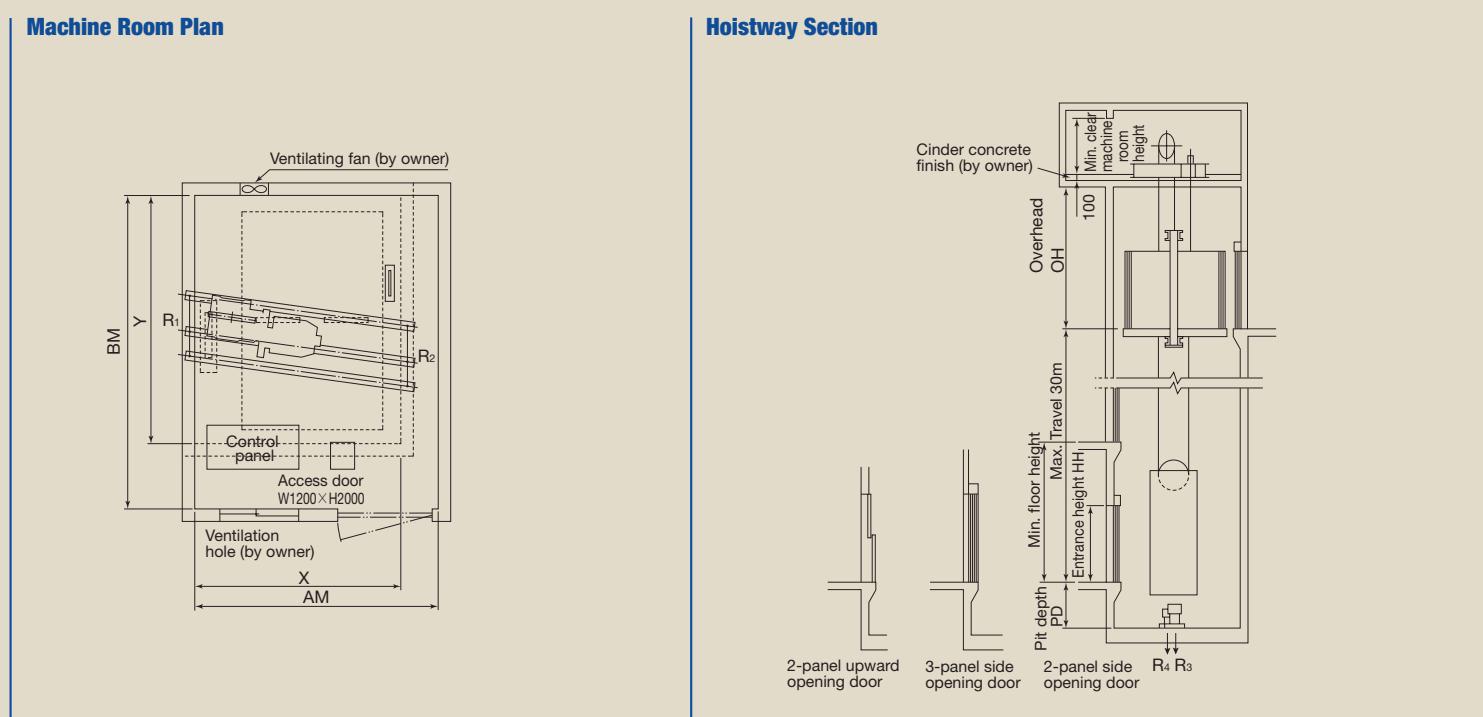
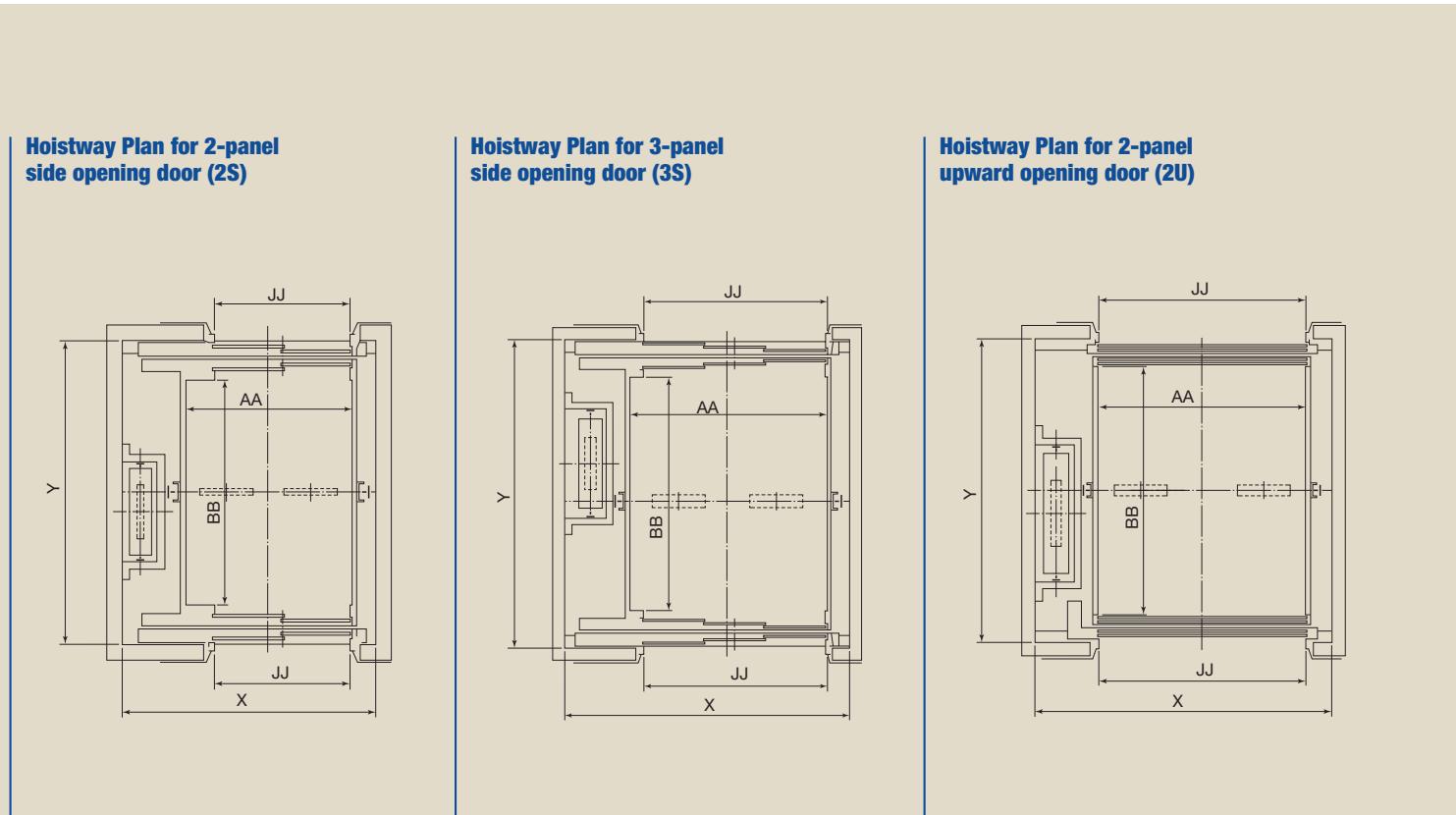
*2: Since reaction load varies according to the specifications, please consult our sales agency for details.

*3: In cases where capacity exceeds 3000kg, please consult our sales agency for details.

*4: 2U, 3U door type can not be applied for EN-81-1 or GB code.

Layout Drawings and Dimensions for Two Gates (1D2G & 2D2G) For JIS Code

GFM-T GFM-T GFM-T
GFM-T GFM-T GFM-T GFM
GFM-T GFM-T GFM-T GFM-T



The following dimension is shown in Japan code.

Type	Capacity (kg)	Speed (m/min.)	Motor (kW)*1	Machine room (mm)		Pit depth PD (mm)	Door type	Hoistway (mm)	Min. floor height (mm)	Overhead OH (mm)	Reaction loads (kN)*2				
				AM	BM						XXY				
R1	R2	R3	R4								Machine room	Pit			
F-750-2S	750	45	7.5	2600 × 3950		1250	2S	2200 × 3110		2800	4450	65.7	46.1	77.4	64.7
			60			1550					4650			78.5	69.6
F-1000-2S	1000	45	7.5	3150 × 3950		1250	2S	2600 × 3110		2800	4450	83.4	48	96.1	75.5
			60			1550					4650			104	80.4
F-1500-2S	1500	45	9.5	3600 × 4050		1250	2S	3150 × 3210		2800	4450	112.8	59.8	127.4	98
			60			1550					4650			137.2	106.8
F-2000-2S	2000	45	13	3600 × 4250		1250	2S	3150 × 3610		2800	4450	135.3	69.6	151	116.7
			60			1550					4650			162.8	125.5
F-2500-3S		45	18.5	4000 × 4400		1250	3S	3600 × 3970		3300	4850	163.8	84.3	205	157
			60			1550					5050			219	168
F-2500-2U*4	2500	45	18.5	4000 × 4400		1250	2U	3600 × 3680		4500	4850	166.7	89.3	205	157
			60			1550					5050			219	168
F-2500-3U*4		45	18.5	4000 × 4400		1250	3U	3600 × 3680		3950	4850	166.7	89.3	205	157
			60			1550					5050			219	168
F-3000-3S		45	18.5	4100 × 4800		1250	3S	3750 × 4370		3300	4850	201	106.9	217.8	182.4
			60			1800					5050			233	195
F-3000-2U*4	3000	45	18.5	4100 × 4800		1250	2U	3750 × 4080		4500	4850	206.9	110.8	217.8	162.8
			60			1800					5050			233	174
F-3000-3U*4		45	18.5	4100 × 4800		1250	3U	3750 X 4080		3950	4850	206.9	110.8	217.8	162.8
			60			1800					5050			233	174

*1: Since required motor power varies according to the specifications, such as elevator cage weight, etc., please consult our sales agency for details.

*2: Since reaction load varies according to the specifications, please consult our sales agency for details.

*3: In cases where capacity exceeds 3000kg, please consult our sales agency for details.

*4: 2U, 3U door type can not be applied for EN-81-1 or GB code.

Multistrand Post-Tensioning

STRAND PROPERTIES - TO AS 4672

Nominal Diameter (mm)	Nominal Steel Area (mm ²)	Nominal Mass (kg/m)	Minimum Breaking Load (kN)	Minimum Proof Load (0.2% Offset) (kN)	Min. Elong. to Fracture in 600mm (%)	Relaxation After 1,000hrs at 0.8 Breaking Load (%)	Modulus of Elasticity (MPa)
12 Super	100.1	0.786	184	156.4	3.5	2.5	180-205
15 Super	143.3	1.125	250	212.5	3.5	2.5	x10 ³
15B+T	143.3	1.125	261	221.9	3.5	2.5	

TENDON PROPERTIES

Strand Type 12.7mm Super			
Tendon Unit	No. of strands	Minimum Breaking Load (kN)	Steel Duct. Internal Diameter (mm)
5-4	2	368	40
	3	536	48
5-7	5	920	50
	6	1100	50
	7	1290	50
5-12	8	1470	70
	9	1660	70
	10	1840	70
	11	2020	70
	12	2210	70
5-19	13	2390	85
	14	2580	85
	15	2760	85
	16	2940	85
	17	3130	85
	18	3310	85
	19	3500	85
5-22	20	3680	90
	21	3860	90
	22	4050	90
5-27	23	4230	95
	24	4420	95
	25	4600	95
	26	4780	95
	27	4970	95
5-31	28	5150	105
	30	5520	105
	31	5700	105
5-37	32	5890	115
	33	6070	115
	34	6260	115
	35	6440	115
	36	6620	115
	37	6810	115
5-42	38	6990	120
	39	7180	120
	40	7360	120
	41	7540	120
	42	7730	120
5-48	43	7910	130
	44	8100	130
	45	8280	130
	46	8460	130
	47	8650	130
	48	8830	130
5-55	49	9020	135
	50	9200	135
	51	9380	135
	52	9570	135
	53	9750	135
	54	9940	135
	55	10120	135

Strand Type 15.2mm Super			
Tendon Unit	No. of strands	Minimum Breaking Load (kN)	Steel Duct. Internal Diameter (mm)
6-3	2	500	40
6-4	3	1000	48
6-7	5	1250	70
	6	1500	70
	7	1750	70
6-12	8	2000	85
	9	2250	85
	10	2500	85
	11	2750	85
	12	3000	85
6-19	13	3250	95
	14	3500	95
	15	3750	95
	16	4000	95
	17	4250	95
	18	4500	95
	19	4750	95
6-22	20	5000	105
	21	5250	105
	22	5500	105
6-27	23	5750	115
	24	6000	115
	25	6250	115
	26	6500	115
	27	6750	115
6-31	28	7000	120
	30	7500	120
	31	7750	120
6-37	32	8000	130
	33	8250	130
	34	8500	130
	35	8750	130
	36	9000	130
	37	9250	130
6-42	38	9500	135
	39	9750	135
	40	10000	135
	41	10250	135
	42	10500	135
6-48	43	10750	145
	44	11000	145
	45	11250	145
	46	11500	145
	47	11750	145
	48	12000	145
6-55	49	12250	155
	50	12500	155
	51	12750	155
	52	13000	155
	53	13250	155
	54	13500	155
	55	13750	155

Note:

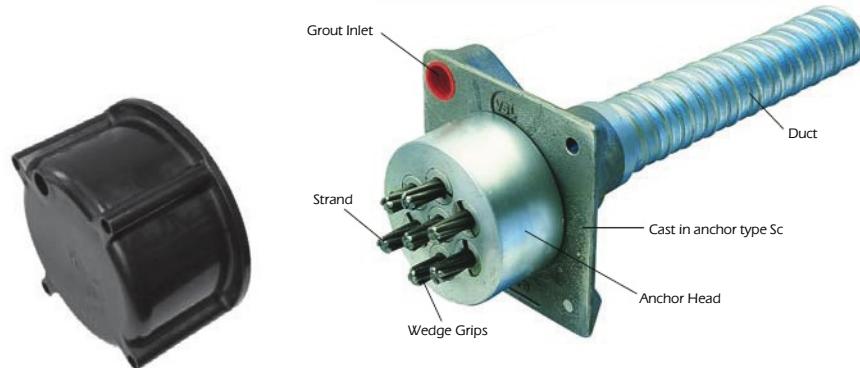
1. Intermediate duct diameters may be available on application
2. Duct diameters are for corrugated steel duct
3. Duct external dia. = Inside dia. + 6mm nominal
4. Corrugated PT-Plus™ duct is also available, refer page 17
5. For special applications other strand and tendon capacities are available

6. Anchorages for 15.2mm system are compatible with 261 EHT strand
7. Anchorage size up to 6-91 available on special order from overseas
8. 12.9-mm, 15.7-mm and 15.2-mm minimum 300kN breaking load strand available as special order from overseas

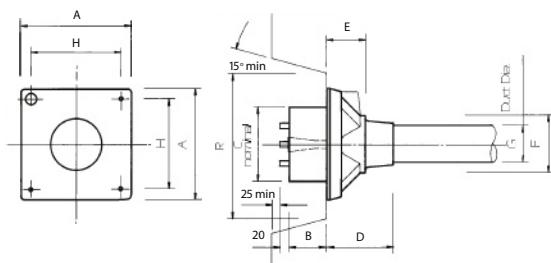
YOUR CONSTRUCTION PARTNER



Multistrand Post-Tensioning



VSL STRESSING ANCHORAGE TYPE Sc LIVE END



Note: Antiburst reinforcement to Engineers details not shown

TENDON UNIT	Dimensions [mm]	A	B	C	D	E	F	G Int. Dia.	H	R
STRAND TYPE 12.7MM										
5-4	135	57	90	100	16	64	40	95	210	
5-7	165	57	120	100	60	85	50	125	275	
5-12	215	54	160	160	84	120	70	151	320	
5-19	270	66	180	210	110	145	85	200	360	
5-22	290	80	200	215	140	153	90	230	360	
5-27	315	92	220	250	160	176	95	250	360	
5-31	315	92	230	250	161	175	105	250	360	
5-37	370	107	250	320	160	200	115	305	650	
5-42	390	112	290	346	168	217	120	325	650	
5-48	430	122	300	340	161	233	130	365	750	
5-55	465	142	320	340	160	250	135	400	750	
STRAND TYPE 15.2MM										
6-3	135	57	90	100	16	56	40	95	210	
6-4	165	57	120	100	60	85	50	125	270	
6-7	215	67	140	160	85	120	70	150	320	
6-12	270	74	180	210	110	145	85	200	360	
6-19	315	92	220	250	160	175	95	250	360	
6-22	315	102	230	250	160	175	105	250	360	
6-27	370	112	250	320	160	200	115	305	650	
6-31	390	122	270	340	160	217	120	325	650	
*6-33P	430	142	390	340	160	240	130	400	750	
*6-48P	575	147	340	1035	110	269	145	495	900	
*6-55P	600	182	360	1070	120	294	155	520	900	

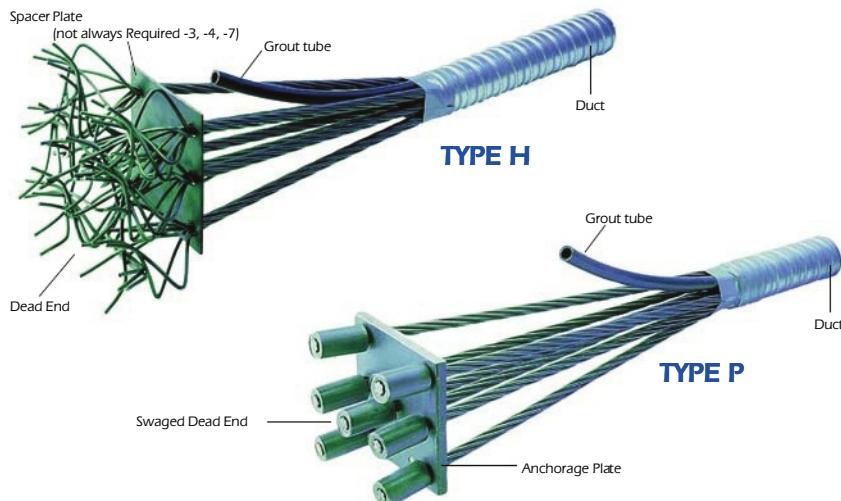
Note: 1. Dimension R does not allow for Lift off force check. Small recesses can be provided for special cases. Please check with your local VSL office for details

2. * Plate type anchorages (Type P). Also available for other tendon units

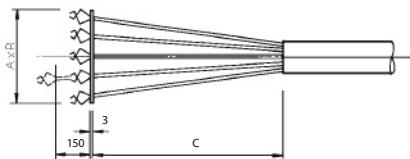
YOUR CONSTRUCTION PARTNER



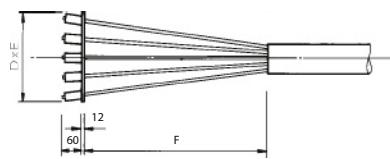
Multistrand Post-Tensioning



VSL DEAD END ANCHORAGE



Dead End Anchorage Type H



Dead End Anchorage Type P

Tendon Type	Strand Type 12.7mm					
	Type H'			Type P'		
	A	B	C	D	E	F
5-4	125	125	600	120	120	150
5-7	175	150	1000	150	150	300
5-12	300	250	1000	200	200	350
5-19	375	300	1000	250	250	450
5-22	400	300	1000	300	250	500
5-27	450	400	1200	300	300	750
5-31	450	425	1200	350	300	750
5-37	525	450	1100	375	350	850
5-42	600	450	1400	375	375	950
5-48	645	450	1200	400	400	1000
5-55	700	500	1700	425	425	1250

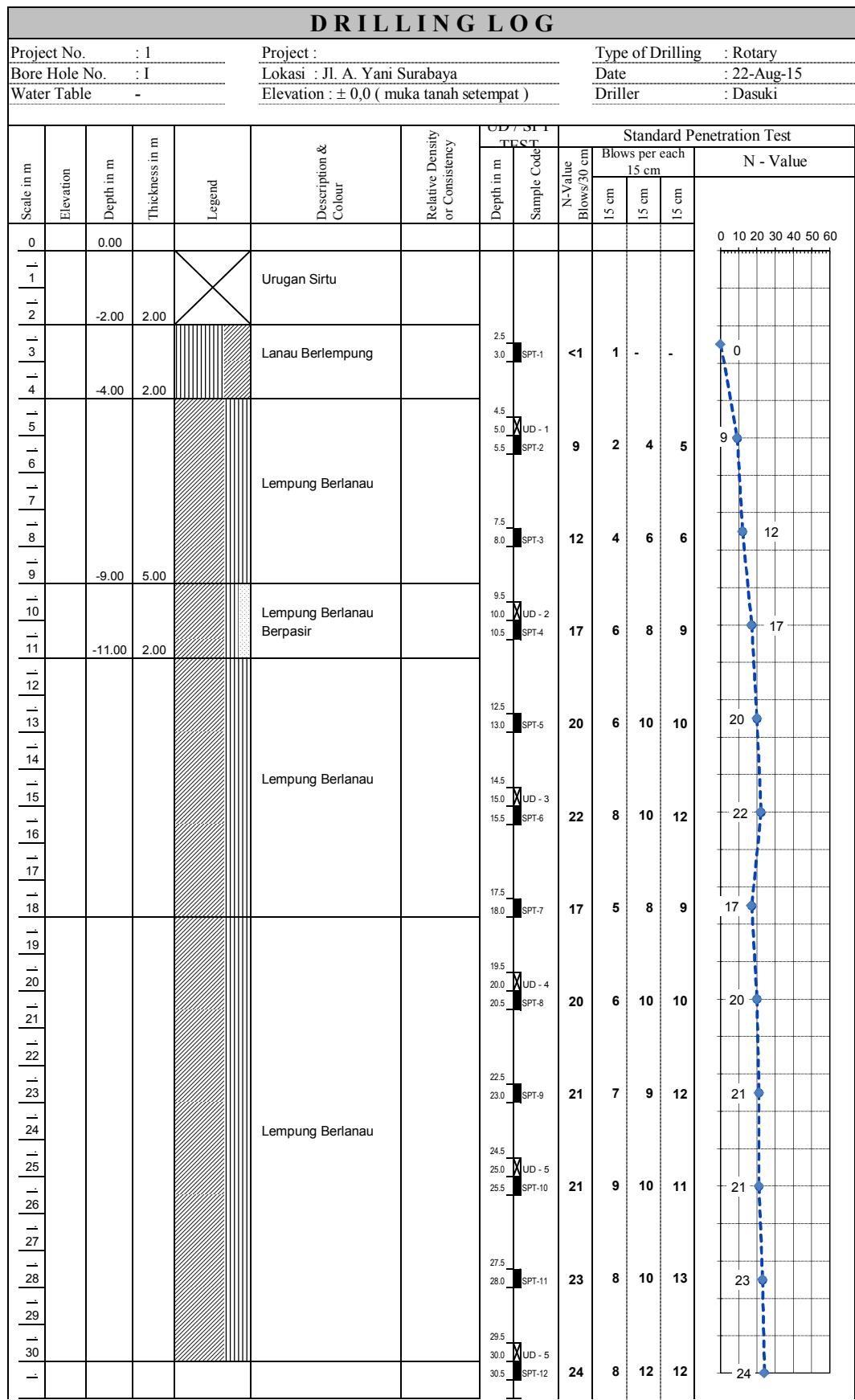
Dimensions in mm

Tendon Type	Strand Type 15.2mm					
	Type H'			Type P'		
	A	B	C	D	E	F
6-3	150	150	600	150	150	250
6-4	150	150	600	150	150	250
6-7	200	170	1000	200	200	350
6-12	350	300	1000	250	250	450
6-19	450	350	1000	300	300	650
6-22	500	350	1000	300	300	500
6-27	550	450	1400	350	350	950
6-31	550	475	1400	350	350	950
6-37	600	550	1100	400	350	850
6-42	700	550	1700	400	350	1250
6-48	745	550	1200	475	475	1000
6-55	800	600	2000	550	475	1550

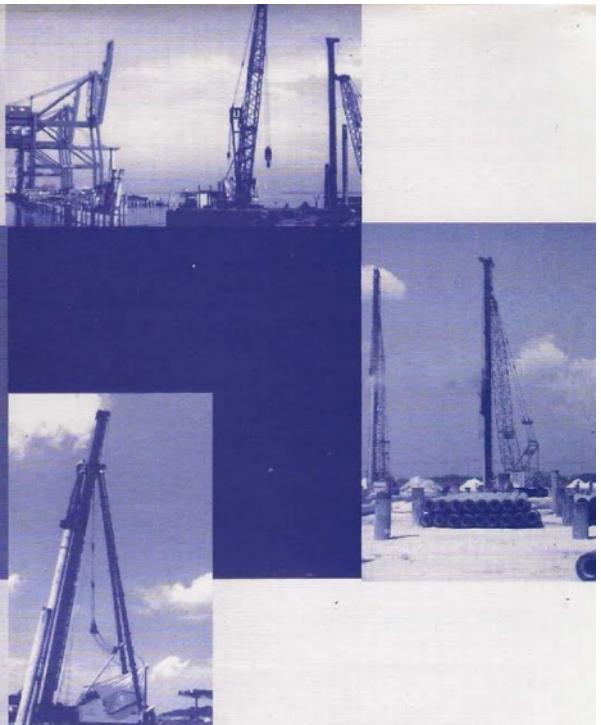
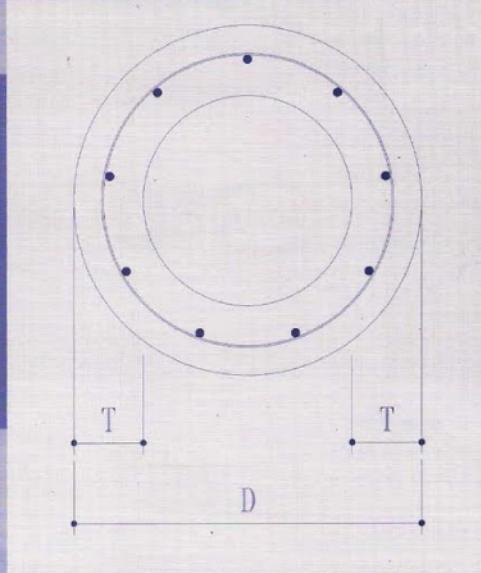
Dimensions in mm

YOUR CONSTRUCTION PARTNER





Shape and Dimension



Classification

Outside Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm ²)	Unit Weight (Kg/m)	Length (m)	Bending Moment Crack (Ton.m)	Moment Ultimate (Ton.m)	Allowable Axial Load (Ton)
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1159	290	6 - 16	10.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
		B				25.00	45.00	238.30
		C				29.00	58.00	229.50

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
PROGRAM SARJANA LINTAS JALUR
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK – ITS**

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR**

Pada hari ini **Kamis tanggal 12 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:

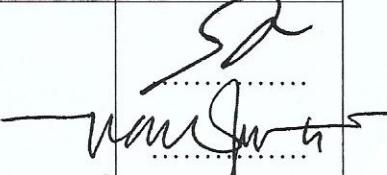
NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111645000053	Wisnu Priambodo	Desain Modifikasi Struktur Gedung Twin Tower Universitas Negeri Sunan Ampel Surabaya Dengan Menggunakan Sistem Ganda Dan Balok Pratekan Pada Lantai Atap

Dengan Hasil :

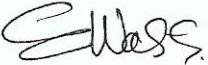
- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan | <input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan |
| <input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan | <input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan |

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

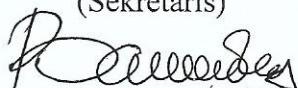
- Gbr tusuk konde dan pantau nfa pd gbr 33 - 35 . ✓
- Tiap gambar selalu ada ukuran dan keterangan yg jelas .
- Penulangan pelat & betulkan sesuai hitungan → tumpuan & lap.
- hal 20 & 21 , tulangan kebalik memayang & melintang , tekukan tulangan go°
- Cara tulis sumber / referensi & betulkan .
- Daftar pustaka & perbaiki .

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Data Iranata, ST. MT. PhD	
Dr. Ir. Djoko Irawan, MS	

Surabaya, 12 Juli 2018
Dosen Pembimbing I
(Ketua)


Endah Wahyuni, ST. MSc. PhD

Dosen Pembimbing 2
(Sekretaris)


Bambang Piscesa, ST. MT

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	: Endah Wahyuni ST,Msc, Phd Bambang Piscesa, ST, MT
NAMA MAHASISWA	: WISNU PRIAMBODO
NRP	: 03111645000053
JUDUL TUGAS AKHIR	: DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN BALOK PRATEKAN PADA LANTAI ATAP
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1		<ul style="list-style-type: none"> - cek perhitungan kehilangan pd kekarahan kolom - cek perhitungan shearwall - cek lagi kontrol dual system 		
2		<ul style="list-style-type: none"> - Perhitungan Momen untuk poer pondasi - Gambar asisten 		
2		<ul style="list-style-type: none"> - Perhitungan dan Penulangan poer pondas - Gambar pelat dr - Gambar Pratekan(x, y) - Gambar balok pratekan Type 2 - 		



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

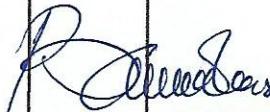
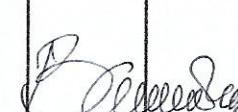
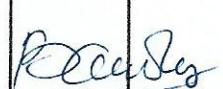
Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: 1. Endah Wahyuni, ST, MSc. PhD 2. Bambang Piscesa, ST, MT
NAMA MAHASISWA	: WISNU PRIAMBODO
NRP	: 03111645000053
JUDUL TUGAS AKHIR	: DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GANDA DAN BALOK PRATEKAN PADA LANTAI ATAP
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1				
2	06/04/2018	<ul style="list-style-type: none"> - Preliminary design - Cari dasar rumus $\frac{3P}{fc}$ pd kolom - Asisten dibuat laporan AS 		
3	20/4/2018	<ul style="list-style-type: none"> - Balok pratekan dibuat sampai ujung - Perhitungan loss pada setiap balok pratekan (sequence), Non linear construction - Shearwall taruh di luar lift - Perbaiki laporan plakat tangga balok lift 		
4	27/4/2018	<ul style="list-style-type: none"> - Cek momen balok di ETAB dan manual - cek berat di etab dan diagram beban di etab - Define uniform sheet - divide sheet - tambah kolom peneter 0,5 m - crack stiffness 0,3 , 0,7 		
5	1/5/2018	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaiki Mass source (Beton Double) - Periode teliti $T=2,07$ 		
6	9/5/2018	<ul style="list-style-type: none"> - cek T pd saat sebelum dan sesudah faktor CMCT - cek V saat T sebelum dan sesudah crack - Permodelling pratekan benteng dr ujung ke ujung, loss dikolom 		



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



NAMA PEMBIMBING	:
NAMA MAHASISWA	: WISNU PRIAMBODO
NRP	: 03111645000053
JUDUL TUGAS AKHIR	: DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG TWIN TOWER UNIVERSITAS NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM GAIUDA DAN BALOK PRATEKAN PADA LANTAI ATAP.
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
	5/6/2018	<ul style="list-style-type: none"> - Perhatikan tanda ± pada perhitungan gaya pratekan - Momen output ETAB diperhatikan - Analisa transfer saat jacking cek ulang - Baca sNI geser kolom - Balok ok <ul style="list-style-type: none"> - Cek posisi tumpuan M(-) ambil terbesar dr tumpuan dan lapangan - Buat Momen Kapasitas nap 0,5 m sepanjang 15 m <ul style="list-style-type: none"> = Cek tegangan syarat $\frac{M_u}{W} + \frac{P_u}{A_c} > 0,2 f_c$ <p>Pu = semua $\rightarrow A_c$ semua $\cancel{A_c} \rightarrow \frac{M_u}{I} \rightarrow$ Perhitungan shearwall</p>		
	22/6/2018			

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Wisnu Priambodo lahir di Banjarnegara pada tanggal 25 bulan Juli tahun 1994 dan merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Pertiwi Purwasaba lulus tahun 2001, SDN 3 Purwasaba lulus tahun 2007, SMPN 3 Purwareja Klampok lulus tahun 2010, SMAN 1 Purbalingga lulus tahun 2013, D3 Teknik Sipil ITS Surabaya lulus tahun 2016. Penulis melanjutkan studi lintas jalur S1 Teknik Sipil ITS tahun 2016.

Selama menjalankan studi di kampus ITS, penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan selama masa perkuliahan. Kegiatan kemahasiswaan tersebut meliputi kegiatan himpunan, fakultas maupun institut. Dalam himpunan penulis terlibat dalam berbagai event kegiatan besar. Sedangkan dalam fakultas dan institut ikut pula dalam kegiatan unit kegiatan mahasiswa dan berprestasi di dalamnya. Penulis ikut aktif dalam berbagai perlombaan dalam bidang maupun diluar bidang keahlian pendidikan. Selain itu penulis juga ikut dalam beberapa penelitian yang tergabung dalam program kreatifitas mahasiswa.