



TUGAS AKHIR – RC14-1501

STUDI PERBANDINGAN DESAIN *STEEL FIBER REINFORCED CONCRETE* (SFRC) DENGAN BETON BERTULANG KONVENTIONAL PADA GEDUNG HOTEL IBIS SURABAYA

SOCHIVA PRAMESTI

NRP. 3114 100 063

Dosen Pembimbing I :

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

Dosen Pembimbing II :

Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M, MS.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018



TUGAS AKHIR – RC14-1501

STUDI PERBANDINGAN DESAIN *STEEL FIBER REINFORCED CONCRETE* (SFRC) DENGAN BETON BERTULANG KONVENTSIONAL PADA GEDUNG HOTEL IBIS SURABAYA

SOCHIVA PRAMESTI

NRP. 3114 100 063

Dosen Pembimbing I :

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

Dosen Pembimbing II :

Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M, MS.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPL

Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT – RC14-1501

STUDY COMPARISON OF STEEL FIBER REINFORCED CONCRETE (SFRC) DESIGN WITH CONVENTIONAL REINFORCED CONCRETE OF IBIS SURABAYA HOTEL

SOCHIVA PRAMESTI

NRP. 3114 100 063

Academic Supervisor I :

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

Academic Supervisor II :

Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M, MS.

DEPARTEMEN OF CIVIL ENGINEERING

Faculty of Civil Engineering, Environtment and Geo Engineering

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2018

Halaman ini sengaja dikosongkan

**STUDI PERBANDINGAN DESAIN STEEL FIBER
REINFORCED CONCRETE (SFRC) DENGAN BETON
BERTULANG KONVENTIONAL PADA GEDUNG HOTEL
IBIS SURABAYA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Reguler Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
SOCHIVA PRAMESTI
NRP. 3114 100 063

Disetujui oleh pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Tavio, ST., MT., Ph.D

2. Dr.Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS



SURABAYA, JULI 2018

Halaman ini sengaja dikosongkan

**STUDI PERBANDINGAN DESAIN STEEL FIBER
REINFORCED CONCRETE (SFRC) DENGAN BETON
BERTULANG KONVENTIONAL PADA GEDUNG HOTEL
IBIS SURABAYA**

Nama Mahasiswa : Sochiva Pramesti
NRP : 3114100063
Departemen : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing : Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS.

Abstrak

Steel Fiber Reinforced Concrete (SFRC) atau beton bertulang berserat baja adalah bagian komposit yang terdiri dari beton bertulang biasa dan serat baja. Inovasi penambahan serat baja pada beton bertulang telah banyak digunakan dalam bidang konstruksi. Penambahan serat baja dapat meningkatkan sifat mekanis beton, yaitu kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, daktilitas, kekakuan, dan beban retak awal (first crack load). Ketika retak terjadi pada beton bertulang-serat , pemakaian serat baja dapat memberikan ketahanan terhadap retak tersebut sehingga hasilnya dapat meningkatkan daktilitas dan kekerasan beton. Karakteristik-karakteristik permukaan dari serat baja dapat diubah secara kimiawi untuk memperkuat ikatan.

Hotel Ibis Surabaya pada kondisi sebenarnya dibangun menggunakan struktur beton bertulang konvensional dan memiliki 10 lantai. Dalam Tugas Akhir ini, gedung hotel tersebut akan dimodifikasi menggunakan Steel Fiber Reinforced Concrete (SFRC) yang perhitungan struktur tulangannya mengacu pada peraturan RILEM TC 162-TDF. Kemudian setelah didapatkan jumlah tulangannya akan dibandingkan dengan jumlah tulangan beton konvensional, dan output akhirnya adalah mengetahui

persen tulangan yang dapat tereduksi. Penulis memodelkan struktur dalam program bantu ETABS. Batasan perencanaan yang dilakukan adalah struktur pelat dan balok saja.

Dari hasil perhitungan didapatkan dengan penambahan 0,25% serat baja dengan panjang 35 mm diameter 0,55 mm, tulangan lentur di balok dapat tereduksi sebesar 9,5% dan tulangan gesernya dapat tereduksi sebesar 54%, sedangkan untuk di pelat lantai tulangan dapat tereduksi sebesar 39% dan pelat tangga sebesar 23%.

Kata Kunci : Hotel Ibis Surabaya, Beton Bertulang, Beton Bertulang Serat Baja

STUDY COMPARISON OF STEEL FIBER REINFORCED CONCRETE (SFRC) DESIGN WITH CONVENTIONAL REINFORCED CONCRETE OF IBIS SURABAYA HOTEL

Student Name : Sochiva Pramesti
NRP : 03111440000063
Department : Teknik Sipil
Academic Supervisor : Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
 Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo M., MS.

Abstract

Steel Fiber Reinforced Concrete (SFRC) or reinforced steel fibrous concrete is a composite part composed of ordinary reinforced concrete and steel fibers. The innovation of adding steel fibers on reinforced concrete has been widely used in the field of construction. The addition of steel fibers can improve the mechanical properties of the concrete, namely compressive strength, tensile strength, bending strength, ductility, stiffness, and crack load first. When cracks occur in fiber-reinforced concrete, the use of steel fibers can provide resistance to the crack so that the result can increase the ductility and hardness of the concrete. The surface characteristics of steel fibers can be chemically altered to strengthen the bonds.

Hotel Ibis Surabaya is in real condition built using a conventional reinforced concrete structure and has 10 floors. In this Final Project, the hotel building will be modified using Steel Fiber Reinforced Concrete (SFRC) whose calculation of reinforcement structure refers to the RILEM TC 162-TDF regulation. Then after getting the number of reinforcement will be compared with the number of conventional concrete reinforcement, and the final output is knowing the percent of reinforcement that can be reduced. The author modeled the

structure in the ETABS auxiliary program. The limits of planning are the structure of plates and beams only.

From the calculation results obtained with the addition of 0.25% steel fiber with a length of 35 mm and diameter 0.55 mm, flexural reinforcement in the beam can be reduced by 9.5% and shear reinforcement can be reduced by 54%, while for the reinforcement plate can be reduced by 39% and the ladder plate by 23%.

Keywords: Hotel Ibis Surabaya, Reinforced Concrete, Reinforced Concrete Fiber Steel

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Studi Perbandingan Desain *Steel Fiber Reinforced Concrete* (SFRC) dengan Beton Konvensional pada Gedung Hotel Ibis Surabaya”. Dalam kesempatan ini penulis bermaksud mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang mendukung dan membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Kedua orang tua saya yang tidak putus-putusnya memberikan perhatian, doa, dan dukungan baik moral maupun materi.
2. Pak Tavio dan Pak Hidayat selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingannya dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Seluruh dosen pengajar di Jurusan Teknik Sipil yang telah mengajar dan membimbing selama masa perkuliahan.
4. Teman-teman Jurusan Teknik Sipil yang selalu memberi motivasi dan bantuan selama proses penyusunan tugas akhir ini.

Dalam pembuatan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tugas akhir yang penulis buat masih sangat jauh dari kesempurnaan. Maka penulis mohon petunjuk, saran, dan kritik terhadap tugas akhir ini. Sehingga kedepannya, diharapkan ada perbaikan terhadap tugas akhir ini serta dapat menambah pengetahuan penulis.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
Abstrak	vii
Abstract	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Fiber Reinforced Concrete (FRC)	5
2.2 <i>Steel Fiber Reinforced Concrete</i> (SFRC).....	8
2.3 Sifat Mekanis <i>Steel Fiber Reinforced Concrete</i>	9
2.3.1 Kuat Tekan	9
2.3.2 Kuat Tarik.....	10
2.3.3 Kuat Lentur.....	12
2.3.4 Susut dan Rangkak	13
BAB III METODOLOGI	15

3.1	Umum.....	15
3.2	Bagan Alir Perencanaan	15
3.3	Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir.....	17
3.3.1	Pengumpulan Data.....	17
3.3.2	Studi Literatur.....	17
3.4	Preliminary Design	18
3.4.1	Perencanaan Dimensi Struktur	18
3.4.2	Perhitungan Beban Struktur.....	21
3.4.3	Kombinasi Pembebanan	25
3.5	Analisa Struktur.....	26
3.6	Perencanaan Penulangan Beton Bertulang	26
3.6.1	Penulangan Balok	26
3.6.2	Penulangan Pelat.....	28
3.7	Perencanaan Penulangan Struktur SFRC.....	29
3.8	Perhitungan volume dan analisa harga	33
3.9	Gambar Akhir	33
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1	Preliminary Design	35
4.1.1	Umum	35
4.1.2	Data Perencanaan	35
4.1.3	Pembebanan.....	36
4.1.4	Perencanaan Dimensi Balok.....	37
4.1.5	Perencanaan Dimensi Pelat	38
4.1.6	Perencanaan Dimensi Kolom	43

4.1.7	Perencanaan Dinding Geser	48
4.2	Perencanaan Struktur Sekunder.....	48
4.2.1	Umum.....	48
4.2.2	Perencanaan Pelat.....	49
4.2.3	Perencanaan Balok Anak.....	55
4.2.4	Perencanaan Balok Lift	61
4.3	Pembebanan dan Analisa Struktur	69
4.3.1	Umum.....	69
4.3.2	Permodelan Struktur.....	69
4.3.3	Pembebanan Gravitasi.....	70
4.3.4	Pembebanan Gempa Dinamis.....	73
4.4	Perencanaan Struktur Utama	86
4.4.1	Umum.....	86
4.4.2	Perencanaan Balok Induk	86
4.4.3	Perencanaan Balok Kolektor	112
4.4.4	Perencanaan Tangga.....	119
4.4.5	Perencanaan Kolom.....	131
4.4.6	Hubungan Balok Kolom.....	140
4.4.7	Perencanaan Dinding Geser	143
4.5	Perencanaan Tulangan <i>Steel Fiber Reinforced Concrete</i>	
	149	
4.5.1	Penulangan Balok Induk SFRC.....	149
4.6	Analisa Harga.....	163
BAB V	KESIMPULAN	171

5.1	Kesimpulan.....	171
5.2	Saran.....	172
DAFTAR PUSTAKA.....		173

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk Penampang Serat, Löfgren (2005)	6
Gambar 2.2 Bentuk Geometri Serat, Löfgren (2005).....	6
Gambar 2.3 Efek Penambahan Serat pada Beton Bertulang, Löfgren (2005)	8
Gambar 2.4 Grafik tegangan-regangan untuk Steel Fiber Reinforced Concrete pada kuat tekan, dengan ukuran agregat 9,5 mm (Shah, 1978)	10
Gambar 2.5 Peningkatan Kuat Tarik Belah dengan Penambahan Serat Baja (Byung Hwan Oh, 1992).....	11
Gambar 2.6 Peningkatan kuat tekan, tarik dan lentur pada SFRC (Byung Hwan Oh, 1992)	11
Gambar 2.7 Kurva Beban-Defleksi (ASTM C 1018).....	13
Gambar 3.1 Bagan Alir Perencanaan	16
Gambar 3.2 S _s , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE _R)	23
Gambar 3.3 S ₁ , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE _R)	23
Gambar 3.4 Diagram Distribusi Tegangan Regangan pada SFRC dengan tulangan (Sumber : RILEM TC-162-TDF (2003))	30
Gambar 4.1 Denah rencana balok, kolom, dan shear wall	36
Gambar 4.2 Pelat Tipe C	40
Gambar 4.3 Luas Tributary	44
Gambar 4.4 Ilustrasi potongan pelat rencana	52
Gambar 4.5 Denah Lift.....	63
Gambar 4.6 Permodelan pada ETABS	69
Gambar 4.7 Grafik Respon Spektrum Desain	75
Gambar 4.8 Contoh Balok Bentang 7,298 m	89
Gambar 4.9 Penampang Balok T	99
Gambar 4.10 Luasan (Acp) dan Keliling (Pcp).....	102
Gambar 4.11 Luasan (Aoh) dan Keliling (Poh)	102
Gambar 4.12 Contoh balok kolektor bentang 7,298 m	113

Gambar 4.13 Denah Tangga	120
Gambar 4.14 Potongan Tangga	120
Gambar 4.15 Permodelan Tangga	122
Gambar 4.16 Ilustrasi potongan pelat tangga	122
Gambar 4.17 Output spColumn Design Biaxial Kolom 65/65..	133
Gambar 4.18 Output spColumn Investigation Kolom 65/65.....	134
Gambar 4.19 Output spColumn Investigation setelah Mpr Kolom 65/65	135
Gambar 4.20 Momen pada hubungan balok kolom.....	138
Gambar 4.21 Luas Joint Efektif.....	141
Gambar 4.22 Output SpColumn Investigation SW 2300 mm ...	147
Gambar 4.23 Diagram Gaya dan CMOD	150
Gambar 4.24 Permodelan linier distribusi tegangan.....	152
Gambar 4.25 Detail blok area tegangan tarik	153

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik Serat, Löfgren (2005).....	7
Tabel 2.2 Kekuatan Beton pada Berbagai Volume Serat (MPa) (Byung Hwan Oh, 1992)	12
Tabel 3.1 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung	18
Tabel 3.2 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa	22
Tabel 3.3 Faktor Keutamaan Gempa.....	22
Tabel 3.4 Koefisien Situs, F_a	24
Tabel 3.5 Koefisien Situs, F_v	24
Tabel 4.1 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Induk	37
Tabel 4.2 Rekapitulasi Perhitungan Balok Anak	38
Tabel 4.3 Rekapitulasi Perhitungan Tebal Pelat.....	43
Tabel 4.4 Beban total yang diterima kolom lantai atap – lantai 4	46
Tabel 4.5 Beban total yang diterima kolom lantai 4 – lt.ground.	47
Tabel 4.6 Rekapitulasi penulangan balok anak	61
Tabel 4.7 Spesifikasi Mesin Lift HYUNDAI.....	62
Tabel 4.8 Rekapitulasi Pembebanan (Dead+Live).....	71
Tabel 4.9 Rekapitulasi Pembebanan (Superdead)	72
Tabel 4.10 Modal Periode dan Frekuensi.....	76
Tabel 4.11 Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS	78
Tabel 4.12 Gaya Geser Dasar Hasil ETABS.....	79
Tabel 4.13 Gaya Geser Dasar Hasil ETABS Setelah <i>Scale Factor</i>	80
Tabel 4.14 Kontrol Sistem Ganda	81
Tabel 4.15 Jumlah Partisipasi Massa dalam Menghasilkan Respon	82
Tabel 4.16 Kontrol Simpangan Arah X dan Y	83
Tabel 4.17 Perhitungan Eksentrisitas Aktual terhadap Pusat Massa dan Pusat Rotasi	85

Tabel 4.18 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk.....	86
Tabel 4.19 Rekapitulasi Kontrol dalam Menahan Momen Negatif dan Positif.....	96
Tabel 4.20 Rekapitulasi kontrol batas penulangan tumpuan balok induk	97
Tabel 4.21 Rekapitulasi penulangan lentur balok induk	101
Tabel 4.22 Rekapitulasi Penulangan Longitudinal Penahan Torsi	106
Tabel 4.23 Rekapitulasi Tulangan Transversal Penahan Geser dan Torsi.....	111
Tabel 4.24 Rekapitulasi kontrol dalam menahan momen negatif dan positif (Balok Kolektor).....	116
Tabel 4.25 Rekapitulasi kontrol batas penulangan tumpuan balok kolektor.....	117
Tabel 4.26 Rekapitulasi penulangan lentur balok kolektor	118
Tabel 4.27 Rekapitulasi Penulangan Longitudinal Penahan Torsi	118
Tabel 4.28 Rekapitulasi Tulangan Transversal Penahan Geser dan Torsi.....	119
Tabel 4.29 Rekapitulasi Penulangan Tangga dan Bordes	130
Tabel 4.30 Momen dan Gaya Aksial Kolom Lantai Mezzanine	132
Tabel 4.31 Rekapitulasi Perencanaan Kolom.....	140
Tabel 4.32 Rekapitulasi perbandingan kebutuhan tulangan lentur SFRC dan RC (Balok Induk).....	157
Tabel 4.33 Rekapitulasi perbandingan kebutuhan tulangan lentur SFRC dan RC (Balok Kolektor).....	157
Tabel 4.34 Rekapitulasi perbandingan kebutuhan tulangan geser SFRC dan RC (Balok Induk).....	158
Tabel 4.35 Rekapitulasi perbandingan kebutuhan tulangan geser SFRC dan RC (Balok Kolektor).....	159
Tabel 4.36 Rekapitulasi Perbandingan kebutuhan tulangan Pelat Lantai SFRC dan RC Arah X	160

Tabel 4.37 Rekapitulasi Perbandingan kebutuhan tulangan Pelat Lantai SFRC dan RC Arah Y	161
Tabel 4.38 Rekapitulasi Perbandingan kebutuhan tulangan lentur di Tangga SFRC dan RC	162
Tabel 4.39 Rekapitulasi Harga Beton Bertulang per bentang balok	164
Tabel 4.40 Rekapitulasi Harga <i>Steel Fiber Reinforced Concrete</i> per bentang balok	165
Tabel 4.41 Rekapitulasi Harga Beton Bertulang per bentang balok (kolektor).....	166
Tabel 4.42 Rekapitulasi Harga <i>Steel Fiber Reinforced Concrete</i> per bentang balok (kolektor)	167
Tabel 4.43 Rekapitulasi Harga Beton Bertulang per tipe pelat .	168
Tabel 4.44 Rekapitulasi Harga <i>Steel Fiber Reinforced Concrete</i> per tipe pelat	169
Tabel 4.45 Rekapitulasi Harga <i>Steel Fiber Reinforced Concrete</i> pelat tangga	170

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan suatu material bangunan teknik sipil yang penggunaannya telah lama dikenal di Indonesia. Beton memiliki kuat tekan yang tinggi, mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan, perawatan yang murah, dan dapat memanfaatkan bahan-bahan lokal. Namun, karena sifatnya yang getas dan praktis tidak mampu menahan gaya tarik yang baik, maka bahan tersebut memiliki keterbatasan dalam penggunaanya.

Karena sifat utama beton yang kurang menahan gaya tarik, dan sifat utama baja tulangan yang sangat kuat terhadap beban tarik maupun beban tekan, maka jika kedua bahan tersebut dipadukan menjadi satu-satuan secara komposit, akan diperoleh bahan baru yang disebut beton bertulang (Asroni, 2010). Pada saat sekarang ini, bahan beton bertulang sangatlah penting dalam berbagai pembangunan, baik untuk gedung bertingkat tinggi, jembatan, jembatan bertingkat (jembatan layang), bendungan, jalan raya maupun dermaga pelabuhan.

Seiring dengan perkembangan jaman, muncullah inovasi beton berserat (*fiber reinforced concrete*). Serat (fiber) merupakan salah satu bahan tambahan untuk beton. Bahan serat dapat berupa serat asbestos, serat plastik (poly-propylene), atau potongan kawat baja, serat tumbuh-tumbuhan (rami, sabut kelapa, bambu, ijuk) (Trimulyono, 2004). Karena ditambah serat, maka menjadi suatu bahan komposit yaitu beton dan serat. Dalam sifat fisik beton, penambahan serat menyebabkan perubahan terhadap sifat beton tersebut. Dibandingkan dengan beton yang bermutu sama tanpa serat, maka beton dengan serat membuatnya menjadi lebih kaku sehingga memperkecil nilai slump serta membuat waktu ikat awal lebih cepat juga.

Potongan kawat baja merupakan salah satu material yang paling populer untuk digunakan sebagai serat. Serat yang digunakan panjangnya bervariasi dari $\frac{1}{4}$ in. sampai 3 in. Sementara diameternya berkisar antara 0,01 in. sampai 0,03 in. Untuk memperkuat ikatan dengan pasta semen, serat bisa dikaitkan atau dibengkokkan. Disamping itu, karakteristik-karakteristik permukaan dari serat dapat diubah secara kimiawi untuk memperkuat ikatan. Ketika retak terjadi pada beton bertulang-serat, pemakaian serat dapat memberikan ketahanan terhadap retak tersebut sehingga hasilnya dapat meningkatkan daktilitas dan kekerasan beton (McCormac, 2004). Serat baja dapat berupa potongan-potongan kawat atau dibuat khusus dengan permukaan halus / rata atau deform, lurus atau bengkok untuk memperbesar lekatan dengan betonnya. Serat baja akan berkarat diperlukan beton, namun akan sangat awet jika didalam beton.

Dalam tugas akhir ini, penyusun akan merencanakan desain Gedung Hotel Ibis Surabaya,yaitu gedung Hotel 10 lantai yang terletak di Surabaya. Gedung ini menggunakan struktur beton bertulang konvensional dalam pembangunannya, akan direncanakan dengan menggunakan bahan serat baja atau yang biasa disebut *Steel Fiber Reinforced Concrete* (SFRC). Perencanaan hanya mendesain elemen balok dan pelat saja, sedangkan untuk kolom menggunakan beton bertulang konvensional.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan utama dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah bagaimana merencanakan struktur gedung yang menggunakan *Steel Fiber Reinforced Concrete* (SFRC). Tujuan secara rinci dari permasalahan Tugas Akhir ini yaitu:

1. Bagaimana merencanakan preliminary design yang meliputi struktur utama dan struktur sekunder?

2. Bagaimana merencanakan penulangan yang meliputi balok, pelat lantai, dan pelat tangga dengan menggunakan SFRC?
3. Bagaimana memodelkan struktur bangunan yang menggunakan SFRC pada program bantu ETABS?
4. Berapa persen tulangan yang dapat tereduksi jika menggunakan SFRC dibandingkan dengan menggunakan beton bertulang konvensional?
5. Bagaimana perbandingan estimasi harga jika menggunakan SFRC dibandingkan dengan menggunakan beton bertulang konvensional?
6. Bagaimana rancangan akhir dari perencanaan struktur Gedung Hotel Ibis Surabaya berupa gambar?

1.3 Maksud dan Tujuan

Tujuan secara umum dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah agar dapat merencanakan struktur gedung yang menggunakan *Steel Fiber Reinforced Concrete* (SFRC). Tujuan secara rinci yang diharapkan dari perencanaan struktur gedung ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui preliminary design dari struktur balok dan pelat menggunakan SFRC.
2. Mengetahui penulangan untuk struktur balok dan pelat menggunakan SFRC.
3. Membuat permodelan struktur bangunan untuk elemen balok dan pelat yang menggunakan SFRC pada program bantu ETABS.
4. Mengetahui tulangan yang dapat tereduksi jika menggunakan SFRC dibandingkan dengan menggunakan beton bertulang konvensional.
5. Mengetahui perbandingan estimasi harga jika menggunakan SFRC dibandingkan dengan menggunakan beton bertulang konvensional.
6. Membuat rancangan akhir dari perencanaan Gedung Hotel Ibis Surabaya berupa gambar.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini permasalahan akan dibatasi sampai dengan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Hanya meninjau elemen balok dan pelat
2. Tidak meninjau segi arsitekturalnya
3. Tidak meninjau MEP
4. Tidak meninjau pondasi
5. Tidak meninjau aspek pelaksanaan

1.5 Manfaat

1. Dapat dijadikan alternatif desain struktur gedung bertingkat.
2. Sebagai referensi dalam perencanaan struktur dengan menggunakan *Steel Fiber Reinforced Concrete* (SFRC)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fiber Reinforced Concrete (FRC)

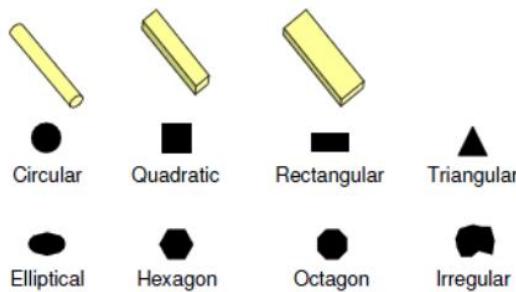
Menurut Naaman (2003), serat untuk campuran beton bertulang dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Bahan serat, berdasarkan bahannya, serat dibagi menjadi:
 - *Natural organic* (*cellulose*, sisal, bambu, dll)
 - *Natural inorganic* (asbestos, *wollastonite*, *rock wool*, dll)
 - *Man-made*
2. Sifat fisik dan kimia

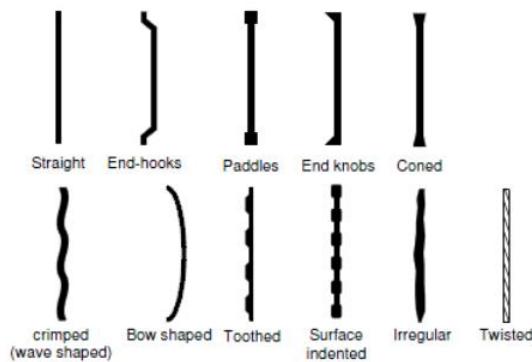
Klasifikasi serat berdasarkan sifat fisik/kimia yaitu dapat dilihat dari berat jenis, kekasaran permukaan, *flammability*, dll. Sifat fisik serat dapat dilihat pada Tabel 2.1
3. Sifat mekanis

Klasifikasi serat berdasarkan sifat mekanisnya yaitu berat jenis, kuat tarik, modulus elastisitas, duktilitas, kekakuan, dll.
4. Bentuk dan ukuran

Klasifikasi serat dapat berdasarkan bentuk geometrinya, yaitu diantaranya bentuk serat, panjang serat, diameter serat, dll. Bentuk penampang dari serat terdiri dari berbagai macam, diantaranya adalah bulat (*circular*), persegi (*rectangular*), segitiga (*triangular*), elips, oktagon, dan bentuk poligon lainnya. Bentuk penampang dan geometri serat ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan 2.2.



Gambar 2.1 Bentuk Penampang Serat, Löfgren
(2005)



Gambar 2.2 Bentuk Geometri Serat, Löfgren
(2005)

Tabel 2.1 Sifat Fisik Serat, Löfgren (2005)

Type of Fibre	Diameter [µm]	Specific gravity [g/cm³]	Tensile strength [MPa]	Elastic modulus [GPa]	Ultimate elongation [%]
Metallic					
Steel	5-1 000	7.85	200-2 600	195-210	0.5-5
Glass					
E glass	8-15	2.54	2 000-4 000	72	3.0-4.8
AR glass	8-20	2.70	1 500-3 700	80	2.5-3.6
Synthetic					
Acrylic (PAN)	5-17	1.18	200-1 000	14.6-19.6	7.5-50.0
Aramid (e.g. Kevlar)	10-12	1.4-1.5	2 000-3 500	62-130	2.0-4.6
Carbon (low modulus)	7-18	1.6-1.7	800-1 100	38-43	2.1-2.5
Carbon (high modulus)	7-18	1.7-1.9	1 500-4 000	200-800	1.3-1.8
Nylon (polyamide)	20-25	1.16	965	5.17	20.0
Polyester (e.g. PET)	10-8	1.34-1.39	280-1 200	10-18	10-50
Polyethylene (PE)	25-1 000	0.96	80-600	5.0	12-100
Polyethylene (HPPE)	-	0.97	4 100-3 000	80-150	2.9-4.1
Propylene (PP)	10-200	0.90-0.91	310-760	3.5-4.9	6-15.0
Polyvinyl acetate (PVA)	3-8	1.2-2.5	800-3 600	20-80	4-12
Natural - organic					
Cellulose (wood)	15-125	1.50	300-2 000	10-50	20
Coconut	100-400	1.12-1.15	120-200	19-25	10-25
Bamboo	50-400	1.50	350-50	33-40	-
Jute	100-200	1.02-1.04	250-350	25-32	1.5-1.9
Natural - inorganic					
Asbestos	0.02-25	2.55	200-1 800	164	2-3
Wollastonite	25-40	2.87-3.09	2 700-4 100	303-530	-

Setiap jenis serat mempunyai kelebihan dan kekurangan, masing-masing tergantung dari tujuan pemakaiannya. Perbaikan yang dialami beton dengan adanya penambahan serat antara lain yaitu:

1) Daktilitas meningkat

Energi yang diserap oleh beton serat untuk mencapai keruntuhan lebih besar dibandingkan dengan energi yang diserap oleh beton biasa, baik akibat beban tekan maupun akibat beban lentur. Hal ini menjadikan beton serat bersifat lebih daktail.

2) Kekuatan lentur dan tarik meningkat

Sifat kuat tarik dan lentur yang rendah pada beton dapat diperbaiki dengan penambahan serat ke dalam adukan beton.

3) Ketahanan terhadap beban kejut meningkat

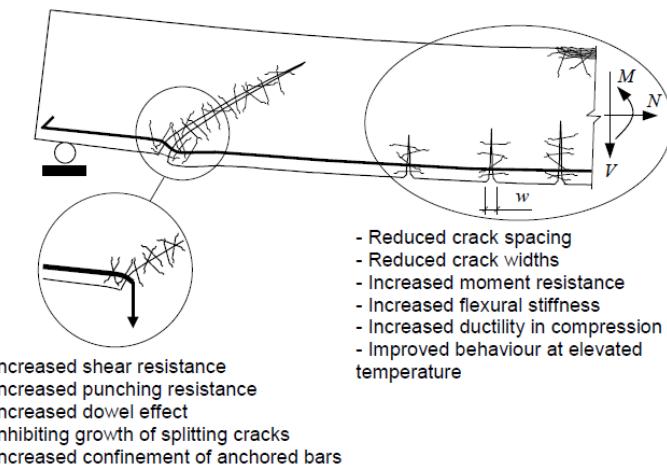
Beton normal sangat lemah dalam menerima beban kejut.

Penambahan serat ke dalam adukan beton dapat meningkatkan ketahanan kejut beton dengan baik.

4) Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue life*) meningkat

Penambahan volume fraksi serat pada adukan beton dapat meningkatkan ketahanan terhadap kelelahan, mengurangi lebar retak dan lendutan yang terjadi akibat pembebangan kelelahan (*fatigue*).

Efek lain dari penambahan serat pada beton bertulang dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Efek Penambahan Serat pada Beton Bertulang,
Löfgren (2005)

2.2 Steel Fiber Reinforced Concrete (SFRC)

Beton bertulang serat baja atau *Steel Fiber Reinforced Concrete* (SFRC) merupakan merupakan material komposit yang

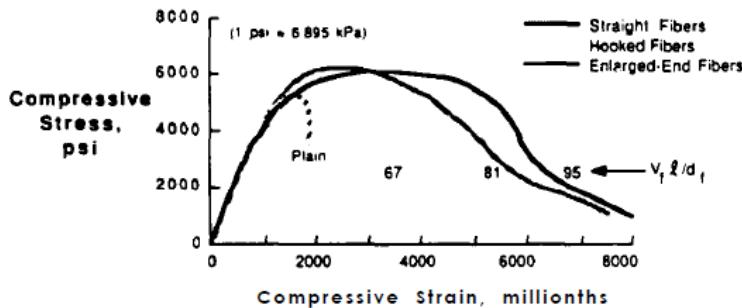
terdiri dari semen hidrolis, agregat kasar dan halus, dan potongan serat baja kecil yang tersebar secara acak. Umumnya, panjang serat bervariasi dari 0,5 in. (12,7 mm) sampai 2,5 in. (63,5 mm), sedangkan untuk diameternya adalah 0,017 in. (0,45 mm) sampai 0,04 in. (1,0 mm) (ACI.544.3R-93).

Berdasarkan ASTM-A820, terdapat lima tipe umum serat baja yang digunakan sebagai material, yaitu tipe I kawat dingin, tipe II potongan tipis, tipe III leburan ekstrak, tipe IV potongan giling, dan tipe V modifikasi kawat dingin. Dalam ACI 544.1R (1982) disebutkan bahwa hasil penelitian pembebanan statis (*static strength*) dengan menggunakan serat baja sampai 4 % terhadap volume beton dapat meningkatkan retak awal sebanyak 2,5 kali pada benda uji under reinforced dan sedikit meningkatkan kuat tekan; meningkatkan kuat tarik belah sebanyak 2,5 kali untuk kandungan serat 3 % dan sebanyak 2 kali untuk kandungan serat 2 %. Secara umum serat dapat meningkatkan daktilitas beton bertulang, tergantung dari bentuk dan jumlah kandungan serat. Pada penelitian ini dipakai fiber baja dengan tipe hooked. Banyak fiber baja yang dipakai adalah 2% dari berat semen.

2.3 Sifat Mekanis Steel Fiber Reinforced Concrete

2.3.1 Kuat Tekan

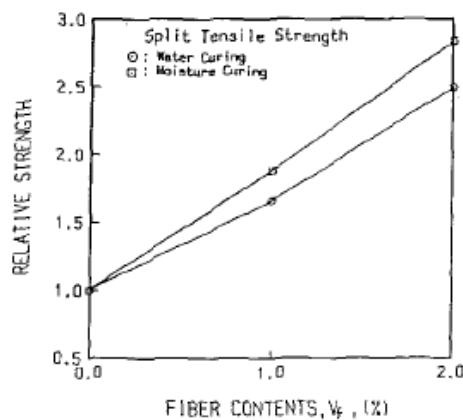
Efek serat baja pada kenaikan kuat tekan sangat bervariasi. Dalam banyak kasus, kenaikan kuat tekan sangat kecil sehingga diabaikan. Namun, menurut Williamson (1947), dalam ACI 544.4R-88 , kuat tekan dapat bertambah 23 persen untuk beton yang mengandung 2 persen volume serat dengan ukuran agregat maksimum 19 mm dan ukuran benda uji silinder 150 x 300 mm. Sedangkan untuk penambahan serat baja pada campuran mortar, kenaikan kuat tekan umumnya diabaikan sampai sangat kecil (ACI 544.4R-88). Grafik tegangan-regangan ditunjukkan pada Gambar 2.4.



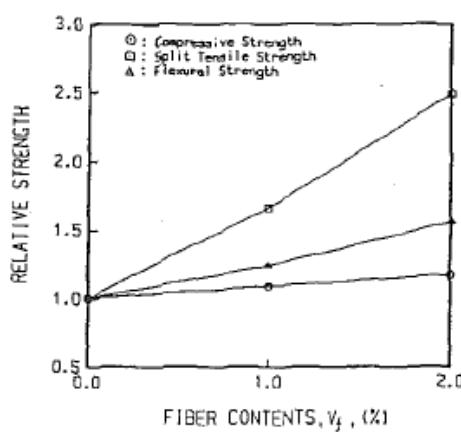
Gambar 2.4 Grafik tegangan-regangan untuk Steel Fiber Reinforced Concrete pada kuat tekan, dengan ukuran agregat 9,5 mm (Shah, 1978)

2.3.2 Kuat Tarik

Menurut Byung Hwan Oh (1992) dalam penelitiannya, kuat tarik meningkat seiring dengan penambahan serat baja. Dapat dilihat pada Gambar 2.5, kuat tarik belah meningkat lebih dari dua kalinya saat penambahan 2% serat baja. Tabel 2.2 merangkum hasil tes yang dilakukan pada kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur. Tabel 2.2 kemudian dibuat dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 2.6, grafik tersebut menunjukkan tingkat kekuatan seiring dengan penambahan serat baja yang paling signifikan terdapat pada kuat tarik belah. Hasil tes ini menunjukkan bahwa serat baja sangat meningkatkan sifat kuat tarik pada beton dan meningkatkan ketahanan retak.



Gambar 2.5 Peningkatan Kuat Tarik Belah dengan Penambahan Serat Baja (Byung Hwan Oh, 1992)



Gambar 2.6 Peningkatan kuat tekan, tarik dan lentur pada SFRC
(Byung Hwan Oh, 1992)

Tabel 2.2 Kekuatan Beton pada Berbagai Volume Serat (MPa)
 (Byung Hwan Oh, 1992)

TABLE 4. Strength of Concrete for Various Fiber Contents (MPa)

Fiber content (%) (1)	Strengths		
	Compressive strength (2)	Flexural strength (3)	Splitting tensile strength (4)
0	40.3	7.99	3.07
1	43.0	9.73	5.41
2	47.8	12.37	8.10

2.3.3 Kuat Lentur

Penambahan fiber akan mengakibatkan penambahan kekuatan lentur beton. Bila dibandingkan dengan penambahan kuat tekan umumnya penambahan kuat lentur lebih besar prosentasenya (ACI 544.4R-88). Penambahan kuat lentur tersebut disebabkan karena pada beton berserat terdapat tulangan mikro berupa serat fiber sehingga beton akan menjadi lebih lentur.

Terdapat dua nilai kuat lentur, yang pertama yaitu kuat lentur saat beton pertama kali retak, sesuai dengan beban dimana kurva deformasi beban berupa garis linear (Poin A pada Gambar 2.7). Yang kedua adalah saat beban maksimum tercapai, biasanya disebut kuat lentur ultimate atau *modulus of rupture* (Poin C pada Gambar 2.7)

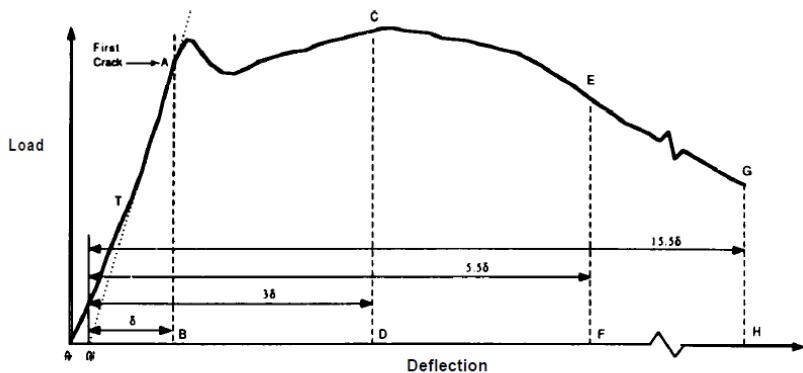


Fig. 2.7-Important characteristics of the load-deflection curve (ASTM C 1018)

Gambar 2.7 Kurva Beban-Defleksi (ASTM C 1018)

2.3.4 Susut dan Rangkak

Menurut Hannant (1978), dalam ACI 544.4R-88, tes memperlihatkan bahwa serat baja mempunyai efek yang kurang signifikan pada susut.

Halaman ini sengaja dikosongkan

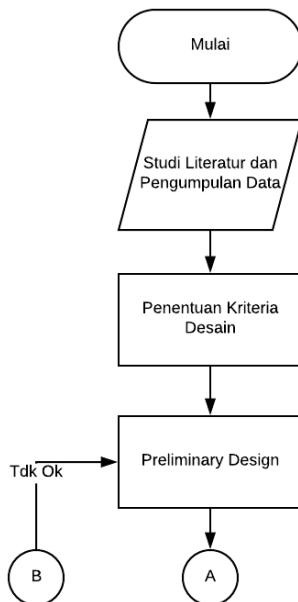
BAB III

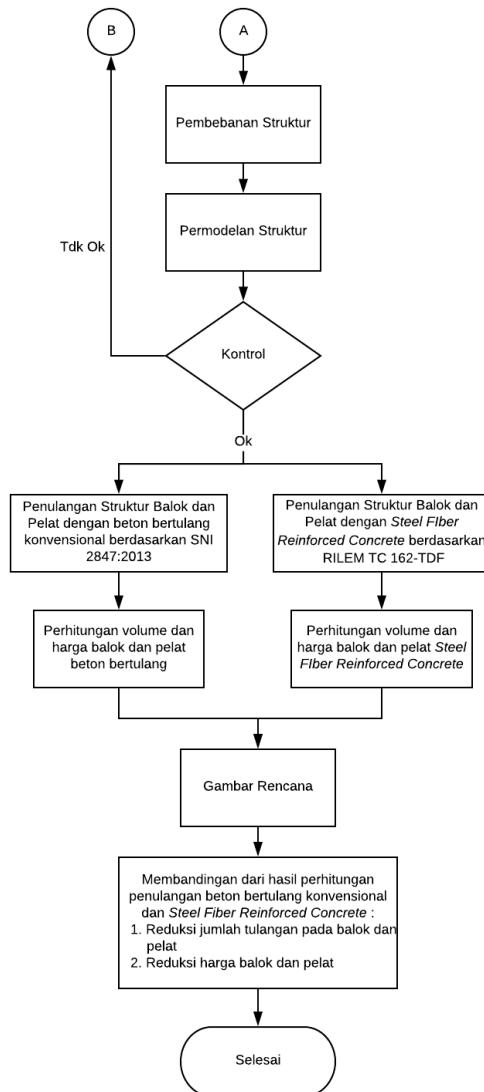
METODOLOGI

3.1 Umum

Perencanaan gedung hotel ibis Surabaya menggunakan *Steel Fiber Reinforced Concrete* (SFRC) tentunya memiliki susunan langkah-langkah penggerjaan sesuai dengan urutan kegiatan yang akan dilakukan. Urutan-urutan pelaksanaan dimulai dari pengumpulan data dan studi literatur hingga penyajian analisa struktur dan gambar teknik.

3.2 Bagan Alir Perencanaan





Gambar 3.1 Bagan Alir Perencanaan

3.3 Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir

3.3.1 Pengumpulan Data

1. Data umum bangunan gedung hotel ibis Surabaya:
 - Nama Gedung : Hotel Ibis Surabaya
 - Lokasi : Surabaya
 - Fungsi : Hotel
 - Jumlah lantai : 10 lantai
 - Tinggi gedung : 35,1 m
 - Struktur Gedung : Beton Bertulang
 - Mutu Beton
 - Balok dan Pelat : 30 MPa
 - Kolom : 35 MPa
 - Shearwall : 40 MPa
 - Mutu Baja Tulangan : 390 MPa

2. Data gambar

- Data Struktur (Terlampir)

Bangunan gedung tersebut akan dimodifikasi menggunakan tulangan SFRC dengan data perencanaan sebagai berikut :

1. Data umum bangunan

- Nama Gedung : Hotel Ibis Surabaya
- Lokasi : Surabaya
- Fungsi : Hotel
- Jumlah lantai : 10 lantai
- Tinggi gedung : 35,1 m
- Struktur Gedung : *Steel Fiber Reinforced Concrete (SFRC)*
- Mutu Beton : 40 MPa
- Mutu Baja Tulangan : 400 MPa

3.3.2 Studi Literatur

Literatur yang digunakan untuk penggerjaan tugas akhir ini adalah:

- ACI 544.4R-88 “*Design Considerations for Steel Fiber Reinforced Concrete*”
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung (SNI 1726:2012)
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Tata Cara Perhitungan Pembebaran untuk Bangunan Rumah dan Gedung (SNI 1727:2013)
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. Peraturan Pembebaran Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983)
- RILEM TC 162-TDF “*Test and design methods for steel fibre reinforced concrete*”

3.4 Preliminary Design

Merencanakan perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur, dan merencanakan profil tulangan yang digunakan.

3.4.1 Perencanaan Dimensi Struktur

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur, dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan, yang meliputi:

1) Dimensi Balok

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.2 tentang perhitungan konstruksi satu arah (non-prategang) seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum, <i>h</i>			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
Komponen struktur tidak menempu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar				
Pelat masif satu-arah	€/ 20	€/ 24	€/ 28	€/ 10
Balok atau pelat rusuk satu-arah	€/ 16	€/ 18,5	€/ 21	€/ 8
CATATAN: Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasi sebagaimana berikut: (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i> , <i>w_e</i> , di antara 1440 sampai 1840 kg/m ³ , nilai tadi harus dikalikan dengan (1,65 – 0,0003 <i>w_e</i>) tetapi tidak kurang dari 1,09. (b) Untuk <i>f_y</i> selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan (0,4 + <i>f_y</i> /700).				

$$bw = \frac{2}{3} x h_{min} \quad (3.1)$$

SNI 2847:2013 pasal 21.5.13 mengatur tentang lebar balok (bw) tidak boleh kurang dari nilai terkecil dari 0,3*h_{min}* dan 250 mm.

2) Dimensi Pelat

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

- Untuk $\alpha_{fm} \leq 0,2$, maka (3.2)
- Tanpa panel drop (drop panels) $h = 125$ mm
- Dengan panel drop (drop panels) $h = 100$ mm
- Untuk $0,2 \leq \alpha_{fm} \leq 2$, ketebalan minimum pelat harus memenuhi:

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_{fm} - 0,2)} \quad (3.3)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

- Untuk $\alpha_{fm} > 2$, ketebalan minimum pelat harus memenuhi :

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \quad (3.4)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

Dimana :

ℓ_n = panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah

β = rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek pada pelat dua arah

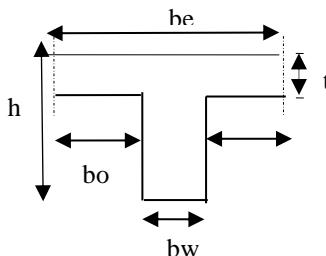
α_{fm} = nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel

f_y = mutu tulangan baja (MPa)

Menurut SNI 2847:2013 pasal 8.12.2, disebutkan beberapa kriteria menentukan lebar efektif (b_e) dari balok T, yaitu diambil yang terkecil dari:

$$\bullet \quad b_{e1} < \frac{1}{4} L_b \quad (3.5)$$

$$\bullet \quad b_{e2} < b_w + 8t \quad (3.6)$$



3) Dimensi Kolom

Menentukan dimensi kolom dengan persamaan berikut

$$A = \frac{3w}{f'c} \quad (3.7)$$

Dimana :

W = berat total terfaktor

$f'c$ = mutu beton

4) Dimensi Tangga

Syarat :

Kemiringan Tangga = 25-40°

Antrede = 26-30 cm

Optrede = 15-20 cm

2 optrede + 1 antrede = 58-63 cm

Perencanaan tebal pelat lantai mengikuti Tabel 3.1

3.4.2 Perhitungan Beban Struktur

Beban yang diperhitungkan dalam perancangan ini adalah sebagai berikut :

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, kulit bangunan gedung dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran(SNI 1727:2013 pasal 3.1.1). Untuk detail pembebanan mati akan digunakan peraturan PPIUG 1983 pasal 2.

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati (SNI 1727:2013) Beban hidup diatur dalam SNI 1727:2013 pasal 4.

3. Beban Gempa

Perencanaan beban gempa diatur dalam SNI 1726:2012

(a) Faktor keutamaan dan kategori risiko struktur bangunan

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan. Hal ini diatur dalam SNI 1726:2012 pasal 4.1.2

Tabel 3.2 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
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 - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

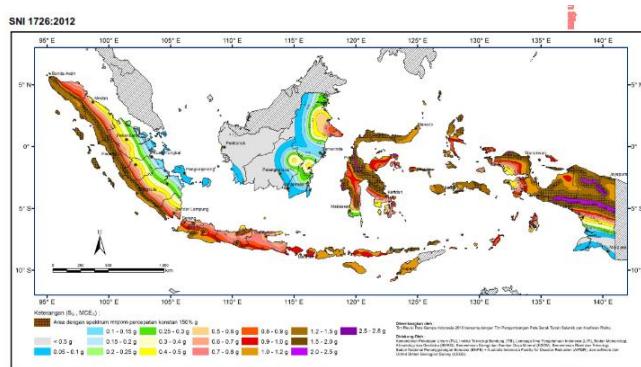
Tabel 3.3 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(b) Wilayah Gempa dan Spektrum Respons

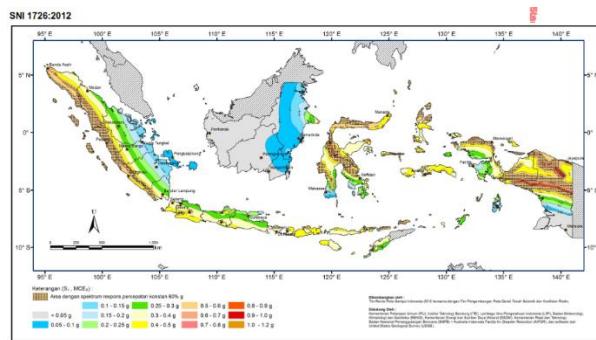
1. Parameter Percepatan Gempa

Parameter Ss (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S1 (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada SNI 1726:2012 Pasal 14



Gambar 9 - S_s, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget(MCE_R),kelas situs SB

Gambar 3.2 S_s, Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE_R)



Gambar 10 - S₁, Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget(MCE_R),kelas situs SB

Gambar 3.3 S₁, Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE_R)

2. Koefisien-koefisien Situs dan Parameter-parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE_R)

Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan yang mengacu pada SNI 1726:2012 pasal 6.2

$$S_{MS} = F_a S_S \quad (3.8)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (3.9)$$

Tabel 3.4 Koefisien Situs, F_a

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

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 3.5 Koefisien Situs, F_v

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

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

3. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, SDS dan pada periode 1 detik, SD1, harus ditentukan melalui perumusan yang mengacu pada SNI 1726:2012 pasal 6.3

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.10)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.11)$$

4. Spektrum Respons Desain

Ditentukan pada SNI 1726:2012 Pasal 6.4

5. Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikuti SNI 1726:2012 pasal 6.5.

6. Gaya Lateral Ekivalen

Ditentukan pada SNI 1726:2012 pasal 7.8.1

3.4.3 Kombinasi Pembebatan

Struktur, komponen, dan fondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi berikut (SNI 1727:2013 pasal 2.3.2) : 2847:2012 ps 9.2.1

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r atau S atau R)
3. 1,2D + 1,6 (L_r atau S atau R) + (L atau 0,5W)
4. 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r atau S atau R)
5. 1,2D + 1,0E + L + 0,2S
6. 0,9D + 1,0W
7. 0,9D + 1,0E

Keterangan :

D = Beban Mati

L = Beban Hidup

L_r = Beban Hidup atap

S = Beban Salju

R = Beban Hujan

W = Beban Angin

E = Beban Gempa

3.5 Analisa Struktur

Perhitungan gaya-gaya dalam struktur utama menggunakan bantuan program ETABS. Adapun hal-hal yang diperhatikan dalam analisa struktur ini adalah:

1. Bentuk gedung
2. Dimensi dari preliminary design
3. Wilayah gempa
4. Pembebanan struktur dan kombinasi pembebanan

3.6 Perencanaan Penulangan Beton Bertulang

3.6.1 Penulangan Balok

- a.) Menentukan dimensi awal balok, yang telah dilakukan di *preliminary design*.
- b.) Perhitungan Tulangan Lentur

➤ Menghitung rasio tulangan

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (3.12)$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f'c}}{f_y} \quad (3.13)$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \quad (3.14)$$

$$Rn = \frac{\mu}{\phi b d^2} \quad (3.15)$$

$$m = \frac{fy}{0,85 f'c} \quad (3.16)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn \cdot m}{fy}} \right) \quad (3.17)$$

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

➤ Menghitung jumlah tulangan

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d \quad (3.18)$$

$$As_{\text{tulangan}} = \frac{1}{4} \pi d^2 \quad (3.19)$$

$$Jumlah_{\text{tulangan}} = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} \quad (3.20)$$

➤ Cek momen kapasitas

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \quad (3.21)$$

$$Mn = As \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (3.22)$$

Cek $\emptyset Mn > Mu$

c.) Perhitungan Tulangan Geser

➤ Penulangan geser tumpuan

Untuk pemasangan tulangan geser di daerah sendi plastis (sepanjang $2h$ dari muka kolom)

- Menghitung momen ujung di tiap-tiap tumpuan

$$a = \frac{As \times fy}{0,85 \times f'c \times be} \quad (3.23)$$

$$M_{pr} = As \times (1,25 \times fy) \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (3.24)$$

- Menghitung gaya geser total

$$Ve = \frac{M_{pr+} + M_{pr-}}{Ln} \quad (3.25)$$

Beton diasumsikan tidak menahan gaya geser, sehingga

$$Vc = 0$$

$$Vn = Ve \text{ maks}$$

- Merencanakan tulangan geser

$$Vs = \frac{Vn}{\emptyset} \quad (3.26)$$

$$Vs \text{ maks} = \frac{2}{3} \cdot bw \cdot d \cdot \sqrt{f'c} \quad (3.27)$$

Cek $Vs < Vs \text{ maks}$

$$Av = \text{Jumlah kaki} \times \frac{1}{4} \times \pi \times x d^2 \quad (3.28)$$

$$S = \frac{Av \times fy \times d}{Vs} \quad (3.29)$$

Dalam SNI 2847:2013 Pasal 21.5.3.2, spasi Sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari

$$S < d / 4$$

$$S < 6 \text{ kali diameter tulangan longitudinal}$$

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

➤ Penulangan geser lapangan

Untuk pemasangan tulangan geser di luar sendi plastis (di luar $2h$)

$$Vu \text{ lapangan} = Vn - (2 \times h) \quad (3.30)$$

$$\emptyset Vs \text{ min} = 0,75 \times \frac{1}{3} \times bw \times d \quad (3.31)$$

$$\emptyset Vc = 0,75 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times bw \times d \quad (3.32)$$

Cek kondisi,

$$Vu \leq 0,5 \emptyset Vc \quad (3.33)$$

$$0,5\emptyset Vc \leq Vu \leq \emptyset Vc \quad (3.34)$$

$$\emptyset Vc \leq Vu \leq \emptyset (Vc + Vs \text{ min}) \quad (3.35)$$

$$Av = \text{Jumlah kaki} \times \frac{1}{4} \times \pi \times x d^2 \quad (3.36)$$

$$Av \text{ min} = \frac{b \times s}{3 \times fy} \quad (3.37)$$

Syarat spasi Sengkang maksimum

$$Smaks \leq d/2$$

3.6.2 Penulangan Pelat

- Menentukan dimensi awal pelat, yang telah dilakukan di *preliminary design*.
- Perhitungan Tulangan Lentur

➤ Menghitung rasio tulangan

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (3.38)$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \sqrt{f'c}}{f_y} \quad (3.39)$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \quad (3.40)$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2} \quad (3.41)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'c} \quad (3.42)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} x \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn \cdot m}{f_y}} \right) \quad (3.43)$$

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

➤ Menghitung jumlah tulangan

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d \quad (3.44)$$

$$As_{\text{tulangan}} = \frac{1}{4} \pi d^2 \quad (3.45)$$

$$Jumlah_{\text{tulangan}} = \frac{As_{\text{perlu}}}{As_{\text{tulangan}}} \quad (3.46)$$

➤ Cek momen kapasitas

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot b} \quad (3.47)$$

$$Mn = As \cdot f_y (d - \frac{a}{2}) \quad (3.48)$$

$$\text{Cek } \phi Mn > Mu$$

➤ Jumlah tulangan (n)

$$n = \frac{As}{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2} \quad (3.49)$$

Jarak tulangan

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

3.7 Perencanaan Penulangan Struktur SFRC

1. Perencanaan Penulangan Balok SFRC

- Menentukan dimensi balok dan pelat

Menggunakan dimensi yang ada di preliminary design

- Menentukan kriteria serat kawat baja

If = Panjang serat kawat baja

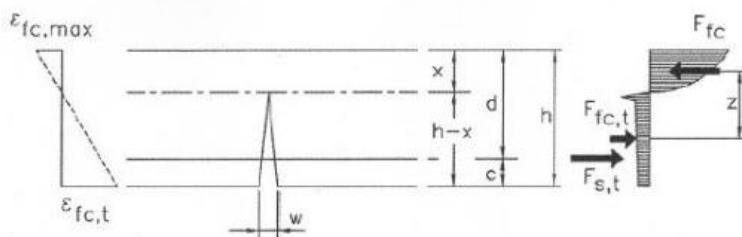
Panjang serat kawat baja diambil sebesar 35 mm

ϕ = Diameter serat kawat baja

Diameter serat kawat baja diambil sebesar 0,55 mm

- **Menghitung area tulangan**

Perhitungan momen ultimate untuk balok dengan fiber dihitung menggunakan diagram distribusi tegangan regangan seperti pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Diagram Distribusi Tegangan Regangan pada SFRC dengan tulangan (Sumber : RILEM TC-162-TDF (2003))

Perhitungan untuk momen Momen Ultimate :

$$M_{uRd} = A_s f_{sy} \left(d - \frac{x}{2} \right) + F_{fc,t} (h - x) b z \quad (3.50)$$

Dimana :

As = Luas tulangan (mm^2)

f_{sy} = Kuat leleh tulangan

d = tinggi efektif

x = jarak dari serat teratas balok ke garis netral

$F_{fc,t}$ = gaya tarik residu fiber

h = tinggi balok

b = lebar balok

z = $[\beta \cdot x + x_T(h - x)]$, lengan internal

- **Geser**

Berdasarkan RILEM TC-162-TDF (2003), desain untuk geser di balok maupun di pelat dengan tulangan geser dengan struktur SFRC dapat dilihat pada persamaan :

$$V_{Rd,3} = V_{cd} + V_{fd} + V_{wd} \quad (3.51)$$

Dimana :

V_{cd} = daya tahan geser tanpa tulangan geser, yang diberikan pada persamaan :

$$V_{cd} = \left[0,12 \cdot k \cdot (100 \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0,15 \sigma_{cp} \right] b \cdot d \quad (3.52)$$

Dimana :

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \quad (d \text{ in mm}) \quad \text{dan} \quad k \leq 2 \quad (3.53)$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{b_w d} \leq 2 \% \quad (3.54)$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{sd}}{A_c} \quad (N/mm^2) \quad (3.55)$$

V_{fd} = kontribusi tulangan geser karena adanya steel fiber

$$V_{fd} = 0,7 k_f k_1 \tau_{fd} b d \quad (3.56)$$

Dimana :

$$k_1 = k \quad (3.57)$$

$$\tau_{fd} = 0,12 f_{Rk,4} \quad (3.58)$$

$$k_f = 1 + n \left(\frac{h_f}{b_w} \right) \left(\frac{h_f}{d} \right) \text{ and } k_f \leq 1,5 \quad (3.59)$$

h_f = tinggi flens (mm)

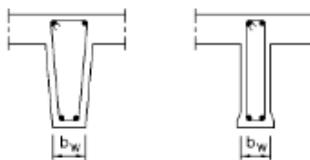
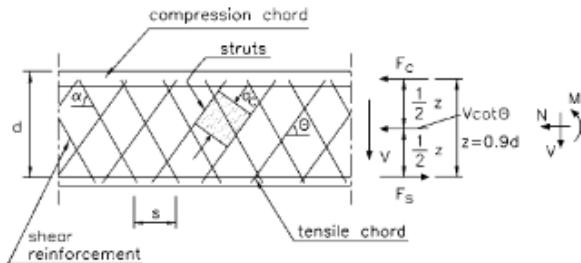
bf = lebar flens (mm)

bw = lebar badan (mm)

$$n = \frac{bf - bw}{hf} \leq 3 \text{ and } n \leq \frac{3bw}{hf} \quad (3.60)$$

V_{wd} = Kontribusi tulangan geser karena stirrups atau tulangan miring

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} 0,9 f_{ywd} (1 + \cot \alpha) \sin \alpha \quad (3.61)$$



Gambar 3.5 Tulangan geser

- **Perencanaan Penulangan Pelat SFRC**

Dalam perencanaan penulangan pelat SFRC, teori dan perumusan sama seperti perencanaan penulangan balok SFRC.

3.8 Perhitungan volume dan analisa harga

Menghitung volume balok dan pelat pada desain SFRC dan beton bertulang konvensional, untuk kemudian dihitung harganya dan dianalisa reduksinya untuk menentukan keefektifan desain.

3.9 Gambar Akhir

Gambar akhir hasil dari perhitungan menggunakan program bantu Autocad.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Design

4.1.1 Umum

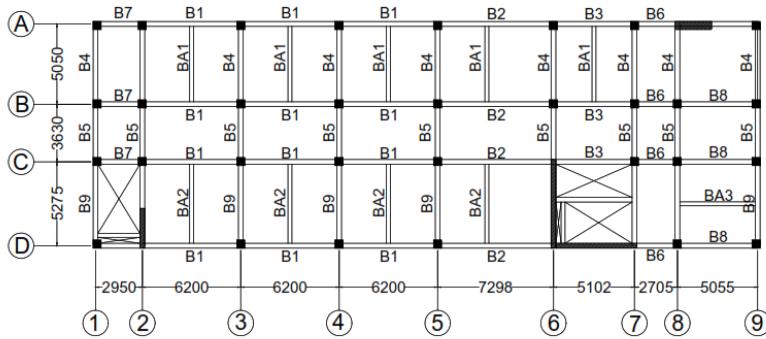
Preliminary desain merupakan proses perencanaan awal yang akan digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung. Perencanaan awal dilakukan menurut peraturan yang ada. Preliminary desain dilakukan pada komponen struktur balok induk, balok anak, pelat, dan kolom. Sebelum melakukan preliminary dilakukan penentuan data perencanaan dan beban yang akan diterima oleh struktur gedung.

4.1.2 Data Perencanaan

Berikut merupakan data perencanaan gedung Hotel Ibis Surabaya yang akan dimodifikasi :

- Nama Gedung : Hotel Ibis Surabaya
- Lokasi : Jalan Basuki Rachmat 94-96, Surabaya, Jawa Timur
- Fungsi : Hotel
- Jumlah lantai : 10 lantai
- Tinggi gedung : 35,1 m
Lantai Ground – Mezzanine : 5 m
Lantai Mezzanine – Lantai 1 : 4 m
Lantai 1 – 8 : 3,2 m
Lantai 8 – Atap : 3,7 m
- Struktur Gedung (SFRC) : Steel Fiber Reinforced Concrete
- Mutu Beton (f_c') : 40 MPa
- Mutu Baja Tulangan (f_y) : 400 MPa

Denah rencana balok, kolom, dan shear wall ditunjukkan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Denah rencana balok, kolom, dan shear wall

4.1.3 Pembebaan

1. Beban Gravitasi (SNI 1727:1989)

➤ Beban Mati

- Beton bertulang : 2400 kg/m³
- Spesi : 21 kg/m³
- Tegel : 24 kg/m²
- Dinding batu bata : 250 kg/m²
- Plafond : 11 kg/m²
- Penggantung plafond : 7 kg/m²
- Plumbing + ducting : 30 kg/m²

➤ Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

- Lantai atap : 96 kg/m²
- Lantai hotel : 192 kg/m²
- Pelat tangga : 479 kg/m²

2. Beban Gempa

Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa berdasarkan SNI 1726:2012.

4.1.4 Perencanaan Dimensi Balok

Penentuan dimensi tinggi balok minimum (h_{min}) dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2 tabel 9.5(a)

$$h_{min} = \frac{1}{6} \times l \text{ (untuk balok induk)}$$

$$h_{min} = \frac{1}{21} \times l \text{ (untuk balok anak)}$$

Untuk f_y selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan $(0.4+f_y/700)$

Lebar balok minimum (b_{min}) diambil sebesar

$$b_{min} = \frac{2}{3} \times h_{min}$$

Dimana :

b_{min} = lebar balok

h_{min} = tinggi balok

l = Panjang bentang balok

Dimensi Balok Induk

Perencanaan dimensi balok induk pada Hotel Ibis Surabaya ditabelkan dalam Tabel 4.1

Tabel 4.1 Rekapitulasi Perhitungan Dimensi Balok Induk

Tipe Balok	Bentang (mm)	Dimensi Balok (cm)		Dimensi Balok (cm)	
		b_{min}	h_{min}	b	h
B1	6200	25.10	37.64	35	50
B2	7298	29.54	44.31	35	50
B3	5102	20.65	30.98	30	40
B4	5050	20.44	30.66	30	40
B5	3630	14.69	22.04	30	40
B6	2705	10.95	16.42	30	40
B7	2950	11.94	17.91	30	40
B8	5055	20.46	30.69	30	40
B9	5275	21.35	32.03	30	40

Dimensi Balok Anak

Perencanaan dimensi balok anak pada Hotel Ibis Surabaya ditabelkan dalam Tabel 4.2

Tabel 4.2 Rekapitulasi Perhitungan Balok Anak

Tipe Balok	Bentang (mm)	Dimensi Balok (cm)		Dimensi Balok (cm)	
		bmin	hmin	b	h
B1	5050	15.57	23.36	25	35
B2	5275	16.27	24.40	25	35
B3	5055	15.59	23.38	25	35

4.1.5 Perencanaan Dimensi Pelat

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

- Untuk $\alpha_{fm} \leq 0,2$, maka
 - Tanpa panel drop (drop panels) $h = 125$ mm
 - Dengan panel drop (drop panels) $h = 100$ mm
- Untuk $0,2 \leq \alpha_{fm} \leq 2$, ketebalan minimum pelat harus memenuhi:

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

- Untuk $\alpha_{fm} > 2$, ketebalan minimum pelat harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{fy}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

Dimana :

ℓ_n = panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah

β = rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek pada pelat dua arah

α_{fm} = nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel

fy = mutu tulangan baja (MPa)

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

$$E_{balok} = E_{pelat}$$

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

$$I_{balok} = 1/12 \times b_w \times h^3 \times k$$

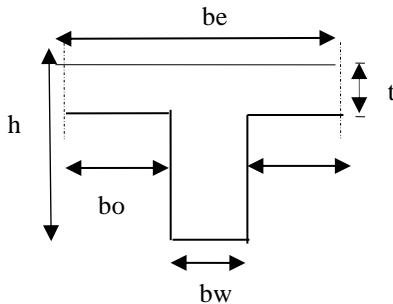
$$I_{pelat} = 1/12 \times b_p \times t^3$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x \left(\frac{hf}{hw}\right) x \left[4 - 6 \left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + 4 \left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x \left(\frac{hf}{hw}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x \left(\frac{hf}{hw}\right)}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 8.12.2, disebutkan beberapa kriteria menentukan lebar efektif (be) dari balok T, yaitu diambil yang terkecil dari:

- $be_1 < \frac{1}{4} L_b$

- $be_2 < bw + 8t$



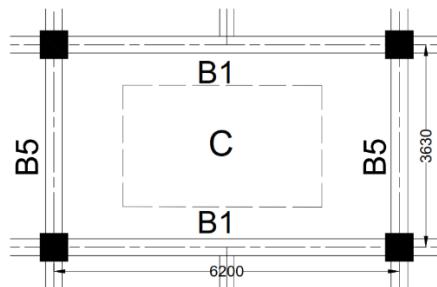
4.1.3.1 Data Perencanaan Tebal Pelat

Pelat yang direncanakan pada bangunan ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Mutu Beton : 40 Mpa
- Mutu Baja : 40 Mpa
- Rencana tebal pelat lantai : 12 cm
- Rencana tebal pelat lantai atap : 10 cm

4.1.3.2 Perhitungan Tebal Pelat Lantai

Contoh perhitungan pelat Tipe C (363 x 620 cm)



Gambar 4.2 Pelat Tipe C

Dimensi Balok B1 = 35/50

Dimensi Balok B5 = 30/40

Direncanakan $hf = 12 \text{ cm}$

$$Ln = 620 - (30/2 + 30/2) = 590 \text{ cm}$$

$$Sn = 363 - (35/2 + 35/2) = 328 \text{ cm}$$

$$\beta = Ln/Sn = 590/328 = 1,799 < 2 \text{ (Pelat 2 arah)}$$

- Balok Induk Memanjang 35/50

Perhitungan lebar efektif :

- $be = \frac{1}{4} Lb$

$$be = \frac{1}{4} \times 620 = 155 \text{ cm}$$

- $be = bw + 8hf$

$$be = 35 + (8 \times 12)$$

$$be = 131 \text{ cm (Menentukan)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) x \left(\frac{hf}{hw} \right) x \left[4 - 6 \left(\frac{hf}{hw} \right)^2 + 4 \left(\frac{hf}{hw} \right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) x \left(\frac{hf}{hw} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) x \left(\frac{hf}{hw} \right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{131}{35} - 1 \right) x \left(\frac{12}{50} \right) x \left[4 - 6 \left(\frac{12}{50} \right)^2 + 4 \left(\frac{12}{50} \right)^2 + \left(\frac{131}{35} - 1 \right) x \left(\frac{12}{50} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{131}{35} - 1 \right) x \left(\frac{12}{50} \right)}$$

$$k = 1,725$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times k \times b \times h^3$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times 1,725 \times 35 \times 50^3 = 629.192 \text{ cm}^4$$

$$I_{plat} = \frac{1}{12} \times bp \times t^3$$

$$I_{plat} = \frac{1}{12} \times 363 \times 12^3 = 52.272 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{629.192}{52.272} = 7,46$$

- Balok Induk Melintang 30/40

Perhitungan lebar efektif :

- $be = \frac{1}{4} Lb$

$$be = \frac{1}{4} \times 363 = 90,75 \text{ cm}$$

- $be = bw + 8hf$

$$be = 30 + (8 \times 12)$$

$$be = 126 \text{ cm} (\text{Menentukan})$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x\left(\frac{hf}{hw}\right)x \left[4 - 6\left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + 4\left(\frac{hf}{hw}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x\left(\frac{hf}{hw}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)x\left(\frac{hf}{hw}\right)}$$

$$k = \frac{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right)x\left(\frac{12}{40}\right)x \left[4 - 6\left(\frac{12}{40}\right)^2 + 4\left(\frac{12}{40}\right)^2 + \left(\frac{126}{30} - 1\right)x\left(\frac{12}{40}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{126}{30} - 1\right)x\left(\frac{12}{40}\right)}$$

$$k = 1,61$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times k \times b \times h^3$$

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \times 1,61 \times 30 \times 40^3 = 257.634 \text{ cm}^4$$

$$I_{plat} = \frac{1}{12} \times bp \times t^3$$

$$I_{plat} = \frac{1}{12} \times 620 \times 12^3 = 89.280 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{257.634}{89.280} = 2,89$$

Jadi α_m rata-rata adalah

$$\alpha_m = \frac{12,04 \times 2 + 2,89 \times 2}{4} = 7,46 > 2$$

Sehingga, harus memenuhi persyaratan SNI
2847:2013 pasal 9.5.3.3

$$h_{min} = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}$$

$$h_{min} = \frac{590 \left(0,8 + \frac{400}{1400} \right)}{36 + 9(1,799)} = 12,27 \text{ cm} > 9 \text{ cm (OK)}$$

Maka, tebal pelat lantai 12 cm dapat digunakan.

Dari cara perhitungan seperti diatas, didapatkan tebal pelat pada Tabel 4.3 berikut ini

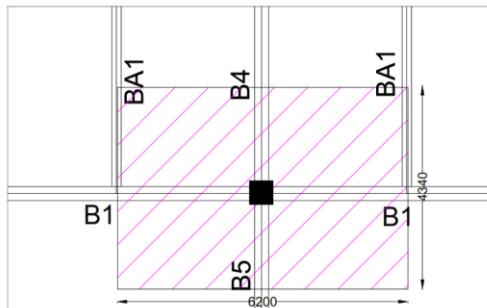
Tabel 4.3 Rekapitulasi Perhitungan Tebal Pelat

Tipe Pelat	Tipe Arah	h min (cm)	h atap (cm)	h lantai (cm)
Tipe A	2	7,4	10	12
Tipe B	2	7,4	10	12
Tipe C	2	12,2	10	12
Tipe D	2	9,8	10	12
Tipe E	2	6,1	10	12
Tipe F	1	9,5	10	12
Tipe G	2	10,6	10	12
Tipe H	2	11,5	10	12
Tipe I	2	6,4	10	12
Tipe J	2	6,1	10	12
Tipe K	2	6,5	10	12
Tipe L	2	10,6	10	12
Tipe M	1	13,8	10	12
Tipe N	2	7,0	10	12
Tipe O	2	6,7	10	12

4.1.6 Perencanaan Dimensi Kolom

Kolom yang direncanakan harus mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen

maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau.



Gambar 4.3 Luas Tributary

Pada **Gambar 4.3**, terlihat kolom yang akan direncanakan memikul beban pada luasan pelat ukuran 6200×4340 dari seperempat masing-masing luasan pelat yang diatasnya. Direncanakan :

Tebal Pelat = 12 cm = 120 mm

Tinggi lantai ground – lantai mezzanine = 500 cm

Tinggi lantai mezzanine – lantai 1 = 400 cm

Tinggi lantai 1 – 8 = 320 cm

Tinggi lantai 8 – lantai atap = 370 cm

Pembebanan pada kolom berdasarkan SNI 1727:2013 untuk beban mati dan SNI 1727:2013 untuk beban hidup, yang diberikan di tiap lantainya sebagai perencanaan pembebanan kolom. Untuk efisiensi dan keefektifan dimensi struktur dibuat beberapa variasi kolom. Diambil satu dimensi kolom yang berbeda setiap 5 tingkatnya.

Untuk beban hidup kolom diijinkan untuk beban hidup terduksi berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 4.8 dengan syarat komponen struktur yang memiliki $K_{LL}A_T \geq 37,16 \text{ m}^2$ dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$A_T = 6,2 \text{ m} \times 4,4525 = 27.6055 \text{ m}^2$$

$$K_{LL} = 4$$

$$K_{LL}A_T = 4 \times 27.6055 \text{ m}^2 = 110.422 \text{ m}^2 \geq 37,16 \text{ m}^2 (\text{OK})$$

- Reduksi beban hidup pelat lantai atap

$$\begin{aligned} R_1 &= 1,2 - 0,011 A_T \quad \text{untuk } 18,58 \text{ m}^2 < A_T < 55,74 \text{ m}^2 \\ &= 1,2 - 0,011 (27.6055) \\ &= 0,896 \end{aligned}$$

$$R_2 = 1 \quad \text{untuk } F \leq 4 \quad (F = 0,12 \times \text{slope atap})$$

$$\begin{aligned} L_r &= L_o \cdot R_1 \cdot R_2 \\ &= 0,96 \times 0,896 \times 1 \\ &= 0,86 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Syarat } 0,58 \leq L_r \leq 0,96$$

- Reduksi beban hidup pelat lantai apartement

$$L_o = 1,92 \text{ kN/m}^2 \text{ (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)}$$

$$L = L_o \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right) \geq 0,4 \times L_o$$

$$L = 1,92 \times \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{110,422}} \right) \geq 0,4 \times 1,92$$

$$L = 1,315 \geq 0,77 \text{ kN/m}^2$$

Tabel 4.4 Beban total yang diterima kolom lantai atap – lantai 4

Kolom Lantai Atap - 8						
Beban Mati	Berat Sendiri (kg/m ³)	b (m)	l (m)	t (m)	Tingkat	Total (kg)
Pelat Atap	2400	6.2	4.453	0.1	1	6,625.32
Tegel	24	6.2	4.453		1	662.53
Spesi (2 cm)	42	6.2	4.453		1	1,159.43
Plafond	11	6.2	4.453		1	303.66
Penggantung Plafond	7	6.2	4.453		1	193.24
Ducting + Plumbing	30	6.2	4.453		1	828.17
Balok Induk 35/50	2400	6.2	0.35	0.5	1	2,604.00
Balok Induk 30/40	2400	4.34	0.3	0.4	1	1,249.92
WD Atap						13,626.27
Beban Hidup						
Lantai Atap	86.05	6.2	4.453		1	2,375.41
WL Atap						2,375.41
Kolom Lantai 8 -4						
Beban Mati	Berat Sendiri (kg/m ³)	b (m)	l (m)	t (m)	Tingkat	Total (kg)
Pelat Lantai	2400	6.2	4.453	0.12	5	39,751.92
Tegel	24	6.2	4.453		5	3,312.66
Spesi (2 cm)	42	6.2	4.453		5	5,797.16
Dinding	250	10.653		16.5	1	43,941.56
Plafond	11	6.2	4.453		5	1,518.30
Penggantung Plafond	7	6.2	4.453		5	966.19
Ducting + Plumbing	30	6.2	4.453		5	4,140.83
Balok Induk 35/50	2400	6.2	0.35	0.5	5	13,020.00
Balok Induk 30/40	2400	4.34	0.3	0.4	5	6,249.60
WD Lantai						118,698.22
Beban Hidup						
Lantai	131.5	6.2	4.453		5	18,150.70
WL Lantai						18,150.70

$$WL \text{ total} = 20.526,11 \text{ kg}$$

$$WD \text{ total} = 132.324,48 \text{ kg}$$

$$W = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 191.631,16 \text{ kg}$$

Mutu beton = 40 MPa = 400 kg/cm²

Dimensi: A = 3 x W/f'c = 3 x 191.631,16 /400 = 1.437,23 cm²

Direncanakan : b = h = $\sqrt{A} = \sqrt{1.437,23} = 37,91$ cm²

Maka, diambil dimensi kolom untuk atap – lantai 4 sebesar 50/50 cm

Tabel 4.5 Beban total yang diterima kolom lantai 4 – lt.ground

Kolom Lantai 4 - Lantai Ground						
Beban Mati	Berat Sendiri (kg/m ³)	b (m)	l (m)	t (m)	Tingkat	Total (kg)
Pelat Lantai	2400	6.2	4.453	0.12	5	39,751.92
Tegel	24	6.2	4.453		5	3,312.66
Spesi (2 cm)	42	6.2	4.453		5	5,797.16
Dinding	250	10.65		18.6	1	49,534.13
Plafond	11	6.2	4.453		5	1,518.30
Penggantung Plafond	7	6.2	4.453		5	966.19
Ducting + Plumbing	30	6.2	4.453		5	4,140.83
Balok Induk 35/50	2400	6.2	0.35	0.5	5	13,020.00
Balok Induk 30/40	2400	4.34	0.3	0.4	5	6,249.60
					WD Lantai	124,290.78
Beban Hidup						
Lantai	131.50	6.2	4.453		5	18,150.70
					WL Lantai	18,150.70

$$W = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 369.821,22 \text{ kg}$$

Mutu beton = 40 MPa = 400 kg/cm²

Dimensi: A = 3 x W/f'c = 3 x 369.821,22 /400 = 2.773,66 cm²

Direncanakan : b = h = $\sqrt{A} = \sqrt{2.773,66} = 52.67$ cm²

Maka, diambil dimensi kolom untuk atap – lantai 4 sebesar 65/65 cm

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:

- Tebal dinding geser : 30 cm

- Panjang dinding geser

Tipe SW1 : 250 cm

Tipe SW2 : 540,2 cm

Tipe SW3 : 557,5 cm

Tipe SW4 : 230 cm

- Tinggi : 320 cm

$$30 \text{ cm} \geq H / 25 = 320 / 25 = 12,8 \text{ cm (OK!)}$$

$$30 \text{ cm} \geq L / 25 = 250 / 25 = 10 \text{ cm (OK!)}$$

$$30 \text{ cm} \geq L / 25 = 540,2 / 25 = 21,61 \text{ cm (OK!)}$$

$$30 \text{ cm} \geq L / 25 = 557,5 / 25 = 22,3 \text{ cm (OK!)}$$

$$30 \text{ cm} \geq L / 25 = 230 / 25 = 19,2 \text{ cm (OK!)}$$

Jadi, tebal shearwall sebesar 30 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 pembebanan 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 subbab ini akan dibahas mengenai perancangan struktur sekunder.

4.2.2 Perencanaan Pelat

Pelat yang direncanakan dibagi menjadi dua, yaitu pelat atap dan pelat lantai. Seperti yang telah dijelaskan pada bab preliminary desain, tipe pelat direncanakan dengan ketebalan 12 cm untuk pelat lantai dan 10 cm untuk pelat atap.

4.2.2.1 Data Perencanaan

Data perencanaan pelat meliputi mutu bahan dan tulangan yang akan direncanakan, dimensi, dan pembebanan 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:

- Mutu beton : 40 MPa
- Mutu baja : 400 MPa
- Tebal pelat atap : 10 cm
- Tebal pelat lantai : 12 cm
- Diameter tulangan rencana (D) : 10 cm

4.2.2.2 Pembekalan Pelat

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

1. Pelat Atap

Beban yang bekerja pada pelat atap terdiri dari 2 jenis beban, yaitu beban mati (qD) dan beban hidup (qL).

- Beban Mati:

$$\begin{aligned} \text{- Pelat atap} &= 0,10 \times 2400 = 240 \text{ kg/m}^2 \\ \text{- Plafond} &= 11 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

- Penggantung Plafond = 7 kg/m²
- Plumbing&Ducting = 30 kg/m²
- Spesi (2 cm) = 21 x 2 = 42 kg/m²
- Aspal (1 cm) = 14 kg/m²
- qDL = 329 kg/m²
- Beban Hidup
- Lantai atap = 86 kg/m²
- qLL = 86 kg/m²
- Kombinasi
- $qu = 1,2qDL + 1,6qLL = 532,47 \text{ kg/m}^2$

2. Pelat Lantai

- Beban Mati:
- Pelat atap = 0,12 x 2400 = 288 kg/m²
- Plafond = 11 kg/m²
- Penggantung Plafond = 7 kg/m²
- Plumbing&Ducting = 30 kg/m²
- Spesi (2 cm) = 21 x 2 = 42 kg/m²
- Tegel (1 cm) = 24 kg/m²
- qDL = 402 kg/m²
- Beban Hidup
- Lantai hotel = 131,5 kg/m²
- qLL = 131,5 kg/m²
- Kombinasi
- $qu = 1,2qDL + 1,6qLL = 692,8 \text{ kg/m}^2$

4.2.2.3 Penulangan Pelat

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

1. Menentukan data-data d, fy, f'c, dan Mu
2. Menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'c - 28)}{7} \quad \text{SNI 2847:2013 pasal (10.2.7.3)}$$

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

Menurut SNI 2847:2013 lampiran B (8.4.2):

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal (21.5.2.1):

$$\rho_{\max} = 0,025$$

Menurut SNI 2847:2013 lampiran B (10.3.3):

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal (10.5.1):

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y}$$

Dan \geq dari

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

4. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c}$$

5. Menentukan Rn

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2}$$

Diketahui harga $\emptyset = 0,75$

6. Menghitung rasio tulangan yang dibutuhkan:

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

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

7. Menentukan luas hitungan (As) dari ρ yang didapat

$$\rho = \frac{As}{b \times d}$$

dimana $As = \rho \times b \times d$

8. Menentukan jumlah dan jarak tulangan

Jumlah tulangan = As perlu / $(1/4 \times \pi \times d^2)$

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{1000}{n}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 7.6.5 spasi tulangan maksimum adalah sebagai berikut:

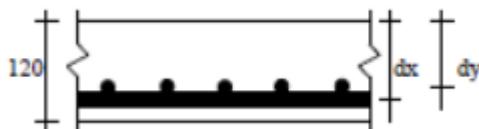
$S < 450$ mm

$S < 3 \times h$

Perhitungan Penulangan pelat lantai tipe A

Data-data perancangan untuk penulangan pelat lantai :

- Dimensi pelat 310×505 cm 2
 - Tebal pelat 120 mm
 - Tebal selimut beton 20 mm
 - Diameter tulangan rencana (D) 10 mm ($As = 78,54$ mm 2)
- $\beta_1 = 0,764$



Gambar 4.4 Ilustrasi potongan pelat rencana

dx = tebal pelat (h) – selimut beton – $(1/2 \times \text{diameter tulangan rencana bawah})$

$$dx = 120 - 20 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 95 \text{ mm}$$

dy = tebal pelat (h) – selimut beton – $(1/2 \times \text{diameter tulangan rencana atas})$

$$dy = 120 - 20 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 10 = 85 \text{ mm}$$

$$Lx = 3,1 \text{ m}$$

$$Ly = 5,05 \text{ m}$$

$$\beta = Ly/Lx = 5,05/3,1 = 1,6 < 2 \rightarrow \text{Pelat dua arah}$$

Dengan menggunakan koefisien PBI 1971 tabel 13.3.1 didapatkan persamaan momen sebagai berikut : ($Ly/Lx = 1,6$)

$$Mlx = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$$

$$Mtx = -0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$$

$$Mly = 0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$$

$$Mlty = -0,001 \cdot qu \cdot Lx^2 \cdot X$$

Dimana $Mlx = \text{Momen lapangan arah } x$

$Mly = \text{Momen lapangan arah } y$

$Mtx = \text{Momen tumpuan arah } x$

$Mty = \text{Momen tumpuan arah } y$

$X = \text{Nilai konstanta dari perbandingan } Ly/Lx$

a. Perhitungan penulangan tumpuan & lapangan arah X

- $\beta = 1,6$

$$Mulx (+) = X1 = 58$$

$$Mutx (-) = X2 = 58 \text{ (PBI Tabel 13.3.1)}$$

- $Mlx = 0,001 \times 692,8 \times 3,1^2 \times 58$
 $= 386,15 \text{ kgm}$

$$Mtx = - Mlx$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,039$$

- $\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,039 = 0,0292$

$\rho_{\max} = 0,025$ (menentukan)

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{fy} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,00395 \text{ (menentukan)}$$

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

- $m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,76$
- $R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{386,15}{0,8 \times 1000 \times 95^2} = 0,594$
- $\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{11,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$
 $= 0,0015$
 $\rho < \rho_{\min}$ maka dipakai $\rho_{\min} = 0,00395$
- As perlu $= \rho \times b \times d = 0,00395 \times 1000 \times 95$
 $= 375,52 \text{ mm}^2$
- Jumlah tulangan $= A_s \text{ perlu} / (1/4 \times \pi \times d^2)$
 $= 375,52 / 78,54 \approx 5$
- Jarak tulangan $= \frac{1000}{n} = 1000/5 = 200 \text{ mm}$
 $S < 450 \text{ mm (OK)}$
- As pasang $= n \times A_s = 5 \times 78,54 = 392,7 \text{ mm}^2 >$ As perlu (OK)
Jadi, digunakan tulangan lentur **D10-200**

b. Perhitungan penulangan tumpuan & lapangan arah Y

- $\beta = 1,6$
 $M_u (+) = X_1 = 36$
 $M_u (-) = X_2 = 36$ (PBI Tabel 13.3.1)
- $M_{lx} = 0,001 \times 692,8 \times 3,1^2 \times 36$
 $= 236,68 \text{ kgm}$
- $M_{tx} = - M_{lx}$
- $\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,039$$

- $\rho_{\text{max}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,039 = 0,0292$

$\rho_{\text{max}} = 0,025$ (menentukan)

$$\rho_{\text{min}} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{f_y} = \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,00395 \text{ (menentukan)}$$

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

- $m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,76$

- $R_n = \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{236,68}{0,8 \times 1000 \times 85^2} = 0,461$

- $\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{11,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 0,461}{400}} \right)$

$$= 0,00116$$

$\rho < \rho_{\text{min}}$ maka dipakai $\rho_{\text{min}} = 0,00395$

- Asperlu = $\rho \times b \times d = 0,00395 \times 1000 \times 85$
 $= 335,99 \text{ mm}^2$

- Jumlah tulangan = As perlu / $(1/4 \times \pi \times d^2)$
 $= 335,99 / 78,54 \approx 5$

- Jarak tulangan = $\frac{1000}{n} = 1000/5 = 200 \text{ mm}$

$S < 450 \text{ mm}$ (OK)

- As pasang = $n \times As = 5 \times 78,54 = 392,7 \text{ mm}^2 >$ Asperlu (OK)
Jadi, digunakan tulangan lentur **D10-200**

4.2.3 Perencanaan Balok Anak

Balok anak merupakan struktur sekunder yang berfungsi sebagai pembagi/pendistribusi beban. Dalam perencanaan struktur

Gedung Hotel Ibis Surabaya ini dimensi balok anak yang digunakan adalah 25/35.

4.2.3.1 Pembebanan Balok Anak

Pada sub bab ini diambil contoh perhitungan balok anak lantai bentang 5,05 m.

- Pembebanan pelat lantai
 - $qd = 402 \text{ kg/m}^2$
 - $ql = 131,5 \text{ kg/m}^2$

- Pembebanan balok anak lantai

- Beban mati (qD)

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,25 \times 0,35 \times 2400 = 210 \text{ kg/m}$$

Beban mati pelat

$$q_{eq} = \frac{1}{2} q \times L_x \times \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{L_x^2}{L_y^2} \right) \right\}$$

$$q_{eq} = \frac{1}{2} \times 402 \times 2,825 \times \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2,825^2}{4,75^2} \right) \right\} = 500,88 \text{ kg/m}$$

$$qD \text{ total} = 210 + 500,88 = 710,88 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup (qL)

$$q_{eq} = \frac{1}{2} q \times L_x \times \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{L_x^2}{L_y^2} \right) \right\}$$

$$q_{eq} = \frac{1}{2} \times 131,5 \times 2,825 \times \left\{ 1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2,825^2}{4,75^2} \right) \right\}$$

$$= 163,84 \text{ kg/m}$$

Beban berfaktor

$$\begin{aligned} qu &= 1,2qD + 1,6qL \\ &= 1,2 \times 710,88 + 1,6 \times 163,84 \\ &= 1115,2 \text{ kg/m} = 11,15 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Mu maks} = 1/8 \times q \times L^2 = 1/8 \times 11,15 \times 4,75^2 = 31,45 \text{ kNm}$$

$$\text{Vu maks} = 1/2 \times q \times L = 1/2 \times 11,15 \times 4,75 = 26,49 \text{ kN}$$

Gaya-gaya dalam yang terjadi :

$$M(-) = 1/10 \times q \times L^2 = 1/10 \times 11,15 \times 4,75^2 = 25,16 \text{ kNm}$$

$$M(+) = 1/14 \times q \times L^2 = 1/14 \times 11,15 \times 4,75^2 = 17,97 \text{ kNm}$$

4.2.3.2 Penulangan Balok Anak

- Data Perencanaan :

$$f'c = 40 \text{ MPa}$$

$$fy = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Diameter tul. Utama (D)} = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tul.Sengkang } (\emptyset) = 10 \text{ mm}$$

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$h = 350 \text{ mm}$$

$$\text{Decking} = 40 \text{ mm}$$

$$d = h - (\text{decking} + \emptyset_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} D \text{ tul. Utama}) \\ = 350 - (40 + 10 + \frac{1}{2} \times 19) = 290,5 \text{ mm}$$

a. Perhitungan tulangan negatif tumpuan

- Menentukan harga β_1 (SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'c - 28)}{7}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,764$$

- Menentukan harga ρ_b (SNI 2847:2013 lampiran B (8.4.2))

$$\rho_b = \frac{0,85\beta_1 f'c}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ = 0,39$$

- $\rho_{\max} = 0,025$ **SNI 2847:2013 ps. 21.5.2.1**

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,75 \rho_b & \text{SNI 2847:2013 lampiran B 10.3.3} \\ &= 0,75 \times 0,39 = 0,292\end{aligned}$$

Dipakai ρ maksimum yang lebih kecil = 0,025

- $\rho_{\min} = \frac{0,025 \times \sqrt{f'c}}{f_y}$ **SNI 2847:2013 ps. 10.5.1**

$$\rho_{\min} = \frac{0,025 \times \sqrt{40}}{400} = 0,0395$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \quad \text{SNI 2847:2013 ps. 10.5.1}$$

Dipakai ρ_{\min} yang terbesar = 0,00395

$$- m = \frac{f_y}{0,85f'c} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,76$$

$$- R_n = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{25,16 \times 10^6}{0,75 \times 250 \times 290,5^2} = 1,59$$

SNI 2847:2013 ps. 9.3.2.7

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

$$\rho = \frac{1}{11,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 1,59}{400}} \right) = 0,00407$$

Dimana :

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ 0,00395 &< 0,00407 < 0,025\end{aligned}$$

Jadi, $\rho_{\text{pakai}} = 0,00407$

$$- A_s = \rho \times b \times d = 0,00407 \times 250 \times 290,5 = 295,805 \text{ mm}^2$$

- Menentukan jumlah tulangan

$$n = \frac{\text{Asperlu}}{\text{Astulangan}} = \frac{295,805}{283,53} = 1,04 \approx 3 \text{ buah}$$

Menentukan jarak tulangan

$$\begin{aligned}\text{Jarak tulangan} &= \frac{b - n \times D - 2d' - 2\phi}{n - 1} \\ &= \frac{250 - 3 \times 19 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{3 - 1} = 46,5 > 25 \text{ mm (OK)}\end{aligned}$$

b. Perhitungan tulangan positif lapangan

- $A_{\text{min}} = \frac{1}{2} \times A_s = \frac{1}{2} \times 295,805 = 147,9 \text{ mm}^2$
- Menentukan jumlah tulangan

$$n = \frac{A_{\text{perlu}}}{A_{\text{tulangan}}} = \frac{147,9}{283,53} = 0,52 \approx 2 \text{ buah}$$

c. Perhitungan tulangan positif lapangan

$$- R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{17,97 \times 10^6}{0,75 \times 250 \times 290,5^2} = 1,13$$

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

$$\rho = \frac{1}{11,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 1,13}{400}} \right) = 0,00288$$

Dimana :

$$\begin{aligned}\rho &< \rho_{\text{min}} \\ 0,00288 &< 0,00395\end{aligned}$$

Jadi, $\rho_{\text{pakai}} = 0,00395$

- $A_s = \rho \times b \times d = 0,00395 \times 250 \times 290,5 = 287,07 \text{ mm}^2$
- Menentukan jumlah tulangan

$$n = \frac{A_{\text{perlu}}}{A_{\text{tulangan}}} = \frac{287,07}{283,53} = 1,01 \approx 3 \text{ buah}$$

Menentukan jarak tulangan

$$\text{Jarak tulangan} = \frac{b - n \times D - 2d' - 2\phi}{n - 1}$$

$$= \frac{250 - 3 \times 19 - 2 \times 40 - 2 \times 10}{3 - 1} = 46,5 > 25 \text{ mm (OK)}$$

d. Perhitungan tulangan negatif lapangan

- Asmin = $\frac{1}{2} \times As = \frac{1}{2} \times 287,07 = 143,53 \text{ mm}^2$
- Menentukan jumlah tulangan

$$n = \frac{\text{Asperlu}}{\text{Astulangan}} = \frac{143,53}{283,53} = 0,51 \approx 2 \text{ buah}$$

e. Perhitungan tulangan geser

1. Cek Kemampuan Penampang

$$Vu \leq \phi \left(Vc + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \right)$$

Data penampang yang di cek

- $Vu = 0,5 \times qu \times L = 26,486 \text{ kN} = 26.486,07 \text{ N}$
- $Vs = 1/3 \times \sqrt{f'c} \times bw \times d = 1/3 \times \sqrt{40} \times 250 \times 290,5$
 $= 153.106,94 \text{ N}$
- $Vc = 1/6 \times \sqrt{f'c} \times bw \times d = 1/6 \times \sqrt{40} \times 250 \times 290,5$
 $= 76.553,47 \text{ N}$

$$\phi \left(Vc + \frac{2}{3} \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \right) \\ = 0,6 (76.553,47 + 2/3 \sqrt{40} \cdot 250 \cdot 290,5) = 229.660,4$$

$$Vu < \phi \left(Vc + \frac{2}{3} \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \right) (\text{OK})$$

2. Cek kriteria kebutuhan Tulangan Geser

1.) $Vu \leq 0,5 \cdot \phi \cdot Vc$

$$26.486,07 \text{ N} \leq 0,5 \cdot 0,6 \cdot 26.553,47$$

$$26.486,07 \text{ N} \leq 22.966,04 \text{ N}$$

(Tidak perlu penguatan geser)

2.) $0,5 \cdot \phi \cdot Vc \leq Vu \leq \phi \cdot Vc$

$$22.966,04 \text{ N} \leq 26.486,07 \text{ N} \leq 0,6 \cdot 26.553,47$$

$22.966,04 \text{ N} \leq 26.486,07 \text{ N} \leq 45.932,08 \text{ N}$
(Perlu tulangan geser minimum)

Maka, dibutuhkan tulangan geser minimum

$$V_s = V_u/\phi = 35.314,75 \text{ N}$$

$$A_v = 2 \times 78,53 = 157,079 \text{ mm}^2$$

$$S = A_v \cdot f_y \cdot d / V_s = 516,85$$

$$S_{\text{maks}} = d/2 = 145,25 \text{ mm}$$

Atau 600 mm

Maka, digunakan Sengkang $2\varnothing 10-100$ mm

Tabel 4.6 Rekapitulasi penulangan balok anak

Balok Anak Lantai					
Tipe Balok	Tumpuan		Lapangan		Sengkang
	Negatif	Positif	Negatif	Positif	
BA1	3D19	2D19	3D19	2D19	$2\varnothing 10 - 100$
BA2	3D19	2D19	3D19	2D19	$2\varnothing 10 - 100$
BA3	2D19	2D19	2D19	2D19	$2\varnothing 10 - 100$
Balok Anak Atap					
Tipe Balok	Tumpuan		Lapangan		Sengkang
	Negatif	Positif	Negatif	Positif	
BA1	3D19	2D19	3D19	2D19	$2\varnothing 10 - 100$
BA2	3D19	2D19	3D19	2D19	$2\varnothing 10 - 100$
BA3	2D19	2D19	2D19	2D19	$2\varnothing 10 - 100$

4.2.4 Perencanaan Balok Lift

4.2.4.1 Spesifikasi Lift

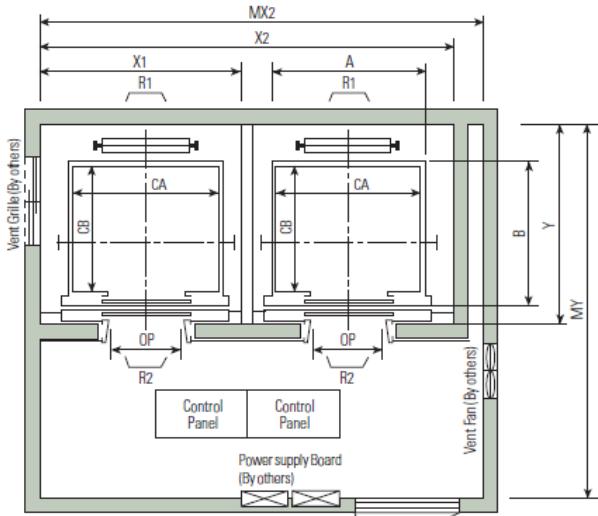
Lift merupakan struktur sekunder yang berfungsi untuk mengangkat orang/barang menuju ke lantai yang berbeda tinggi. Perencanaan balok lift meliputi balok yang ada di sekeliling ruang lift maupun mesin lift. Balok-balok tersebut diantaranya ialah balok penggantung lift dan balok penumpu lift. Lift yang

digunakan pada perencanaan Tugas Akhir ini adalah lift yang diproduksi oleh *Hyundai* dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Tipe Lift : Passenger elevators
 - Merk : HYUNDAI
 - Kecepatan : 1,75 m/s
 - Lebar pintu (opening width) : 900 mm
 - Dimensi sangkar (car size)
 - Internal : 1600 x 1500 mm
 - Eksternal : 1660 x 1655 mm
 - Dimensi ruang luncur (X2 x Y) : 4200 x 2130 mm
 - Dimensi ruang mesin (MX2 x MY) : 4400 x 3850 mm
 - Beban reaksi ruang mesin
 - R1 : 5450 kg
 - R2 : 4300 kg
 - Beban reaksi pit
 - R3 : 8600 kg
 - R4 : 6600 kg

Tabel 4.7 Spesifikasi Mesin Lift HYUNDAI

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction (kg)	Pit Reaction (kg)			
				Internal	External	1Car	2Cars	3Cars	Depth	1Car	2Cars	3Cars	Depth		R1	R2	R3	R4
	Persons	kg	OP	CA × CB	A × B	X1	X2	X3	Y	MX1	MX2	MX3	MY					
1	6	450	800	1400 × 850	1440 × 1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000	5400	4500	
	8	550	800	1400 × 1030	1440 × 1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250	6000	4900	
	9	600	800	1400 × 1130	1440 × 1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	6300	5100	
	10	700	800	1400 × 1250	1440 × 1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	6800	5400	
	1.5	11	750	800	1400 × 1350	1440 × 1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800	7100	5600
2 (max)	1.75	15	1000	900	1600 × 1500	1660 × 1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300	8600	6600
	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900		6600	5100	11000	8700
			1100	2000 × 1350	2100 × 1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800					



Gambar 4.5 Denah Lift

4.2.4.2 Perencanaan Awal Dimensi Balok Lift

a. Balok Penggantung Lift

Panjang balok penggantung Lift = 238 cm

$$h = L/16 = 238/16 = 14,875 \approx 35 \text{ cm}$$

$$b = 2/3 \times h = 2/3 \times 40 = 23,33 \approx 25 \text{ cm}$$

Diperoleh dimensi balok penggantung lift 25/35

b. Balok Penumpu Lift

Panjang balok penggantung Lift = 510,2 cm

$$h = L/16 = 510,2/16 = 31,89 \approx 40 \text{ cm}$$

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

Diperoleh dimensi balok penggantung lift 25/35

4.2.4.3 Pembebanan Balok Lift

2. Beban yang bekerja pada balok penumpu

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

3. Koefisien kejut beban hidup oleh keran

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

$$\Psi = (1+k_1 k_2 v) \geq 1,15$$

Dimana :

Ψ = Koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15.

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

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

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

Jadi, beban yang bekerja pada balok adalah :

$$\begin{aligned} P &= \sum R \cdot \Psi = (5450+4300) \cdot (1 + 0,6 \cdot 1,3 \cdot 1) \\ &= 17.355 \text{ kg} \end{aligned}$$

a. Pembebanan balok penggantung lift

- Beban mati (qd) :

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

$$\text{Berat aspal} = 2 \times 14 = 28 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Ducting + Plumbing} = 30 \text{ kg/m}^2$$

$$q = (288+28+30) \times 2,38 = 823,48 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,25 \times 0,35 \times 2400 = 210 \text{ kg/m}$$

- qD : 1033,48 kg/m
- Beban hidup (ql)
 ql : 100 kg/m
- Beban berfaktor
 qu : $1,2qD + 1,6qL$
: 1400,18 kg/m
- Beban terpusat lift $P = 17.355$ kg
 $Vu = \frac{1}{2} qu \times L + \frac{1}{2} P$
= 10343,71 kg
 $Mu = \frac{1}{8} qu \times L^2 + \frac{1}{4} P.L$
= 11317,62 kg.m

b. Pembebanan balok penumpu lift (30/40)

- Beban mati (qd) :
Berat pelat beton = $0,12 \times 2400 = 288$ kg/m²
Berat aspal = $2 \times 14 = 28$ kg/m²
Ducting + Plumbing = 30 kg/m²
 $q = (288+28+30) \times 5,102 = 1765,292$ kg/m
Berat sendiri balok = $0,3 \times 0,4 \times 2400 = 288$ kg/m
 qD : 2053,29 kg/m
- Beban hidup (ql)
 ql : 100 kg/m
- Beban berfaktor
 qu : $1,2qD + 1,6qL$
: 2623,95 kg/m
- Beban terpusat lift $P = 17.355$ kg
 $Vu = \frac{1}{2} qu \times L + \frac{1}{2} P$
= 15371,20 kg
 $Mu = \frac{1}{8} qu \times L^2 + \frac{1}{4} P.L$
= 30674 kg.m

4.2.4.4 Penulangan Balok Lift

a. Penulangan balok penggantung lift

- Data Perencanaan :

$f'c$	= 40 MPa
f_y	= 400 MPa
Diameter tul. Utama (D)	= 19 mm
Diameter tul.Sengkang (\emptyset)	= 13 mm
b	= 250 mm
h	= 350 mm
Decking	= 40 mm
d	= $h - (\text{decking} + \emptyset_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} D_{\text{tul. Utama}})$ = $350 - (40 + 13 + \frac{1}{2} \times 19) = 288 \text{ mm}$

$$\bullet \quad \beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(f'c - 28)}{7}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,764$$

- Menentukan harga ρ_b (SNI 2847:2013 lampiran B (8.4.2))

$$\rho_b = \frac{0,85\beta_1 f'c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,39$$

- $\rho_{\max} = 0,025 \quad \text{SNI 2847:2013 ps. 21.5.2.1}$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b \quad \text{SNI 2847:2013 lampiran B 10.3.3}$$

$$= 0,75 \times 0,39 = 0,0292$$

Dipakai ρ maksimum yang lebih kecil = 0,025

$$- \rho_{\min} = \frac{0,025 \times \sqrt{f'c}}{f_y} \quad \text{SNI 2847:2013 ps. 10.5.1}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,025 \times \sqrt{40}}{400} = 0,0395$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \quad \text{SNI 2847:2013 ps. 10.5.1}$$

Dipakai ρ_{min} yang terbesar = 0,00395

$$\text{- } m = \frac{f_y}{0,85f'c} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,76$$

- Perhitungan Tulangan Lentur :

$$\text{- } R_n = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{11317619617}{0,75 \times 250 \times 288^2} = 6,09$$

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

$$\rho = \frac{1}{11,76} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 6,09}{400}} \right) = 0,0169$$

Dimana :

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

$$0,00395 < 0,0169 < 0,025$$

Jadi, $\rho_{pakai} = 0,0169$

$$\text{- } A_s = \rho \times b \times d = 0,0169 \times 250 \times 288 = 1214 \text{ mm}^2$$

- Menentukan jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s \text{perlu}}{A_s \text{tulangan}} = \frac{1214}{283,53} \approx 5 \text{ buah}$$

Dipakai 5D19

- Perhitungan tulangan geser

$$V_u \leq \phi \left(V_c + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot w \cdot d \right)$$

Data penampang yang di cek

$$\text{- } V_u = 10343,71 \text{ kg} = 103437,09 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{- } V_s &= 1/3 \times \sqrt{f'c} \times b \cdot w \cdot d = 1/3 \times \sqrt{40} \times 250 \times 288 \\ &= 151525,8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- } V_c &= 1/6 \times \sqrt{f'c} \times b \cdot w \cdot d = 1/6 \times \sqrt{40} \times 250 \times 286 \\ &= 75762,9 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad & \phi \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \right) \\
 & = 0,6 (75762,9 + 2/3 \sqrt{40} \cdot 250 \cdot 288) = 284110,88 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$V_u < \phi \left(V_c + \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \right)$$

$103437,09 \text{ N} < 284110,88 \text{ N}$ (OK)

- Cek kriteria kebutuhan Tulangan Geser

1. $V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$ (Tidak Perlu Penguat geser)

$$116.886,17 \text{ N} \leq 0,5 \cdot 0,75 \cdot 75.367,62$$

$$116.886,17 \text{ N} \leq 28.262,86 \text{ N}$$

(tidak memenuhi)

2. $0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$

$$28.262,86 \text{ N} \leq 116.886,17 \text{ N} \leq 56822,18 \text{ N}$$

(tidak memenuhi)

3. $\phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{smin})$

$$56822,18 \text{ N} \leq 116.886,17 \text{ N} \leq 284110,88 \text{ N}$$

(memenuhi)

Maka, dibutuhkan tulangan geser

$$Smaks = d/2 = 145,25 \text{ mm}$$

$$Vs = 151525,8 \text{ N}$$

$$Av = 2 \times 78,53 = 132,73 \text{ mm}^2$$

$$S = Av \cdot fy \cdot d / Vs = 100,74$$

Maka, digunakan **D13-100 mm**

b. Penulangan balok penumpu lift

Dengan cara yang sama dengan perhitungan diatas, digunakan tulangan lentur dan tulangan geser untuk balok penumpu lift dengan perincian sebagai berikut:

- Tulangan Lentur : 10D19
- Tulangan Geser : D13 – 100 mm

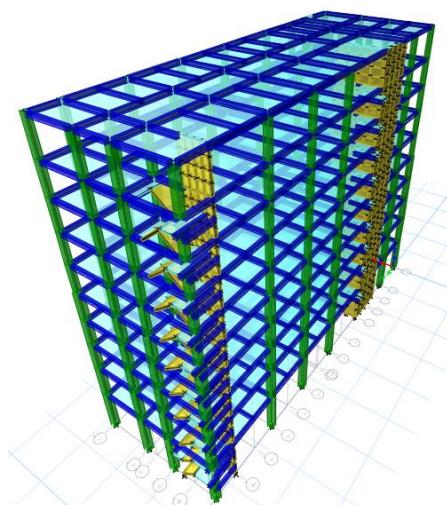
4.3 Pembebaan dan Analisa Struktur

4.3.1 Umum

Dalam perencanaan gedung bertingkat perlu dilakukan adanya perencanaan pembebaan gravitasi maupun pembebaan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur gedung tersebut mampu untuk memikul beban yang terjadi. Pembebaan gravitasi mengacu pada ketentuan SNI 2847:2013 dan pembebaan gempa mengacu pada SNI 1726:2012

4.3.2 Permodelan Struktur

Dalam perhitungan analisis beban gempa perlu suatu permodelan struktur, dimana struktur Gedung Hotel Ibis Surabaya memiliki bentuk yang tidak beraturan, sehingga harus dilakukan analisa dengan menggunakan analisa respon dinamik. Struktur Gedung Hotel Ibis Surabaya memiliki total 10 lantai dengan tinggi total gedung 35,1 meter (Gambar)



Gambar 4. 6 Permodelan pada ETABS

4.3.3 Pembebanan Gravitasi

Data-data perencanaan pembebanan Gedung Hotel Ibis Surabaya yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Input beban sendiri

Mutu beton (f'_c)	: 40 MPa
Mutu baja (f_y)	: 400 MPa
Ketinggian Lantai	:
- Lantai Ground	: 5 m
- Lantai Mezzanine	: 4 m
- Lantai 1-8	: 3,2 m
- Lantai 8-Atap	: 3,7 m
Dimensi Balok Induk	: 30/45, 30/40
Dimensi Kolom	:
- Lantai Ground-4	: 40 x 40
- Lantai 4-Atap	: 55 x 55
Dimensi Balok Anak	: 25/35
Faktor Keutamaan	: 1 (Gedung hotel)
- Input beban hidup

Lantai Hotel	: 131,5 kg/m ²
Lantai Atap	: 86 kg/m ²
- Input beban mati (superdead)

Tegel (1 cm)	: 24 kg/m ²
Spesi (2 cm)	: $21 \times 2 = 42 \text{ kg/m}^2$
Plafond	: 11 kg/m ²
Penggantung Plafond	: 7 kg/m ²
Ducting + Plumbing	: 30 kg/m ²

*berat sendiri elemen dikalkukasi oleh ETABS

Sehingga didapatkan rekap pembebanan gravitasi secara manual seperti pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Rekapitulasi Pembebatan (Dead+Live)

Lantai Atap						
Item	Dimensi				Tingkat	Berat (kg)
	b	h	L	γ		
Balok 35/50	0.35	0.50	103.59	2400	1	43508.64
Balok 30/40	0.30	0.40	173.67	2400	1	50015.81
Balok 25/35	0.25	0.35	51.41	2400	1	10795.05
Kolom K2	0.50	0.50	3.70	2400	1	68820.00
Shearwall	0.30	15.48	3.70	2400	1	41230.73
Pelat	0.10	582.06	1	2400	1	139695.13
Total						354065.36
Hidup	86.05	582.06	1	1	1	50085.71
Lantai Ground - Lantai 8						
Item	Dimensi				Tingkat	Berat (kg)
	b	h	L	γ		
Balok 35/50	0.35	0.50	103.59	2400.00	9.00	391577.76
Balok 30/40	0.30	0.40	173.67	2400.00	9.00	450142.27
Balok 25/35	0.25	0.35	51.41	2400.00	9.00	97155.45
Kolom K1	0.65	0.65	18.60	2400.00	1.00	584672.40
Kolom K2	0.50	0.50	3.20	2400.00	4.00	238080.00
Shearwall	0.30	15.48	31.40	2400.00	1.00	349904.02
Pelat	0.12	539.59	1.00	2400.00	9.00	1398614.04
Total						3510145.94
Hidup	131.50	539.59	1.00	1.00	9.00	638606.23

Tabel 4.9 Rekapitulasi Pembebanan (Superdead)

Lantai Atap						
Item	Dimensi				Tingkat	Berat (kg)
	b	h	L	γ		
Aspal	582	1	1	14	1	8149
Spesi (2 cm)	582	1	1	42	1	24447
Plafond	582	1	1	11	1	6403
Penggantung Plafond	582	1	1	7	1	4074
Ducting + Plumbing	582	1	1	30	1	17462
Total					60535	
Lantai Ground - Lantai 8						
Item	Dimensi				Tingkat	Berat (kg)
	b	h	L	γ		
Tegel	540	1	1	24	9	116551
Spesi (2 cm)	540	1	1	42	9	203965
Plafond	540	1	1	11	9	53419
Penggantung Plafond	540	1	1	7	9	33994
Ducting + Plumbing	540	1	1	30	9	145689
Total					553618	

$$q_D \text{ total} = 4478363,91 \text{ kg}$$

$$q_L \text{ total} = 688691,93 \text{ kg}$$

$$q \text{ TOTAL} = 5167055,84 \text{ kg}$$

Didapatkan dari tabel *base reaction* hasil analisa program bantu ETABS berat sebesar 53556,74 kN = 5355674 kg

Sehingga didapatkan rasio selisih sebagai berikut :

$$\text{Rasio} = (5355674/5167055,84) - 1$$

$$= 0,037 = 3,7\% < 5\%$$

Jadi, dapat dikatakan bahwa pembebanan gravitasi pada ETABS sudah benar.

4.3.4 Pembebanan Gempa Dinamis

Pembebanan gempa dengan mengacu pada SNI 1726:2012, yang didalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa.

4.3.4.1 Faktor Keutamaan Gempa

Faktor keutamaan gempa ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung sesuai dengan kategori resiko pada peraturan. Kategori resiko untuk gedung Hotel yaitu II dengan faktor keutamaan gempa (Ie) 1.

4.3.4.2 Kelas Situs

Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang didapat dari proses pengumpulan data. Pada tugas akhir ini, data tanah yang digunakan untuk perencanaan gedung Hotel Ibis Surabaya adalah data tanah pembangunan Jalan Tol Surabaya – Gresik hasil Uji Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya. Pada data tanah tersebut, didapatkan nilai N (tes Nspt) sampai kedalaman 20 meter lebih kecil dari 15 sehingga dapat dikatakan tanah termasuk dalam kelas situs **SE** (Tanah Lunak)

4.3.4.3 Parameter Respon Spectral dan Percepatan Spectral Desain

Sebagai input data pada ETABS, diperlukan data Percepatan Respon Spektrum (MCE). Data percepatan respon spektrum diambil dari web puskim.pu.go.id.

Dari web tersebut didapatkan data pada lokasi Surabaya dengan kelas situs SE (Tanah Lunak) seperti pada tabel berikut.

S_S (g)	0.663
S_I (g)	0.247
F_A	1.374
F_V	3.012
S_{MS} (g)	0.911
S_{M1} (g)	0.744
S_{DS} (g)	0.607
S_{DI} (g)	0.496
T_0 (detik)	0.163
T_s (detik)	0.817

4.3.4.4 Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismic dibagi berdasarkan tabel pada SNI 1726:2012 Tabel 6. Untuk S_{DS} sebesar 0,607 dan S_{DI} sebesar 0,469 dan kategori resiko II, 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.

Tabel 6-Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

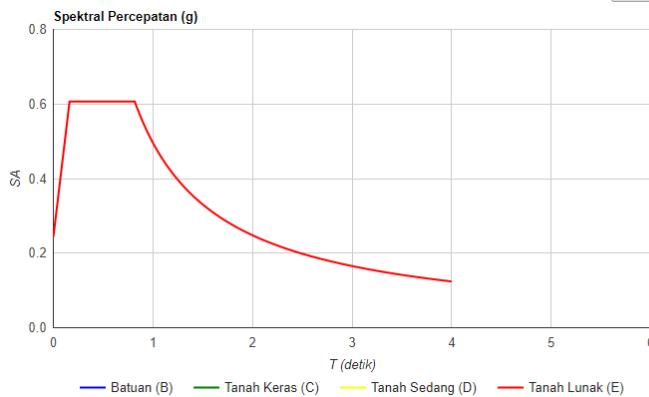
Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 9-Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa (lanjutan)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
D. Sistem ganda dengan rangka pemukul monumen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI

4.3.4.5 Periode Fundamental dan Respon Spektrum Desain

Untuk periode fundamental dan Respon Spektrum Desain didapat data dari web puskim.pu.go.id seperti pada tabel berikut.



Gambar 4.7 Grafik Respon Spektrum Desain

4.3.4.6 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

$$T = T_a \times C_u$$

T_a = periode fundamental pendekatan

Berdasarkan SNI 1726:2012 kontrol waktu getar alami fundamental adalah:

$$Ta = Ct \times hn^x$$

Nilai Ct dan x didapatkan dari tabel 15 SNI 1726:2012.

Pada arah X dan Y:

$$\begin{aligned} Ta &= Ct \times hn^x = 0,0466 \times 35,1^{0,9} \\ &= 1.146 \text{ s} \end{aligned}$$

Periode fundamental struktur, T, tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk Batasan atas pada periode yang dihitung (C_u) dari tabel 4.2 SNI 1726:2012

Dari nilai $SD_1 = 0,496$, didapatkan koefisien $C_u = 1,4$, maka nilai $C_u \cdot Ta$ dapat dihitung sebagai berikut:

$$C_u \cdot Ta = 1,4 \cdot 1,146 = 1,604 \text{ s}$$

Nilai T yang didapat dari program bantu ETABS seperti pada Tabel 4.8

Tabel 4.10 Modal Periode dan Frekuensi

TABLE: Modal Periods and Frequencies					
Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
Modal	1.00	1.34	0.75	4.70	22.10
Modal	2.00	1.12	0.89	5.60	31.33
Modal	3.00	0.97	1.04	6.50	42.27
Modal	4.00	0.41	2.47	15.49	239.89
Modal	5.00	0.30	3.29	20.68	427.47
Modal	6.00	0.27	3.68	23.12	534.39
Modal	7.00	0.20	5.07	31.86	1014.77
Modal	8.00	0.14	7.09	44.57	1986.82
Modal	9.00	0.13	7.50	47.11	2219.13
Modal	10.00	0.13	7.78	48.89	2389.96
Modal	11.00	0.13	7.90	49.62	2461.81
Modal	12.00	0.12	8.33	52.33	2738.75

T tersebsar yang didapat dari analisa ETABS = 1,34 s, maka:

$$T < Cu.Ta$$

$$1,34 < 1,604 \text{ (OK)}$$

Dapat disimpulkan bahwa perioda fundamental struktur dapat dipakai.

4.3.4.7 Kontrol Gaya Geser Dasar (*Base Shear*)

Koefisien respons seismic, Cs, 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).

$$Cs = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{Ie} \right)}$$

Dimana:

$$S_{DS} = 0,607$$

$$Ie = 1$$

$$R = 7$$

$$Cs = \frac{0,607}{\left(\frac{7}{1} \right)} = 0,0867$$

Dan nilai Cs tidak melebihi dari: $Cs = \frac{S_{DI}}{T \left(\frac{R}{Ie} \right)}$

Dimana:

$$S_{DI} = 0,469$$

$$T = 1,34$$

$$Cs = \frac{0,469}{1,34 \left(\frac{7}{1} \right)} = 0,053$$

Dan nilai Cs tidak kurang dari:

$$Cs = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot Ie \geq 0,01$$

$$Cs = 0,044 \cdot 0,607 \cdot 1 = 0,0267 \geq 0,01$$

Maka nilai Cs diambil **0,053**

Untuk perhitungan gempa faktor reduksi beban hidup untuk gedung Hotel Ibis Surabaya sebesar 0,5 (SNI 1726:2012) sehingga didapatkan berat seismic efektif bangunan (W) sebagai berikut (Tabel):

Tabel 4.11 Berat Seismik Bangunan Hasil ETABS

Load Case/Combo	FZ (kN)	FZ (kg)
D + 0.5L	49404,7377	4940473,77

Gaya geser yang telah didapatkan dari perhitungan diatas akan didistribusikan secara vertikal ke masing-masing lantai sesuai dengan SNI 1726:2012

$$V = Cs \cdot W$$

Dimana:

$$Cs = 0,053$$

$$W = 4940473,77 \text{ kg}$$

$$V = 0,053 \times 4940473,77 = \mathbf{262026,84 \text{ kg}}$$

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. V/Vt (SNI 1726:2012 Pasal 7.9.4.1). Dari hasil analisa struktur

menggunakan program bantu ETABS didapatkan gaya geser dasar ragam (Vt) sebagai berikut (Tabel):

Tabel 4.12 Gaya Geser Dasar Hasil ETABS

Load Case/Combo	FX (kN)	Fy (kN)
RSPX Max	1462,54	1254,67
RSPY Max	1233,42	1651,22

$$V = 262026,84 \text{ kg}$$

$$V_{xt} = 146254,12 \text{ kg}$$

$$V_{yt} = 165121,98 \text{ kg}$$

Maka untuk arah x,

$$V_{xt} > 0,85V$$

$$146254,12 > 0,85 \times 262026,84$$

$$146254,12 > 222722,81 \text{ (TDK OK)}$$

Maka untuk arah y,

$$V_{yt} > 0,85V$$

$$165121,98 > 0,85 \times 262026,84$$

$$165121,98 > 222722,81 \text{ (TDK OK)}$$

Oleh karena itu, untuk memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, maka gaya geser tingkat nominal akibat gempa rencana struktur gedung hasil analisis harus dikalikan dengan faktor skala $0,85V/V_t$

Arah x :

$$\frac{0,85V}{V_{xt}} = \frac{222722,81}{146254,12} = 1,52 \approx 1,6$$

Arah y :

$$\frac{0,85V}{Vyt} = \frac{222722,81}{165121,98} = 1,35 \approx 1,4$$

Setelah didapatkan faktor skala untuk masing-masing arah pembebanan, selanjutnya dilakukan analisa ulang struktur dengan mengalikan skala factor yang diperoleh diatas pada scale factor untuk Define Respons Spectra. Kemudian dilakukan running ulang pada program analisis. Hasil dari running ulang tersebut adalah sesuai dengan Tabel

Tabel 4.13 Gaya Geser Dasar Hasil ETABS Setelah *Scale Factor*

Load Case/Combo	FX (kN)	Fy (kN)
RSPX Max	2340.07	2007.47
RSPY Max	1726.78	2311.71

$$V = 262026,84 \text{ kg}$$

$$Vxt = 234006,86 \text{ kg}$$

$$Vyt = 231170,58 \text{ kg}$$

Maka untuk arah x,

$$Vxt > 0,85V$$

$$234006,86 > 0,85 \times 262026,84$$

$$234006,86 > 222722,81 \text{ (OK)}$$

Maka untuk arah y,

$$Vyt > 0,85V$$

$$231170,58 > 0,85 \times 262026,84$$

$$231170,58 > 222722,81 \text{ (OK)}$$

Karena hasil dari running ulang tersebut sudah memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, selanjutnya geser dasar ragam hasil running ulang tersebut akan digunakan sebagai beban gempa desain.

4.3.4.8 Kontrol Dual System

Sistem Rangka Pemikul Momen (SPRM) harus memikul minimum 25% dari beban geser nominal total yang bekerja dalam arah kerja beban gempa tersebut. Berikut total reaksi perletakan SPRM dan Shearwall (Tabel 4.12)

Tabel 4.14 Kontrol Sistem Ganda

No.	Kombinasi	Prosentase Dalam Menahan Gempa (%)			
		FX		FY	
		SPRM	Shear wall	SPRM	Shear wall
1	0,9D ± X max	30.08%	69.92%	34.25%	65.75%
2	0,9D ± X min	32.6%	67.4%	32.7%	67.3%
3	0,9D ± Y max	32.4%	67.6%	35.8%	64.2%
4	0,9D ± Y min	35.4%	64.6%	34.6%	65.4%
5	1,2D + 1L ± X max	28.9%	71.1%	35.3%	64.7%
6	1,2D + 1L ± X min	33.9%	66.1%	31.8%	68.2%
7	1,2D + 1L ± Y max	31.0%	69.0%	36.5%	63.5%
8	1,2D + 1L ± Y min	36.9%	63.1%	33.9%	66.1%

Dari hasil perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa persentase total dari SPrM memiliki nilai lebih besar dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai struktur dual system.

4.3.4.9 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% (Tabel)

Tabel 4.15 Jumlah Partisipasi Massa dalam Menghasilkan Respon

Case	Item Type	Item	Static	Dynamic
			%	%
Modal	Acceleration	UX	99,98	96,80
Modal	Acceleration	UY	99,98	97,16
Modal	Acceleration	UZ	0	0

Dari tabel diatas didapatkan bahwa dalam penjumlahan respons ragam menghasilkan respon total telah mencapai 90% untuk arah X dan arah Y, maka ketentuan menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 telah terpenuhi.

4.3.4.10 Kontrol Drift

Kinerja batas layan struktur gedung sangat ditentukan oleh simpangan antar tingkat pengaruh gempa rencana. Dimaksudkan untuk menjaga kenyamanan penghuni, mencegah kerusakan non-struktur, membatasi peretakan beton yang berlebihan.

Tabel 4.23 Batas Simpangan Gedung

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{ax} ^c	0,020 h_{ax}	0,015 h_{ax}
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	0,010 h_{ax}	0,010 h_{ax}	0,010 h_{ax}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{ax}	0,007 h_{ax}	0,007 h_{ax}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{ax}	0,015 h_{ax}	0,010 h_{ax}

^c h_{ax} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x.

Berikut merupakan drift ijin yang didapat dari perhitungan diatas.

$$\delta_{ijin} = 0,02 \cdot hsx \\ = 0,02 \cdot 5000 = 100 \text{ mm}$$

$$\delta_{ijin} = 0,02 \cdot hsx \\ = 0,02 \cdot 4000 = 80 \text{ mm}$$

$$\delta_{ijin} = 0,02 \cdot hsx \\ = 0,02 \cdot 3200 = 64 \text{ mm}$$

$$\delta_{ijin} = 0,02 \cdot hsx \\ = 0,02 \cdot 3700 = 74 \text{ mm}$$

Lalu dilanjutkan mencari δ_i dengan cara perhitungan sebagai berikut:

$\delta_i = \text{Drift} \times Cd/Ie$ dengan $Cd = 5,5$ (SNI 1726:2012, tabel 9)

Dari hasil perhitungan ETABS, didapatkan drift dan δ_i sesuai dengan SNI 1726:2012 seperti pada Tabel

Tabel 4.16 Kontrol Simpangan Arah X dan Y

TABLE: Story Max/Avg Drifts							
Story	Load Case/Combo	Direction	Max Drift	Avg Drift	δ_i	δ_{ijin}	Kontrol
			mm	mm			
Lantai Atap	ENVELOPE Max	X	6.25	4.81	34.35	74.00	OK
Lantai Atap	ENVELOPE Max	Y	2.87	2.75	15.80	74.00	OK
Lantai 8	ENVELOPE Max	X	5.82	4.49	32.03	64.00	OK
Lantai 8	ENVELOPE Max	Y	2.90	2.73	15.96	64.00	OK
Lantai 7	ENVELOPE Max	X	6.13	4.77	33.69	64.00	OK
Lantai 7	ENVELOPE Max	Y	3.28	3.03	18.06	64.00	OK
Lantai 6	ENVELOPE Max	X	6.34	4.99	34.85	64.00	OK
Lantai 6	ENVELOPE Max	Y	3.62	3.29	19.89	64.00	OK
Lantai 5	ENVELOPE Max	X	6.44	5.09	35.40	64.00	OK
Lantai 5	ENVELOPE Max	Y	3.89	3.50	21.41	64.00	OK
Lantai 4	ENVELOPE Max	X	6.17	4.90	33.92	64.00	OK
Lantai 4	ENVELOPE Max	Y	3.87	3.45	21.28	64.00	OK
Lantai 3	ENVELOPE Max	X	5.95	4.74	32.73	64.00	OK
Lantai 3	ENVELOPE Max	Y	3.92	3.45	21.54	64.00	OK

Lantai 2	ENVELOPE Max	X	5.48	4.38	30.14	64.00	OK
Lantai 2	ENVELOPE Max	Y	3.79	3.30	20.85	64.00	OK
Lantai 1	ENVELOPE Max	X	6.16	4.83	33.86	64.00	OK
Lantai 1	ENVELOPE Max	Y	4.27	3.68	23.46	64.00	OK
Lt. Mezzanine	ENVELOPE Max	X	4.12	3.26	22.66	80.00	OK
Lt. Mezzanine	ENVELOPE Max	Y	2.97	2.59	16.31	80.00	OK

Maka dapat disimpulkan bahwa berdasarkan simpangan yang terjadi searah sumbu X maupun Y memenuhi persyaratan berdasarkan SNI 1726:2012.

4.3.4.11 Analisa Eksentrisitas

Antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana ed sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012 pasal 7.8.4.2 dengan jarak sama dengan 5% dimensi struktur tegak lurus terhadap arah gaya yang diterapkan.

- $ex = e0x + (0,05Bx)$
- $ey = e0y + (0,05By)$

dimana :

- $e0x$ dan $e0y$ adalah eksentrisitas bawaan gedung
 - $0,05Bx$ dan $0,05By$ adalah eksentrisitas tak terduga
 - Bx adalah panjang gedung arah x
 - By adalah panjang gedung arah y
- Berdasarkan hasil dari ETABS maka didapatkan eksentrisitas pada Tabel

Keterangan :

- Xcm : Koordinat Pusat Massa arah X
 Ycm : Koordinat Pusat Massa arah Y
 Xcr : Koordinat Pusat Kekakuan arah X
 Ycr : Koordinat Pusat Kekakuan arah Y
 ex : Eksentrisitas aktual arah X
 ey : Eksentrisitas aktual arah Y

Tabel 4.17 Perhitungan Eksentrisitas Aktual terhadap Pusar
Massa dan Pusat Rotasi

Story	Pusat Massa		Pusat Rotasi		Eksentrisitas Torsi bawaan		Eksentrisitas torsi tak terduga		e _{0xy} + 0,05B _{xy}		Kontrol	
	XCCM	YCCM	XCR	YCR	e _{0x}	e _{0y}	0,05B _x	0,05B _y	ex	ey	x	y
	m	m	m	m								
Lantai Atap	7.10	21.46	5.93	19.32	1.17	2.13	0.70	2.09	1.87	4.22	OK	OK
Lantai 8	7.02	21.26	5.72	19.13	1.29	2.13	0.70	2.09	1.99	4.22	OK	OK
Lantai 7	6.98	21.20	5.47	18.88	1.50	2.32	0.70	2.09	2.20	4.41	OK	OK
Lantai 6	6.96	21.17	5.21	18.62	1.74	2.55	0.70	2.09	2.44	4.64	OK	OK
Lantai 5	6.95	21.15	4.96	18.37	1.99	2.78	0.70	2.09	2.69	4.87	OK	OK
Lantai 4	6.95	21.15	4.71	18.15	2.24	2.99	0.70	2.09	2.94	5.08	OK	OK
Lantai 3	6.96	21.15	4.47	17.98	2.49	3.16	0.70	2.09	3.19	5.25	OK	OK
Lantai 2	6.97	21.15	4.23	17.89	2.74	3.26	0.70	2.09	3.43	5.34	OK	OK
Lantai 1	6.97	21.14	4.09	17.99	2.89	3.15	0.70	2.09	3.58	5.24	OK	OK
Lt. Mezzanine	6.98	21.13	4.33	18.73	2.64	2.40	0.70	2.09	3.34	4.48	OK	OK

4.4 Perencanaan Struktur Utama

4.4.1 Umum

Perencanaan struktur utama meliputi perencanaan balok induk, kolom, serta hubungan balok kolom. Perhitungan berdasarkan ketentuan SNI 2847:2013, dan pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726:2012 terkait ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa. Perencanaan Gedung Hotel Ibis Surabaya menggunakan beton bertulang biasa, sehingga diperlukan ketelitian antara aplikasi software bantu sipil dan perhitungan penulangan secara manual.

4.4.2 Perencanaan Balok Induk

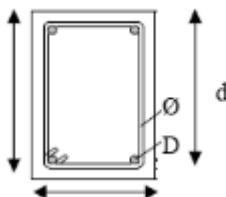
Balok induk merupakan struktur utama yang memikul beban struktur sekunder dan meneruskan beban tersebut ke kolom. Di dalam preliminary desain gedung Hotel Ibis Surabaya direncanakan beberapa balok induk seperti (Tabel 4.16)

Tabel 4.18 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

Tipe Balok	Bentang (mm)	Dimensi Balok (cm)	
		b	h
B1	6200	35	50
B2	7298	35	50
B3	5102	30	40
B4	5050	30	40
B5	3630	30	40
B6	2705	30	40
B7	2950	30	40
B8	5055	30	40
B9	5275	30	40

Data Perencanaan:

Dimensi balok	: 35/50
Mutu beton ($f'c$)	: 40 MPa
Mutu baja tulangan (fy)	: 400 MPa
Mutu baja Sengkang (fy)	: 400 MPa
Tulangan lentur (D)	: 19 mm
Tulangan lentur balok-SW	: 19 mm
Tulangan Sengkang	: 13 mm
Tebal decking (d')	: 40 mm



$$\begin{aligned}
 d &= h - (\text{decking} + D_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} \cdot D \cdot \text{tul utama}) \\
 &= 500 - (40 + 13 + \frac{1}{2} \cdot 19) \\
 &= 437,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= (\text{decking} + D_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} \cdot D \cdot \text{tul utama}) \\
 &= (40 + 15 + \frac{1}{2} \cdot 19) \\
 &= 62,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menentukan harga β_1

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= 0,85 - 0,05 \frac{(f'c - 28)}{7} \quad \text{SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3} \\
 &= 0,85 - 0,05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,764
 \end{aligned}$$

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

- Mencari ρ balance SNI 2847:2013 lampiran B(8.4.2)

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0,85\beta_1 f'c}{fy} \left(\frac{600}{600+fy} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \left(\frac{600}{600+400} \right) \\ &= 0,039\end{aligned}$$

- Mencari ρ maksimum

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0,025 && \text{SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1} \\ \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b && \text{SNI 2847:2013 lampiran B (10.3.3)} \\ &= 0,75 \cdot 0,039 \\ &= 0,0292\end{aligned}$$

Dipakai ρ_{\max} yang terkecil = **0,025**

- Mencari ρ minimum

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f'c}}{fy} && \text{SNI 2847:2013 pasal 10.5.1} \\ &= \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,00395\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{fy} && \text{SNI 2847:2013 pasal 10.5.1} \\ &= \frac{1,4}{400} = 0,0035\end{aligned}$$

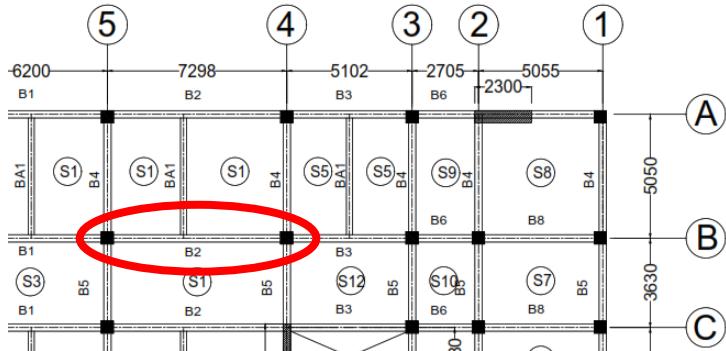
Dipakai ρ_{\min} yang terbesar = 0,00395

- Menentukan harga m

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \cdot 40} = 11,765$$

4.4.2.1 Penulangan Lentur Balok Induk

Sebagai contoh akan diambil perhitungan penulangan balok 35/50 pada lantai 3 dengan bentang 7,298 m, seperti pada Gambar



Gambar 4.8 Contoh Balok Bentang 7,298 m

Dari hasil analisis struktur dengan bantuan program ETABS didapatkan output momen envelope tumpuan dan lapangan balok:

- Tumpuan kiri negatif : -117,31 kN.m
- Tumpuan kiri positif : 24,87 kN.m
- Tumpuan kanan negatif : -118,45 kN.m
- Tumpuan kanan positif : 27,40 kN.m
- Lapangan : 54,23 kN.m

a. Penulangan Tumpuan Negatif

Asumsi awal berada pada kondisi *tension controlled section* (penampang terkontrol tarik), dimana $\phi = 0,9$

$$\rightarrow M_u = 118,45 \text{ kN.m} = 118.449.900 \text{ N.mm}$$

$$\rightarrow M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{118.449.900}{0,9} = 131.611.000 \text{ N.mm}$$

$$\rightarrow \text{Ambil harga } X \leq 0,75 \cdot X_b$$

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d = \frac{600}{600 + 400} \times 437,5 = 262,5 \text{ mm}$$

$$X \leq 0,75 \cdot 262,5 = 196,88 \text{ mm, direncanakan } X = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \triangleright A_{sc} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c \cdot b \cdot X}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 0,764 \cdot 40 \cdot 350 \cdot 150}{400} \\ &= 3410,63 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \triangleright M_{nc} &= A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X}{2} \right) \\ &= 3410,63 \times 400 \times \left(437,5 - \frac{0,764 \times 150}{2} \right) \\ &= 518.658.616,07 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n - M_{nc} &= 131.611.000 - 518.658.616,07 \\ &= -387.047.616,07 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$M_n - M_{nc} < 0$ (Tulangan Tunggal)

$$\triangleright R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{131.611.000}{350 \times 436^2} = 1,96$$

$$\begin{aligned} \triangleright \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,76} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 1,96}{400}} \right) = 0,00506 \end{aligned}$$

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

$$0,0292 < 0,00506 < 0,0035$$

Maka, dipakai $\rho = 0,00506$

\triangleright Tulangan Tumpuan atas :

$$As = \rho \times b \times d = 0,00506 \times 350 \times 437,5 = 775,14 \text{ mm}^2$$

\triangleright Jumlah tulangan :

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{775,14}{\frac{1}{4} \pi \cdot 19^2} \approx 4 \text{ buah}$$

Jadi, dipasang **4D19 (As pasang = 1134,11 mm²)**

- Tulangan Tumpuan bawah:

$$As.\min = \frac{1}{2} As_1 = \frac{1}{2} \cdot 1134,11 = 567,06 \text{ mm}^2$$

- Jumlah tulangan :

$$n = \frac{As.\text{perlu}}{As.\text{tulangan}} = \frac{567,06}{\frac{1}{4}\pi \cdot 19^2} \approx 3 \text{ buah}$$

Jadi, dipasang **3D19 (As pasang = 850,59 mm²)**

- Kontrol Jarak tulangan

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut:

$$S = \frac{b_w - 2.\text{decking} - 2.\phi\text{engkang} - n.\phi\text{tul.utama}}{n - 1}$$

$$S = \frac{350 - 2.40 - 2.13 - 3.19}{3 - 1} = 93,5 > 25 \text{ mm}$$

- Kontrol Kekuatan

$$fs' = \left(1 - \frac{d'}{x}\right) \times 600 = \left(1 - \frac{62,5}{150}\right) \times 600 = 350 \text{ MPa}$$

$$a = \frac{As.\text{fy} - As'.fs'}{0,85.f'c.b} = 3,57 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Mn_{act} &= (As.\text{fy} - As'.fs') \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right) + (As'.fs')(d - d') \\ &= 178.841.797,37 \text{ N.mm} > 131.611.000 \text{ N.mm (OK)} \end{aligned}$$

b. Penulangan Tumpuan Positif

- $M_u = 27,4 \text{ kN.m} = 27.397.900 \text{ Nmm}$
- $M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{27.397.900}{0,9} = 30.442.111,11 \text{ N.mm}$
- Ambil harga X ≤ 0,75.Xb

$$X_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d = \frac{600}{600 + 400} \times 437,5 = 262,5 \text{ mm}$$

$$X \leq 0,75 \cdot 262,5 = 196,88 \text{ mm, direncanakan } X = 150 \text{ mm}$$

- $$A_{sc} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_y \cdot c \cdot b \cdot X}{f_y} = \frac{0,85 \cdot 0,764 \cdot 40 \cdot 350 \cdot 150}{400}$$

$$= 3410,63 \text{ mm}^2$$

- $$M_{nc} = A_{sc} \times f_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X}{2} \right)$$

$$= 3410,63 \times 400 \times \left(437,5 - \frac{0,764 \times 150}{2} \right)$$

$$= 518.658.616,07 \text{ N.mm}$$

$$M_n - M_{nc} = 30.442.111,11 - 518.658.616,07$$

$$= -488.216.504,96 \text{ N.mm}$$

$M_n - M_{nc} < 0$ (Tulangan Tunggal)

- $$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{30.442.111,11}{350 \times 437,5^2} = 0,45$$
- $$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,76} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 0,45}{400}} \right) = 0,00114$$

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

$0,0292 < 0,00114 < 0,0035$ dipakai $\rho_{min} = 0,0035$

- Tulangan Tumpuan atas :

$$As = \rho \times b \times d = 0,0035 \times 350 \times 437,5 = 535,94 \text{ mm}^2$$

- Jumlah tulangan :

$$n = \frac{As_{perlu}}{As_{tulangan}} = \frac{535,94}{\frac{1}{4} \pi \cdot 19^2} = 2 \text{ buah}$$

Jadi, dipasang **2D19** (**As pasang = 567,06 mm²**)

- Tulangan Tumpuan bawah:
 $As.min = \frac{1}{2} As1 = \frac{1}{2} \cdot 567,06 = 283,53 \text{ mm}^2$

- Jumlah tulangan :

$$n = \frac{As.\text{perlu}}{As.\text{tulangan}} = \frac{283,53}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 19^2} = 2 \text{ buah}$$

Jadi, dipasang **2D19** (As pasang = **567,06 mm²**)

- Kontrol Jarak tulangan

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut:

$$S = \frac{b_w - 2.\text{decking} - 2.\phi sengkang - n.\phi t \text{ul. utama}}{n - 1}$$

$$S = \frac{350 - 2.40 - 2.13 - 2.19}{2 - 1} = 206 > 25 \text{ mm}$$

- Kontrol Kekuatan

$$fs' = \left(1 - \frac{d'}{x}\right) \times 600 = \left(1 - \frac{62,5}{150}\right) \times 600 = 350 \text{ MPa}$$

$$a = \frac{As.fy - As'.fs'}{0,85.f'c.b} = 2,38 \text{ mm}$$

$$Mn_{act} = (As.fy - As'.fs').\left(d - \frac{a}{2}\right) + (As'.fs')(d - d') \\ = 86.796.899 \text{ N.mm} > Mn = 30.442.111,11 \text{ N.mm} (\text{OK})$$

- Rekapitulasi tulangan lentur tumpuan bentang 7,298 m
 - Akibat momen negatif
 - Tulangan atas : **4D19** (As pasang = **1134,11 mm²**)
 - Tulangan bawah : **3D19** (As pasang = **850,59 mm²**)
 - Akibat momen positif
 - Tulangan atas : **2D22** (As pasang = **567,06 mm²**)

Tulangan bawah : **2D22** (As pasang = **567,06 mm²**)

Jadi, tulangan yang digunakan yaitu yang memiliki nilai terbesar dari dua arah pembebanan gempa, yaitu :
 Tulangan atas : **4D19** (As pasang = **1134,11 mm²**)
 Tulangan bawah : **3D19** (As pasang = **850,59 mm²**)

c. **Kontrol kekuatan dalam menahan momen negatif**

- $M_u = 118.449.900 \text{ N.mm}$
- $M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{118.449.900}{0,9} = 131.611.000 \text{ N.mm}$
- Decking, ts = 40 mm
- Jarak ke as tulangan, Tarik (d1) = 62,5 mm
- Jarak ke as tulangan, tekan (d2) = 62,5 mm
- Tinggi efektif, d aktual = 437,5 mm
- Tul. Tarik 3D19, As1 = 850,59 mm²
- Tul. Tekan 2D19, As2 = 567,06 mm²
- $(0,85.f'_c.b.\beta_1)X^2 + (As_2.600-As_1.f_y)X - As_2.d_2.600 = 0$
Didapatkan X = 48,35 mm
- Mencari nilai f'_c tulangan terpasang

$$f_s' = \left(1 - \frac{d^2}{x}\right)600$$

$$= -175,54 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa (tulangan tidak leleh)}$$
- $M_{n_{act}} = 0,85.f'_c.b.\beta_1.X \left(d - \frac{\beta_1 \cdot X}{2}\right) + As_2.f_s'.(d - d_2)$

$$= 146.947.732,25 \text{ Nmm} > M_n = 131.611.000 \text{ N.mm (OK)}$$
- Cek kondisi penampang
 $C = 48,35 \text{ mm}$
 $0,375 \times d \text{ actual} = 164,06 \text{ mm} > C = 48,35 \text{ mm (OK)}$
 Penampang tension controlled, asumsi benar.

d. Kontrol kekuatan dalam menahan momen positif

- $M_u = 27.397.900 \text{ N.mm}$
- $M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{27.397.900}{0,9} = 30.442.111,11 \text{ N.mm}$
- Decking, $t_s = 40 \text{ mm}$
- Jarak ke as tulangan, Tarik (d_1) = 62,5 mm
- Jarak ke as tulangan, tekan (d_2) = 62,5 mm
- Tinggi efektif, $d_{actual} = 437,5 \text{ mm}$
- Tul. Tarik 3D22, $A_s 1 = 567,06 \text{ mm}^2$
- Tul. Tekan 2D22, $A_s 2 = 850,59 \text{ mm}^2$
- $(0,85.f'c.b.\beta_1)X^2 + (A_s 2.600 - A_s 1.f_y)X - A_s 2.d.600 = 0$
Didapatkan $X = 45,65 \text{ mm}$
- Mencari nilai f'_c tulangan terpasang

$$f'_s = \left(1 - \frac{d_2}{x}\right).600$$

$$= -221,46 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa} \text{ (tulangan tidak leleh)}$$
- $M_{n_{act}} = 0,85.f'c.b.\beta_1.X \left(d - \frac{\beta_1.X}{2}\right) + A_s 2.f'_s.(d - d_2)$

$$= 111.008.109,84 \text{ Nmm} > M_n = 30.442.111,11 \text{ N.mm} \text{ (OK)}$$
- Cek kondisi penampang
 $C = 45,65 \text{ mm}$
 $0,375 \times d_{actual} = 164,06 \text{ mm} > C = 45,65 \text{ mm (OK)}$
 Penampang tension controlled, asumsi benar.

Rekapitulasi kontrol kekuatan dalam menahan momen positif dan negatif dapat dilihat pada Tabel 4.18

Tabel 4.19 Rekapitulasi Kontrol dalam Menahan Momen Negatif dan Positif

Bentang (m)	Momen	0,85.f.c.b. β 1	As2.600- As1.fy	As2.d2.600	X1.2 (mm)	fs' (Mpa)	Mnact (kN.m)	Mn (kN.m)	0,375.dact (mm)	Ket
7.298	Negatif	9095.00	56705.7	-31896982.9	56.19	-67.43	191083369.9	131611000.0	164.06	OK
	Positif	9095.00	340234.5	-42529310.5	52.19	-118.53	147787816.0	30442111.1	164.06	OK
6.200	Negatif	9095.00	170117.2	-31896982.9	50.60	-141.07	147452621.3	112987555.6	164.06	OK
	Positif	9095.00	170117.2	-31896982.9	50.60	-141.07	147452621.3	29463444.4	164.06	OK
5.275	Negatif	7795.71	0.0	-21264655.3	52.23	-118.01	144908828.2	75645333.3	126.56	OK
	Positif	7795.71	283528.7	-31896982.9	48.32	-176.15	101645153.5	15201333.3	126.56	OK
5.102	Negatif	7795.71	113411.5	-21264655.3	45.46	-224.94	101051141.0	56483777.8	126.56	OK
	Positif	7795.71	113411.5	-21264655.3	45.46	-224.94	101051141.0	7939888.9	126.56	OK
5.055	Negatif	7795.71	113411.5	-21264655.3	45.46	-224.94	101051141.0	55299555.6	126.56	OK
	Positif	7795.71	113411.5	-21264655.3	45.46	-224.94	101051141.0	8304777.8	126.56	OK
5.050	Negatif	7795.71	0.0	-21264655.3	52.23	-118.01	144908828.2	68823888.9	126.56	OK
	Positif	7795.71	283528.7	-31896982.9	48.32	-176.15	101645153.5	9430222.2	126.56	OK
3.630	Negatif	7795.71	0.0	-21264655.3	52.23	-118.01	144908828.2	70141333.3	126.56	OK
	Positif	7795.71	283528.7	-31896982.9	48.32	-176.15	101645153.5	58918222.2	126.56	OK
2.705	Negatif	7795.71	113411.5	-21264655.3	45.46	-224.94	101051141.0	41402888.9	126.56	OK
	Positif	7795.71	113411.5	-21264655.3	45.46	-224.94	101051141.0	32696666.7	126.56	OK
2.950	Negatif	7795.71	0.0	-21264655.3	52.23	-118.01	144908828.2	71780777.8	126.56	OK
	Positif	7795.71	283528.7	-31896982.9	48.32	-176.15	101645153.5	19746888.9	126.56	OK

e. Kontrol batas penulangan tumpuan

Kontrol berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1

- $\frac{1,4 \cdot bw \cdot d}{fy} = \frac{1,4 \cdot 350.437,5}{400} = 535,94 \text{ mm}^2$

$$535,94 \text{ mm}^2 < \text{As. Tul. Atas} = 850,59 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

$$535,94 \text{ mm}^2 < \text{As. Tul. Bawah} = 850,59 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

- $\frac{0,25 \cdot \sqrt{f'c}}{fy} \cdot bw \cdot d = \frac{0,25 \cdot \sqrt{40}}{400} \cdot 350.437,5 = 605,28 \text{ mm}^2$

$$605,28 \text{ mm}^2 < \text{As. Tul. Atas} = 850,59 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

$$605,28 \text{ mm}^2 < \text{As. Tul. Bawah} = 850,59 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

Rekapitulasi kontrol batas penulangan tumpuan dapat dilihat pada Tabel 4.20

Tabel 4.20 Rekapitulasi kontrol batas penulangan tumpuan balok induk

Bentang (m)	Momen	As	$\frac{1,4 \cdot bw \cdot d}{fy}$	$\frac{0,25 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d}{fy}$	ρ	Ket.
		mm ²				
7.298	Negatif	1134.11	535.94	605.28	0.0074	OK
	Positif	850.59	535.94	605.28	0.0056	OK
6.200	Negatif	850.59	535.94	605.28	0.0056	OK
	Positif	850.59	535.94	605.28	0.0056	OK
5.275	Negatif	850.59	354.38	400.23	0.0084	OK
	Positif	567.06	354.38	400.23	0.0056	OK
5.102	Negatif	567.06	354.38	400.23	0.0056	OK
	Positif	567.06	354.38	400.23	0.0056	OK
5.055	Negatif	567.06	354.38	400.23	0.0056	OK
	Positif	567.06	354.38	400.23	0.0056	OK
5.050	Negatif	850.59	354.38	400.23	0.0084	OK
	Positif	567.06	354.38	400.23	0.0056	OK
3.630	Negatif	850.59	354.38	400.23	0.0084	OK
	Positif	567.06	354.38	400.23	0.0056	OK
2.705	Negatif	567.06	354.38	400.23	0.0056	OK
	Positif	567.06	354.38	400.23	0.0056	OK
2.950	Negatif	850.59	354.38	400.23	0.0084	OK
	Positif	567.06	354.38	400.23	0.0056	OK

f. Kontrol jarak tulangan tumpuan

Kontrol berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.6.4

$$Cc = \text{tebal selimut} + \varnothing_{\text{sengkang}} = 40 + 13 = 53 \text{ mm}$$

$$fs = 2/3 \cdot fy = 2/3 \cdot 400 = 266,67 \text{ MPa}$$

$$S1 = 380 \cdot (280/fs) - 2,5Cc = 266,5 \text{ mm} > 62,5 \text{ mm (OK)}$$

$$S2 = 380 \cdot (280/fs) = 315 \text{ mm} > 62,5 \text{ mm (OK)}$$

g. Penulangan lapangan

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.2 menyatakan bahwa baik nilai momen positif maupun negatif sepanjang balok tidak boleh kurang dari seperempat nilai momen maksimum pada tumpuan.

- $M_u \text{ lapangan} = 54,23 \text{ kNm} > \frac{1}{4} M_u \text{ tumpuan} = 29,61 \text{ kN.m (OK)}$
- $M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{54,23 \times 10^6}{0,9} = 60.255.333,33 \text{ N.mm}$
- $R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{60.255.333,33}{350 \times 437,5^2} = 0,9$
- $\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$
 $= \frac{1}{11,76} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 0,9}{400}} \right) = 0,00228$
- $\rho_{\text{max}} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}}$
 $0,0292 < 0,00228 < 0,0035$
Maka, dipakai $\rho = 0,0035$
- Tulangan Tumpuan atas :
 $A_s = \rho \times b \times d = 0,0035 \times 350 \times 437,5 = 535,94 \text{ mm}^2$
- Jumlah tulangan :

$$n = \frac{\text{As.perlu}}{\text{As.tulangan}} = \frac{535,94}{\frac{1}{4}\pi \cdot 19^2} \approx 2 \text{ buah}$$

Jadi, dipasang **2D19 (As pasang = 567,06 mm²)**

- Tulangan Tumpuan bawah:

$$\text{As.min} = \frac{1}{2} \text{ As}_1 = \frac{1}{2} \cdot 567,06 = 283,53 \text{ mm}^2$$

- Jumlah tulangan :

$$n = \frac{\text{As.perlu}}{\text{As.tulangan}} = \frac{283,53}{\frac{1}{4}\pi \cdot 19^2} \approx 2 \text{ buah}$$

Jadi, dipasang **2D19 (As pasang = 567,06 mm²)**

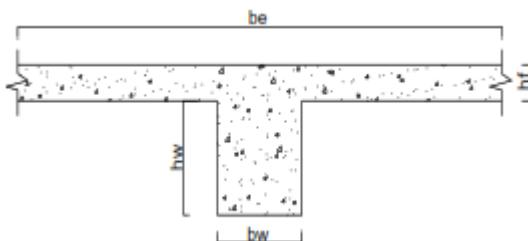
- Kontrol Jarak tulangan

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.6.1, jarak minimum yang disyaratkan antara 2 batang tulangan adalah 25 mm, maka jarak tulangan yang direncanakan sebagai berikut:

$$S = \frac{b_w - 2.\text{decking} - 2.\phi_{\text{engkang}} - n.\phi_{\text{tul.utama}}}{n-1}$$

$$S = \frac{350 - 2.40 - 2.13 - 2.19}{2-1} = 206 > 25 \text{ mm}$$

h. Kontrol Balok T



Gambar 4.9 Penampang Balok T

Berdasarkan SNI 2847:2013 untuk konstruksi balok T, sesuai dengan persyaratan sebagai berikut:

- $be = \frac{1}{4} \cdot L_b = \frac{1}{4} \cdot 7298 = 1824,5 \text{ mm}$

$be = bw + 8t = 350 + 8 \times 120 = 1310 \text{ mm}$ (menentukan)

$$be = \frac{1}{2} \cdot (Lb - bw) = \frac{1}{2} \cdot (7298 - 350) = 3474 \text{ mm}$$

- $As = 567,06 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot be} = \frac{567,06 \times 400}{0,85 \times 40 \times 1310} = 5,09$$

- $x = a/\beta_1 = 5,09/0,764 = 6,66 \text{ mm} < 120 \text{ mm}$

$x \leq t$, termasuk balok T palsu sehingga perhitungan dilakukan dengan balok persegi.

- Kontrol kekuatan

$$fs' = \left(1 - \frac{d'}{x}\right) \times 600 = \left(1 - \frac{62,5}{150}\right) \times 600 = 350 \text{ MPa}$$

$$a' = \frac{As \cdot fy - As' \cdot fs'}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{567,06 \times 400 - 567,06 \times 350}{0,85 \times 40 \times 350} \\ = 2,38 \text{ mm}$$

$$M_{n_{act}} = (As \cdot fy - As' \cdot fs') \cdot \left(d - \frac{a'}{2}\right) + As' \cdot fs' \cdot (d - d') \\ = 86.796.899 \text{ N.mm} > Mn = 60.255.333,33 \text{ N.mm} (\text{OK})$$

- Cek kondisi penampang

$$c = a/\beta_1 = 3,12 \text{ mm}$$

$$0,375 \times d \text{ aktual} = 164,06 \text{ mm}$$

$$c < 0,375 \times d \text{ aktual} (\text{OK})$$

Penampang tension controlled, asumsi benar

i. Kontrol batas penulangan lapangan

Kontrol berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.2.1

- $\frac{1,4 \cdot bw \cdot d}{fy} = \frac{1,4 \cdot 350 \cdot 437,5}{400} = 535,94 \text{ mm}^2$

$$535,94 \text{ mm}^2 < As. \text{ Tul. Atas} = 567,06 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

$$535,94 \text{ mm}^2 < As. \text{ Tul. Bawah} = 567,06 \text{ mm}^2 (\text{OK})$$

- $\frac{0,25 \cdot \sqrt{f'c}}{fy} \cdot bw \cdot d = \frac{0,25 \cdot \sqrt{40}}{400} \cdot 350 \cdot 437,5 = 605,28 \text{ mm}^2$

$$\begin{array}{ll} 605,28 \text{ mm}^2 < \text{As. Tul. Atas} & = 567,06 \text{ mm}^2 (\textbf{OK}) \\ 605,28 \text{ mm}^2 < \text{As. Tul. Bawah} & = 567,06 \text{ mm}^2 (\textbf{OK}) \end{array}$$

Dengan cara yang sama seperti perhitungan di atas, didapatkan rekapitulasi perhitungan tulangan lentur balok induk sebagai berikut :

Tabel 4.21 Rekapitulasi penulangan lentur balok induk

Bentang (m)	Balok induk			
	Tumpuan		Lapangan	
	Negatif	Positif	Negatif	Positif
7,298	4D19	3D19	3D19	3D19
6,200	3D19	3D19	3D19	3D19
5,275	3D19	2D19	2D19	2D19
5,102	2D19	2D19	2D19	2D19
5,055	2D19	2D19	2D19	2D19
5,050	3D19	2D19	2D19	2D19
3,630	2D19	2D19	2D19	2D19
2,705	3D19	2D19	2D19	2D19
2,950	2D19	2D19	2D19	2D19

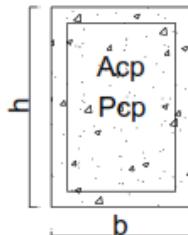
4.4.2.2 Penulangan Torsi Balok Induk

Contoh perhitungan perencanaan penulangan torsi diambil dari frame balok bentang 7,298 m lantai 3. Didapatkan momen torsi terfaktor dan geser dari ETABS sebesar :

$$Tu = 34,4 \text{ kN.m} = 34.386.500 \text{ N.mm}$$

$$Vu = 106,3 \text{ kN} = 106.329,9 \text{ N}$$

b. Perhitungan Luas dan Keliling Penampang



Gambar 4.10 Luasan (Acp) dan Keliling (Pcp)

$$A_{cp} = \text{luas bruto penampang beton}$$

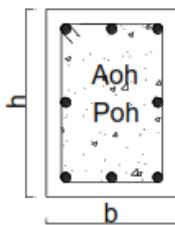
$$= b \times h$$

$$= 350 \times 500 = 175.000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = \text{keliling luar penampang beton}$$

$$= 2 \times (b+h)$$

$$= 2 \times (350 + 500) = 1700 \text{ mm}$$



Gambar 4.11 Luasan (Aoh) dan Keliling (Poh)

$$b_h = (b_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser})$$

$$= 350 - 2.40 - 13 = 257 \text{ mm}$$

$$h_h = (h_{balok} - 2.t_{decking} - \phi_{geser})$$

$$= 500 - 2.40 - 13 = 407 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = \text{luasan penampang yang dibatasi tulangan Sengkang}$$

$$= b_h \times h_h$$

$$= 257 \times 407 = 104.599 \text{ mm}^2$$

$$P_{oh} = \text{keliling penampang yang dibatasi tulangan Sengkang}$$

$$= 2 \times (b_h + h_h) \\ = 2 \times (257 + 407) = 1328 \text{ mm}$$

c. Reduksi kebutuhan momen torsi

Sesuai dengan SNI 2847:2013, pada struktur statis tak tentu dimana reduksi momen torsi pada komponen struktur akibat redistribusi gaya-gaya dalam dengan adanya keretakan, Tu maksimum boleh direduksi menjadi:

$$Tu \leq \phi \cdot 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana :

- A_{cp} = Luas penampang total
- P_{cp} = keliling penampang total
- λ = 1 (beton normal) SNI 2847:2013 pasal 8.6.1
- ϕ = 0,75 (factor reduksi beban torsi)
SNI 2847:2013 pasal 9

Sehingga dapat dihitung :

$$Tu \leq \phi \cdot 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Didapatkan Tu dari ETABS sebesar = 34.386.500 N.mm

$$34.386.500 \text{ N.mm} \leq 0,75 \cdot 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \left(\frac{175000^2}{1700} \right)$$

$$34.386.500 \text{ N.mm} \leq 28.198.913,47 \text{ N.mm} (\text{Tidak Ok})$$

Maka dipakai $Tu = 28.198.913,47 \text{ N.mm}$

d. Kontrol kebutuhan tulangan torsi

Perencanaan tulangan torsi berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.1, yaitu pengaruh torsi dapat diabaikan jika momen torsi terfaktor Tu kurang dari perumusan berikut:

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

Sehingga dapat dihitung :

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

$$28.198.913,47 \leq 0,75 \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot \left(\frac{175.000^2}{1700} \right)$$

$$28.198.913,47 \leq 7.092.453,99 \text{ N.mm (Tidak Ok)}$$

→ sehingga butuh tulangan torsi

e. Cek penampang balok

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{bw \times d} \right)^2 + \left(\frac{Tu \times P_{oh}}{1,7 \times A_{oh}^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{bw \times d} + 0,66 \sqrt{f'c} \right)$$

Dimana :

$$Vc = 0,17 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d = 0,17 \cdot \sqrt{40} \cdot 350 \cdot 437,5 = 164.636,08 \text{ N}$$

$$\sqrt{\left(\frac{106.329,9}{350 \times 437,5} \right)^2 + \left(\frac{28.198.913,47 \times 1328}{1,7 \times 104.599^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{164.636,08}{350 \times 437,5} + 0,66 \sqrt{40} \right)$$

$$2,13 \leq 3,94 \text{ (OK)}$$

f. Perhitungan tulangan transversal penahan torsi

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.5.3.6 pada perhitungan tulangan transversal penahan torsi nilai A_o dapat diambil dengan $0,85 A_o$ dan nilai $\theta = 45^\circ$

$$A_o = 0,85 A_{oh} = 0,85 \cdot 104.599 = 88.909,15 \text{ mm}^2$$

$$\emptyset T_n \geq Tu$$

$$\frac{T_u}{\phi} = \frac{2A_o A_t f_y t}{S} \cdot \cot \theta$$

$$\frac{A_t}{S} = \frac{T_u}{\phi 2 A_o f_y \cot \theta} = 0,53 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

g. Pehitungan tulangan longitudinal penahan torsi

$$A_1 = \frac{A_t}{S} \cdot P_{oh} \cdot \frac{f_y t}{f_y} \cdot \cot^2 \theta$$

$$= 0,53 \cdot 1328 \cdot \frac{400}{400} \cdot \cot^2 45^\circ$$

$$= 701,99 \text{ mm}^2$$

$$A_{1min} = \frac{0,42 \sqrt{f'c} \cdot A_{cp}}{f_y} - \frac{A_t}{S} \cdot P_{oh} \cdot \frac{f_y t}{f_y}$$

$$= \frac{0,42 \sqrt{40,175000}}{400} - 0,53 \cdot 1328 \cdot \frac{400}{400}$$

$$= 460,14 \text{ mm}^2$$

A longitudinal untuk torsi dibagi menjadi 4 bagian, 25% didistribusikan ke kiri, 25% ke kanan, 25% ke atas, dna 25% ke bawah bagian balok, A_1 torsi untuk kiri kanan = $0,5 \times 460,14 = 351 \text{ mm}^2$

Dikarenakan tulangan minimum 2, maka digunakan tulangan 2D19 ($A_s = 567,06 \text{ mm}^2$), dipasang masing-masing 1 batang di sisi samping kiri dan kanan balok di sepanjang bentang.

Hasil rekapitulasi penulangan longitudinal penahan torsi disajikan pada Tabel 4.22

Tabel 4.22 Rekapitulasi Penulangan Longitudinal Penahan Torsi

Balok induk					
Bentang (m)	Atas	Bawah	Kiri	Kanan	Total
7,298	D19	D19	D19	D19	4D19
6,2	D19	D19	D19	D19	4D19
5,275	D19	D19	D19	D19	4D19
5,102	D19	D19	D19	D19	4D19
5,055	D19	D19	D19	D19	4D19
5,05	D19	D19	D19	D19	4D19
3,63	D19	D19	D19	D19	4D19
2,705	D19	D19	D19	D19	4D19
2,95	D19	D19	D19	D19	4D19

4.4.2.3 Penulangan Geser Balok Induk

Syarat spasi maksimum tulangan geser balok menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2:

- $S < \frac{1}{4} \cdot d = 109,38$ mm (menentukan), diambil $S_{max} = 100$ mm
- $S < 6 \cdot \emptyset = 114$ mm
- $S < 150$ mm
- Sengkang pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.

Pada daerah lapangan syarat maksimum tulangan geser balok menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.4:

- $S < \frac{1}{2} \cdot d = 218,75$ mm (menentukan), diambil $S_{max} = 200$ mm

a. Penulangan Geser Tumpuan

Perhitungan tulangan geser yang dipengaruhi beban gempa dihitung dari kapasitas balok memikul momen probable. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4 bahwa gaya geser rencana V_e harus ditentukan dari peninjauan gaya static pada

bagian tumpuan. Momen-momen dengan tanda berlawanan sehubungan dengan kuat lentur maksimum Mpr, dan komponen struktur tersebut dibebani penuh beban gravitasi terfaktor.

- Momen Ujung Mpr

Mpr merupakan kuat momen lentur mungkin dari suatu komponen struktur yang ditentukan menggunakan sifat-sifat komponen struktur pada muka join dengan menganggap kuat tarik pada tulangan longitudinal sebesar minimum 1,25fy.

- Akibat Gempa ke Kiri

- Mpr negatif (Mpr-)

$$As = 1417,64 \text{ mm}^2$$

$$A's = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$d = 437,5 \text{ mm}$$

$$a = 47,71 \text{ mm}$$

$$f's = -0,77 \text{ MPa}$$

$$d' = 62,5 \text{ mm}$$

$$M_{pr1} = (As \cdot 1,25fy - A's \cdot 1,25f's) \left(d - \frac{a}{2} \right) + A's \cdot 1,25f's \cdot (d - d')$$

$$= 293.233.309,28 \text{ N.mm}$$

- Mpr positif (Mpr+)

$$As = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$A's = 1417,64 \text{ mm}^2$$

$$d = 437,5 \text{ mm}$$

$$a = 40,8 \text{ MPa}$$

$$f's = -102,48 \text{ MPa}$$

$$d' = 62,5 \text{ mm}$$

$$M_{pr2} = (As \cdot 1,25fy - A's \cdot 1,25f's) \left(d - \frac{a}{2} \right) + A's \cdot 1,25f's \cdot (d - d')$$

$$= 185.035.211,53 \text{ N.mm}$$

- Akibat Gempa ke Kanan

- Mpr negatif (Mpr-)

$$As = 1417,64 \text{ mm}^2$$

$$A's = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$d = 437,5 \text{ mm}$$

$$a = 47,71 \text{ mm}$$

$$f's = -0,77 \text{ MPa}$$

$$d' = 62,5 \text{ mm}$$

$$M_{pr1} = (As \cdot 1,25fy - A's \cdot 1,25f's) \left(d - \frac{a}{2} \right) + A's \cdot 1,25f's \cdot (d - d')$$

$$= 293.233.309,28 \text{ N.mm}$$

- Mpr positif (Mpr+)

$$As = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$A's = 1417,64 \text{ mm}^2$$

$$d = 437,5 \text{ mm}$$

$$a = 40,8 \text{ MPa}$$

$$f's = -102,48 \text{ MPa}$$

$$d' = 62,5 \text{ mm}$$

$$M_{pr2} = (As \cdot 1,25fy - A's \cdot 1,25f's) \left(d - \frac{a}{2} \right) + A's \cdot 1,25f's \cdot (d - d')$$

$$= 185.035.211,53 \text{ N.mm}$$

- Gaya geser total pada muka tumpuan (>2h)

- Gaya geser akibat beban gravitasi

$$V_G = 91,57 \text{ kN} \text{ (dari } 1,2D+1L \text{)}$$

$$= 91.574 \text{ N}$$

- Akibat gempa ke kiri

- $V_{ekn} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{Ln} - V_G$

$$= \frac{293.233.309,28 + 185.035.211,53}{7298} - 91,574$$

$$= -26039,81 \text{ N}$$

- $V_{ekn} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{Ln} + V_G$

$$= \frac{293.233.309,28 + 185.035.211,53}{7298} + 91,574 \\ = 157.108,19 \text{ N}$$

- Akibat gempa ke kanan

- $V_{ekn} = \frac{Mpr1 + Mpr2}{Ln} - V_G$
 $= \frac{293.233.309,28 + 185.035.211,53}{7298} - 91,574$
 $= -26039,81 \text{ N}$
- $V_{ekn} = \frac{Mpr1 + Mpr2}{Ln} + V_G$
 $= \frac{293.233.309,28 + 185.035.211,53}{7298} + 91,574$
 $= 157.108,19 \text{ N}$

- Gaya geser yang menentukan, $V_e = 157.108,19 \text{ N} = 157,11 \text{ kN}$

- Perhitungan penulangan geser

Kuat geser beton ($V_c=0$) seperti yang dijelaskan pada SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2 apabila:

- Gaya geser akibat gempa $> 0,5 \times$ gaya geser total
Gaya geser total – $V_G > 0,5 \times$ gaya geser total
 $157.108,19 - 91.574 \text{ N} > 0,5 \times 157.108,19$
 $65.534,19 \text{ N} > 78.554,10 \text{ N (TDK OK)}$

- Gaya aksial tekan $< A_g \times \frac{f'_c}{20}$
 $< 175.000 \times \frac{40}{20}$

Karena gaya aksial kecil sekali, maka persyaratan ini dianggap memenuhi.

Dikarenakan hanya satu syarat saja yang memenuhi, maka V_c tidak bisa dianggap 0.

- $V_c = 1/6 \times \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d = 1/6 \cdot \sqrt{40} \cdot 350 \cdot 437,5 = 161.407,92 \text{ N}$
- $\Phi = 0,75$ (faktor reduksi beban torsi, SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.3)

$$- V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c = \frac{157.108,19}{0,75} - 161.407,92 = 48.069,66 \text{ N}$$

$$- \frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d_{\text{aktual}}} = \frac{48.069,66}{400 \times 437,5} = 0,27 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

- Kebutuhan tulangan transversal penahan geser dan torsi:

$$\frac{A_v}{s} + \frac{A_t}{s} = 1,13 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

- Dipakai Sengkang 2D13, $A_v = 265,46 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{265,46}{1,13} = 235,01 \text{ mm}$$

Maka, dipakai **2D13-100 mm**

b. Penulangan Geser Lapangan

Tulangan geser diluar sendi plastis ($> 2h = 1000 \text{ mm}$)

$$V_{u,2h} = 86,13 \text{ kN} = 86.133,3 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times bw \times d = 161.407,92 \text{ N}$$

$$V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'c} \times bw \times d = 322.815,84 \text{ N}$$

Syarat :

$V_u \leq 0,5 \cdot \Phi \cdot V_c$ (Tidak perlu penguatan geser)

$108.890,3 \text{ N} \leq 60.320,446$ (**TDK OK**)

$0,5 \cdot \Phi \cdot V_c \leq V_u \leq \Phi \cdot V_c$ (Perlu penguatan geser minimum)

$60.320,446 \leq 108.890,3 \text{ N} \leq 120.640,89 \text{ N}$ (**OK**)

Dibutuhkan tulangan geser minimum, sehingga:

$$\text{- } V_{\text{butuh}} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot w \cdot d = \frac{1}{3} \cdot 350 \cdot 437,5 = 51.041,67 \text{ N}$$

$$\text{- } \frac{A_v}{s} = \frac{V_s}{f_y \times d_{\text{aktual}}} = \frac{51.041,67}{400 \times 437,5} = 0,29 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

- Kebutuhan tulangan transversal penahan geser dan torsi:

$$\frac{A_v}{s} + \frac{A_t}{s} = 1,15 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

- Dipakai Sengkang 2D13, $A_v = 265,46 \text{ mm}^2$

$$S = \frac{265,46}{1,15} = 231,53 \text{ mm}$$

Maka, dipakai **2D13-200 mm**

Tabel 4.23 Rekapitulasi Tulangan Transversal Penahan Geser dan
Torsi

Balok Induk			
Bentang (m)	Daerah sendi plastis ($<2h$)	Diluar sendi plastis ($>2h$)	2h
7,298	2D13-100	2D13-200	1000
6,200	2D13-100	2D13-200	1000
5,275	2D13-80	2D13-150	800
5,102	2D13-80	2D13-150	800
5,055	2D13-80	2D13-150	800
5,050	2D13-80	2D13-150	800
3,630	2D13-80	2D13-150	800
2,705	2D13-80	2D13-150	800
2,950	2D13-80	2D13-150	800

4.4.2.4 Panjang Penyaluran Tulangan

Menurut SNI 2847:2013 pasal 12.5.1, panjang penyaluran Ldh untuk tulangan tarik dengan kait standar 90° dalam beton berat normal adalah sebagai berikut :

$$Ldh > 8.db = 152 \text{ mm}$$

$$Ldh > 150 \text{ mm}$$

$$Ldh > \frac{0,24.fy.db}{\sqrt{f'c}} = 288,4 \text{ mm}$$

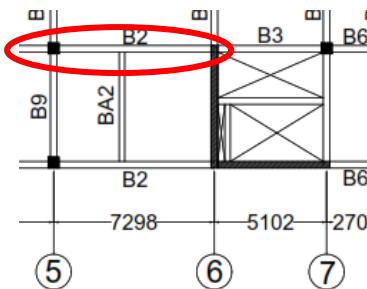
Maka, digunakan $Ldh = 300 \text{ mm}$ masuk ke dalam kolom, dengan panjang kait $12.db = 228 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$

4.4.3 Perencanaan Balok Kolektor

Elemen kolektor menurut SNI 2847:2013 adalah elemen yang bekerja secara tarik atau tekan aksial untuk menyalurkan gaya akibat gempa antara diafragma struktur dan elemen vertical dari sistem penahan gaya seismik. Sesuai dengan SNI 1726: 2012 Pasal 7.10.2.1, elemen kolektor dan sambungannya harus didesain untuk menahan nilai maksimum diantara:

1. Gaya – gaya yang dihitung menggunakan pengaruh beban gempa, termasuk faktor kuat lebih Pasal 7.4.3, berdasarkan prosedur gaya lateral ekivalen atau prosedur analisis spektrum respons.
2. Gaya – gaya yang dihitung menggunakan pengaruh beban gempa termasuk faktor kuat lebih berdasarkan gaya desain diafragma
3. Gaya – gaya yang dihitung berdasarkan kombinasi beban gempa Pasal 7.4.2.3 dengan gaya gempa yang ditetapkan oleh:

$$F_{px} = 0,4Sds \times Ie \times W$$



Gambar 4.12 Contoh balok kolektor bentang 7,298 m

4.4.3.1 Penentuan Gaya Desain

Sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.4.3 untuk pengaruh beban gempa termasuk faktor kuat lebih, disyaratkan untuk penerapannya harus ditentukan sesuai dengan berikut:

1. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 5 dalam 4.2.2 atau kombinasi beban 5 dan 6 dalam 4.2.3, E harus diambil sama dengan E_m seperti ditentukan sesuai dengan persamaan sebagai berikut:

$$E_m = E_{mh} + E_v$$

2. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 7 dalam 4.2.2 atau kombinasi beban 8 dalam 4.2.3, E harus diambil sama dengan E_m seperti ditentukan sesuai dengan persamaan sebagai berikut:

$$E_m = E_{mh} - E_v$$

Dimana :

E_m = pengaruh beban gempa termasuk faktor kuat-lebih

E_{mh} = pengaruh beban gempa horizontal termasuk kuat-lebih struktur (SNI 1726:2012 pasal 7.4.3.1)

E_v = pengaruh beban gempa vertikal = $0,2S_{DS}D$ (SNI 1726:2012 pasal 7.4.2.2)

Dimana pada SNI 1726:2012 pasal 7.4.3.1, untuk pengaruh gempa horizontal dengan faktor kuat-lebih, E_{mh} , harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$E_{mh} = \Omega_0 Q_E$$

Dimana:

Q_E = pengaruh beban gempa horizontal dari V , F_{px} atau F_p seperti ditetapkan masing-masing dalam 7.8.1, 7.10 dan 9.2.1. Jika disyaratkan dalam 7.5.3 atau 7.5.4, pengaruh tersebut harus dihasilkan dari penerapan gaya horizontal secara serentak dalam dua arah tegak lurus satu sama lain

Ω_0 = faktor kuat-lebih. (Tabel 9, SNI 1726:2012) = 2,5

Maka, didapatkan

$$\begin{aligned} E_m &= \Omega_0 E \pm 0,2 S_{DS} D = 2,5 E \pm (0,2 \times 0,607) D \\ &= 2,5 E \pm 0,121 D \end{aligned}$$

$E_m = 2,5 E + 0,121 D$ hanya digunakan untuk kombinasi 5 sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.4.3 (1) sehingga,

1. $1,321D \pm 2,5Ex \pm 2,5Ey + L$

$E_m = 2,5 E - 0,121 D$ Hanya digunakan untuk kombinasi 7 sesuai dengan SNI 1726:2012 pasal 7.4.3 (2) sehingga,

2. $0,779D \pm 2,5Ex \pm 2,5Ey + L$

Maka, kombinasi keseluruhan yang dipakai dalam ETABS yakni sebagai berikut:

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L$
3. $1,321D \pm 2,5Ex \pm 2,5Ey + L$
4. $0,779D \pm 2,5Ex \pm 2,5Ey + L$

4.4.3.2 Penulangan Lentur Balok Kolektor

Pada perencanaan penulangan lentur balok kolektor perhitungan sama dengan perhitungan tulangan lentur balok induk, berikut adalah rekapitulasi kontrol kekuatan dalam menahan momen negatif dan positif (Tabel 4.24), kontrol batas penulangan tumpuan balok kolektor (Tabel 4.25), dan rekapitulasi penulangan lentur balok kolektor (Tabel 4.26).

Tabel 4.24 Rekapitulasi kontrol dalam menahan momen negatif dan positif (Balok Kolektor)

Bentang (m)	Momen	0,85.f'c.b. β_1	As2.600- As1.fy	As2.d2.600	X1.2	fs'	Mnact	Mn	0,375.dact	Ket
					(mm)	(Mpa)	(N.mm)	(N.mm)	(mm)	
7.298	Negatif	9095.0	-56705.7	-31896982.9	62.42	-0.77	234586647.4	196057222.2	164.06	OK
	Positif	9095.0	510351.7	-53161638.2	53.38	-102.48	148028169.2	30504333.3	164.06	OK
6.200	Negatif	9095.0	56705.7	-31896982.9	56.19	-67.43	191083369.9	161801333.3	164.06	OK
	Positif	9095.0	340234.5	-42529310.5	52.19	-118.53	147787816.0	64578555.6	164.06	OK
5.275	Negatif	7795.7	-113411.5	-21264655.3	60.01	-24.94	188627248.5	136062111.1	126.56	OK
	Positif	7795.7	453646.0	-42529310.5	50.29	-145.68	102027105.2	34527222.2	126.56	OK
5.102	Negatif	7795.7	-113411.5	-21264655.3	60.01	-24.94	188627248.5	109751555.6	126.56	OK
	Positif	7795.7	453646.0	-42529310.5	50.29	-145.68	102027105.2	24677666.7	126.56	OK
5.050	Negatif	7795.7	0.0	-21264655.3	52.23	-118.01	144908828.2	101261222.2	126.56	OK
	Positif	7795.7	283528.7	-31896982.9	48.32	-176.15	101645153.5	65177111.1	126.56	OK
3.630	Negatif	7795.7	-170117.2	-31896982.9	75.80	105.28	274991376.1	162334222.2	126.56	OK
	Positif	7795.7	680469.0	-63793965.8	56.80	-60.27	145650787.1	142460333.3	126.56	OK
2.950	Negatif	7795.7	0.0	-21264655.3	52.23	-118.01	144908828.2	86203222.2	126.56	OK
	Positif	7795.7	283528.7	-31896982.9	48.32	-176.15	101645153.5	77027333.3	126.56	OK
2.775	Negatif	7795.7	-113411.5	-42529310.5	81.49	139.83	317626809.8	212223555.6	126.56	OK
	Positif	7795.7	737174.7	-74426293.5	61.27	-12.08	188786058.6	172398000.0	126.56	OK
2.755	Negatif	7795.7	56705.7	-31896982.9	60.43	-20.53	188681986.3	123607666.7	126.56	OK
	Positif	7795.7	340234.5	-42529310.5	55.20	-79.40	145405057.1	107407777.8	126.56	OK

Tabel 4.25 Rekapitulasi kontrol batas penulangan tumpuan balok kolektor

Bentang (m)	Momen	As mm ²	$\frac{1,4.bw.d}{f_y}$	$\frac{0,25.\sqrt{f'c}.bw.d}{f_y}$	ρ	Ket.
7.298	Negatif	1417.64	535.94	605.28	0.0093	OK
	Positif	850.59	535.94	605.28	0.0056	OK
6.200	Negatif	1134.11	535.94	605.28	0.0074	OK
	Positif	850.59	535.94	605.28	0.0056	OK
5.275	Negatif	1134.11	354.38	400.23	0.0086	OK
	Positif	567.06	354.38	400.23	0.0043	OK
5.102	Negatif	1134.11	354.38	400.23	0.0086	OK
	Positif	567.06	354.38	400.23	0.0043	OK
5.050	Negatif	850.59	354.38	400.23	0.0065	OK
	Positif	567.06	354.38	400.23	0.0043	OK
3.630	Negatif	1701.17	331.28	374.14	0.0130	OK
	Positif	850.59	331.28	374.14	0.0065	OK
2.950	Negatif	850.59	354.38	400.23	0.0065	OK
	Positif	567.06	354.38	400.23	0.0043	OK
2.775	Negatif	1984.70	334.58	377.86	0.0151	OK
	Positif	1134.11	334.58	377.86	0.0086	OK
2.755	Negatif	1134.11	354.38	400.23	0.0086	OK
	Positif	850.59	354.38	400.23	0.0065	OK

Tabel 4.26 Rekapitulasi penulangan lentur balok kolektor

Bentang (m)	Balok Kolektor			
	Tumpuan		Lapangan	
	Negatif	Positif	Negatif	Positif
7.298	5D19	3D19	3D19	2D19
6.200	4D19	3D19	3D19	2D19
5.275	4D19	2D19	2D19	2D19
5.102	4D19	2D19	2D19	2D19
5.050	3D19	2D19	2D19	2D19
3.630	6D19	3D19	2D19	2D19
2.950	3D19	2D19	2D19	2D19
2.775	7D19	4D19	2D19	2D19
2.755	4D19	3D19	2D19	2D19

4.4.3.3 Penulangan Torsi Balok Kolektor

Berikut adalah rekapitulasi kebutuhan tulangan longitudinal penahan torsi (Tabel 4.27)

Tabel 4.27 Rekapitulasi Penulangan Longitudinal Penahan Torsi

Bentang (m)	Balok induk					Total
	Atas	Bawah	Kiri	Kanan		
7.298	D19	D19	D19	D19	4D19	
6.200	D19	D19	D19	D19	4D19	
5.275	D19	D19	D19	D19	4D19	
5.102	D19	D19	D19	D19	4D19	
5.050	D19	D19	D19	D19	4D19	
3.630	D19	D19	D19	D19	4D19	
2.950	D19	D19	D19	D19	4D19	
2.775	D19	D19	D19	D19	4D19	
2.755	D19	D19	D19	D19	4D19	

4.4.4.4 Penulangan Geser Balok Kolektor

Berikut adalah rekapitulasi kebutuhan tulangan geser (Tabel 4.28)

Tabel 4.28 Rekapitulasi Tulangan Transversal Penahan Geser dan
Torsi

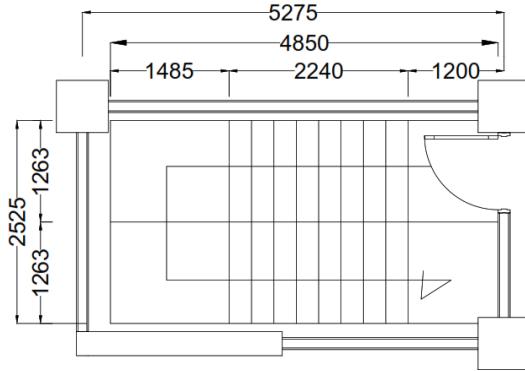
Balok Induk			
Bentang (m)	Daerah sendi plastis (<2h)	Diluar sendi plastis (>2h)	2h
7.298	2D13-100	2D13-200	1000
6.200	2D13-100	2D13-200	1000
5.275	2D13-80	2D13-150	800
5.102	2D13-80	2D13-150	800
5.050	2D13-80	2D13-150	800
3.630	2D13-80	2D13-150	800
2.950	2D13-80	2D13-150	800
2.775	2D13-80	2D13-150	800
2.755	2D13-80	2D13-150	800

4.4.4 Perencanaan Tangga

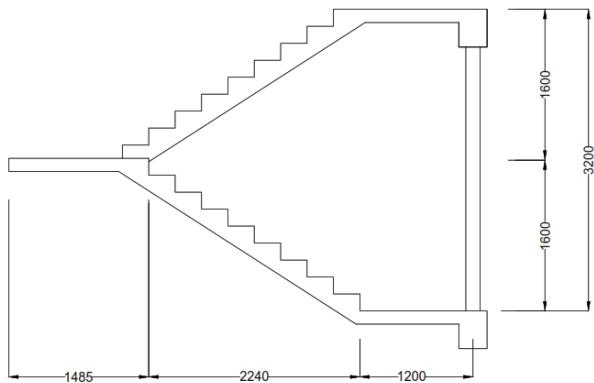
4.4.4.1 Data-data Perencanaan Tangga

Tinggi antar lantai	= 320 cm
Tinggi bordes	= 160 cm
Panjang tangga	= 485 cm
Panjang bordes	= 252,5 cm
Tinggi tanjakan (t)	= 18 cm
Lebar tanjakan (i)	= 28 cm
Lebar Tangga	= 126,25 cm
Tebal Pelat Tangga (tp)	= 14 cm
Jumlah injakan	= 9
Jumlah Tanjakan	= 8

Denah dan potongan tangga yang akan ditinjau dapat dilihat pada gambar



Gambar 4.13 Denah Tangga



Gambar 4.14 Potongan Tangga

Cek Syarat

- $60 \leq (2t+i) \leq 65$
 $60 \leq (2(18)+28) \leq 65$

$$60 \leq 64 \leq 65$$

- $\alpha = \arctg\left(\frac{160}{224}\right) = 35,54^\circ$

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

$$25^\circ \leq 35,54^\circ \leq 40^\circ$$

- Tebal pelat anak tangga rata-rata

$$\frac{i}{2} \times \sin \alpha = 8,14$$

- Tebal pelat rata-rata

$$Tr = 14 + 8,14 \approx 23 \text{ cm}$$

4.4.4.2 Pembebanan Tangga dan Bordes

b. Pembebanan Tangga

- Beban Mati**

- Pelat Tangga : $\frac{0,22 \times 2400 \times 1,2875}{\cos(38,66)} = 870,57 \text{ kg/m}$
- Tegel : $24 \times 1,2875 = 30,9 \text{ kg/m}$
- Spesi (2 cm) : $21 \times 2 \times 1,2875 = 54,08 \text{ kg/m}$
- Railing : 50 kg/m
 $qD = 1005,54 \text{ kg/m}$

- Beban Hidup**

$$qL = 479 \times 1,2875 = 616,71 \text{ kg/m}$$

c. Pembebanan Bordes

- Beban Mati**

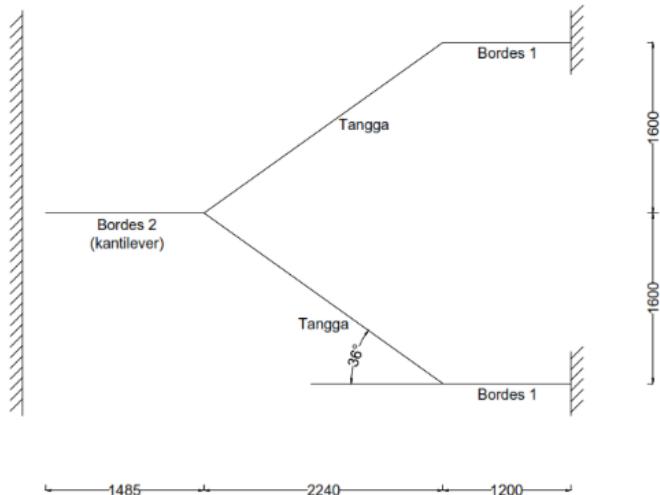
- Pelat Tangga : $\frac{0,14 \times 2400 \times 1,2875}{\cos(38,66)} = 432,6 \text{ kg/m}$
- Tegel : $24 \times 1,2875 = 30,9 \text{ kg/m}$
- Spesi (2 cm) : $21 \times 2 \times 1,2875 = 54,08 \text{ kg/m}$
- qD : $517,58 \text{ kg/m}$

- Beban Hidup**

$$qL = 479 \times 1,2875 = 616,71 \text{ kg/m}$$

4.4.4.3 Perhitungan Tulangan Tangga

Pada proses analisa struktur tangga, gaya-gaya dalam diambil dari hasil permodelan ETABS sehingga permisalan perletakan tangga adalah jepit-bebas.

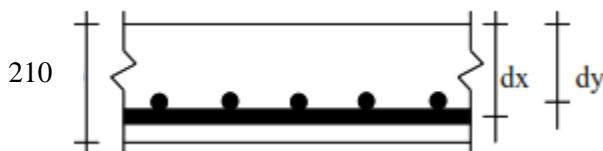


Gambar 4.15 Permodelan Tangga

a. Anak Tangga

➢ Data Perencanaan Penulangan Tangga

- $f'c$ = 40 MPa
- f_y = 400 MPa
- Tulangan (D) = D 16



Gambar 4.16 Ilustrasi potongan pelat tangga

- $dx = t_{tangga} - \text{cover} - (D/2)$
 $= 230 - 20 - (16/2)$
 $= 202 \text{ mm}$
- $dy = t_{tangga} - \text{cover} - D - (D/2)$
 $= 230 - 20 - 16 - 16/2$
 $= 186 \text{ mm}$
- $\rho_{\min} = 0,0018 (\text{SNI } 2847:2013 \text{ pasal 7.12.2.1})$
- $\beta_1 = 0,85 - 0,05 \left(\frac{f'c - 28}{7} \right)$
 $= 0,85 - 0,05 \left(\frac{40 - 28}{7} \right)$
 $= 0,764$
- $\rho_b = \left(\frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{fy} \right) \times \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$
 $= \left(\frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
 $= 0,039$
- $\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,039$
 $= 0,0292$
- $m = \frac{fy}{0,85 \times f'c} = \frac{400}{0,85 \times 40}$
 $= 11,76$

➤ Penulangan Lentur Arah Y (M1-1)

Momen arah Y didapatkan dari hasil permodelan ETABS

$$Mu = 62,79 \text{ kNm} = 62.794.000 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{62.794.000}{0,75 \times 1000 \times 186^2}$$

$$= 2,42$$

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

$$= \frac{1}{11,76} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 2,42}{400}} \right)$$

= 0,00628 (0,0018 < 0,00628 < 0,0292),
dipakai 0,00628

As perlu = $\rho \times b \times d = 0,00628 \times 1000 \times 186$
 $= 1168,52 \text{ mm}^2$

As (D16) = $\frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot (16)^2$
 $= 201,062 \text{ mm}^2$

n tulangan = $\frac{\text{As perlu}}{\text{As(D16)}} = \frac{1168,52}{201,062} = 5,81 \approx 6 \text{ buah}$

S = $\frac{1000}{6} = 166,67 \approx 150 \text{ mm}$

Sehingga, digunakan Tulangan Lentur D16-150 mm.

➤ Penulangan Lentur Arah X (M2-2)

Momen didapatkan dari hasil permodelan ETABS

$M_u = 24,881 \text{ kNm} = 24.881.000 \text{ Nmm}$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{24.881.000}{0,75 \times 1000 \times 202^2}$$

$$= 0,8$$

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

$$= \frac{1}{11,76} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 0,8}{400}} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,00206 \quad (0,0018 < 0,00206 < 0,0292), \\
 &\text{dipakai } 0,00206 \\
 \text{As perlu} &= \rho \times b \times d = 0,00206 \times 1000 \times 202 \\
 &= 415,61 \text{ mm}^2 \\
 \text{As (D16)} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot (16)^2 \\
 &= 201,062 \text{ mm}^2 \\
 \text{n tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D16)}} = \frac{415,6}{201,062} = 2,07 \approx 3 \text{ buah} \\
 S &= \frac{1000}{3} = 333,33 \approx 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan Tulangan Lentur D16-300 mm

➤ **Penulangan Geser**

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\
 V_c &= 0,17 \times \sqrt{f'c} \times bw \times d \\
 &= 0,17 \times \sqrt{400} \times 1287,5 \times 112 \\
 &= 152.029,7 \text{ N} \\
 0,5 \cdot \phi \cdot V_c &= 0,5 \cdot 0,6 \cdot 152.029,7 \\
 &= 45.608,9 \text{ N} \\
 V_u &= 32.570 \text{ N} < 45.608,9 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Sehingga tidak membutuhkan perkuatan geser.

➤ **Penulangan Susut**

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= 0,0018 \\
 \text{As perlu} &= \rho \times b \times d = 0,002 \times 1000 \times 182 \\
 &= 364 \text{ mm}^2 \\
 \text{As (D10)} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot (10)^2 \\
 &= 78,54 \text{ mm}^2 \\
 \text{n tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As (D10)}} = \frac{364}{78,54} = 4,63 \approx 5 \text{ buah} \\
 S &= \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan Tulangan Susut D10-200 mm.

b. Bordes

➤ **Data Perencanaan Penulangan Tangga**

- $f'c$ = 40 MPa
- fy = 400 MPa
- Tulangan (D) = D 16
- dx = $t_{bordes} - \text{cover} - (D/2)$
 $= 14 - 20 - (16/2)$
 $= 112 \text{ mm}$
- dy = $t_{bordes} - \text{cover} D - (D/2)$
 $= 14 - 20 - 16 - (16/2)$
 $= 96 \text{ mm}$
- ρ_{\min} = 0,0018 (SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1)
- β_1 = $0,85 - 0,05 \left(\frac{f'c - 28}{7} \right)$
 $= 0,85 - 0,05 \left(\frac{40 - 28}{7} \right)$
 $= 0,764$
- ρ_b = $\left(\frac{0,85 \times \beta_1 \times f'c}{fy} \right) \times \left(\frac{600}{600 + fy} \right)$
 $= \left(\frac{0,85 \times 0,764 \times 40}{400} \right) \times \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$
 $= 0,039$
- ρ_{\max} = $0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,039$
 $= 0,0292$
- m = $\frac{fy}{0,85 \times f'c} = \frac{400}{0,85 \times 40}$
 $= 11,76$

1. Bordes 1

➤ Penulangan Lentur Arah Y (M1-1)

$$\text{Mu} = 63,65 \text{ kNm} = 63.654.000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Rn} = \frac{\text{Mu}}{\phi bd^2} = \frac{63.654.000}{0,75 \times 1000 \times 96^2} \\ = 9,21$$

$$\rho = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right) \\ = \frac{1}{11,76} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 9,21}{400}} \right)$$

= 0,0275 (0,0018 < 0,0275 < 0,0292),
dipakai 0,0275

$$\text{As perlu} = \rho \times b \times d = 0,0275 \times 1000 \times 96 \\ = 2635,96 \text{ mm}^2$$

$$\text{As (D16)} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot (16)^2 \\ = 201,062 \text{ mm}^2$$

$$\text{n tulangan} = \frac{\text{As perlu}}{\text{As(D16)}} = \frac{2635,96}{201,062} = 13,11 \approx 14$$

bubah

$$S = \frac{1000}{14} = 71,43 \text{ mm}$$

Sehingga, digunakan Tulangan Lentur D16-80 mm.

➤ Penulangan Lentur Arah X (M2-2)

$$\text{Mu} = 17,01 \text{ kNm} = 17.011.000 \text{ Nmm}$$

$$\text{Rn} = \frac{\text{Mu}}{\phi bd^2} = \frac{17.011.000}{0,75 \times 1000 \times 112^2} \\ = 1,8$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,76} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 1,8}{400}} \right) \\
 &= 0,0046 \quad (\rho_{\min} < 0,0046 < \rho_{\max}), \text{ dipakai } 0,0046
 \end{aligned}$$

As perlu = $\rho \times b \times d = 0,0046 \times 1000 \times 112$
 $= 520,51 \text{ mm}^2$

As (D16) = $\frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot (16)^2$
 $= 201,062 \text{ mm}^2$

n tulangan = $\frac{\text{As perlu}}{\text{As(D16)}} = \frac{520,51}{201,062} = 2,59 \approx 3 \text{ buah}$

S = $\frac{1000}{3} = 300 \text{ mm}$

Sehingga, digunakan Tulangan Lentur D16-300 mm.

➤ Penulangan Geser

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

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \\
 &= 0,17 \times \sqrt{400} \times 2525 \times 112 \\
 &= 304.059,3 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0,5 \cdot \phi \cdot V_c &= 0,5 \cdot 0,6 \cdot 304.059,3 \\
 &= 91.217,8 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Vu = 8769 N < 91.217,8 N

Sehingga tidak membutuhkan perkuatan geser.

2. Bordes 2 (kantilever)

➤ Penulangan Lentur Arah Y (M1-1)

Mu = 21,576 kNm = 21.576.000 Nmm

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{21.576.000}{0,75 \times 1000 \times 96^2} \\
 &= 3,12 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,76} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 3,12}{400}} \right) \\
 &= 0,0082 \quad (0,0018 < 0,0082 < 0,0292), \\
 &\text{dipakai } 0,0082 \\
 As \text{ perlu} &= \rho \times b \times d = 0,0082 \times 1000 \times 96 \\
 &= 787,13 \text{ mm}^2 \\
 As (D16) &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot (16)^2 \\
 &= 201,062 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ tulangan} &= \frac{As \text{ perlu}}{As(D16)} = \frac{787,13}{201,062} = 3,91 \approx 4 \text{ buah} \\
 S &= \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan Tulangan Lentur D16-250 mm.

➤ Penulangan Lentur Arah X (M2-2)

$$\begin{aligned}
 Mu &= 3,057 \text{ kNm} = 3.057.000 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{Mu}{\phi bd^2} = \frac{3.057.000}{0,75 \times 1000 \times 112^2} \\
 &= 0,32 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,76} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,76 \times 0,32}{400}} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,000816 \quad (0,000816 < \rho_{\min}), \text{ dipakai} \\
 &\quad 0,0018 \\
 \text{As perlu} &= \rho \times b \times d = 0,0018 \times 1000 \times 112 \\
 &= 201,6 \text{ mm}^2 \\
 \text{As (D16)} &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi \cdot (16)^2 \\
 &= 201,062 \text{ mm}^2 \\
 \text{n tulangan} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As(D16)}} = \frac{201,6}{201,062} = 1 \approx 2 \text{ buah} \\
 S &= \frac{1000}{2} = 500 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sehingga, digunakan Tulangan Lentur D16-300 mm.

➤ Penulangan Geser

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \\
 V_c &= 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \\
 &= 0,17 \times \sqrt{400} \times 2525 \times 112 \\
 &= 304.059,3 \text{ N} \\
 0,5 \cdot \phi \cdot V_c &= 0,5 \cdot 0,6 \cdot 304.059,3 \\
 &= 91.217,8 \text{ N} \\
 V_u &= 5989 \text{ N} < 91.217,8 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Sehingga tidak membutuhkan perkuatan geser.

Tabel 4.29 Rekapitulasi Penulangan Tangga dan Bordes

Penulangan	Tangga	Bordes 1	Bordes 2
Arah X	D16 – 300	D16 – 300	D16 – 300
Arah Y	D16 – 150	D16 – 80	D16 – 250
Susut	D10 – 200	-	-
Geser	-	-	-

4.4.5 Perencanaan Kolom

Kolom merupakan struktur utama yang berfungsi memikul beban-beban yang diterima struktur, baik dari struktur sekunder, balok induk, dan berfungsi meneruskan beban yang diterima ke pondasi. Dalam perencanaan struktur kolom pada tugas akhir ini, kolom didesain sebagai berikut :

Ketinggian lantai

- Lantai Ground – Mezzanine : 5 m
- Lantai Mezzanine – Lantai 1 : 4 m
- Lantai 1 – 8 : 3,2 m
- Lantai 8 – atap : 3,7 m

Dimensi kolom

- Lantai Mezzanine – Lantai 4 : 65 x 65 cm
- Lantai 4 – atap : 50 x 50 cm

Pada contoh perhitungan kolom ini akan direncanakan kolom yang berdimensi 650 x 650 mm yang terletak di lantai mezzanine.

Data Perencanaan

- Dimensi Kolom : 650 x 650 mm
- Tinggi Kolom : 5000 mm
- Decking : 40 mm
- Diameter Tul. Utama : 25 mm
- Diameter Tul. Sengkang : 13 mm
- Mutu baja (fy) : 400 Mpa
- Mutu beton ($f'c$) : 40 Mpa

Momen dan gaya aksial kolom lantai mezzanine disajikan pada Tabel 4.30

Tabel 4.30 Momen dan Gaya Aksial Kolom Lantai Mezzanine

Kombinasi Beban	Lokasi	P	M2	M3
		(kN)	(kNm)	(kNm)
1,4D	Bawah	-2667.84	10.32	8.72
	Atas	-2603.96	-17.89	-14.73
1,2D + 1,6L	Bawah	-2899.42	12.73	6.82
	Atas	-2844.66	-20.46	-17.54
0,9D + RSP X	Bawah	-1791.41	-73.23	-89.12
	Atas	-1750.35	-18.32	-16.34
0,9D + RSP Y	Bawah	-1778.00	-83.11	-61.51
	Atas	-1736.93	-17.46	-14.72
0,9D - RSP X	Bawah	-1791.41	-73.23	-89.12
	Atas	-1750.35	-18.32	-16.34
0,9D - RSP Y	Bawah	-1778.00	-83.11	-61.51
	Atas	-1736.93	-17.46	-14.72
1,2D + L + RSP X	Bawah	-2746.03	-68.58	-87.66
	Atas	-2691.27	-25.35	-22.57
1,2D + L + RSP Y	Bawah	-2732.62	-78.47	-60.06
	Atas	-2677.86	-24.50	-20.95
1,2D + L - RSP X	Bawah	-2746.03	-68.58	-87.66
	Atas	-2691.27	-25.35	-22.57
1,2D + L - RSP Y	Bawah	-2732.62	-78.47	-60.06
	Atas	-2677.86	-24.50	-20.95

4.4.5.1 Kontrol Dimensi Kolom

Syarat diperiksa dimensi kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.1 harus dipenuhi bila :

$$- Pu > Ag \cdot f'c/10$$

$$Ag \cdot f'c/10 = (650 \times 650 \times 40)/10 = 1.690.000 \text{ N} = 1690 \text{ kN}$$

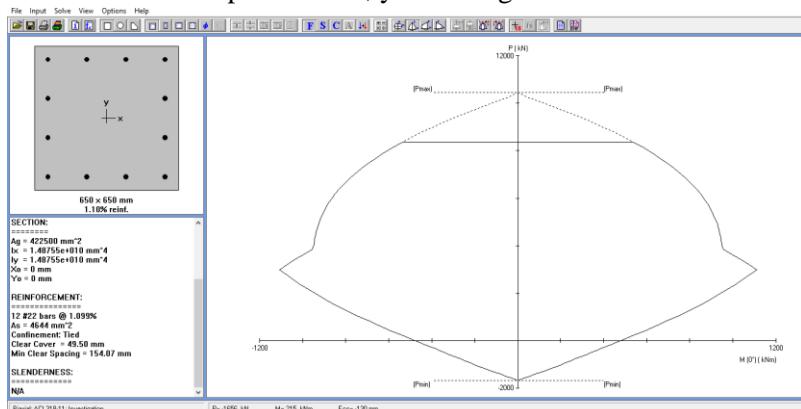
$$\text{Maka, } Pu > Ag \cdot f'c/10$$

$$2899,42 \text{ kN} > 1690 \text{ kN} (\text{OK})$$

- Ukuran penampang terpendek tidak kurang dari 300 mm (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1.1)
Sisi terpendek kolom = 650 mm > 300 mm (**OK**)
- Rasio dimensi penampang terpendek tidak kurang dari 0,4 (SNI 2847:2013 pasal 21.6.1.2)
 $b/h = 650/650 = 1 > 0,4$ (**OK**)

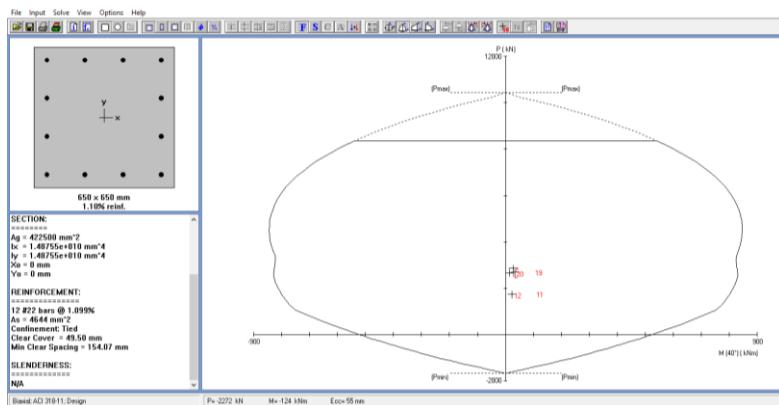
4.4.5.2 Perencanaan Tulangan Longitudinal Kolom

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu PCACOL, didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom, yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.17 Output spColumn Design Biaxial Kolom 65/65

Dari hasil spColumn Design diatas, didapatkan tulangan longitudinal yang dapat dipakai adalah **12D22**



Gambar 4.18 Output spColumn Investigation Kolom 65/65

Gaya interaksi aksial dan momen pada kolom
 $\text{ØMn} = 756,92 \text{ kN.m} > \text{Mu} = 89,12 \text{ kN}$ (OK)

4.4.5.3 Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 21.6, luas tulangan memanjang, Ast, tidak boleh kurang dari 0,01Ag atau lebih dari 0,06Ag.

$$Ast = 4561,59 \text{ mm}^2$$

$$Ag = 422500 \text{ mm}^2$$

Dari diagram interaksi yang dibuat oleh program PCA COL diperoleh tulangan longitudinal 12D22, dengan rasio tulangan 1,099%.

$$\begin{array}{rccc} 0,01Ag & < & As & < & 0,06Ag \\ 4225 & < & 4561,59 & < & 25350 \end{array}$$

4.4.5.4 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Terhadap Beban Aksial Terfaktor

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

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

Dimana :

$$P_u = 2899,42 \text{ kN}$$

$$\varnothing = 0,65$$

$$A_g = 422500 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} = 4561,59 \text{ mm}^2$$

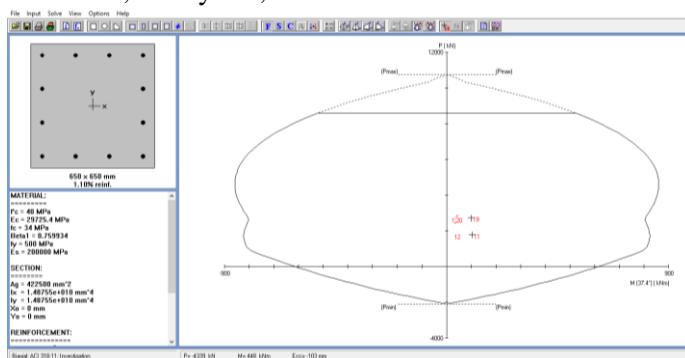
Sehingga,

$$\varnothing P_n = 9213,79 \text{ kN} > P_u = 2899,4 \text{ kN} (\text{OK})$$

4.4.5.5 Kontrol Gaya tekan terhadap gaya geser rencana

Gaya geser rencana, V_e , untuk menentukan kebutuhan tulangan geser kolom menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1.

$$f_s = 1,25 \times f_y = 1,25 \times 400 = 500 \text{ MPa}$$



Gambar 4.19 Output spColumn Investigation setelah Mpr Kolom

$$L_n = 5000 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 730.8 \text{ kN.m}$$

$$V_{ex} = \frac{2 \times M_{pr}}{L_n} = 292320 \text{ N} > V_u = 18365 \text{ N}$$

4.4.5.6 Pehitungan Tulangan geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3, ujung-ujung kolom sepanjang Lo harus dikekang oleh tulangan transversal (Ash) dengan spasi sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3.

- Pemasangan tulangan di daerah sendi plastis

Jarak tulangan maksimum :

- $\frac{1}{4} \cdot b_{kolom} = 162,5 \text{ mm}$
- $6db = 132 \text{ mm}$
- So, dengan so tidak melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100 mm
So $= 100 + ((350-hx)/3)$
 $= 173 \text{ mm}$

$$100 \text{ mm} \leq S \leq 150 \text{ mm}$$

Digunakan jarak tulangan di daerah sendi plastis 100 mm.

Ashmin sesuai SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh nilai terbesar dari rumus berikut:

$$A_{sh} = 0,3 \cdot \frac{s \cdot b \cdot c \cdot f'c}{fyt} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,99 \frac{s \cdot b \cdot c \cdot f'c}{fyt}$$

bc = lebar penampang inti beton yang terkekang

$$= 650 - (40+1/2.16) = 554 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = 557^2 = 310.249 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0,3 \cdot \frac{100.557,40}{400} \left[\left(\frac{422,500}{310,249} \right) - 1 \right] = 625,91 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh} = 0,99 \frac{100.554,40}{400} = 249,6$$

Jadi, digunakan **4D16 – 100 mm** dengan A_s pasang = $804,25 \text{ mm}^2 > 625,91 \text{ mm}^2$ (**OK**)

- Pemasangan tulangan di luar daerah sendi plastis Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5, sisa Panjang kolom di luar sendi plastis tetap harus dipasang tulangan transversal dengan tidak lebih dari :
 - 6db = 132 mm
 - 150 mm

Maka, dipakai $s = 130 \text{ mm}$; **4D16 – 130 mm**

4.4.5.7 Kontrol kebutuhan torsi

Menurut SNI 2847:2013 pasal 11.5.2.2, pengaruh puntir untuk struktur non-prategang yang dibebani tarik atau tekan aksial dapat diabaikan bila nilai momen puntir kurang dari :

$$P_u = 2899,42 \text{ kN} = 2.899.418,9 \text{ N}$$

$$T_u = 8,65 \text{ kN.m} = 8.647.600 \text{ N.mm}$$

$$A_g = 422,500 \text{ mm}^2$$

$$A_{cp} = 422,500 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2600 \text{ mm}^2$$

$$T_n = \phi \cdot 0,33 \cdot \sqrt{f'c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \sqrt{1 + \frac{P_u}{0,33\sqrt{f'c}}}$$

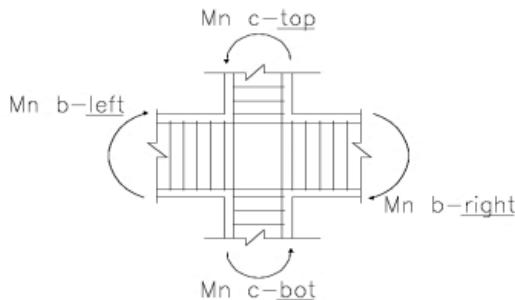
$$= 109.779.447.847,23 >> T_u (\text{Tidak butuh tulangan torsional})$$

4.4.5.8 Kontrol persyaratan Strong Column Weak Beam

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, maka SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa

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

Dimana ΣM_{nc} adalah momen kapasitas kolom dan ΣM_{nb} merupakan momen kapasitas balok. Perlu dipahami bahwa M_{nc} harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat *strong column weak beam*. Setelah kita dapatkan jumlah tulangan untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol apakah kapasitas kolom tersebut sudah memenuhi persyaratan *strong column weak beam*.



Gambar 4.20 Momen pada hubungan balok kolom

Dari SpColum didapatkan $\varphi M_{nc\text{atas}} = 756,92 \text{ kN.m}$, dan $\varphi M_{nc\text{bawah}} = 628,63 \text{ kN.m}$

$$\begin{aligned}\varphi M_{nk\text{kanan}} &= \varphi \times A_s \times f_y \times \left(d_{\text{aktual}} - \frac{A_s \times f_y}{2 \times 0,85 \times f'c \times b} \right) \\ &= 0,9 \times 850,59 \times 400 \times \left(437,5 - \frac{850,59 \times 400}{2 \times 0,85 \times 40 \times 350} \right)\end{aligned}$$

$$= 129,59 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\varphi M_{n_kiri} &= \varphi \times A_s \times f_y \times \left(d_{aktual} - \frac{A_s \times f_y}{2 \times 0,85 \times f'c \times b} \right) \\ &= 0,9 \times 850,59 \times 400 \times \left(437,5 - \frac{850,59 \times 400}{2 \times 0,85 \times 40 \times 350} \right) \\ &= 129,59 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Sehingga,

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

$$(756,92 + 628,63) \geq 1,2 \times (129,59 + 129,59)$$

$$1385,55 \text{ kN.m} \geq 311,02 \text{ kN.m} (\text{OK})$$

4.4.5.9 Sambungan Lewatan

Karena seluruh tulangan pada sambungan lewatan disalurkan pada lokasi yang sama, maka sambungan lewatan yang digunakan tergolong kelas B. Untuk sambungan kelas B panjang minimum sambungan lewatannya adalah 1,3ld (SNI 2847:2013 pasal 12.15.1). Besarnya ld ditetapkan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2.3 dengan menggunakan nilai Kr = 0 untuk penyederhanaan desain.

$$ld = \left(\frac{f_y}{1,1 \lambda \sqrt{f'c}} \frac{\Psi_t \cdot \Psi_e \cdot \Psi_s}{(cb + ktr) / db} \right) (\text{SNI 2847:2013 pasal 12.2.4})$$

Dimana:

$$\Psi_t = 1 \text{ (situasi lainnya)}$$

$$\Psi_e = 1 \text{ (tulangan tanpa pelapis)}$$

$$\Psi_s = 1 \text{ (tulangan } \geq D22\text{)}$$

$$\lambda = 1 \text{ (beton biasa)}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

nilai cb merupakan nilai terkecil dari parameter dibawah ini:

$$c1 = 40 + 16 + 22/2 = 67 \text{ mm}$$

$$c2 = 180,75 \text{ mm}$$

$$c \text{ pakai} = 67 \text{ mm}$$

$$ld = 415,34 \text{ mm}; 1.3 ld = 539,95 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$$

Digunakan sambungan lewatan sepanjang 600 mm.

Tabel 4. 31 Rekapitulasi Perencanaan Kolom

Tipe	Tul. longitudinal	Tulangan transversal		Tul. torsi	Panjang sambungan lewatan (mm)
		Sendi Plastis	Non sendi plastis		
65/65	12D22	4D16-100	4D16-130	-	600
50/50	12D22	4D16-100	4D16-130	-	600

4.4.6 Hubungan Balok Kolom

- b. Mengecek syarat panjang joint

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.2.3, dimensi kolom yang sejajar dengan tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar.

$$B = 650 \text{ mm}$$

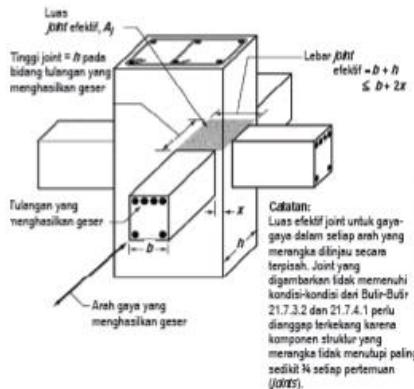
$$H = 650 \text{ mm}$$

$$db \text{ balok} = 19 \text{ mm}$$

$$20 \times db = 20 \times 19 = 380 \text{ mm} \leq 650 \text{ mm (OK)}$$

- c. Menentukan luas efektif joint

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1, A_j merupakan perkalian tinggi efektif dengan lebar joint efektif.



Gambar 4.21 Luas Joint Efektif

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$h = 650 \text{ mm}$$

$$x = (350+650)/2 = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi joint} = 650 \text{ mm}$$

Lebar joint efektif merupakan nilai terkecil dari :

$$b + h = 1000 \text{ mm}$$

$$b + 2x = 650 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_j &= \text{tinggi joint} \times \text{lebar efektif joint} \\ &= 650 \times 650 = 422500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

d. Menentukan luas efektif joint

Untuk joint interior, jumlah tulangan confinement setidaknya setengah dari tulangan confinement yang dibutuhkan pada ujung-ujung kolom. Spasi vertikal tulangan confinement ini diizinkan diperbesar hingga 150 mm (SNI 2847:2013 pasal 21.7.3.2)

$$\frac{A_{sh}}{s} = 0,5 \cdot \frac{A_{sh}}{s} = 0,5 \cdot \frac{804,25}{100} = 4,02$$

Digunakan **4D16-150 mm**

e. Menghitung gaya geser pada joint

- Menghitung Mg

Balok yang memasuki joint memiliki:

$$M_{prb1} = 238.854.212,4 \text{ Nmm}$$

$$M_{prb2} = 184.734.770,04 \text{ Nmm}$$

Pada joint, kekakuan kolom atas dan kolom bawah sama.

$$M_e = 0,5(M_{pr1}+M_{pr2})$$

$$= 211.794.491,22 \text{ N.mm}$$

- Menghitung geser pada kolom atas

$$V_{sway} = M_e * 2/l = 84.717,80 \text{ N}$$

- Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.2.1, hitung gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal. Dalam perhitungan diasumsikan bahwa tegangan pada tulangan Tarik lentur adalah 1,25 fy.

1. Gaya Tarik pada tulangan balok di tumpuan kiri

$$A_s \text{ balok kiri } 2D19 = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$T_1 = A_s \cdot 1,25fy = 850,59 \cdot 1,25 \cdot 400$$

$$= 425.293,11$$

2. Gaya Tarik pada tulangan balok di tumpuan kanan

$$A_s \text{ balok kiri } 2D19 = 850,59 \text{ mm}^2$$

$$T_2 = A_s \cdot 1,25fy = 760,57 \cdot 1,25 \cdot 400$$

$$= 425.293,11$$

- Menghitung gaya geser

$$V_j = (T_1 + T_2) - V_{sway} = 765.868,41 \text{ N}$$

f. Cek kuat geser joint

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1, untuk menghitung kuat geser joint yang dikekang di keempat sisinya sebagai berikut

$$V_n = 1,7 \times \sqrt{f'c} \times A_j = 4.676.218,09 \text{ N}$$

$$fV_n = 0,75V_n = 3.507.163,567 \text{ N} > V_j = 765.868,41 \text{ N} (\text{OK})$$

4.4.7 Perencanaan Dinding Geser

Seluruh dinding geser menahan 75% gaya gempa yang disalurkan ke struktur bangunan. Perencanaan dinding geser dibedakan menjadi Dinding Geser Arah X dan dinding Geser Arah Y. Pada perencanaan dinding geser, akan dicontohkan perhitungan dinding geser arah X

4.4.7.1 Data Perencanaan Dinding Geser

Dinding geser yang akan direncanakan memiliki data sebagai berikut:

- Tebal dinding : 30 cm
- Tebal decking : 40 mm
- Tulangan : 16 mm ($A_s = 201,06 \text{ mm}^2$)
- d' : $300-40-1/2.16 = 252 \text{ mm}$
- Mutu tulangan (f_y) : 400 MPa
- Mutu beton (f'_c) : 40 Mpa
- Tinggi lantai : 4000 mm
- Lebar dinding : 2300 mm

Berdasarkan hasil perhitungan ETABS didapat gaya aksial dan momen kombinasi envelope yang bekerja pada shear wall, yaitu :

$$P_u = 1793.7508 \text{ kN}$$

$$M_u = 2065.7772 \text{ kN.m}$$

$$V_u = 285.3816 \text{ kN}$$

4.4.7.2 Kontrol Ketebalan Terhadap Gaya Geser

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.4 untuk semua segmen shearwall nilai V_n tidak boleh lebih besar dari $0,83 \times A_{cv} \times \sqrt{f'_c}$.

$$V_n = \frac{V_u}{\phi}; \phi=0,75$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= \frac{285,38}{0,75} = 380,5 \text{ KN} \\
 A_{cv} &= l_w \times t = 690000 \text{ mm}^2 \\
 0,83 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c} &= 0,83 \times 690000 \times \sqrt{40} \\
 &= 3622072,8 \text{ N} = 3622,07 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &< 0,83 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c} \\
 380,5 \text{ KN} &< 3622,07 \text{ KN} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

4.4.7.3 Kebutuhan Jumlah Lapis Tulangan

- a. Bila V_u melebihi $0,17 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c}$ harus digunakan dua tirai tulangan berdasarkan syarat pada SNI 2847 : 2013 pasal 21.9.2.2.

$$\begin{aligned}
 V_u &\geq 0,17 \cdot A_{cv} \cdot \sqrt{f_c} \\
 &\geq 0,17 \cdot 1.690000 \cdot \sqrt{40} = 741870,34 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- b. Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 14.3.4 : bahwa pada dinding yang mempunyai ketebalan lebih besar dari 250 mm, kecuali dinding ruang bawah tanah harus dipasang dua lapis tulangan.

$300 \text{ mm} > 250 \text{ mm} \rightarrow 2$ lapis tulangan

Berdasarkan peraturan SNI 2847:2013, penulangan pada dinding geser menggunakan dua lapis tulangan.

4.4.7.4 Perhitungan Kuat Geser yang Disumbangkan Beton

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.9.6, untuk menentukan kuat geser beton (V_c) diambil yang lebih kecil diantara persamaan berikut:

$$d = 0,8 \times l_w = 0,8 \times 2300 = 1840 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= 0,27 \times \lambda \times \sqrt{f'c} \times h \times d + \frac{P_u \times d}{4 \times l_w} \\
 &= 0,27 \times 1 \times \sqrt{40} \times 300 \times 2000 + \frac{726.086,8 \times 1840}{4 \times 2300} \\
 &= 1301361,9 \text{ N} = 130,36 \text{ kN} \\
 V_{c2} &= \left(0,05 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} + \frac{l_w \left(0,1 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} + 0,2 \frac{P_u}{l_w \cdot h} \right)}{\frac{M_{ux}}{V_{ux}} - \frac{l_w}{2}} \right) \times h \times d \\
 &= \left(0,05 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} + \frac{2300 \left(0,1 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} + 0,2 \frac{726.086,8}{2300 \times 300} \right)}{\frac{77.298.200}{227.367} - \frac{2300}{2}} \right) \times 300 \times 1840 \\
 &= 414851,73 \text{ N} = 414,85 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka diambil nilai terkecil $V_c = 414,85 \text{ kN}$

4.4.7.5 Kebutuhan Tulangan Dinding Geser

Rasio tulangan transversal dan longitudinal (ρ_t dan ρ_l) minimal sebesar 0,0025 dan spasi antar tulangan, baik longitudinal maupun transversal tidak melebihi 450 mm (SNI 2847 : 2013 pasal 11.9.4).

Berdasarkan SNI 2847 : 2013 pasal 11.9.9.3 spasi tulangan transversal tidak boleh melebihi dari poin berikut :

- $\frac{l_w}{5} = \frac{2300}{5} = 460 \text{ mm}$
 - $3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$
 - 450 mm
- a) Hitung kebutuhan tulangan transversal untuk menahan geser
 $\emptyset V_c = 0,75 \times 414,85 = 311,14 \text{ kN} < V_u = 285,38 \text{ kN}$
 $V_n = V_c + V_s$
 Digunakan tulangan transversal 2 D16 dengan $s = 150 \text{ mm}$.

$$Avt = 402,124 \text{ mm}^2$$

$$Vs = \frac{Avt \cdot fy \cdot d}{s} = \frac{402,124 \times 400 \times 1840}{150} = 1973087,7 \text{ N}$$

$$= 1973,087 \text{ KN}$$

$$Vn = Vc + Vs = 414,85 + 1973,087 = 2387,9395 \text{ kN}$$

$$Vu < \emptyset Vn$$

285,38 < 1790,95 (**OK**)

- Kontrol rasio tulangan minimum :

Tulangan transversal (2D16 – 150)

$$\rho t = \frac{Avt}{h \times s} = \frac{402,285}{300 \times 150} = 0,0089 > 0,0025 \text{ (**OK**)}$$

- b) Hitung kebutuhan tulangan longitudinal untuk menahan geser

$$\rho n = 0,0025 + 0,5(2,5 + \frac{hw}{lw})(pt - 0,0025)$$

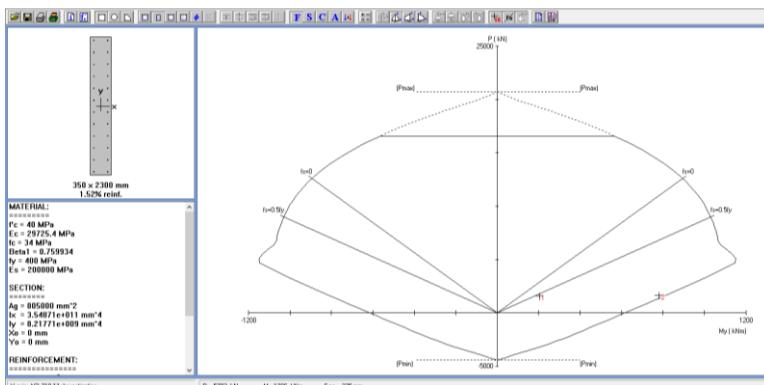
$$\rho n = 0,0025 + 0,5(2,5 + \frac{5000}{2300})(0,0089 - 0,0025)$$

$$\rho n = 0,0175 > 0,0025$$

$$Av = \rho \cdot h \cdot s = 0,0175 \times 300 \times 150 = 789,33 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan longitudinal menggunakan D25-150
(Avl = 981,748 mm²)

- c) Kontrol tulangan penahan kombinasi aksial dan lenturage
- Tulangan longitudinal menggunakan hasil perhitungan sebelumnya. Pengecekan dilakukan melalui diagram interaksi P-M hasil program SpColumn. Dari gambar diketahui bahwa persyaratan tulangan shearwall yang dirancang masih memenuhi persyaratan.



Gambar 4.22 Output SpColumn Investigation SW 2300 mm

4.4.7.6 Kuat Geser Nominal Dinding Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.9.4.1 α_c adalah 0,25 jika $\frac{h_w}{l_w} \leq 1,5$ dan 0,17 untuk $\frac{h_w}{l_w} \geq 2,0$

Nilai V_n yang digunakan tidak boleh melebihi (SNI 2847 – 2013) pasal 21.9.4.1)

$$V_n = A_{cv} (\alpha \lambda \sqrt{f'_c} + p_t f_y)$$

- $\frac{h_w}{l_w} = \frac{\text{tinggi total dinding}}{\text{panjang dinding}} = 2,17 \geq 2$
Karena $h_w/l_w \geq 2$, sehingga $\alpha_c = 0,17$
- $V_n = 690000 (0,17 \times 1 \sqrt{40} + 0,0089 \cdot 400)$
 $= 3208230 \text{ N} = 3208,23 \text{ KN}$
- $V_u < \emptyset V_n$
 $285,38 \text{ KN} < 2406,1725 \text{ KN (OK)}$

4.4.7.7 Kontrol dan Desain Elemen Pembatas

1. Cek apakah dibutuhkan elemen pembatas khusus

Menurut pasal 2847:2013 pasal 21.9.6.2 bahwa dinding geser harus diperkuat dengan elemen pembatas khusus apabila:

$c \geq \frac{lw}{600(\delta u / hw)}$ dan $\left(\frac{\delta u}{hw} \right)$ tidak boleh diambil kurang dari 0,007

Sehingga,

$$c \geq \frac{lw}{600(\delta u / hw)} = 547,62 \text{ mm}$$

Dari output SpColumn didapatkan nilai c sebesar 839 mm
 $839 \geq 547,62 \text{ mm}$ (**Perlu diperkuat dengan elemen pembatas**)

2. Menentukan Panjang Elemen Pembatas

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.9.6.4(a) elemen pembatas harus menerus secara horisontal dari serat tekan terluar tidak kurang dari berikut:

$$\begin{aligned} (c - 0,11w) &= 609 \text{ mm} \\ c/2 &= 419,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga elemen pembatas harus dipasang minimal sejauh 609 mm = 650 m

4.5 Perencanaan Tulangan Steel Fiber Reinforced Concrete

Perencanaan tulangan *Steel Fiber Reinforced Concrete* meliputi perencanaan balok induk dan pelat. Perhitungan berdasarkan ketentuan RILEM TC 162-TDF dan kriteria serat baja memakai Dramix RC-65/35-BN.

Data Perencanaan :

Volume serat (Vf)	= 0,25%
Panjang serat (L)	= 35 mm
Diameter serat (ϕ)	= 0,55 mm
<i>Fiber factor</i> ($\eta_b \cdot \exp$)	= 0,49
Mutu tulangan (f_{sy})	= 400 MPa
f_{su}	= $1,15 f_y = 460$ MPa
Diameter tulangan	= 19 mm ($A_s = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 19^2 = 380,13 \text{ mm}^2$)
Mutu beton (f'_c)	= 40 MPa

4.5.1 Penulangan Balok Induk SFRC

Penulangan balok induk SFRC dicontohkan pada bentang 7,298 m dengan ukuran dimensi 350 x 500 mm.

b	= 350 mm
h	= 500 mm
d	= $500 - 40 - 13 - \frac{1}{2} \cdot 19 = 437,5$ mm

Diambil tulangan 3D19 ($A_s = 850,58 \text{ mm}^2$)

Menurut RILEM TC 162-TDF Section 2.2, perkiraan rata-rata dan karakteristik kekuatan tarik lentur dari beton yang diperkuat serat berasal dari persamaan berikut:

$$\begin{aligned} f_{ctm} &= 0,3 \cdot (f_{ck})^{2/3}, \quad \text{dengan } f_{ck} = f'_c = \text{kuat tekan beton} \\ &= 0,3 \cdot (40)^{2/3} \\ &= 3,51 \text{ MPa} \end{aligned}$$

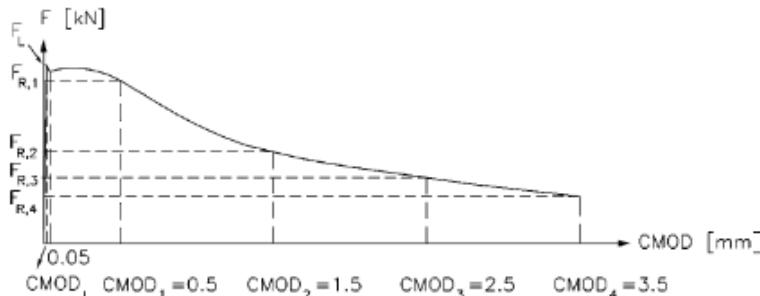
Dengan menganggap penambahan kuat tekan sebesar 8 MPa akibat penambahan serat, maka kuat tekan rata-rata menjadi

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ MPa} = 48 \text{ MPa}$$

Selanjutnya Modulus Elastisitas beton dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$\begin{aligned} E_{cm} &= 9500 \cdot (f_{cm})^{1/3} = 9500 \cdot (48)^{1/3} \\ &= 34.525,3 \text{ MPa} = 34,53 \text{ GPa} \end{aligned}$$

Mencari kuat tarik lentur residu



Gambar 4.23 Diagram Gaya dan CMOD

$$F_1 = 1900 \text{ N} \quad (\text{CMOD} = 0,5)$$

$$F_4 = 1400 \text{ N} \quad (\text{CMOD} = 3,5)$$

$$F_3 = 1600 \text{ N} \quad (\text{CMOD} = 2,5)$$

$$a = 25 \text{ mm}$$

$$h_{sp} = h_z - a$$

$$= 100 - 25 = 75 \text{ mm} = 0,075 \text{ m} \text{ (jarak dari notch ke serat teratas)}$$

- Kuat tarik lentur residu saat *Service Limit State* (kondisi servis limit), dicari menggunakan RILEM TC 162-TDF pers. 7

$$f_{R1} = 3 \cdot \frac{F_1 l_z}{2 \cdot b \cdot h_{sp}^2} = 3 \cdot \frac{1900 \times 100}{2 \times 350 \times 75^2} = 0,145 \text{ MPa}$$

$\eta_{b.beam} = 0,54$ (*fiber effectivity factor*)

$$f_{R1.beam} = f_{R1} \cdot \frac{\eta_{b.beam}}{\eta_{b.exp}} = 0,145 \cdot \frac{0,54}{0,49} = 0,16 \text{ MPa}$$

- Kuat tarik lentur residu saat *Ultimate Limit State* (kondisi servis limit)

$$f_{R4} = 3 \cdot \frac{F_4 l_z}{2 \cdot b \cdot h_{sp}^2} = 3 \cdot \frac{1400 \times 100}{2 \times 350 \times 75^2} = 0,107 \text{ MPa}$$

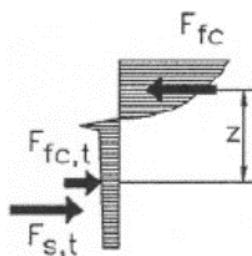
$\eta_{b.beam} = 0,54$ (*fiber effectivity factor*)

$$f_{R4.beam} = f_{R4} \cdot \frac{\eta_{b.beam}}{\eta_{b.exp}} = 0,107 \cdot \frac{0,54}{0,49} = 0,117 \text{ MPa}$$

$$f_{R3} = 3 \cdot \frac{F_3 l_s}{2 \cdot b \cdot h_{sp}^2} = 3 \cdot \frac{1600 \times 7298}{2 \times 350 \times 75^2} = 8,897 \text{ MPa}$$

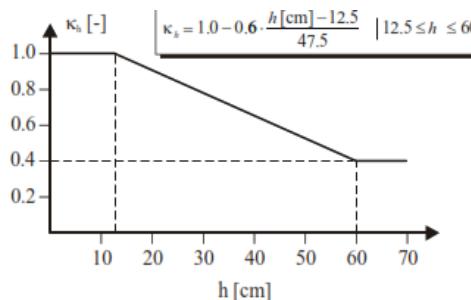
Tensile strength decreasing due to softening behaviour

Analisa Penampang

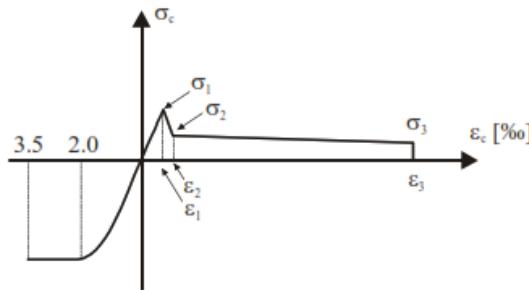


$$h = 500 \text{ mm} = 50 \text{ cm}$$

Menghitung size factor(kh) untuk $12,5 \leq h \leq 60$ (cm) (RILEM)



$$k_h = 1,0 - 0,6 \cdot \frac{h-12,5}{47,5} = 0,526$$



Gambar 4.24 Permodelan linier distribusi tegangan

$$\sigma_2 = 0,45 \cdot f_{R1,\text{beam}} \cdot k_h = 0,45 \times 0,16 \times 0,526 \\ = 0,038 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = 0,37 \cdot f_{R4,\text{beam}} \cdot k_h = 0,37 \times 0,117 \times 0,526 \\ = 0,023 \text{ MPa}$$

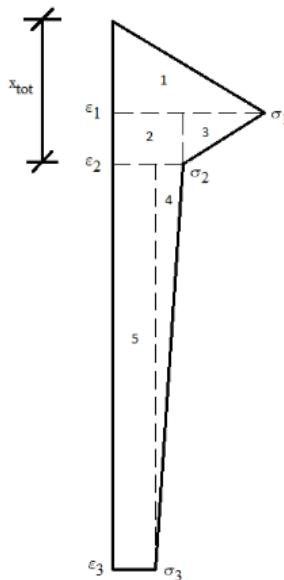
d = Tinggi efektif balok = 437,5 mm

$$\sigma_1 = 0,7 \cdot f_{ctm} \cdot (1,6-d) = 0,7 \cdot 3,059 \cdot (1,6-0,4375) \\ = 2,86 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_1 = \frac{\sigma_1}{E_{cm}} = \frac{2,86}{34,525,3} = 8,27 \cdot 10^{-5}$$

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 + \frac{0,1}{1000} = 8,27 \cdot 10^{-5} + \frac{0,1}{1000} = 0,0001827$$

$$\varepsilon_3 = 25\% = 0,025$$



Gambar 4.25 Detail blok area tegangan tarik

$$p1 = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_3} = \frac{0,0000827}{0,025} = 0,0033$$

$$p2 = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{\varepsilon_3} = \frac{0,0001827 - 0,0000827}{0,025} = 0,004$$

$$p3 = \frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_2}{\varepsilon_3} = \frac{0,025 - 0,0000827}{0,025} = 0,993$$

$$A_1 = \frac{1}{2} \cdot p1 \cdot \sigma_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,0033 \cdot 2,86 = 0,00469 \text{ MPa}$$

$$A_2 = p2 \cdot \sigma_2 = 0,0002 \text{ MPa}$$

$$A_3 = \frac{1}{2} \cdot p2 \cdot (\sigma_1 - \sigma_2) = \frac{1}{2} \cdot 0,004 \cdot (2,86 - 0,038) \\ = 0,0056 \text{ MPa}$$

$$A_4 = \frac{1}{2} \cdot p3 \cdot (\sigma_2 - \sigma_3) = \frac{1}{2} \cdot 0,993 \cdot (0,038 - 0,023)$$

$$= 0,0074 \text{ MPa}$$

$$A_5 = p_3 \cdot \sigma_3 = 0,993 \times 0,023 = 0,023 \text{ MPa}$$

Atotal = $A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 = 0,04047$ (Total blok area tegangan tarik)

Neutral axis untuk masing-masing luasan

$$x_1 = \frac{2}{3} p_1 = \frac{2}{3} \cdot 0,0033 = 0,002$$

$$x_2 = \frac{1}{2} p_2 = \frac{1}{2} \cdot 0,004 = 0,002$$

$$x_3 = \frac{1}{3} p_2 = \frac{1}{3} \cdot 0,004 = 0,00133$$

$$x_4 = \frac{1}{3} p_3 = \frac{1}{3} \cdot 0,993 = 0,331$$

$$x_5 = \frac{1}{2} p_3 = \frac{1}{2} \cdot 0,993 = 0,496$$

$$x_{\text{tot}} \cdot A_{\text{tot}} = A_1 x_1 + A_2 x_2 + A_3 x_3 + A_4 x_4 + A_5 x_5$$

$$\begin{aligned} x_{\text{tot}} &= (A_1 x_1 + A_2 x_2 + A_3 x_3 + A_4 x_4 + A_5 x_5) / A_{\text{tot}} \\ &= 0,34 \text{ (factor pengali)} \end{aligned}$$

Leleh terjadi saat $\epsilon_s = \epsilon_{sy}$

$$\epsilon_{sy} = fsy/E_s = 400/200000 = 0,002$$

Tegangan rata-rata di blok tegangan = blok area

$$\sigma_m = Atot = 0,04047 \text{ MPa}$$

Menghitung Momen Ultimate

Perhitungan momen ultimate diberikan pada persamaan berikut :

$$M_{Rdu} = f_{sy} \cdot A_s \cdot (d - \beta \cdot x_u) + \sigma_m \cdot (h - x_u) \cdot b \cdot [\beta \cdot x_u + x_{\text{tot}} \cdot (h - x_u)]$$

Untuk mencari x_u

$$\frac{2}{3} \cdot b \cdot x_u \cdot f_{cm} = f_{sy} \cdot A_s + \sigma_m \cdot b \cdot (h - x_u)$$

$$x_u = \frac{f_{sy} \cdot A_s + \sigma_m \cdot b \cdot h}{\frac{2}{3} \cdot b \cdot f_{cm} + \sigma_m \cdot b} = \frac{400.850,58 + 0,04047.350.500}{\frac{2}{3} \cdot 300.48 + 0,04047.350}$$

$$= 30,97 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,57$$

$$M_{Rdu} = f_{sy} \cdot A_s \cdot (d - \beta \cdot x_u) + \sigma_m \cdot (h - x_u) \cdot b \cdot [\beta \cdot x_u + x_{tot} \cdot (h - x_u)]$$

$$= 400.850,58 \cdot (437,5 - 0,57 \cdot 30,97) + 0,04047 \cdot (500 - 30,97) \cdot 350 \cdot [0,57 \cdot 30,97 + 0,34 \cdot (500 - 30,97)]$$

$$= 144,02 \text{ N.mm}$$

$$= 144,02 \text{ kN.m} > M_u = 118,45 \text{ kN.m} (\text{OK})$$

→ Maka, Tulangan lentur 3D19 dapat dipakai.

Gaya geser

$$V_{Rd} = V_{cd} + V_{fd} + V_{wd}$$

- Geser akibat beton sendiri

$$V_{cd} = \left[0,12 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b \cdot d$$

$$k_1 = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{449}} = 1,667, \quad k \leq 2$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{bw \cdot d} = \frac{850,58}{350.437,5} = 0,00555 \leq 2\%$$

$$\sigma_{cp} = 0 \text{ (no axial force or prestressing)}$$

$$\begin{aligned}
 V_{cd} &= \left[0,12.k.(100.\rho_1.f_{ck})^{\frac{1}{3}} + 0,15.\sigma_{cp} \right] b.d \\
 &= \left[0,12.1,667.(100.0,00555.400)^{\frac{1}{3}} + 0,15.0 \right] 350.437,5 \\
 &= 86.585,28 \text{ N} = 86,59 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Geser Akibat fiber

$$V_{fd} = 0,7.k_f.k_l.\tau_{fd}.b.d$$

$$k_f = 1 + n \left(\frac{hf}{b} \right) \left(\frac{hf}{d} \right)$$

$hf = 0$ (full persegi)

$k_f = 1$ (factor for taking into account the contribution of the flange in a T section)

$$V_{fd} = 0,7 \cdot 1 \cdot 0,0128 \cdot 350.437,5 = 2299,64 \text{ N} = 2,29 \text{ kN}$$

- Geser Akibat Sengkang

$$V_{wd} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot 0,9.d.f_{ywd} \cdot (1 + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

$\emptyset = 13 \text{ mm}$

$$Asw = 265,46 \text{ mm}^2$$

$\alpha = 90^\circ$

Dipakai $s = 300 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 V_{wd} &= \frac{265,46}{300} \cdot 0,9.437,5.400.(1 + \cot 90).\sin 90 \\
 &= 139368,9 \text{ N} = 139,368 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka,

$$V_{Rd} = 86,59 + 2,29 + 139,368 = 228,25 \text{ kN}$$

➔ Tulangan Geser D13 – 300 mm dapat dipakai.

Tabel 4.32 Rekapitulasi perbandingan kebutuhan tulangan lentur
SFRC dan RC (Balok Induk)

Panjang Bentang (mm)	Letak	Mu (kN.m)	Mrdu (kN.m)	Ket	Kebutuhan tulangan tarik lentur		Reduksi tulangan
					RC	SFRC	
7298	Tumpuan	118.45	144.02	oke	4	3	1
	Lapangan	118.45	144.02	oke	3	3	0
6200	Tumpuan	101.69	144.02	oke	3	3	0
	Lapangan	101.69	144.02	oke	3	3	0
5275	Tumpuan	68.08	74.34	oke	3	2	1
	Lapangan	68.08	74.34	oke	2	2	0
5102	Tumpuan	50.84	74.34	oke	2	2	0
	Lapangan	50.84	74.34	oke	2	2	0
5055	Tumpuan	49.77	74.34	oke	2	2	0
	Lapangan	49.77	74.34	oke	2	2	0
5050	Tumpuan	61.94	74.34	oke	3	2	1
	Lapangan	61.94	74.34	oke	2	2	0
3630	Tumpuan	63.13	74.34	oke	2	2	0
	Lapangan	63.13	74.34	oke	2	2	0
2705	Tumpuan	37.26	74.34	oke	3	2	1
	Lapangan	37.26	74.34	oke	2	2	0
2950	Tumpuan	64.60	74.34	oke	2	2	0
	Lapangan	64.60	74.34	oke	2	2	0
							9 %

Tabel 4. 33 Rekapitulasi perbandingan kebutuhan tulangan lentur
SFRC dan RC (Balok Kolektor)

Panjang Bentang (mm)	Letak	Mu (kN.m)	Mrdu (kN.m)	Ket	Kebutuhan tulangan tarik lentur		Reduksi tulangan
					RC	SFRC	
7298	Tumpuan	176.45	189.01	oke	5	4	1
	Lapangan	67.81	97.72	oke	3	2	1

6200	Tumpuan	145.62	189.01	oke	4	4	0
	Lapangan	38.58	97.72	oke	3	2	1
5275	Tumpuan	122.46	141.63	oke	4	4	0
	Lapangan	40.24	74.34	oke	2	2	0
5102	Tumpuan	98.78	108.75	oke	4	3	1
	Lapangan	20.49	74.34	oke	2	2	0
5050	Tumpuan	91.14	108.75	oke	3	3	0
	Lapangan	22.48	74.34	oke	2	2	0
3630	Tumpuan	146.10	172.98	oke	6	5	1
	Lapangan	19.64	74.34	oke	2	2	0
2950	Tumpuan	77.58	108.75	oke	3	3	0
	Lapangan	14.69	74.34	oke	2	2	0
2775	Tumpuan	191.00	202.81	oke	7	6	1
	Lapangan	25.92	74.34	oke	2	2	0
2755	Tumpuan	111.25	141.63	oke	4	4	0
	Lapangan	20.64	74.34	oke	2	2	0
							10%

Tabel 4.34 Rekapitulasi perbandingan kebutuhan tulangan geser SFRC dan RC (Balok Induk)

Panjang Bentang (mm)	Letak	Vu	V	Ket	Jumlah tulangan/m'		Reduksi tulangan
					RC	SFRC	
B1	Tumpuan	146.82	228.25	oke	10	4	6
	Lapangan	91.94	217.53	oke	5	4	1
B2	Tumpuan	134.41	228.25	oke	10	4	6
	Lapangan	62.51	217.53	oke	5	4	1
B3	Tumpuan	100.61	223.76	oke	13	5	8
	Lapangan	42.74	191.51	oke	7	4	3
B4	Tumpuan	90.27	223.76	oke	13	5	8
	Lapangan	35.50	191.51	oke	7	4	3
B5	Tumpuan	76.41	223.76	oke	13	5	8
	Lapangan	49.10	191.51	oke	7	4	3
B6	Tumpuan	92.00	223.76	oke	13	5	8
	Lapangan	59.39	191.51	oke	7	4	3
B7	Tumpuan	95.89	223.76	oke	13	5	8
	Lapangan	31.95	191.51	oke	7	4	3

Tabel 4.35 Rekapitulasi perbandingan kebutuhan tulangan geser SFRC dan RC (Balok Kolektor)

Tipe Balok	Letak	Vu	V	Ket	Jumlah tulangan/m'		Reduksi tulangan
					RC	SFRC	
B1	Tumpuan	146.82	228.25	oke	10	4	6
	Lapangan	91.94	217.53	oke	5	4	1
B2	Tumpuan	134.41	228.25	oke	10	4	6
	Lapangan	62.51	217.53	oke	5	4	1
B3	Tumpuan	100.61	223.76	oke	13	5	8
	Lapangan	42.74	191.51	oke	7	4	3
B4	Tumpuan	90.27	223.76	oke	13	5	8
	Lapangan	35.50	191.51	oke	7	4	3
B5	Tumpuan	76.41	223.76	oke	13	5	8
	Lapangan	49.10	191.51	oke	7	4	3
B6	Tumpuan	92.00	223.76	oke	13	5	8
	Lapangan	59.39	191.51	oke	7	4	3
B7	Tumpuan	95.89	223.76	oke	13	5	8
	Lapangan	31.95	191.51	oke	7	4	3
B8	Tumpuan	90.73	223.76	oke	13	5	8
	Lapangan	30.03	191.51	oke	7	4	3
B9	Tumpuan	148.88	223.76	oke	13	5	8
	Lapangan	40.43	191.51	oke	7	4	3

- **Penulangan Pelat dan Tangga SFRC**

Perhitungan untuk penulangan pelat dan tangga sama dengan perhitungan penulangan balok seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Tabel 4.36 Rekapitulasi Perbandingan kebutuhan tulangan Pelat Lantai SFRC dan RC Arah X

Tipe	Mu	Mrdū	n tulangan (/m')		Reduksi
	kN.m	kN.m	RC	SFRC	
A	4.83	6.027	5	3	2
B	4.91	6.027	5	3	2
C	4.91	6.027	5	3	2
D	3.83	6.027	5	3	2
E	5.16	6.027	5	3	2
F	4.16	6.027	5	3	2
G	5.16	6.027	5	3	2
H	3.83	6.027	5	3	2
I	3.00	6.027	5	3	2
J	5.08	6.027	5	3	2
K	4.83	6.027	5	3	2
L	4.83	6.027	5	3	2
M	5.08	6.027	5	3	2
N	3.00	6.027	5	3	2
O	5.24	6.027	5	3	2
TOTAL			75		30

Tabel 4.37 Rekapitulasi Perbandingan kebutuhan tulangan Pelat Lantai SFRC dan RC Arah Y

Tipe	Mu kN.m	Mrdu kN.m	n tulangan (/m')		Reduksi
			RC	SFRC	
A	4.83	6.027	5	3	2
B	4.91	6.027	5	3	2
C	4.91	6.027	5	3	2
D	3.83	6.027	5	3	2
E	5.16	6.027	3	3	0
F	4.16	6.027	5	3	2
G	5.16	6.027	5	3	2
H	3.83	6.027	5	3	2
I	3.00	6.027	5	3	2
J	5.08	6.027	5	3	2
K	4.83	6.027	5	3	2
L	4.83	6.027	5	3	2
M	5.08	6.027	5	3	2
N	3.00	6.027	5	3	2
O	5.24	6.027	3	3	0
TOTAL			75		26

- Reduksi tulangan di pelat lantai arah x = $30/75 \times 100\% = 40\%$
- Reduksi tulangan di pelat lantai arah y= $26/71 \times 100\% = 36\%$
- Reduksi tulangan pelat lantai rata-rata = **39%**

Tabel 4.38 Rekapitulasi Perbandingan kebutuhan tulangan lentur
di Tangga SFRC dan RC

	Letak	B (mm)	H (mm)	L (mm)	MRd (kN.m)	Mu (kN.m)	ket	n tul SFRC/m'	n tul RC/m'	Reduksi
Tangga	Arah x	1000	230	2240	324,32	248,81	OK	2	3	1
	Arah y	1000	230	2525	722,90	627,94	OK	5	6	1
Bordes 1	Arah x	1000	140	1200	177,17	170,11	OK	2	3	1
	Arah y	1000	140	2525	658,04	636,54	OK	10	12	2
Bordes 2	Arah x	1000	140	1485	177,17	305,70	OK	2	3	1
	Arah y	1000	140	2525	222,82	215,76	OK	3	4	1

➤ Reduksi tulangan di pelat tangga = **23%**

4.6 Analisa Harga

Dari hasil perhitungan tulangan untuk *steel fiber reinforced concrete*, kemudian dihitung volume beton dan berat besi tulangan dan fiber nya lalu dikalikan dengan harga satuan. Untuk harga *steel fiber* per kg nya diambil dari produsen Findotek.

Diketahui :

Harga steel fiber/kg	=	Rp 16.000,00
Besi beton polos/ulir per kg	=	Rp13.500,00 (dari HSPK Surabaya)
Pekerjaan Beton/m ³	=	Rp 916.404,00 (untuk f'c 40)

Tabel 4.39 Rekapitulasi Harga Beton Bertulang per bentang balok

RC					
Panjang bentang (mm)	Vol. beton bersih	Harga Beton	Berat tulangan	Harga tulangan	TOTAL
7298	1.257	Rp 1,161,251	154.94	Rp 2,091,743	Rp 3,252,994
6200	1.069	Rp 987,410	124.23	Rp 1,677,051	Rp 2,664,461
5275	0.622	Rp 574,024	89.82	Rp 1,212,537	Rp 1,786,562
5102	0.633	Rp 584,591	81.68	Rp 1,102,706	Rp 1,687,297
5055	0.623	Rp 574,982	80.54	Rp 1,087,267	Rp 1,662,248
5050	0.623	Rp 575,116	86.11	Rp 1,162,534	Rp 1,737,650
3630	0.626	Rp 577,718	58.42	Rp 788,727	Rp 1,366,445
2705	0.627	Rp 579,100	46.67	Rp 630,081	Rp 1,209,181
2950	0.627	Rp 579,027	47.29	Rp 638,468	Rp 1,217,496
					Rp16,584,333

Tabel 4.40 Rekapitulasi Harga *Steel Fiber Reinforced Concrete* per bentang balok

SFRC							
Vol. beton bersih (kg)	Harga Beton	Berat tulangan (kg)	Harga tulangan	Berat fiber (kg)	Harga fiber	TOTAL	Reduksi
1.261	Rp 1,164,991	98.09	Rp 1,324,264	25.06	Rp 401,025	Rp 2,890,279	11.2%
1.072	Rp 989,727	83.23	Rp 1,123,613	21.29	Rp 340,690	Rp 2,454,031	7.9%
0.625	Rp 577,536	47.55	Rp 641,869	12.42	Rp 198,762	Rp 1,418,167	20.6%
0.626	Rp 577,722	45.96	Rp 620,485	12.42	Rp 198,762	Rp 1,396,970	17.2%
0.626	Rp 577,773	45.53	Rp 614,682	12.42	Rp 198,762	Rp 1,391,217	16.3%
0.626	Rp 577,773	45.49	Rp 614,081	12.42	Rp 198,762	Rp 1,390,616	20.0%
0.627	Rp 579,296	32.59	Rp 439,968	12.42	Rp 198,762	Rp 1,218,025	10.9%
0.628	Rp 580,281	24.21	Rp 326,895	12.42	Rp 198,762	Rp 1,105,938	8.5%
0.628	Rp 580,021	26.43	Rp 356,749	12.42	Rp 198,762	Rp 1,135,531	6.7%
						Rp 14,400,774	13.3%

Tabel 4.41 Rekapitulasi Harga Beton Bertulang per bentang balok (kolektor)

RC					
Panjang bentang (mm)	Vol. beton bersih	Harga Beton	Berat tulangan	Harga tulangan	TOTAL
7298	1.257	Rp 1,161,251	154.94	Rp 2,091,743	Rp 3,252,994
6200	1.069	Rp 987,410	124.23	Rp 1,677,051	Rp 2,664,461
5275	0.621	Rp 573,334	95.69	Rp 1,291,786	Rp 1,865,120
5102	0.633	Rp 584,591	93.04	Rp 1,256,005	Rp 1,840,596
5050	0.621	Rp 573,646	86.11	Rp 1,162,534	Rp 1,736,180
3630	0.622	Rp 574,460	78.62	Rp 1,061,403	Rp 1,635,863
2950	0.627	Rp 578,641	50.58	Rp 682,788	Rp 1,261,429
2775	0.625	Rp 576,753	66.63	Rp 899,476	Rp 1,476,229
2755	0.626	Rp 578,235	54.03	Rp 729,411	Rp 1,307,645
					Rp17,040,517

Tabel 4.42 Rekapitulasi Harga *Steel Fiber Reinforced Concrete* per bentang balok (kolektor)

SFRC							
Vol. beton bersih (kg)	Harga Beton	Berat tulangan (kg)	Harga tulangan	Berat fiber (kg)	Harga fiber	TOTAL	Reduksi
1.264	Rp 1,166,901	81.85	Rp 1,104,981	25.06	Rp 401,025	Rp 2,672,908	17.8%
1.073	Rp 991,351	69.43	Rp 937,322	21.29	Rp 340,690	Rp 2,269,363	14.8%
0.624	Rp 576,155	59.29	Rp 800,367	12.42	Rp 198,762	Rp 1,575,283	15.5%
0.625	Rp 577,054	51.64	Rp 697,135	12.42	Rp 198,762	Rp 1,472,952	20.0%
0.625	Rp 577,117	51.11	Rp 689,950	12.42	Rp 198,762	Rp 1,465,829	15.6%
0.625	Rp 577,117	44.71	Rp 603,573	12.42	Rp 198,762	Rp 1,379,452	15.7%
0.628	Rp 579,635	29.71	Rp 401,068	12.42	Rp 198,762	Rp 1,179,465	6.5%
0.627	Rp 578,753	37.20	Rp 502,167	12.42	Rp 198,762	Rp 1,279,682	13.3%
0.627	Rp 579,506	30.80	Rp 415,782	12.42	Rp 198,762	Rp 1,194,050	8.7%
						Rp 14,488,984	14.2%

Tabel 4.43 Rekapitulasi Harga Beton Bertulang per tipe pelat

Tipe	RC					TOTAL
	Vol. beton bersih (m ³)	Harga Beton	Berat tulangan	Harga tulangan		
A	1.86	Rp 1,721,812	111.53	Rp 1,505,677	Rp 3,227,489	
B	1.95	Rp 1,798,113	120.02	Rp 1,620,226	Rp 3,418,339	
C	2.68	Rp 2,474,882	164.05	Rp 2,214,694	Rp 4,689,575	
D	2.53	Rp 2,333,365	136.60	Rp 1,844,076	Rp 4,177,441	
E	3.15	Rp 2,912,488	198.94	Rp 2,685,749	Rp 5,598,237	
F	2.64	Rp 2,437,045	145.08	Rp 1,958,625	Rp 4,395,670	
G	1.53	Rp 1,415,661	102.18	Rp 1,379,484	Rp 2,795,145	
H	2.55	Rp 2,358,587	137.46	Rp 1,855,687	Rp 4,214,274	
I	3.04	Rp 2,810,004	161.98	Rp 2,186,769	Rp 4,996,774	
J	1.63	Rp 1,503,088	104.38	Rp 1,409,127	Rp 2,912,216	
K	1.87	Rp 1,723,521	111.61	Rp 1,506,759	Rp 3,230,280	
L	1.87	Rp 1,723,521	111.61	Rp 1,506,759	Rp 3,230,280	
M	1.63	Rp 1,503,088	104.38	Rp 1,409,127	Rp 2,912,216	
N	0.87	Rp 805,401	46.70	Rp 630,403	Rp 1,435,804	
O	2.00	Rp 1,842,484	137.09	Rp 1,850,676	Rp 3,693,160	

Tabel 4.44 Rekapitulasi Harga *Steel Fiber Reinforced Concrete* per tipe pelat

Tabel 4.45 Rekapitulasi Harga *Steel Fiber Reinforced Concrete* pelat tangga

RC								
	Vol. beton bersih (m3)	Harga Beton		Berat tulangan	Harga tulangan		TOTAL	
Tangga	0.769	Rp 710,366.31		177.8	Rp 2,400,294.16		Rp 3,110,660.46	
Bordes 1	0.407	Rp 376,635.08		128.555	Rp 1,735,498.97		Rp 2,112,134.05	
Bordes 2	0.512	Rp 473,053.65		99.8613	Rp 1,348,127.93		Rp 1,821,181.58	
SFRC							TOTAL	Reduksi
Vol. beton bersih (m3)	Harga Beton	Berat tulangan (kg)	Harga tulangan	Berat fiber (kg)	Harga fiber			
0.77	Rp 712,909.14	140.64	Rp 1,898,714.71	15.53	Rp 248,638	Rp 2,860,262	8.0%	
0.41	Rp 378,868.04	101.25	Rp 1,366,878.56	8.32	Rp 133,199	Rp 1,878,945	11.0%	
0.51	Rp 475,206.27	71.26	Rp 962,035.34	10.30	Rp 164,834	Rp 1,602,075	12.0%	
								10.4%

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam studi perbandingan desain *steel fiber reinforced concrete* dengan beton bertulang konvensional pada gedung Hotel Ibis Surabaya ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya sebagai berikut:

1. Perencanaan gedung ini memiliki dimensi struktur baik struktur sekunder maupun struktur utama ialah sebagai berikut:

Struktur Sekunder:

- Balok Anak
 - BA1 : 25/35 cm
 - BA2 : 25/35 cm
 - BA3 : 25/35 cm
- Balok penumpu lift : 30/40 cm
- Tebal pelat :

 - Lantai : 120 cm
 - Atap : 100 cm

- Dinding Geser
 - Arah x : 300 mm
 - Arah y : 300 mm

Struktur Utama:

- Balok Induk
 - B1,B2 : 35/50 cm
 - B3,B4,B5,B6,B7,B8, B9 : 30/40 cm
- Kolom
 - Lantai ground – lantai 4 : 65/65 cm
 - Lantai 4 – lantai atap : 50/50 cm

2. Pada penambahan *steel fiber* sebesar 0,25% di balok, tulangan lentur di balok induk dapat berkurang sebesar 9% dan di balok kolektor sebesar 10%, sedangkan untuk tulangan geser dapat berkurang sebesar 54% untuk di balok induk dan balok kolektor.
3. Pada penambahan *steel fiber* sebesar 0,25% di pelat lantai, tulangan dapat tereduksi sebesar 39%. Sedangkan untuk di pelat tangga dapat tereduksi sebesar 23%
4. Pada perbandingan harga balok beton bertulang dan steel fiber reinforced concrete, didapatkan reduksi harga rata-rata sebesar 13,3 % sedangkan untuk di balok kolektor 14,2%
5. Pada perbandingan harga pelat beton bertulang dan steel fiber reinforced concrete, didapatkan reduksi harga rata-rata sebesar 6,3 %, sedangkan pada perbandingan harga pelat tangga, didapatkan reduksi harga rata-rata sebesar 10,4 %
6. Pengaruh serat baja di beton bertulang lebih terlihat pada pelat dibanding balok selain karena dimensi tulangan yang digunakan pelat lebih kecil, pelat juga tidak membutuhkan tulangan geser.

5.2 Saran

1. Perlu penelitian secara lanjut dalam mendesain SFRC sehingga dalam perencanaannya data yang dihasilkan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abid, Ammar, , Kenneth B. Franzen. 2011. “***Design of Fibre Reinforced Concrete Beams and Slabs***” Thesis. Chalmers University of Technology. Sweden.
- Asroni, Ali. 2010. “**Balok dan Pelat Beton Bertulang**”. Yogyakarta: Graha Ilmu
- ACI 544.4R-88 ***Design Considerations for Steel Fiber Reinforced Concrete***
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)**
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung (SNI 1726:2012)**
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. **Tata Cara Perhitungan Pembebanan untuk Bangunan Rumah dan Gedung (SNI 1727:2013)**
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. **Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983)**
- Löfgren, Ingemar. 2005. **Fibre-reinforced Concrete for Industrial Construction.** Chalmers University of Technology. Sweden.
- McCormac. 2004. “**Desain Beton Bertulang**”. Jakarta: Erlangga
- Oh, Byung Hwan. 1992. “**Flexural Analysis of Reinforced Concrete Beams Containing Steel Fibers**”. Journal of Structural Engineering, Vol. 118, No. 10
- RILEM TC 162-TDF. 2003. ***Test and design methods for steel fibre reinforced concrete***

Trimulyono. 2004. “**Teknologi Beton**”. Yogyakarta: Andi

LAMPIRAN

Lampiran 1
(Data Tanah)



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

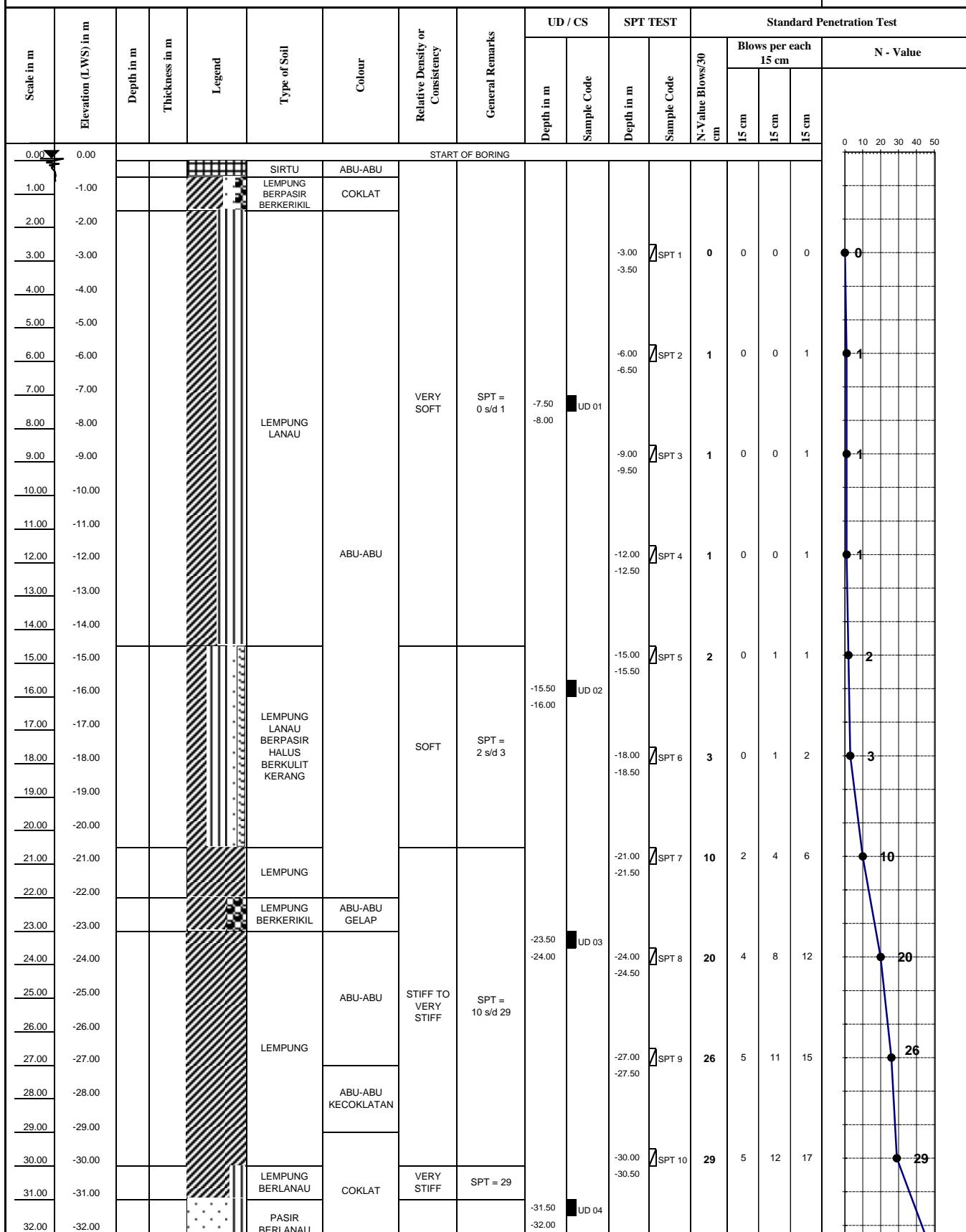
Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

DRILLING LOG

KLIEN	= PT. HUTAMA KARYA (PERSERO)	TIPE BOR	= ROTARY DRILLING	<u>Remarks</u>
NAMA PROYEK	= PEMBANGUNAN JALAN TOL SURABAYA - GRESIK	TANGGAL MULAI	= 11 DESEMBER 2012	UD = Undisturb Sample
TITIK BOR	= BH-1	TANGGAL SELESAI	= 14 DESEMBER 2012	CS = Core Sample
MUKA AIR TANAH	= ± 0.00 m	MASTER BOR	= HARNO	SPT = SPT Test
LOKASI PROYEK	= KM. 7 + 100			





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

DRILLING LOG



REKAP HASIL TEST

KLIEN : PT. PT. HUTAMA KARYA (PERSERO)
PROYEK : JALAN TOL SURABAYA - GRESIK
LOKASI : KM 7 + 100

POINT : BH-1
MASTER BOR : HARNO
DATE : 21 DESEMBER 2012

DEPTH (Meter)	VOLUMETRI + GRAVIMETRY							CONSOLIDATION			
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-8.00	2.632	1.435	97.230	53.01	58.93	1.654	1.081	1.670	*	*	*
-16.00	2.739	1.378	100.000	50.31	57.95	1.731	1.152	1.731	*	*	*
-24.00	2.714	1.314	100.000	48.42	56.78	1.741	1.173	1.741	*	*	*
-32.00	2.679	1.275	100.000	47.59	56.04	1.738	1.178	1.738	*	*	*
-39.00	2.742	1.328	100.000	48.43	57.04	1.748	1.178	1.748	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			STRENGTH			PERMEABILITAS
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	ϕ	C	Cu	
-8.00	0.00	8.34	91.66	64.66	31.84	32.82	0	*	0.060	*
-16.00	0.00	23.33	76.67	50.91	29.65	21.26	0	*	0.124	*
-24.00	0.00	6.68	93.32	64.64	33.19	31.45	0	*	0.857	*
-32.00	0.00	84.91	15.09	NP	NP	NP	38	0	*	*
-39.00	0.00	6.13	93.87	64.48	34.21	30.27	0	*	0.133	*

REMARK G = Gravel (%) LL = Liquid Limit (%) ϕ = Angle of internal friction (degree)
 S = Sand (%) PL = Plastic Limit (%) C = Cohesion (kg/cm²)
 S + Cl = Silt + Clay (%) IP = Plastic Index (%) Cu = Cohesion Undrained (kg/cm²)

 Gs = Specific Gravity W_c = Water content (%) γ_{sat} = Saturated density (gr/cc)
 e = Void ratio n = Porosity (%) γ_d = Dry density (gr/cc)
 Sr = Degree of saturation (%) γ_t = Wet density (gr/cc)

 Pp = Preconsolidation Pressure (kg/cm²)
 Cc = Compression Index
 Cv = Compression of Consolidation (cm²/det)
 * = Not test

Lampiran 2
(Brosur Lift)

PASSENGER ELEVATORS

Moving solutions with safety, reliability and efficiency



HYUNDAI ELEVATOR CO., LTD.

HEAD OFFICE & FACTORY

San 136-1, Ami-ri, Bubal-eup, Icheon-si, Gyeonggi-do 467-734, Korea
Tel : 82-2-3670-0661/0665 Fax : 82-2-3672-8763~4
www.hyundailevator.co.kr

SEOUL OFFICE(INT'L SALES DIV.)

9F East Bldg, Hyundai Group Bldg, 1-7 Yeonji-dong, Jongno-gu, Seoul 110-754, Korea
Tel : 82-2-3670-0661/0665 Fax : 82-2-3672-8763~4

INTERNATIONAL SALES & SERVICE NETWORK

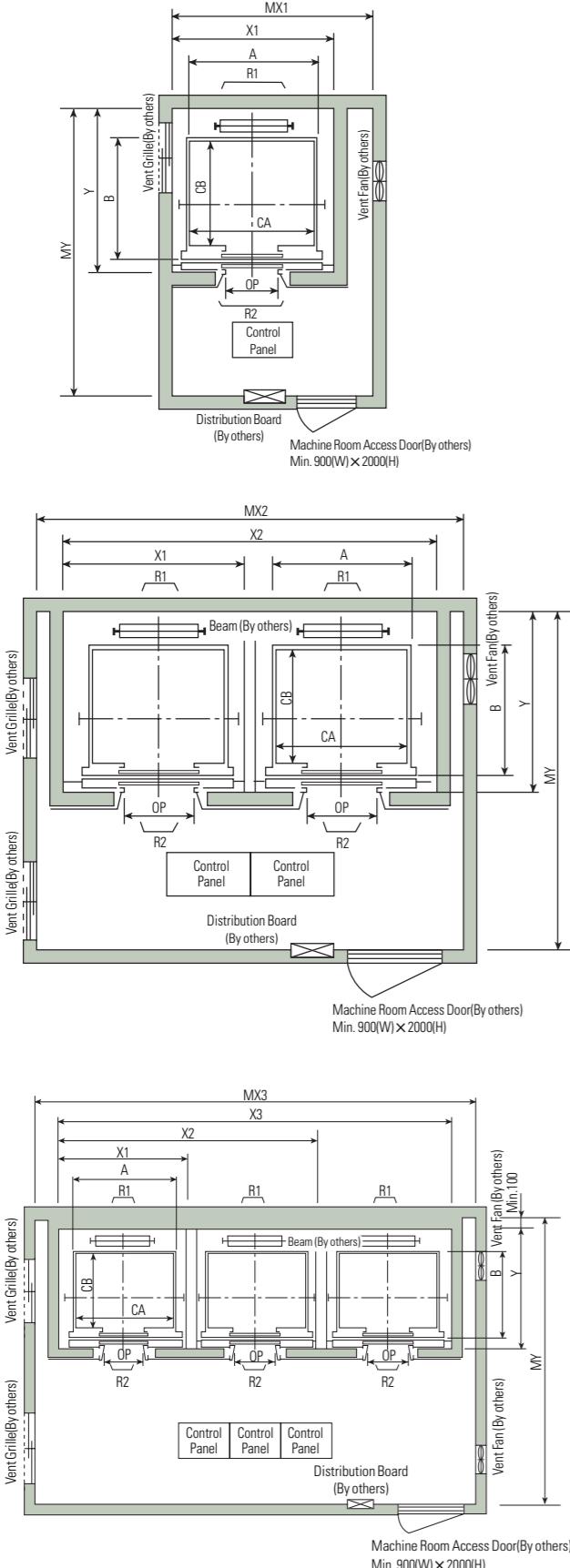
ALGERIA	ETHIOPIA	MONGOLIA	SUDAN
Tel : 213-21-203787	Tel : 251-911-851313	Tel : 976-11-7015-3333	Tel : 249-183-230-389
Fax : 213-21-216444	Fax : 251-118-605051	Fax : 976-11-7016-3333	Fax : 249-183-230-364
ARGENTINA	GUATEMALA	MYANMAR	SYRIA
Tel : 5411-3220-2878	Tel : 502-2388-0000	Tel : 951-521080-83	Tel : 963-114-419199
ARMENIA		Fax : 502-2388-0044	Fax : 963-114-469-8666
Tel : 971-4-440-49-27	INDIA	NIGERIA	THAILAND
Fax : 971-4-440-49-26	Tel : 91-20-3250-2190	Tel : 234-803-7352222	Tel : 66-2348-8000
AZERBAIJAN	INDONESIA	OMAN	TUNIS
Tel : 994-12-418-0106	Tel : 62-21-631-8444	Tel : 968-9286-4334	Tel : 216-70-853-231
Fax : 994-12-567-18-77	Fax : 62-21-632-6288	Fax : 968-2449-9307	Fax : 216-71-754-361
BAHRAIN	IRAN	PAKISTAN	TURKEY
Tel : 973-17-702-468	Tel : 98-21-8869-8727-36	Tel : 92-21-3432-0601	Tel : 90-216-488-8000
Fax : 973-17-702-643	Fax : 98-21-8855-3741	Fax : 92-21-3432-0617	Fax : 90-216-488-9191
BANGLADESH	IRAQ	PANAMA	TURKMENISTAN
Tel : 880-1711-533047	Tel : 964-770-588-0555	Tel : 507-230-3166	Tel : 993-12-95-0333
Fax : 880-2-9884392	Fax : 964-770-588-0555	Fax : 507-230-3187	Fax : 993-12-95-0330
BOLIVIA	ISRAEL	PERU	U.A.E.
Tel : 591-3-3-435243	Tel : 972-3-963-0000	Tel : 51-1-472-6868	Abu Dhabi
BRAZIL		Fax : 972-3-963-0050	Tel : 971-2-671-1779
Tel : 55-81-3271-6272	ITALY	Tel : 51-1-472-6898	Fax : 971-2-443-8822
Tel : 55-11-9981-0381	Tel : 39-0464-485-333	Dubai	
CHILE		PHILIPPINES	
Tel : 562-263-53394	JAPAN	Tel : 632-716-0905	Tel : 971-4-294-4475
CHINA	POLAND	Fax : 632-714-8896	Fax : 971-4-294-4476
Tel : 86-21-6485-8600	USA	Tel : 81-3-3436-5117	
Fax : 86-21-6485-3511	Tel : 48-61-820-85-51	Fax : 48-61-820-85-52	
COLOMBIA	JORDAN	Tel : 48-61-820-85-51	
Tel : 57-4-444-9297	Tel : 962-79-5526-713	Fax : 48-61-820-85-52	
CUBA	KAZAKHSTAN	QATAR	VENEZUELA
Tel : 537-699-3460	Tel : 962-6-5699-014	Tel : 974-4436-6687	Tel : 58-212-232-8263
Fax : 537-699-3412	Fax : 962-6-5699-014	Fax : 974-4436-6689	Fax : 58-212-232-7178
DOMINICAN REPUBLIC	KUWAIT	RUSSIA	VIETNAM
Tel : 809-566-9426	Tel : 965-2245-7925	Tel : 7-727-244-0555	Tel : 84-4-3572-4588
	Fax : 965-2242-3510	Fax : 7-727-267-6456	Fax : 84-4-3572-4699
ECUADOR	LIBYA	SAUDI ARABIA	Tel : 84-4-3943-4945
Tel : 593-2-254-2831	Tel : 218-91-735-0745	Tel : 966-2-652-9000	Fax : 84-8-3232-1496
Fax : 593-2-255-3761	Fax : 201-00-354-4237	Fax : 966-2-652-9090	
EGYPT	MEXICO	SPAIN	
Tel : 20-2-25050874	Tel : 52-55-56635246	Tel : 34-933-779-200	
Fax : 0020-2-25078503	Fax : 52-55-5663-2982	Fax : 34-933-779-401	

PASSENGER ELEVATORS - We reserve the right to change designs and specifications for the product development without prior notice.
Copyright © HYUNDAI ELEVATOR CO., LTD. All rights reserved. Printed in Korea.
CATALOG CODE : C-PEL-E0408/2013.03/Rev.4

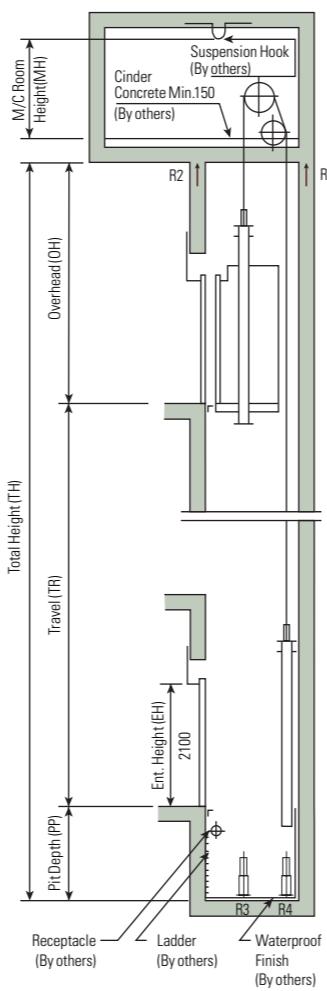
HYUNDAI ELEVATOR

Layout Plan - LUXEN(Gearless Elevators) 1~2.5m/sec

Plan of Hoistway & Machine Room



Section of Hoistway



Standard Dimensions & Reactions

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction (kg)	Pit Reaction (kg)		
	Persons	kg		OP	CA × CB	A × B	X1	X2	X3	Depth	1Car	2Cars	MX3	MY	R1	R2	R3
1	6	450	800	1400 × 850	1460 × 1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000	5400	4500
	8	550	800	1400 × 1030	1460 × 1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250	6000	4900
	9	600	800	1400 × 1130	1460 × 1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	6300	5100
	10	700	800	1400 × 1250	1460 × 1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	6800	5400
1.5	11	750	800	1400 × 1350	1460 × 1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800	7100	5600
	13	900	900	1600 × 1350	1660 × 1505	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750	8100	6300
	15	1000	900	1600 × 1500	1660 × 1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300	8600	6600
	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6600	5100	11000	8700
			1100	2000 × 1350	2100 × 1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800				
2 Note 6)	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200	7800	6000	12200	9500
			1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000				
	24	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300	8500	6800	13600	10400
				2150 × 1600	2250 × 1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8700	4200				

Notes:

1. Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.
2. Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.
3. When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.
4. The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN81=75kg/person)
5. Above dimensions are applied in case the door is standard. In case fire protection door that the clear opening is over 1000mm is applied, hoistway size for 1 car should be applied above X1 dimension plus 100mm.
6. In case of 2m/sec and 2.5m/sec, hoistway size is above plus 100mm, the machine room size is above plus 100mm.

(Unit : mm)			
Speed (m/sec)	Overhead (O H)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
1	4600	1500	2200
1.5	4800	1800	2400
1.75	5000	2100	2400
2	5000	2100	2600
2.5	5500	2400	2600

Notes:

1. Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.
2. The minimum hoistway dimensions are shown on the above table. Therefore, some allowances should be made considering the sloping of the hoistways.
3. The minimum machine room height should be 2800mm in case of the traction machine with double isolation pad.
4. For gearless (1:1 roping) elevators, the minimum machine room height should be 2400mm.

Lampiran 3
(Brosur *Steel Fiber*)



DATA SHEET



What is Dramix®?

Dramix® steel fibres, from industry specialist Bekaert, have set a new standard for concrete reinforcement with their unique combination of flexibility and cost-efficiency.

Dramix® is a cold drawn steel wire fibre with hooked ends for optimum anchorage. What you get from Dramix® reinforced concrete is ductility and high load bearing capacity. On top of that, you'll find a quick and easy way to an efficient and cost effective solution.

RC-65/35-BN offers you:

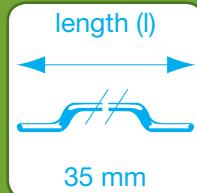
Dramix® Easy Mix

Dramix® Easy Mix fibres are engineered in such a way to offer fast and perfect mixing, improved pumpability and optimized fibre distribution. Even complex forms and structures are possible.

Dramix® Hi Perform

Dramix® Hi Perform fibres provide high performance and crack resistance. These are products of choice to create optimal ductility. Dramix® Hi Perform is used for structural, designed applications, in situ, precast or sprayed.

GEOMETRY AND PERFORMANCE



14.500 Fibres/kg



Minimum dosage: 15 kg per m³ (according to **CE**)
Minimum fibre network: 7,6 km per m³ (for 15 kg/m³)



MATERIAL PROPERTIES

Tensile strength: Rm nom: 1.345 N/mm²

Tolerances: ± 7,5% Avg

Young's Modulus (Emod): ± 210.000 N/mm²

PACKAGING



60 BAGS (20kg)
1200 kg

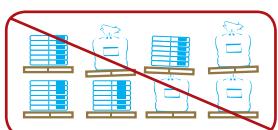


BIG BAG
1100 kg

STORAGE



KEEP DRY



NO STACKING

PRODUCT APPROVALS



CE



ASTM A820

- CE LABEL:** Dramix® is certified for CE mark system 1: steel fibres for structural use.
For detailed info: CE info sheet available on request.

SYSTEM APPROVALS



ISO 9001



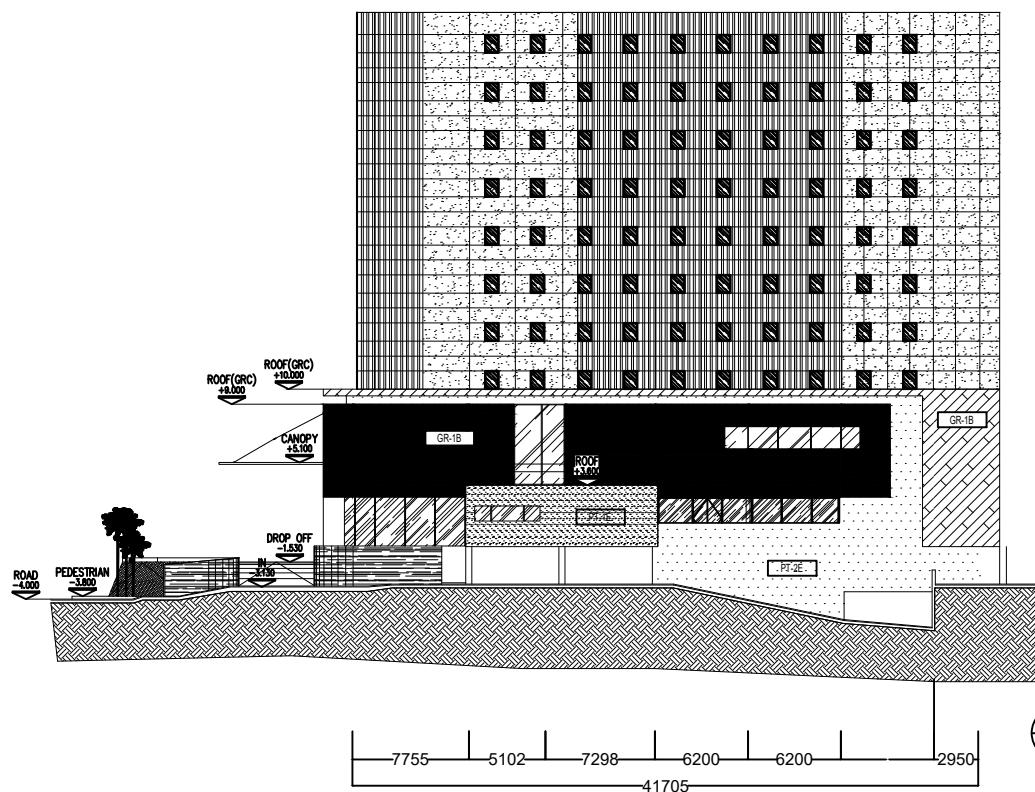
ISO 14001

- ISO 9001:** All Dramix® plants are ISO 9001 certified. The same quality standards are applied.
- ISO 14001:** Some plants are already ISO 14001 certified. All plants will be ISO 14001 certified before end 2011.

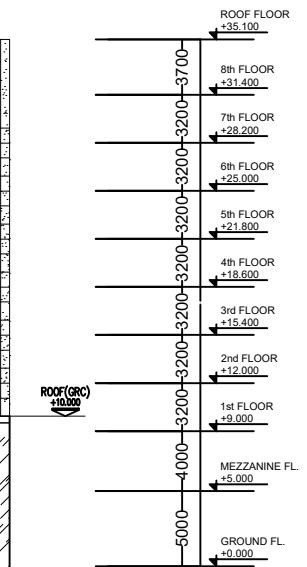
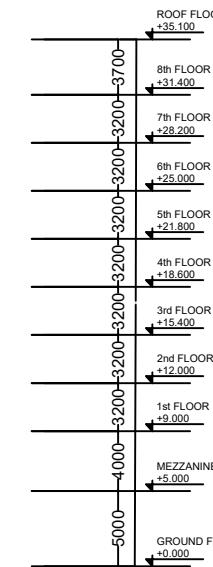
Bekaert will advise on the most suitable fibre for your application.

- For our recommendations on handling, dosing and mixing.
- For composition and safe application and in the frame of Reach art.33.

Please go to: www.bekaert.com/dosingdramix
infobuilding@bekaert.com



TAMPAK UTARA
SKALA 1:500



TAMPAK TIMUR
SKALA 1:500



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN
KEBUMIAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

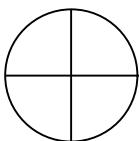
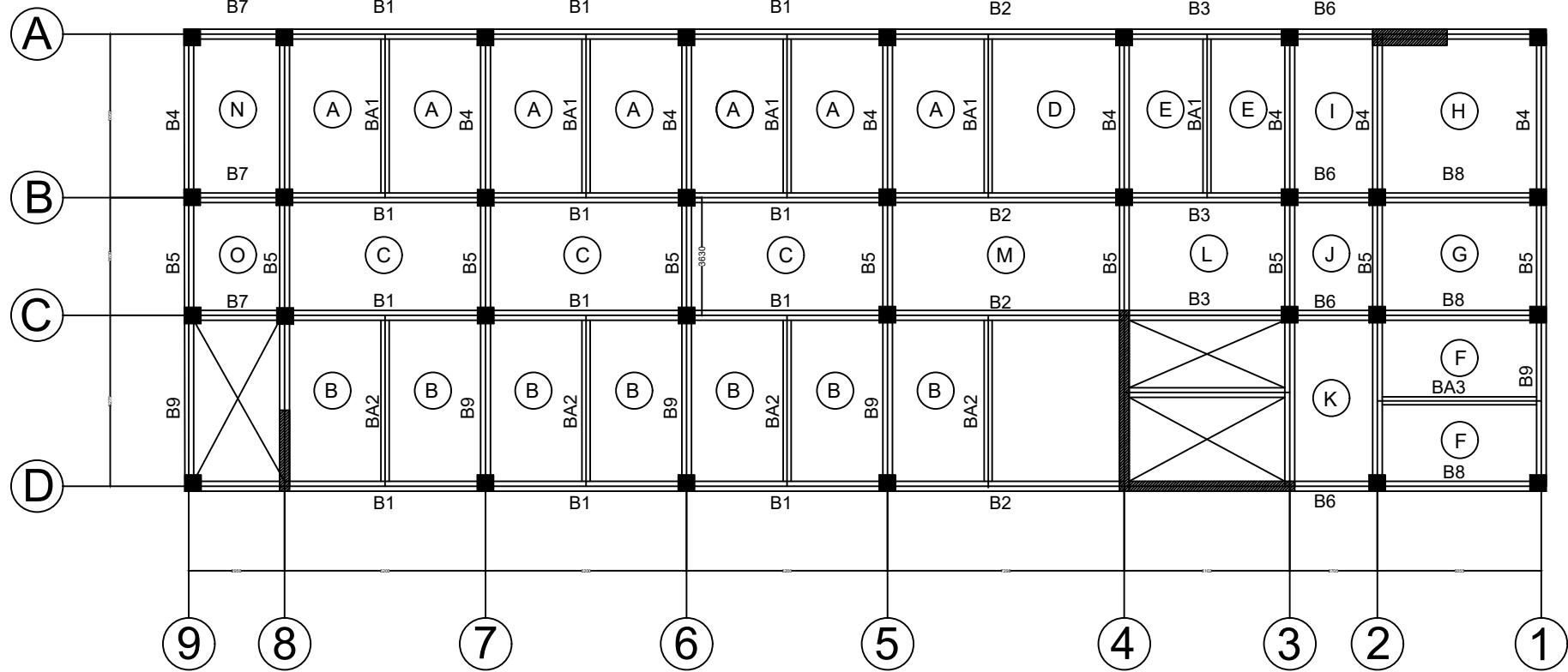
JUDUL TUGAS AKHIR
STUDI PERBANDINGAN DESAIN STEEL FIBER REINFORCED
CONCRETE (SFRC)
DENGAN BETON BERTULANG KONVENTIONAL PADA
GEDUNG HOTEL IBIS SURABAYA

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Tavio, S.T., M.T., Ph.D
Dr. Ir. Hidayat Soegihardjo
Masiran, MS.

NAMA & NRP
SOCHIVA PRAMESTI
0311144000063

JUDUL GAMBAR
TAMPAK UTARA
DAN TIMUR

SKALA
1 : 500
1

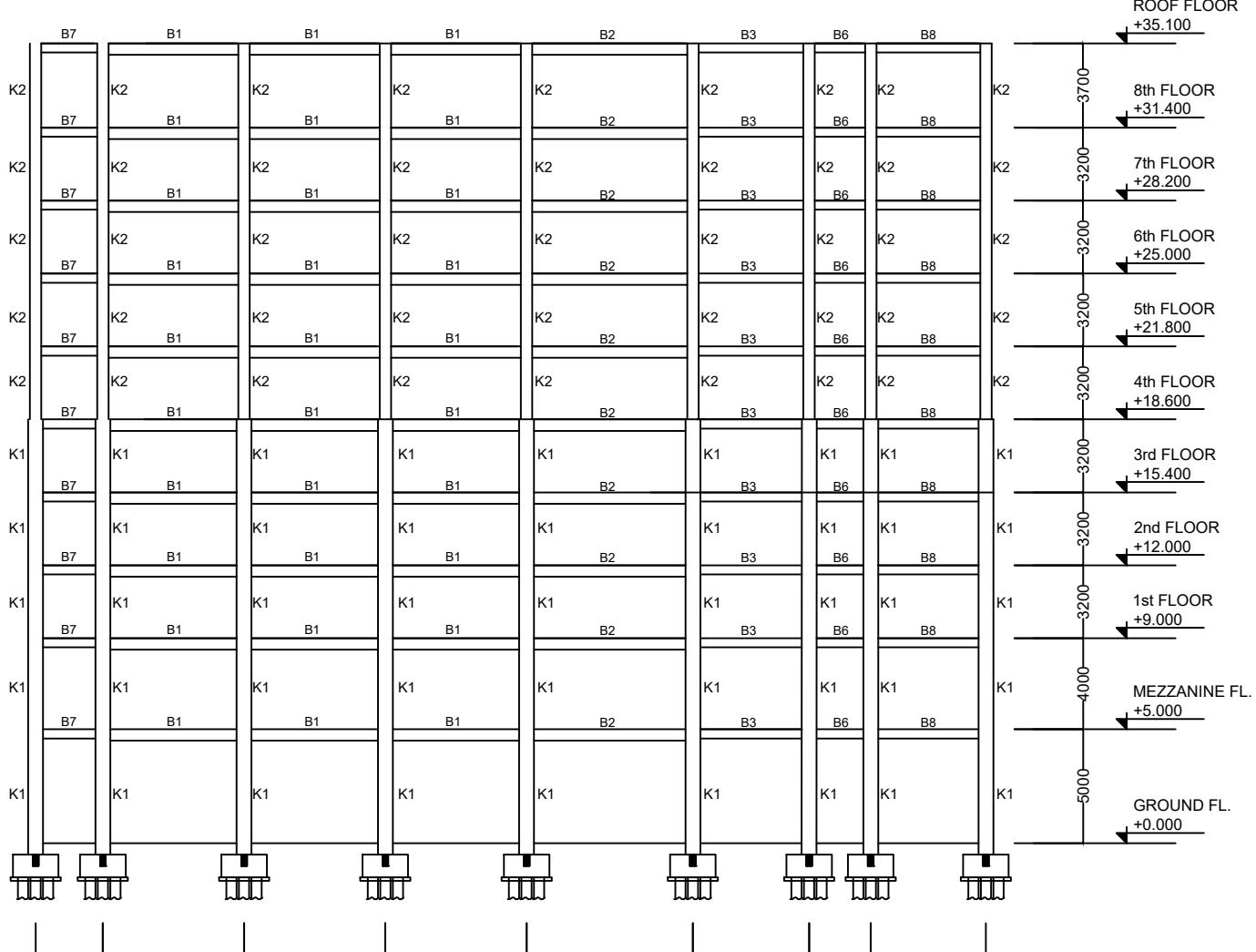


DENAH LT. GROUND - LT. 8
SKALA 1:200

Tabel Balok

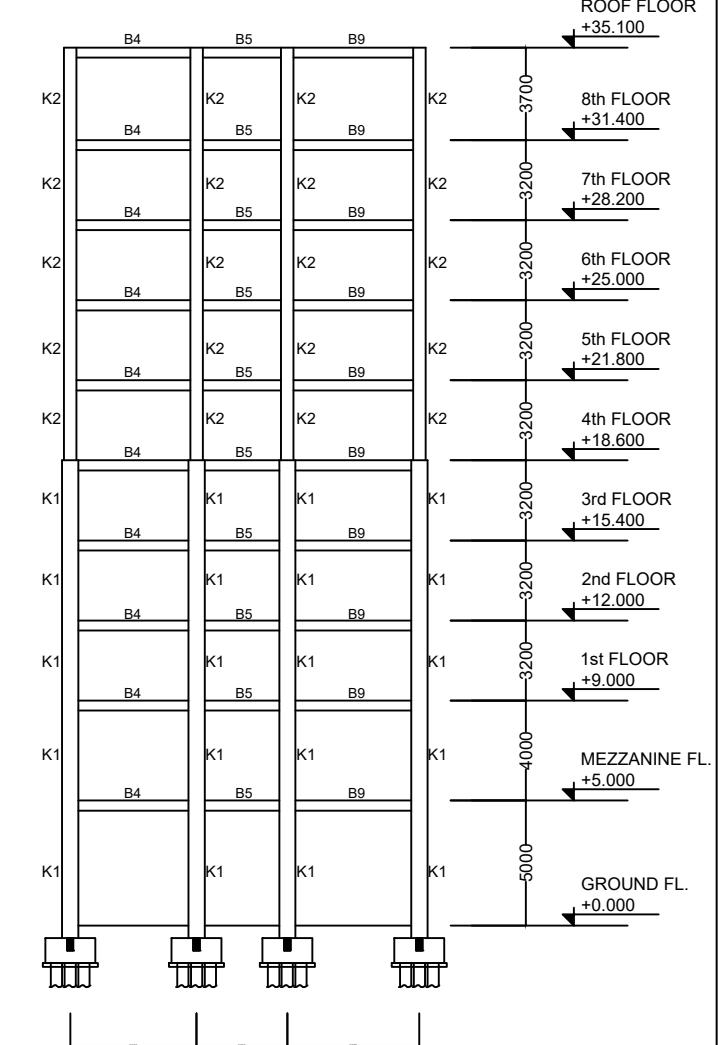
Tipe Balok	Dimensi (cm)	Bentang (mm)	Tipe Balok	Dimensi (cm)	Bentang (mm)
B1	30/45	6200	B7	30/40	2950
B2	30/45	7298	B8	30/40	5055
B3	30/40	5102	B9	30/40	5275
B4	30/40	5050	BA1	25/35	5050
B5	30/40	3630	BA2	25/35	5275
B6	30/40	2705	BA3	25/35	5055





POTONGAN MEMANJANG

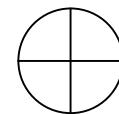
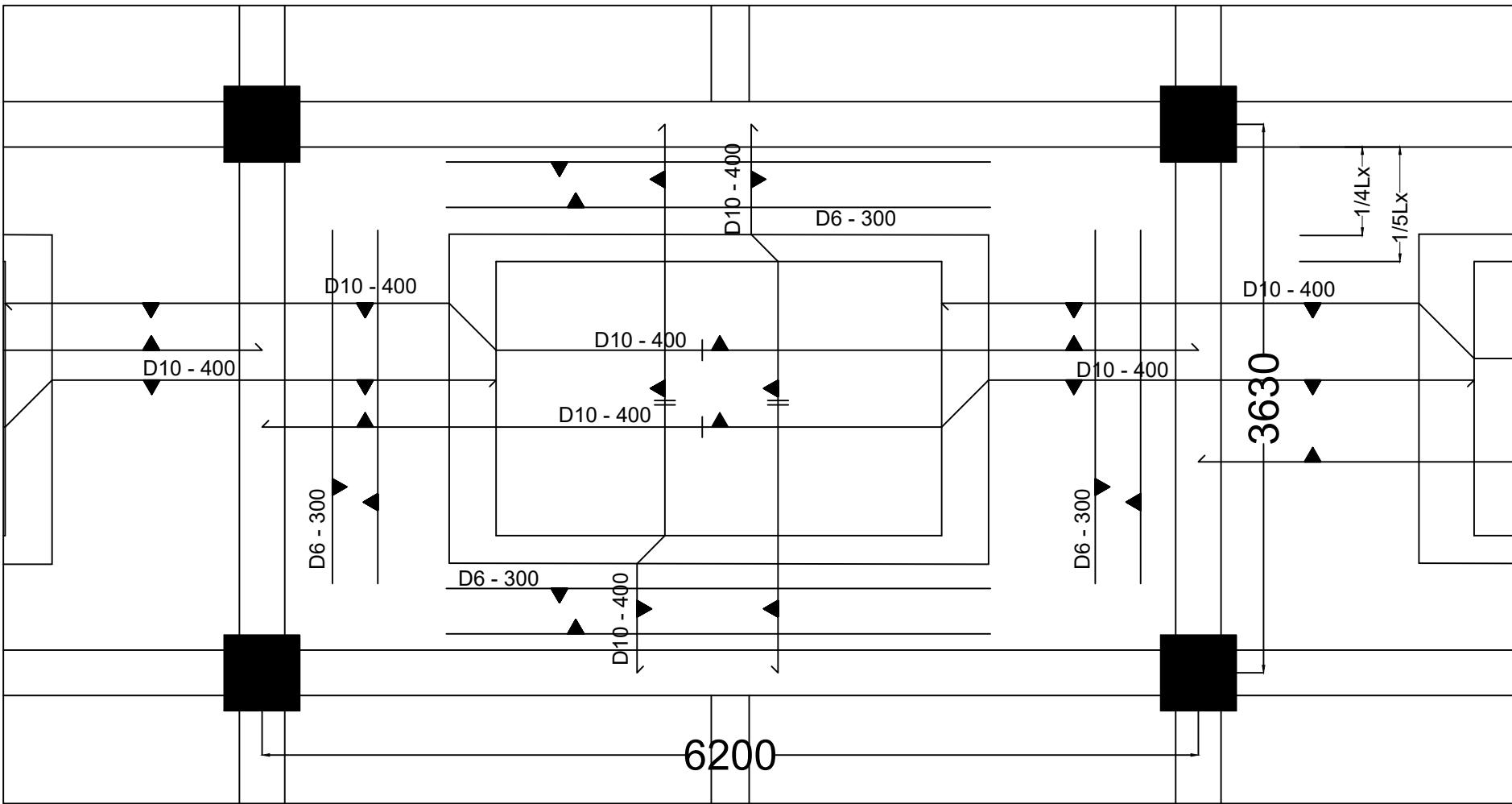
SKALA 1:300



POTONGAN MELINTANG

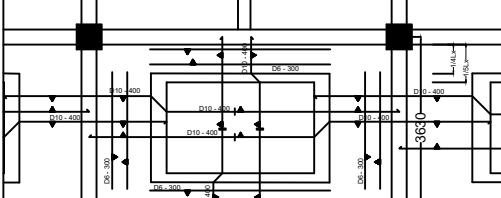
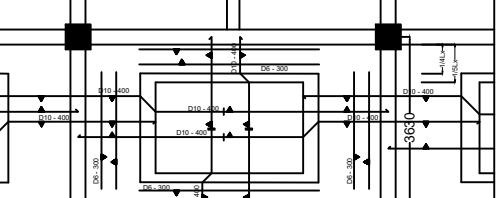
SKALA 1:300

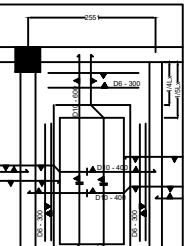
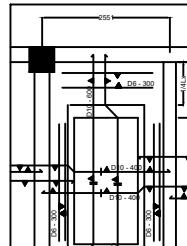


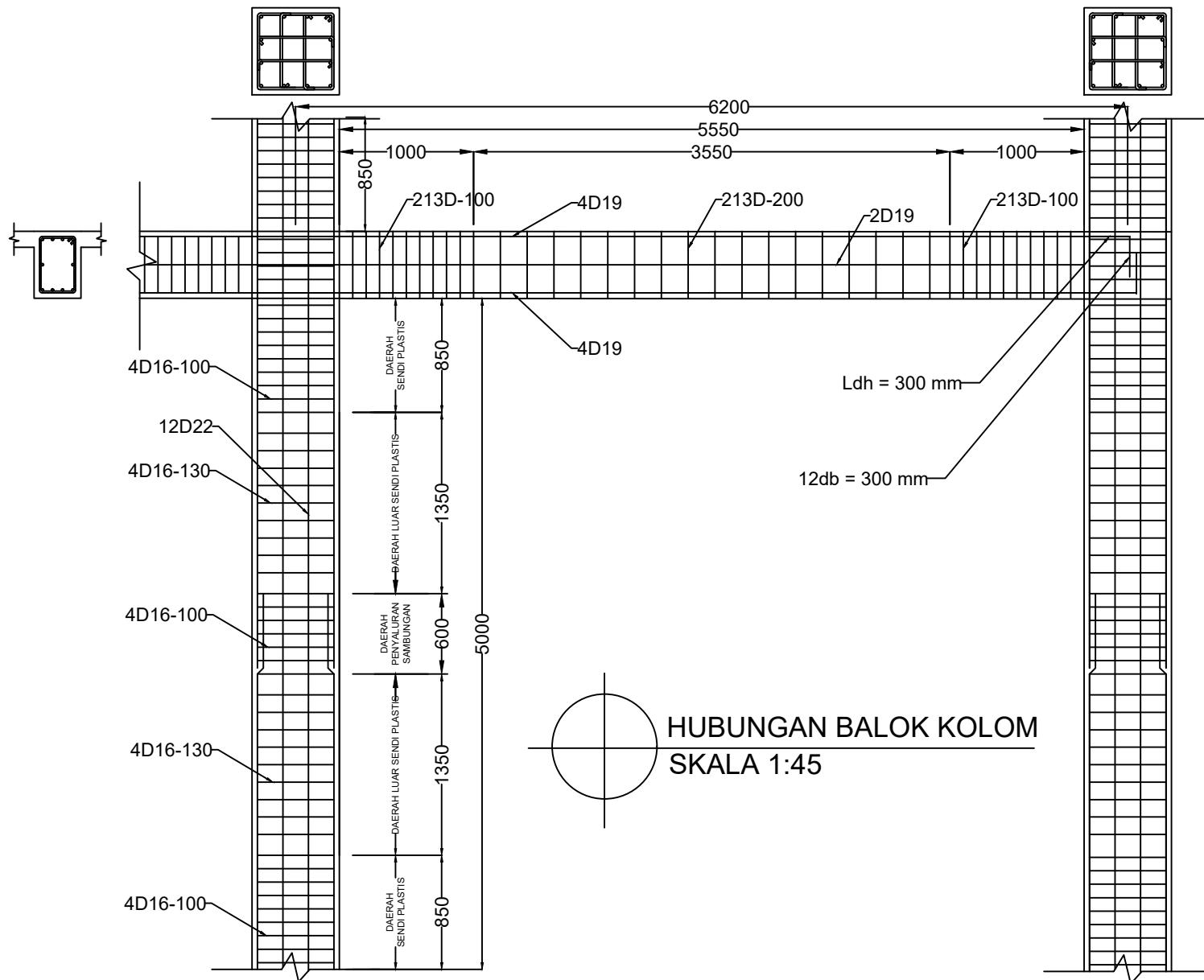


Detail Pelat Tipe C
Skala 1:40



LOKASI PELAT	ATAP (t = 10 cm)	LANTAI HOTEL (t = 12 cm)
TAMPAK ATAS		
TYPE	A,B,C,D,F,G,H,I,J,K,L,M,N (Pelat 2 Arah)	
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN
TULANGAN ARAH X	D10 - 200	D10 - 200
TULANGAN ARAH Y	D10 - 200	D10 - 200

LOKASI PELAT	ATAP (t = 10 cm)	LANTAI HOTEL (t = 12 cm)		
TAMPAK ATAS				
TYPE	E,O (Pelat 1 Arah)	E,O (Pelat 1 Arah)		
LOKASI	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
TULANGAN ARAH X	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200	D10 - 200
TULANGAN ARAH Y	D10 - 300	D10 - 300	D10 - 300	D10 - 300

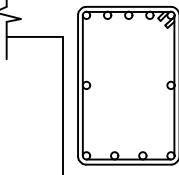
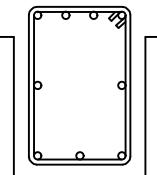
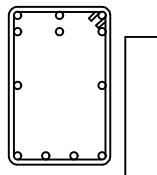
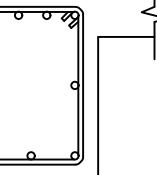
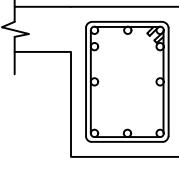
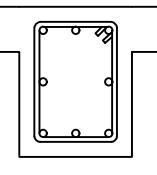
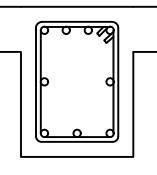
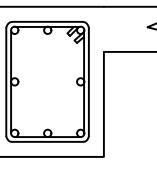


PENULANGAN BALOK INDUK

TYPE	B1 (L = 6200 mm)		B2 (L=7298 mm)	
b x h (mm)	BI 350 x 500		BI 350 x 500	
Posisi	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
Tul. Atas	4D19	4D19	5D19	4D19
Tul. Bawah	4D19	4D19	4D19	4D19
Tul. Pinggang	2D19	2D19	2D19	2D19
Sengkang	2D13 - 100	2D13 - 200	2D13 - 100	2D13 - 200
TYPE	B3 (L = 5102 mm)		B4, B5, B6, B8, & B9	
b x h (mm)	BI 300 x 400		BI 300 x 400	
Posisi	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
Tul. Atas	4D19	3D19	3D19	3D19
Tul. Bawah	3D19	3D19	3D19	3D19
Tul. Pinggang	2D19	2D19	2D19	2D19
Sengkang	2D13 - 80	2D13 - 150	2D13 - 80	2D13 - 150

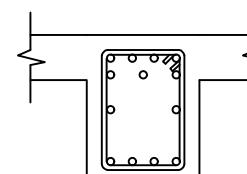
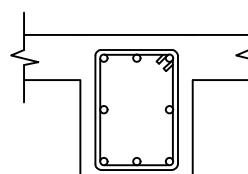
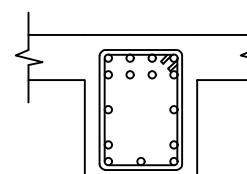
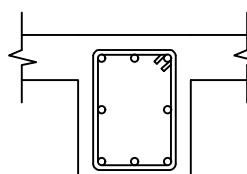
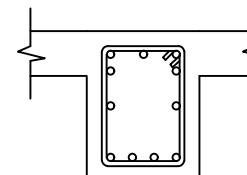
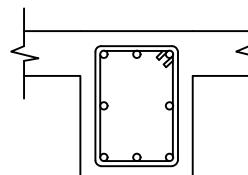


PENULANGAN BALOK KOLEKTOR

TYPE	BK1 (L = 6200 mm)		BK2 (L=7298 mm)	
b x h (mm)	BI 350 x 500		BI 350 x 500	
Posisi	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
Tul. Atas	5D19	4D19	6D19	4D19
Tul. Bawah	4D19	3D19	4D19	3D19
Tul. Pinggang	2D19	2D19	2D19	2D19
Sengkang	2D13 - 300	2D13 - 300	2D13 - 300	2D13 - 300
TYPE	B3, B9 (L = 5102 mm, 5275 mm)		BK4,BK7 (L= 5050,2950 mm)	
b x h (mm)	BI 300 x 400		BI 300 x 400	
Posisi	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
Tul. Atas	5D19	3D19	4D19	3D19
Tul. Bawah	3D19	3D19	3D19	3D19
Tul. Pinggang	2D13 - 150	2D13 - 200	2D19	2D19
Sengkang	2D13 - 150	2D13 - 200	2D13 - 200	2D13 - 200

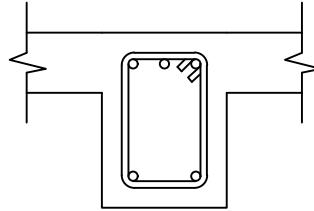
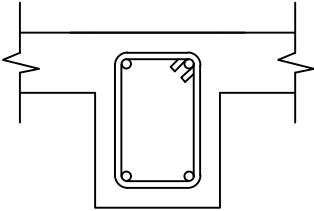
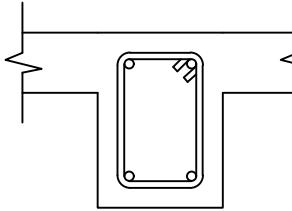
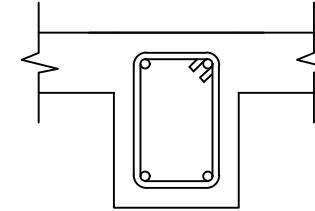


PENULANGAN BALOK KOLEKTOR

TYPE	BK5 (L = 3630 mm)		BK8 (L=2775 mm)			
	b x h (mm)	BI 300 x 400		b x h (mm)		
	Posisi	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN	
POTONGAN						
Tul. Atas	7D19	3D19	8D19	4D19		
Tul. Bawah	4D19	3D19	5D19	4D19		
Tul. Pinggang	2D19	2D19	2D19	2D19		
Sengkang	2D13 - 300	2D13 - 300	2D13 - 300	2D13 - 300		
TYPE	BK9 (L=2755 mm)					
	b x h (mm)	BI 300 x 400				
	Posisi	TUMPUAN	LAPANGAN			
POTONGAN						
Tul. Atas	5D19	3D19				
Tul. Bawah	4D19	3D19				
Tul. Pinggang	2D19	2D19				
Sengkang	2D13 - 200	2D13 - 200				

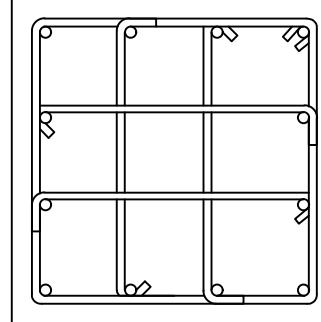
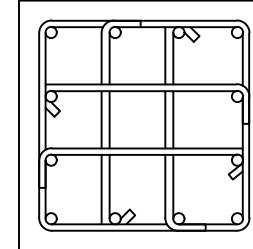


PENULANGAN BALOK ANAK

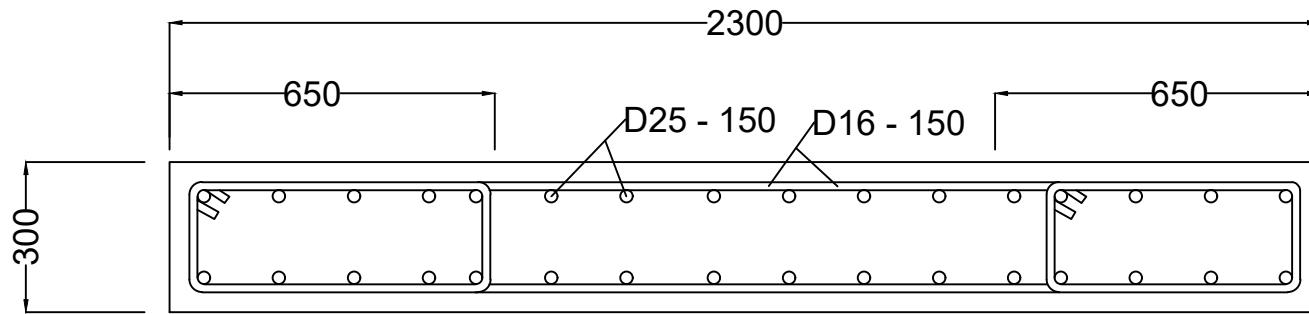
TYPE	BA1, BA2 (L = 5050, 5275 mm)		BA3 (L=5055 mm)	
b x h (mm)	BI 250 x 350		BI 250 x 350	
Posisi	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
POTONGAN				
Tul. Atas	3D19	2D19	2D19	2D19
Tul. Bawah	2D19	2D19	2D19	2D19
Sengkang	2D10 - 100	2D10 - 100	2D10 - 100	2D10 - 100



DETAIL PENULANGAN KOLOM

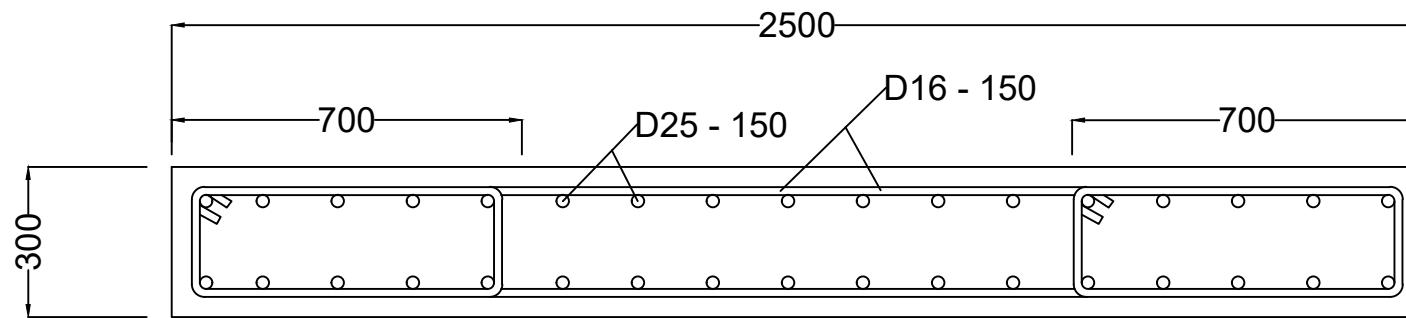
TYPE	K1	K2
b x h (mm)	650 x 650 mm	500 x 500 mm
Posisi	Lt. Ground - Lt. 4	Lt. 4 - Lt. Atap
POTONGAN		
Tul. Utama	12D22	12D22
Sengkang dekat HBK	4D16 - 100 mm	4D16 - 100 mm
Sengkang luar HBK	4D16 - 130 mm	4D16 - 130 mm





Penulangan Shearwall Tipe 1

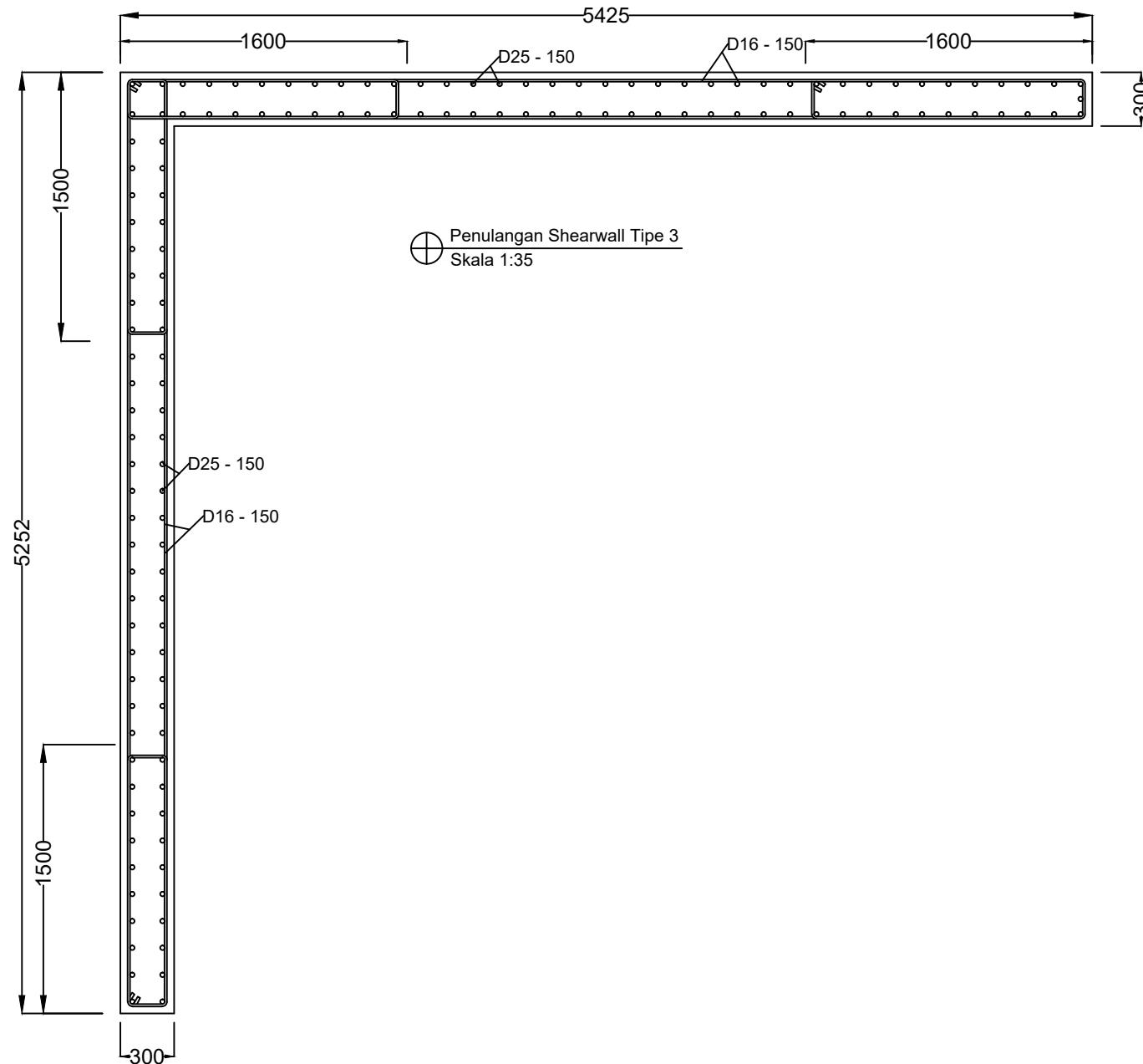
Skala 1:15

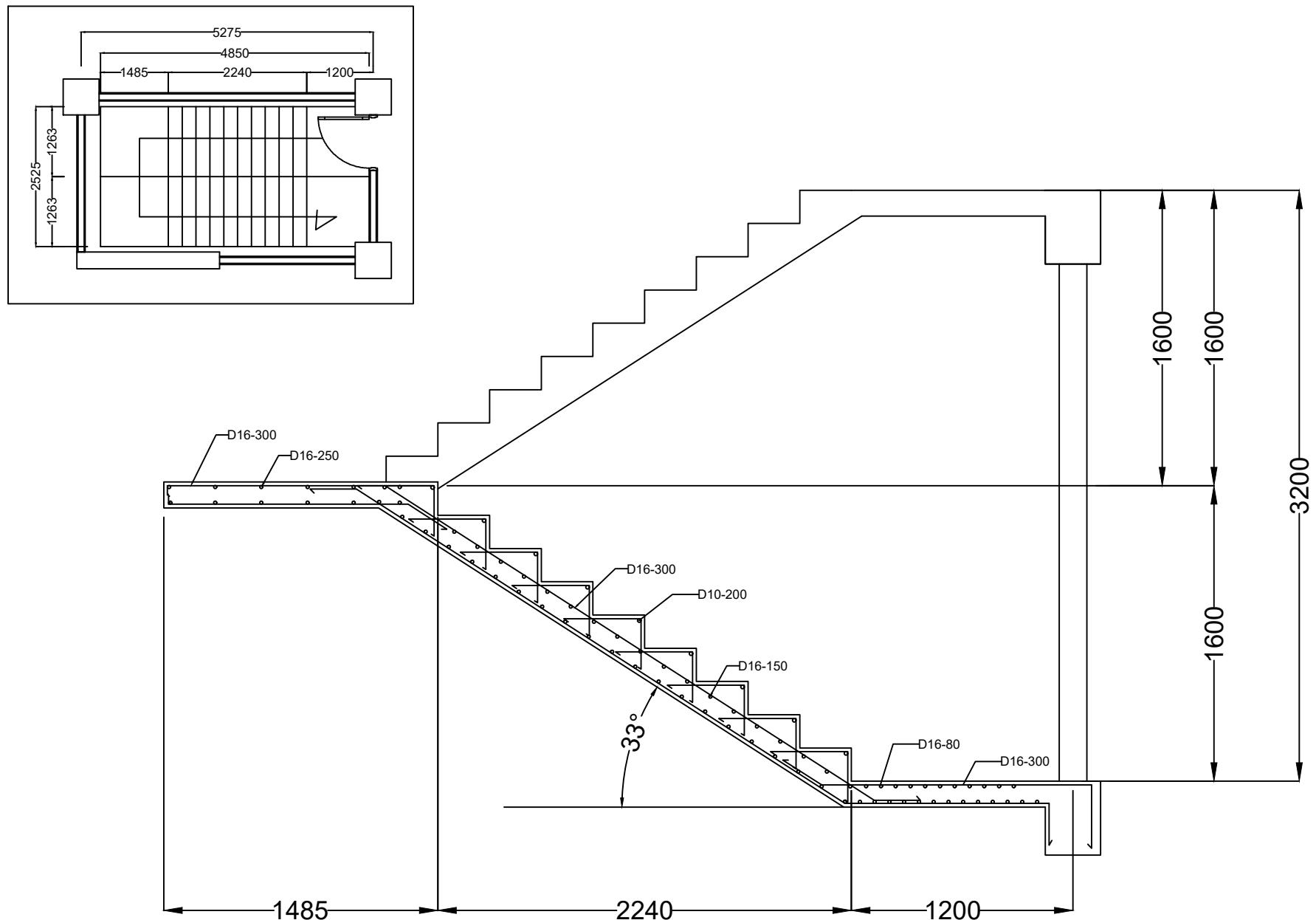


Penulangan Shearwall Tipe 2

Skala 1:15







BIODATA PENULIS



Sochiva Pramesti,

Penulis dilahirkan di Bogor tanggal 25 Juli 1996, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh Pendidikan formal di SD Islam Al-Azhar 27 Cibinong, SMP Negeri 4 Bogor, dan SMA Negeri 3 Bogor. Lulus dari SMA, penulis kemudian melanjutkan pendidikan program sarjana (S1) di Jurusan Teknik Sipil ITS pada tahun 2014 melalui jalur SNMPTN Undangan dan terdaftar dengan NRP 3114100063. Gelar Sarjana Teknik diperoleh penulis pada tahun 2018 dengan judul Tugas Akhir "*Studi Perbandingan Desain Steel Fiber Reinforced Concrete dengan Beton Bertulang Konvensional pada Gedung Hotel Ibis Surabaya*". Jika pembaca ingin berdiskusi dengan penulis dapat menghubungi melalui email: sochivap@gmail.com