



TUGAS AKHIR – RC184803

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG IBIS STYLES  
HOTEL TANAH ABANG MENGGUNAKAN STRUKTUR  
BAJA KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS

LUTFI JAUZIE  
NRP 031114410000067

Dosen Pembimbing 1  
Budi Suswanto, ST.,MT., Ph.D

Dosen Pembimbing II  
Bambang Pisceca, ST.,MT., Ph.D

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





TUGAS AKHIR – RC18-4803

**MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG IBIS STYLES  
HOTEL TANAH ABANG MENGGUNAKAN STRUKTUR  
BAJA KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS**

LUTFI JAUZIE  
NRP 031114410000067

Dosen Pembimbing 1  
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Dosen Pembimbing II  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D

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





FINAL PROJECT – RC18-4803

DESIGN MODIFICATION OF IBIS STYLES BUILDING  
TANAH ABANG USING COMPOSITE STEEL STRUCTURE  
AND ECCENTRICALLY BRACED FRAMES

LUTFI JAUZIE  
NRP 031114410000067

Major Supervisor 1  
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Major Supervisor II  
Bambang Pisceca, ST., MT., Ph.D

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering, Enviroment, and Geological  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2019



**MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG IBIS  
STYLES HOTEL TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT DENGAN SISTEM  
RANGKA BERPENGAKU EKSENTRIS**

**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 Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Lutfi Jauzie**

Nrp. 0311144000067

Disetujui oleh Team Evaluasi Proposal Tugas Akhir:

1. Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D. (Pembimbing I)
2. Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D. (Pembimbing II)

**SURABAYA, JANUARI 2018**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



# **MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG IBIS STYLES HOTEL TANAH ABANG MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA BERPENGAKU EKSENTRIS**

**Nama Mahasiswa** : Lutfi Jauzie  
**NRP** : 0311144000067  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSLK - ITS  
**Dosen Konsultasi I** : Budi Suswanto, ST., MT., PhD  
**Bambang Pisceca, ST., MT., PhD**

## **ABSTRAK**

*Mengacu pada RPJMD (Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah) Provinsi DKI Jakarta tahun 2013-2017 sebagai kota perdagangan dan jasa tidak dapat dihindari bahwa kebutuhan hotel juga sangat tinggi. Pendapatan kota di Jakarta Pusat menunjukkan angka yang signifikan dari sektor jasa salah satunya hotel, dimana kenaikan pendapatan hotel sebesar 7.2% di tahun 2012.*

*Sedangkan, pada wilayah pulau Jawa secara keseluruhan merupakan daerah rawan gempa dengan kekuatan > 5-6 SR (Soehaimi, 2008) yang dapat mengakibatkan kerusakan yang cukup signifikan terutama di wilayah daratan. Oleh karena itu, struktur beton biasa dirasa kurang mampu mengantisipasi gaya geser akibat gempa dan cukup beresiko. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka digunakanlah struktur baja komposit dengan sistem rangka berpengaku eksentris sebagai penahan gempa. Karena pada dasarnya perilaku struktur komposit memanfaatkan kelebihan dari beton yang kuat terhadap tekan dan baja yang kuat terhadap tarik dan bekerja bersama-sama sebagai satu kesatuan. Baja juga memiliki sifat daktail yang secara alami tahan terhadap gempa (Dewobroto, 2015). Sedangkan Struktur dengan Sistem Rangka Berpengaku Eksentris (SRBE) itu sendiri merupakan sistem struktur dengan elemen bresing yang memberikan kekakuan*

*dalam menahan beban lateral (Aziz, 2012). Elemen bresing terhubung langsung pada balok dengan jarak “e” dari perpotongan sumbu balok dan kolom sehingga membentuk segmen balok pendek atau link.*

*Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, dilakukan modifikasi perencanaan terhadap Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang dengan menggunakan struktur baja komposit dengan sistem rangka berpengaku eksentris. Analisis perhitungan struktur tugas akhir ini berpatokan pada SNI 1729:2015, SNI 1726:2012, SNI 1727:2013, dan SNI 2847:2013. Program bantu yang digunakan dalam perencanaan ini adalah ETABS, SAP2000 dan autoCAD.*

*Dari hasil perhitungan, diperoleh hasil sebagai berikut: tebal pelat lantai bondek 9 cm, tebal pelat lantai beton 20 cm, dimensi balok anak terbesar WF 400 x 200 x 8 x 13, balok induk WF 500 x 200 x 10 x 16, balok link WF 400 x 200 x 8 x 13, balok luar link WF 500 x 200 x 10 x 16, dimensi kolom CFT 700 x 700 x 25, kolom beton 100/100 cm, dimensi sloof 42/60 cm, dan pondasi tiang pancang diameter 60 cm dengan kedalaman 24 m.*

***Kata kunci: Sistem Rangka Berpengaku Eksentris, Struktur Tahan Gempa, Struktur Baja Komposit.***

**DESIGN MODIFICATION OF IBIS STYLES HOTEL  
BUILDING TANAH ABANG USING COMPOSITE STEEL  
STRUCTURE AND ECCENTRICALLY BRACED  
FRAMES**

**Students Name** : Lutfi Jauzie  
**NRP** : 03111440000067  
**Department** : Teknik Sipil FTSLK - ITS  
**Major Supervisor** : Budi Suswanto, ST., MT., PhD  
Bambang Piscesa, ST., MT., PhD

**ABSTRACT**

*Referring to the RPJMD (Regional Medium Term Development Plan) of the DKI Jakarta Province in 2013-2017 as a city of trade and services it is inevitable that the hotel needs are also very high. City revenues in Central Jakarta show a significant number from the service sector, one of them being a hotel, where hotel revenue increased by 7.2% in 2012.*

*Meanwhile, on the whole island of Java is an earthquake-prone area with a strength of  $> 5-6$  SR (Soehaimi, 2008) which can cause significant damage, especially in the mainland. Therefore, ordinary concrete structures are considered unable to anticipate shear forces due to earthquakes and are quite risky. To overcome this problem, a composite steel structure was used with an eccentric nailed skeletal system as an earthquake barrier. Because basically the behavior of composite structures utilizes the advantages of concrete which is strong against press and steel that is strong against tensile and works together as a single unit. Steel also has ductile properties that are naturally resistant to earthquakes (Dewobroto, 2015). Whereas Structures with an Eccentric Adjusted Frame System (SRBE) itself is a structural system with bracing elements that provide stiffness in resisting lateral loads (Aziz, 2012). The bracing element is directly connected to the beam with a distance "e" from the intersection of the beam and column axes to form a short beam segment or link.*

*In this final project, modifications were made to the Ibis Styles Hotel Tanah Abang Building using a composite steel structure with an eccentric nailed frame system. Analysis of the structural calculation of this final project is based on SNI 1729: 2015, SNI 1726: 2012, SNI 1727: 2013, and SNI 2847: 2013. The auxiliary programs used in this plan are ETABS, SAP2000, and autoCAD.*

*From the results of calculations, the following results were obtained: bondek 9 cm thick floor slabs, 20 cm thick concrete slab, the largest beam dimensions WF 400 x 200 x 8 x 13, WF 500 x 200 x 10 x 16 main beam, WF link beam 400 x 200 x 8 x 13, outer beam link WF 500 x 200 x 10 x 16, CFT column dimensions 700 x 700 x 25, 100/100 cm concrete column, sloof dimensions 42/60 cm, and pile foundation 60 cm in diameter with a depth of 24 m.*

***Keywords: Eccentric Configuration Frame System, Earthquake Resistant Structure, Composite Steel Structure.***

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan pertolongan-Nya kami dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul “Modifikasi Perencanaan Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang Menggunakan Struktur Baja Komposit dengan Sistem Rangka Berpengaku Eksentris”.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapat saran, dorongan, bimbingan serta bantuan-bantuan berupa data dari berbagai pihak. Oleh karena itu perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua dan keluarga besar dari penulis, yang telah memberikan doa dan dukungan baik moril maupun materil.
2. Budi Suswanto, ST., MT., PhD dan Bambang Piscesa, ST., MT., PhD selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir ini.
3. Bapak Budi Rahardjo, ST., MT selaku dosen wali yang telah memberikan motivasi, dan pengarahan kepada penulis.
4. Nayla Lulu F., yang selalu memberikan motivasi dan dorongan untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini
5. Alfian Nur K., Fanny Ramadhan, dan Harjun Wiranata, yang selalu membantu saya dalam memahami beberapa materi yang kurang saya mengerti.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca yang akan bermanfaat dalam penyempurnaan tugas akhir ini.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Struktur Komposit .....	7
2.2.1 Struktur Kolom Komposit .....	7
2.2.2 Struktur Balok Komposit.....	8
2.3 Sistem Rangka Berpengaku Eksentris.....	9
2.3.1 Pengertian.....	9

2.3.2	Konsep perencanaan SRBE.....	10
2.3.3	Karakteristik Link.....	10
2.4	Pondasi .....	12
2.4.1	Pondasi Dangkal.....	12
2.4.2	Pondasi Dalam.....	13
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI .....</b>	<b>15</b>
3.1	Urutan Pekerjaan .....	15
3.2	Pengumpulan Data .....	16
3.3	Studi Literatur .....	17
3.4	Preliminary Desain Gedung .....	17
3.4.1	Perencanaan Struktur Sekunder.....	17
3.4.2	Perencanaan Struktur Primer.....	18
3.5	Analisis Pembebanan Gedung.....	18
3.5.1	Beban Mati .....	18
3.5.2	Beban Hidup.....	18
3.5.3	Beban Gempa .....	19
3.5.4	Beban Angin.....	25
3.5.5	Kombinasi Pembebanan .....	26
3.6	Permodelan Menggunakan Program Bantu .....	27
3.7	Kontrol Kekuatan Struktur Gedung.....	27
3.8	Perencanaan Sambungan .....	45
3.8.1	Perencanaan Sambungan Baut Tipe Tumpu.....	45
3.8.2	Perencanaan Sambungan Las .....	46
3.10	Perencanaan Pondasi .....	48



3.10.1 Daya dukung tiang tunggal berdasarkan teori statik klasik.....	49
3.10.2 Daya dukung tiang tunggal berdasarkan nilai SPT ..	52
3.10.3 Daya dukung tiang grup berdasarkan nilai SPT .....	53
3.11 Penggambaran Perencanaan Gedung .....	55
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>57</b>
4.1 Perencanaan Struktur Sekunder.....	57
4.1.1 Perencanaan Pelat Lantai.....	57
4.1.2 Perencanaan Balok Anak.....	61
4.1.3 Perencanaan Balok Penggantung Lift .....	68
4.1.4 Perencanaan Tangga dan Bordes.....	75
4.2 Permodelan Struktur .....	94
4.2.1 Penjelasan Umum.....	94
4.2.2 Pembebanan Struktur Utama.....	98
4.2.3 Pembebanan Gempa Dinamis.....	99
4.2.4 Kombinasi Pembebanan .....	104
4.2.5 Kontrol Desain .....	104
4.3 Perencanaan Struktur Primer .....	116
4.3.1 Perencanaan Link .....	116
4.3.2 Balok Luar Link .....	125
4.3.3 Perencanaan Bresing .....	131
4.3.4 Perencanaan Balok Induk.....	135
4.3.5 Perencanaan Kolom.....	159
4.4 Perencanaan Sambungan .....	169

4.4.1 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak.....	169
4.4.2 Sambungan Balok Tangga.....	175
4.4.3 Sambungan Bresing.....	183
4.4.4 Sambungan Balok Induk dengan Kolom.....	189
4.4.5 Sambungan Antar Kolom.....	195
4.4.6 Sambungan Kolom dengan <i>Base Plate</i> .....	197
4.4.7 Sambungan Link dengan Balok Luar Link.....	204
4.5 Perencanaan Struktur Bawah.....	209
4.5.1 Preliminary Desain .....	209
4.5.2 Perencanaan Pelat Beton Lantai 1 .....	211
4.5.3 Perencanaan Kolom Beton .....	213
4.5.4 Perencanaan Pondasi .....	218
4.5.5 Perencanaan Poer pada Kolom.....	228
4.5.6 Perencanaan Sloof Pondasi .....	235
BAB V PENUTUP.....	241
5.1 Kesimpulan.....	241
5.2 Saran.....	243
DAFTAR PUSTAKA.....	245
LAMPIRAN .....	247
BIODATA PENULIS	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Potongan Bangunan Eksisting .....	2
Gambar 1.2 Potongan bangunan Modifikasi .....	3
Gambar 2.1 <i>Concrete Filled Steel</i> .....	8
Gambar 2.2 Balok Komposit Dengan Penghubung Geser .....	9
Gambar 2.3 Balok Baja Yang Diselubung Beton.....	9
Gambar 2.4 Visualisasi Sistem Rangka Berpengaku Bresing .....	10
Gambar 2.5 Visualisasi Perilaku Link saat Terkena Beban Gempa .....	11
Gambar 2.6 Jenis Pondasi Dalam : a). Pondasi Sumuran.....	13
Gambar 2.6 Jenis Pondasi Dalam : b). Pondasi Tiang .....	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	16
Gambar 3.2 Peta untuk SS.....	24
Gambar 3.3 Peta untuk S1 .....	24
Gambar 3.4 Penampang Kritis Pada Pondasi .....	54
Gambar 4.1 Pelat Lantai 2-17.....	57
Gambar 4.2 Pelat Lantai Atap .....	59
Gambar 4.3 Denah Balok Anak Lantai 2-17 .....	61
Gambar 4.4 Denah Balok Anak Lantai Atap.....	65
Gambar 4.5 Denah Lift Tampak Atas .....	69
Gambar 4.6 Potongan Melintang Lift.....	70
Gambar 4.7 Model Pembebanan Balok Penggantung Lift .....	71

Gambar 4.8 Diagram Momen Balok Penggantung Lift .....	73
Gambar 4.9 Hasil Lendutan Balok Penumpu Lift Berdasarkan Hasil SAP2000 .....	75
Gambar 4.10 Denah Tangga.....	76
Gambar 4.11 Gambar Rencana Tangga.....	76
Gambar 4.12 Rencana Tangga Tampak Samping .....	77
Gambar 4.13 Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga .....	81
Gambar 4.14 Bidang M Balok Tangga.....	83
Gambar 4.15 Bidang D Balok Tangga .....	84
Gambar 4.16 Bidang N Balok Tangga .....	84
Gambar 4.17 Hasil Lendutan Balok Utama Tangga A-C Berdasarkan Hasil SAP2000 .....	86
Gambar 4.18 Hasil Lendutan Balok Utama Tangga B-C Berdasarkan Hasil SAP2000 .....	86
Gambar 4.19 Pembebanan Balok Penumpu Tangga .....	87
Gambar 4.20 Hasil Lendutan Balok Penumpu Bordes Berdasarkan Hasil SAP2000 .....	90
Gambar 4.21 Pembebanan Balok Penumpu Tangga .....	91
Gambar 4.22 Hasil Lendutan Balok Penumpu Bordes Berdasarkan Hasil SAP2000 .....	94
Gambar 4.23 Denah Lantai 2 Struktur Ibis Styles Hotel Tanah Abang .....	95
Gambar 4.24 Denah Lantai 3 dan 4 Struktur Ibis Styles Hotel Tanah Abang .....	95
Gambar 4.25 Denah Lantai Atap Struktur Ibis Styles Hotel Tanah Abang .....	96
Gambar 4.26 Potongan Memanjang Struktur Ibis Styles Hotel Tanah Abang .....	96

Gambar 4.27 Potongan Melintang Struktur Ibis Styles Hotel Tanah Abang .....	97
Gambar 4.28 Struktur 3D Ibis Styles Hotel Tanah Abang .....	97
Gambar 4.29 Grafik Spektral Percepatan Gempa Jakarta .....	102
Gambar 4.30 Elemen Link .....	116
Gambar 4.31 Link Memanjang (Lantai 5) yang Ditinjau .....	117
Gambar 4.32 Gaya Dalam Link Arah Memanjang .....	118
Gambar 4.33 Jarak Pengaku Link Memanjang .....	120
Gambar 4.34 Link Melintang (Lantai 5) yang Ditinjau .....	121
Gambar 4.35 Gaya Dalam Link Arah Melintang .....	122
Gambar 4.36 Jarak Pengaku Link Melintang .....	124
Gambar 4.37 Elemen Balok Diluar Link .....	125
Gambar 4.38 Balok Luar Link Memanjang (Lantai 3) yang Ditinjau .....	125
Gambar 4.39 Gaya Dalam Balok Luar Link Memanjang .....	126
Gambar 4.40 Balok Luar Link Melintang (Lantai 5) yang Ditinjau .....	128
Gambar 4.41 Gaya Dalam Balok Luar Link Melintang .....	129
Gambar 4.42 Elemen Bresing .....	131
Gambar 4.43 Denah Lantai 2 Struktur Ibis Styles Hotel Tanah Abang .....	135
Gambar 4.44 Gaya Dalam Balok Induk Arah X Sebelum Komposit .....	136
Gambar 4.45 Lendutan Pada Balok Induk Memanjang Akibat Kombinasi 1D+1L .....	140
Gambar 4.46 Gaya Dalam Pada Balok Setelah Komposit .....	140

Gambar 4.47 Gaya Pada Balok Komposit Akibat Momen Positif .....	140
Gambar 4.48 Gaya Pada Balok Komposit Akibat Momen Negatif .....	145
Gambar 4.49 <i>Shear Connector</i> Balok Memanjang .....	146
Gambar 4.50 Lendutan Pada Balok Induk Arah X Akibat Kombinasi 1D+1L.....	147
Gambar 4.51 Denah Lantai 10 Struktur Ibis Styles Hotel Tanah Abang .....	147
Gambar 4.52 Gaya Dalam Balok Induk Arah X Sebelum Komposit .....	148
Gambar 4.53 Lendutan Pada Balok Induk Memanjang Akibat Kombinasi 1D+1L.....	152
Gambar 4.54 Gaya Dalam Pada Balok Setelah Komposit .....	152
Gambar 4.55 Gaya Pada Balok Komposit Akibat Momen Positif .....	155
Gambar 4.56 Gaya Pada Balok Komposit Akibat Momen Negatif .....	157
Gambar 4.57 <i>Shear Connector</i> Balok Melintang .....	158
Gambar 4.58 Lendutan Pada Balok Induk Arah X Akibat Kombinasi 1D+1L.....	159
Gambar 4.59 Gaya Dalam Pada Kolom CFT Akibat Beban Gravitasi Pada Bentang 3,5 m .....	160
Gambar 4.60 Gaya Dalam Pada Kolom CFT Akibat Beban Gravitasi Pada Bentang 0 m .....	160
Gambar 4.61 Gaya Dalam Pada Kolom CFT Akibat Beban Gempa Arah X .....	161
Gambar 4.62 Gaya Dalam Pada Kolom CFT Akibat Beban Gempa Arah Y .....	161

Gambar 4.63 Penampang Melintang Kolom CFT.....	167
Gambar 4.64 Diagram Interaksi pada kolom CFT menggunakan ETABS .....	168
Gambar 4.65 Sambungan Balok Atap Hotel dengan Balok Induk .....	170
Gambar 4.66 Potongan Sambungan Balok Atap Hotel dengan Balok Induk.....	170
Gambar 4.67 Sambungan Balok Anak Lantai dengan Balok Induk .....	172
Gambar 4.68 Potongan Sambungan Balok Anak Lantai dengan Balok Induk.....	173
Gambar 4.69 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga.....	175
Gambar 4.70 Sambungan Balok Bordes dengan Balok Penumpu Bordes.....	179
Gambar 4.71 Sambungan Balok Penumpu Bordes dengan Kolom .....	180
Gambar 4.72 Potongan Sambungan Balok Penumpu Bordes dengan Kolom .....	180
Gambar 4.73 Sambungan Bresing dengan Balok Luar Link.....	183
Gambar 4.74 Sambungan Bresing dengan Kolom .....	183
Gambar 4.75 Sambungan Balok Induk dengan Kolom.....	190
Gambar 4.76 Potongan Sambungan Balok Induk dengan Kolom .....	190
Gambar 4.77 Sambungan Antar Kolom .....	195
Gambar 4.78 Potongan Sambungan Antar Kolom .....	196
Gambar 4.79 Sambungan Kolom dengan Baseplate .....	197
Gambar 4.80 Potongan Sambungan Kolom dengan Baseplate .	198

Gambar 4.81 Penampang Kolom dengan Baseplate akibat beban X.....	200
Gambar 4.82 Penampang Kolom dengan Baseplate akibat beban Y.....	201
Gambar 4.83 Sambungan Balok Link dengan Balok Luar Link .....	204
Gambar 4.84 Potongan Sambungan Balok Link dengan Balok Luar Link.....	205
Gambar 4.85 Penulangan Kolom Beton.....	215
Gambar 4.86 Diagram Interaksi Kolom Beton.....	215
Gambar 4.87 Diagram Interaksi Kolom CFT dan Kolom Beton .....	216
Gambar 4.88 Denah Pondasi.....	219
Gambar 4.89 Poer Tipe 1 .....	228
Gambar 4.90 Area Kritis Geser Akibat Kolom.....	229
Gambar 4.91 Area Kritis Geser Akibat 1 Tiang Pancang .....	231
Gambar 4.92 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu X) .....	233
Gambar 4.93 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu Y) .....	234
Gambar 4.94 Diagram Interaksi Sloof.....	237
Gambar 4.95 Hasil Penulangan <i>pcaColumn</i> .....	237
Gambar 4.96 Detail Sloof.....	239



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa .....	20
Tabel 3.2 Faktor Keutamaan Gempa.....	23
Tabel 3.3 Faktor Keutamaan Gempa.....	23
Tabel 3.4 Koefisien Situs, $F_a$ .....	24
Tabel 3.5 Koefisien Situs, $F_v$ .....	25
Tabel 3.6 Batas-batas pengekang lateral .....	36
Tabel 3.7 Kategori Panjang Link .....	43
Tabel 3.8 Batasan Rotasi Link .....	43
Tabel 3.9 Prasyarat Pengaku Badan Link.....	43
Tabel 3.10 Throat Efektif Minimum Las Tumpul.....	46
Tabel 3.11 Ukuran Minimum Las Sudut.....	48
Tabel 3.12 Nilai $N_c$ dan $N_q$ .....	50
Tabel 3.13 Nilai $\alpha$ dan $\beta$ .....	51
Tabel 4.1 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai 2-17.....	59
Tabel 4.2 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai Atap .....	60
Tabel 4.3 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak Lantai 2-17.....	64
Tabel 4.4 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak Lantai Atap .....	68
Tabel 4.5 Perhitungan $N$ Rata-Rata.....	100
Tabel 4.6 Parameter Gempa wilayah Jakarta untuk Situs E.....	102
Tabel 4.7 Faktor $R_a$ , $C_{db}$ , dan $\Omega_0$ untuk sistem penahan gaya gempa .....	103
Tabel 4.8 Beban Mati Pelat (Beton).....	105

Tabel 4.9 Beban Mati Pelat (Bondek) .....	106
Tabel 4.10 Beban Mati Balok Anak .....	106
Tabel 4.11 Beban Mati Balok Induk .....	106
Tabel 4.12 Beban Mati Kolom .....	107
Tabel 4.13 Beban Mati Balok Link .....	107
Tabel 4.14 Beban Mati Bracing .....	107
Tabel 4.15 Beban Mati Tambahan .....	107
Tabel 4.16 Beban Hidup.....	107
Tabel 4.17 Berat Total Bangunan.....	108
Tabel 4.18 Perbandingan Beban Etabs.....	108
Tabel 4.19 Partisipasi Massa.....	109
Tabel 4.20 Periode Struktur.....	110
Tabel 4.21 Gaya Geser Dasar Beban Gempa .....	112
Tabel 4.22 Simpangan AntarLantai Sumbu X .....	114
Tabel 4.23 Simpangan Antar Lantai Sumbu Y .....	115
Tabel 4.24 Reaksi Perletakan dan Presentase Gaya Geser Kontrol .....	116
Tabel 4.25 Gaya Dalam Kolom CFT .....	159
Tabel 4.26 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai 1 .....	213
Tabel 4.27 Rekapitulasi Pengolahan Data Tanah.....	222
Tabel 4.28 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 1 .....	223
Tabel 4.29 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 2 .....	223
Tabel 4.30 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum Tipe 1 .....	225
Tabel 4.31 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum Tipe 2 .....	226
Tabel 4.32 Nilai $V_{ux}$ dan $V_{uy}$ Pondasi F1.....	227

Tabel 4.33 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 1  
.....227

Tabel 4.34 1 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 2  
.....227

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **BAB I**

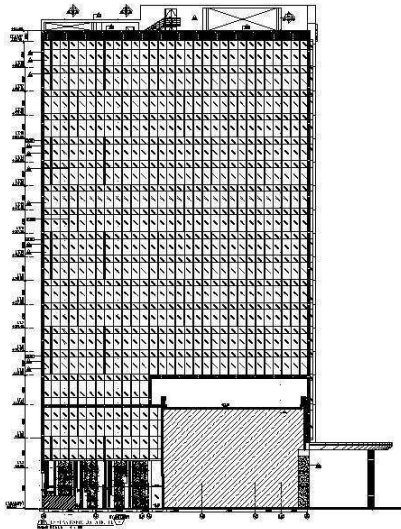
## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

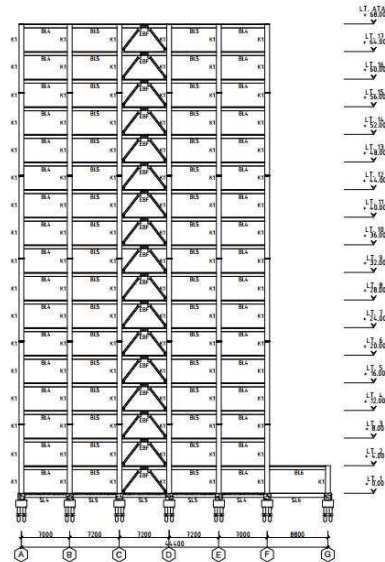
Mengacu pada RPJMD (Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah) Provinsi DKI Jakarta tahun 2013-2017 sebagai kota perdagangan dan jasa tidak dapat dihindari bahwa kebutuhan hotel juga sangat tinggi. Pada saat ini hotel dijadikan tempat pertemuan pemerintah dan pengusaha menjalin kerjasama dalam pertumbuhan kota. Pendapatan kota di Jakarta Pusat menunjukkan angka yang signifikan dari sektor jasa salah satunya hotel, dimana kenaikan pendapatan hotel sebesar 7.2% di tahun 2012. Oleh karena itu dibangunlah Ibis Styles Hotel Tanah Abang pada tahun 2017 di daerah Tanah Abang, Jakarta Pusat.

Sedangkan, pada wilayah pulau Jawa secara keseluruhan merupakan daerah rawan gempa dengan kekuatan  $> 5-6$  SR (Soehaimi, 2008) yang dapat mengakibatkan kerusakan yang cukup signifikan terutama di wilayah daratan. Oleh karena itu, struktur beton biasa dirasa kurang mampu mengantisipasi gaya geser akibat gempa dan cukup beresiko. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka digunakanlah struktur baja komposit dengan sistem rangka berpengaku eksentris sebagai penahan gempa. Karena pada dasarnya perilaku struktur komposit memanfaatkan kelebihan dari beton yang kuat terhadap tekan dan baja yang kuat terhadap tarik dan bekerja bersama-sama sebagai satu kesatuan. Baja juga memiliki sifat daktil yang secara alami tahan terhadap gempa (Dewobroto, 2015). Sedangkan Struktur dengan Sistem Rangka Berpengaku Eksentris (SRBE) itu sendiri merupakan sistem struktur dengan elemen bresing yang memberikan kekakuan dalam menahan beban lateral (Aziz, 2012). Elemen bresing terhubung langsung pada balok dengan jarak “e” dari perpotongan sumbu balok dan kolom sehingga membentuk segmen balok pendek atau link.

Pada modifikasi ini, struktur balok menggunakan baja profil WF. Sedangkan pada bagian kolom akan menggunakan tipe komposit concrete filled steel yaitu tipe struktur komposit berupa kolom baja berisikan beton. Diketahui bahwa kolom komposit berisi baja saat ini semakin banyak digunakan di konstruksi bangunan. Itu dikarenakan sifat statis dan tahan gempa yang sangat baik, daya dukung beban dan daktilitas yang tinggi, kapasitas penyerapan energi yang besar, dan tahan api (Shilpa, 2016).



Gambar 1.1 Potongan Bangunan Eksisting



Gambar 1.2 Potongan bangunan Modifikasi

Berdasarkan kelebihan-kelebihan dari struktur dengan SRBE, maka pada tugas akhir ini penulis merencanakan modifikasi Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang menjadi struktur kolom komposit baja beton dengan tipe concrete filled steel dan balok baja WF dengan SRBE. Modifikasi ini diharapkan memperoleh struktur yang lebih efisien tanpa mengesampingkan keselamatan dan fungsi bangunan tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan utama pada tugas akhir ini adalah bagaimana merencanakan struktur Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang menggunakan struktur baja komposit dengan Sistem Rangka Breising Eksentris. Dengan detail permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan *preliminary design* elemen struktur Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang menggunakan baja komposit dengan Sistem Rangka Bresing Eksentris?
2. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak, tangga, dan penggantung *lift* ?
3. Bagaimana merencanakan struktur primer yang meliputi balok induk dan kolom?
4. Bagaimana merencanakan struktur bresing eksentris beserta *link*?
5. Bagaimana menganalisa pembebanan struktur Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang menggunakan baja komposit dengan Sistem Rangka Bresing Eksentris?
6. Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur menggunakan program bantu ETABS?
7. Bagaimana merencanakan sambungan struktur?
8. Bagaimana merencanakan pondasi Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang?
9. Bagaimana menuangkan hasil modifikasi perencanaan Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang dalam gambar teknik?

### 1.3 Tujuan

Tujuan utama pada tugas akhir ini adalah mampu merencanakan struktur Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang menggunakan struktur baja komposit dengan Sistem Rangka Bresing Eksentris. Dengan detail tujuan sebagai berikut:

1. Merencanakan *preliminary design* elemen struktur Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang menggunakan baja komposit dengan Sistem Rangka Bresing Eksentris.
2. Merencanakan struktur sekunder yang meliputi pelat, balok anak, tangga, dan penggantung *lift*.
3. Merencanakan struktur primer yang meliputi balok induk dan kolom.



4. Merencanakan struktur bresing eksentris beserta *link*.
5. Menganalisa pembebanan struktur Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang menggunakan baja komposit dengan Sistem Rangka Bresing Eksentris.
6. Memodelkan dan menganalisa struktur menggunakan program bantu ETABS.
7. Merencanakan sambungan struktur.
8. Merencanakan pondasi Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang.
9. Menuangkan hasil modifikasi perencanaan Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang dalam gambar teknik.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Perencanaan Tugas Akhir mempunyai fokus batasan masalah sebagai berikut:

1. Tidak menghitung analisa biaya konstruksi.
2. Tidak membahas pelaksanaan konstruksi.
3. Tidak mempertimbangkan sistem sanitasi dan MEP (*mechanical electrical plumbing*).
4. Tidak meninjau segi arsitektural.

#### **1.5 Manfaat**

Penyusunan Tugas Akhir ini mempunyai manfaat sebagai berikut:

1. Menambah wawasan dan dapat mengaplikasikan teori yang didapat selama masa perkuliahan.
2. Menjadi bahan masukan dan pertimbangan dalam perencanaan struktur baja komposit dengan sistem rangka bresing eksentris.
3. Memberi alternatif sistem struktur bangunan bertingkat yang tahan gempa dan lebih efisien.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Bab tinjauan pustaka ini akan membahas artikel ilmiah yang berkaitan dengan perencanaan Tugas Akhir yang berjudul Modifikasi Perencanaan Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang Menggunakan Struktur Baja Komposit dengan Sisten Rangka Bresing Eksentris.

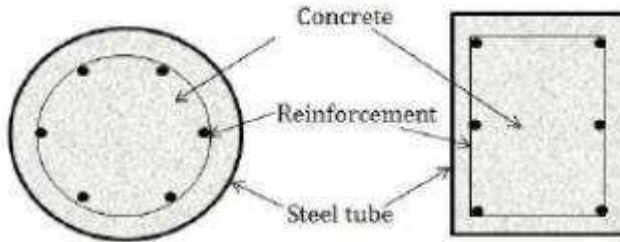
#### **2.2 Struktur Komposit**

Struktur komposit terdiri dari dua material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Karena komposit melibatkan dua macam material yang berbeda, maka perhitungan kapasitasnya tidak sesederhana struktur bukan komposit. Karakteristik dan dimensi kedua bahan akan menentukan bagaimana pemilihan jenis profil dan pelat beton yang akan di komposisikan dan kinerja struktur tersebut. Karakteristik dasar masing-masing bahan juga dimanfaatkan secara optimal. Karakteristik penting yang dimiliki oleh struktur baja adalah kekuatan tinggi, modulus elastisitas tinggi, serta daktilitas tinggi. Sedangkan karakteristik penting yang dimiliki oleh struktur beton adalah ketahanan yang baik terhadap api, mudah dibentuk, dan murah.

##### **2.2.1 Struktur Kolom Komposit**

Kolom komposit adalah elemen vertikal dari struktur portal atau *frame* atau struktur rangka dominan mendukung gaya aksial yang terdiri dari gabungan antara bahan profil baja struktur dan beton. Awal mula pengembangan elemen kolom komposit yaitu dari profil baja berpenampang WF yang dibungkus oleh beton yang tujuan utamanya sebagai pelindung dari api. Kolom komposit terbagi menjadi dua macam, yaitu kolom baja profil berongga yang didalamnya diisi dengan

beton (*concrete filled tube*) dan kolom komposit yang terbuat dari profil baja yang diberi selubung beton disekelilingnya. Sebagian besar insinyur telah menggunakan sistem *concrete filled tube* sebagai alternatif sistem baja, untuk memotong biaya dan mengurangi konsumsi baja. Itu dikarenakan sifat statis dan tahanan gempa yang sangat baik, daya dukung beban dan daktilitas yang tinggi, kapasitas penyerapan energi yang besar, dan tahan api (Shilpa, 2016).



Gambar 2.1 Concrete filled steel  
(sumber: Gore dan Kumbhar, 2013)

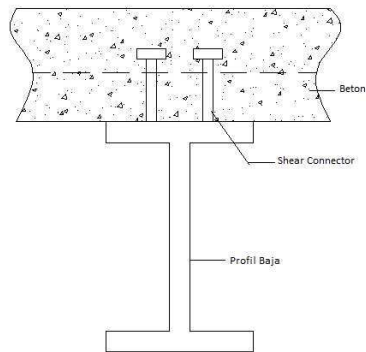
### 2.2.2 Struktur Balok Komposit

Balok yang berguna untuk menyangga lantai yang terletak di atasnya. Selain itu, balok juga dapat berperan sebagai penyalur momen menuju ke bagian kolom bangunan.

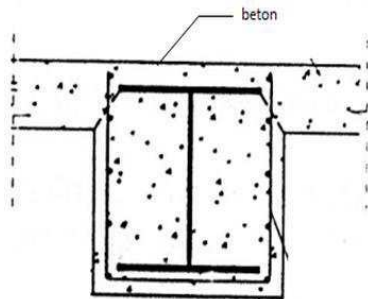
#### a. Tipe – Tipe Balok Komposit

Balok komposit memiliki 2 tipe diantaranya:

- a. Balok komposit dengan penghubung geser (Gambar 2.1)
- b. Balok baja yang diselubung beton (Gambar 2.2)



Gambar 2.2 Balok Komposit Dengan Penghubung Geser  
(Sumber : Isdarmanu, Marwan,2006)



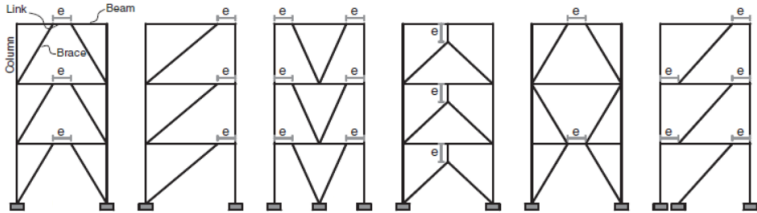
Gambar 2.3 Balok Baja Yang Diselubung Beton  
(Sumber : Isdarmanu, Marwan,2006)

## 2.3 Sistem Rangka Berpengaku Eksentris

### 2.3.1 Pengertian

Sistem Rangka Berpengaku Eksentris (SRBE) adalah suatu sistem struktur yang terdiri dari balok, kolom, dan pengaku. Pemasangan pengaku tersebut tidak pada

perpotongan balok dan kolom melainkan pada balok yang berjarak “ $e$ ” dari titik perpotongan balok dan kolom. Segmen balok pendek tersebut disebut *link*, sedangkan segmen balok lainnya disebut segmen balok diluar *link*. Adapun visualisasi dari SRBE dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.4 Visualisasi Sistem Rangka Berpengaku Bresing  
(Azad dan Topkaya, 2017)

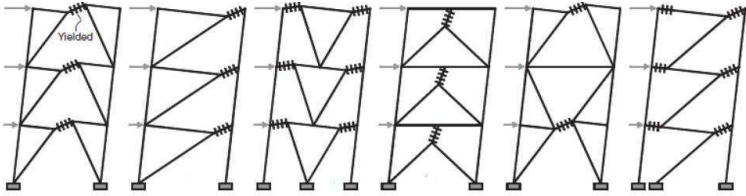
### 2.3.2 Konsep perencanaan SRBE

Konsep-konsep dalam mendesain SRBE yang perlu diperhatikan agar struktur SRBE memiliki kekuatan yang baik di antaranya:

1. Panjang *link* menentukan kekakuan, daktilitas, kekuatan dan perilaku struktur SRBE. (Azad dan Topkaya, 2017)
2. Dapat dipasang pengaku badan dan pengaku lateral link untuk menunjang daktilitas (Engelhardt, 2007)
3. Mendesain SRBE sesuai dengan AISC 341-2016.

### 2.3.3 Karakteristik *Link*

*Link* merupakan elemen balok pendek yang direncanakan mengalami kelelahan lebih awal pada saat bekerjanya beban lateral pada struktur. Ketika beban lateral bekerja, terjadi pergerakan inelastik pada link dan terjadi kelelahan pada link (Gambar 2.4).



Gambar 2.5 Visualisasi Perilaku Link saat Terkena Beban Gempa  
(Azad dan Topkaya, 2017)

Link memiliki beberapa karakteristik yang harus diketahui dalam perencanaan SRBE. Adapun karakteristik dari link adalah sebagai berikut:

a. Kekuatan Geser

Gaya geser pada link berada pada kedua ujungnya dengan arah yang berlawanan. Gaya geser tersebut memunculkan momen pada kedua ujungnya dengan besar dan arah yang sama. Elemen link mempunyai kekuatan geser yang bergantung pada kelelahan geser dan kelelahan lentur.

b. Panjang *Link*

Secara umum terdapat 3 macam *link* berdasarkan panjangnya, yaitu *short link* (*shear yielding link*), *intermediate link* (*combined shear and flexural yielding link*) dan *long link* (*flexural yielding link*).

c. Rotasi Link

Sudut rotasi link merupakan sudut inelastic antara link dengan balok di luar link ketika total simpangan antar lantai sama dengan simpangan rencana.

#### d. Pengaku Badan Link

Pengaku badan link berpengaruh pada perilaku link. Kegunaan dari pengaku badan link ini adalah mencegah tekuk lokal pada link.

### **2.4 Pondasi**

Pondasi merupakan bagian dari struktur yang berfungsi meneruskan beban struktur atas ke lapisan tanah atau batuan yang mempunyai daya dukung aman (Surjandari, 2008). Berdasarkan kedalamannya, pondasi dibagi 2 (dua) yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal biasanya digunakan pada bangunan tapak ataupun bertingkat rendah (Prawono dkk, 1999). Pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras atau batuan berada pada posisi yang dalam. Jenis pondasi dalam secara garis besar ada 2 (dua) yaitu pondasi tiang pancang dan pondasi tiang bor (Bowles, 1996).

#### **2.4.1 Pondasi Dangkal**

Pondasi dangkal disebut juga pondasi langsung, pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan dari atasnya. Selain itu pondasi dangkal biasa digunakan untuk perumahan bertingkat rendah. Adapun contoh dari pondasi dangkal adalah sebagai berikut:

##### 1. Pondasi Tapak.

Pondasi tapak terbuat dari beton dan yang berbentuk telapak. Pondasi ini biasa digunakan pada bangunan bertingkat rendah.

##### 2. Pondasi rakit (*raft foundation*).

Pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila menggunakan pondasi telapak, sisi-sisinya berhimpit satu sama lainnya.



## 2.4.2 Pondasi Dalam

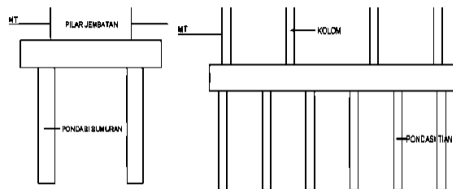
Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, seperti:

### a. Pondasi Sumuran (*Pier Foundation*)

Pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman ( $D_f$ ) dibagi lebar ( $B$ ) lebih kecil atau sama dengan 4, sedangkan pondasi dangkal  $D_f/B \leq 1$ . (Gambar 2.8a)

### b. Pondasi Tiang (*Pile Foundation*)

Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran. (Gambar 2.8b)



Gambar 2.6 Jenis Pondasi Dalam : a). Pondasi Sumuran  
b). Pondasi Tiang

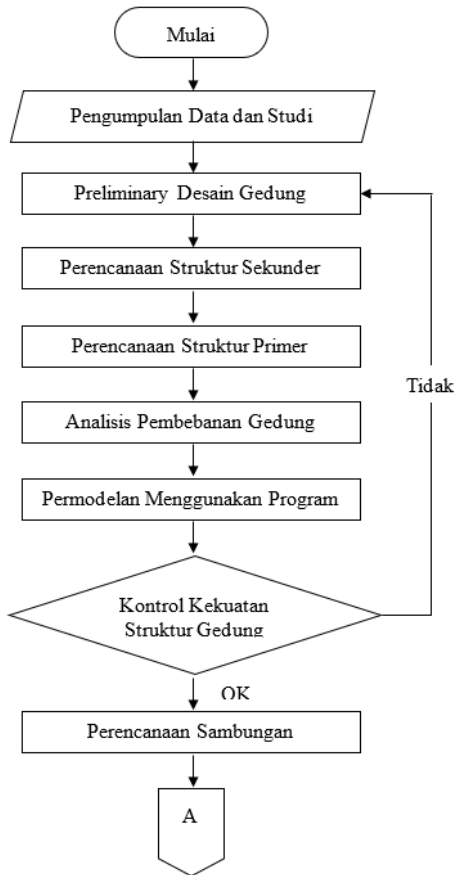
(Sumber : Sostrodarsono, Nakazawa.1984)

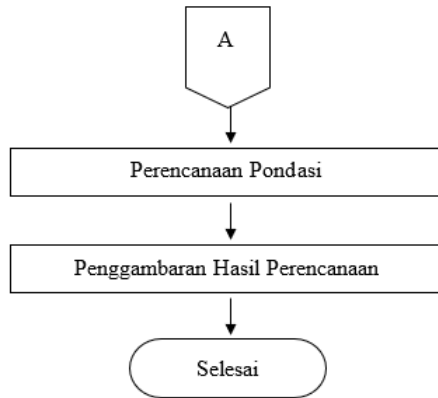
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Urutan Pekerjaan

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam mengerjakan Tugas Akhir yang digambarkan dengan diagram alir pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

### 3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan kegiatan pengambilan data teknis pada proyek Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang. Adapun data eksisting dari proyek tersebut adalah sebagai berikut:

- Lokasi gedung : Jl. Fachruddin no. 6  
Jakarta.
- Fungsi gedung : Hotel dan Perkantoran.
- Jumlah lantai : 18 lantai pada tower hotel.
- Struktur gedung : Beton Bertulang.
- Zona gempa : Zona gempa Jakarta.
- Gambar eksisting : Terlampir.

Pada Tugas Akhir ini, data-data eksisting dari proyek Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang akan dimodifikasi perencanaannya dengan data-data baru. Adapun data-data baru dalam modifikasi proyek Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang adalah sebagai berikut:

- Lokasi gedung : Bekasi, Jawa Barat.
- Fungsi gedung : Hotel.
- Jumlah lantai : 18 lantai pada tower hotel;

- Struktur gedung : Balok baja dengan dek, kolom *Concrete Filled-Steel Tube*, dan Sistem Rangka Bresing Eksentrik berkonfigurasi *inverted V-Braced*.
- Zona gempa : Zona gempa Jakarta.
- Gambar modifikasi : Terlampir.

### 3.3 Studi Literatur

Melakukan kegiatan pencarian referensi berupa: peraturan, buku pustaka, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik Tugas Akhir yang dikerjakan mengenai bangunan gedung dengan kolom komposit terisi beton dan bangunan gedung dengan bresing eksentris.

### 3.4 Preliminary Desain Gedung

Kegiatan yang dilakukan dalam tahapan ini adalah melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur, serta merencanakan dimensi profil yang dipakai dalam modifikasi perencanaan gedung ini.

#### 3.4.1 Perencanaan Struktur Sekunder

Melakukan kegiatan perkiraan dimensi awal elemen-elemen struktur beserta mutu dan jenis material bahan serta merencanakan dimensi profil yang akan digunakan pada bagian struktur gedung yang meliputi:

1. Pelat lantai
2. Balok anak
3. Balok Penggantung *lift*
4. Tangga

### **3.4.2 Perencanaan Struktur Primer**

Melakukan kegiatan perkiraan dimensi awal elemen-elemen struktur beserta mutu dan jenis material bahan serta merencanakan dimensi profil yang akan digunakan pada bagian struktur gedung yang meliputi:

1. Balok induk
2. Kolom
3. Bresing
4. Link
5. Balok luar link

### **3.5 Analisis Pembebanan Gedung**

Analisis pembebanan gedung dilakukan dengan mengacu pada beberapa peraturan terkait yang dikeluarkan secara resmi oleh instansi pemerintah terkait.

#### **3.5.1 Beban Mati**

Pengertian beban mati dalam SNI 1727:2013 pasal 3.1.1 adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran. Berat bahan konstruksi yang akan digunakan diambil dari peraturan PPIUG 1983 Tabel 2.1.

#### **3.5.2 Beban Hidup**

Pengertian beban hidup dalam SNI 1727:2013 pasal 4.1 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. Beban hidup minimum yang harus diperhitungkan diambil dari SNI 1727:2013 tabel 4-1.

### 3.5.3 Beban Gempa

Struktur gedung yang tidak memenuhi ketentuan menurut SNI 1726:2012 ditetapkan sebagai struktur gedung tidak beraturan, untuk itu pengaruh Gempa Rencana harus ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa dinamik, sehingga analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik.

Perhitungan respons dinamik struktur gedung tidak beraturan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana dapat dilakukan dengan metoda analisis ragam spektrum respons dengan memakai Spektrum Respons Gempa Rencana yang nilai ordinatnya dikalikan faktor koreksi  $I/R$ , dimana  $I$  adalah Faktor Keutamaan menurut SNI 1726:2012 Tabel 1, sedangkan  $R$  adalah faktor reduksi gempa representatif dari struktur gedung yang bersangkutan. Dalam hal ini, jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respons ragam menurut metoda ini harus sedemikian rupa, sehingga partisipasi massa yang menghasilkan respons total harus mencapai sekurang-kurangnya 90%.

Adapun langkah-langkah analisa respons gempa dinamik adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kategori resiko bangunan (Tabel 3.1).
2. Menentukan faktor keutamaan gempa dan koefisien modifikasi respons (Tabel 3.2 dan Tabel 3.3).
3. Menentukan parameter percepaan tanah  $S_S$  dan  $S_I$  (Gambar 3.2 dan Gambar 3.3).
4. Menentukan koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  (Tabel 3.4 dan Tabel 3.5).
5. Menghitung parameter spektrum respons percepatan.

- a. Periode pendek,  $S_{MS}$ 

$$S_{MS} = F_a S_S \quad (3.1)$$

- b. Periode 1 detik,  $S_{M1}$ 

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (3.2)$$

6. Menghitung parameter respons spektral percepatan desain.
- Perioda pendek,  $S_{DS}$ 

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.3)$$
  - Perioda 1 detik,  $S_{D1}$ 

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.4)$$
7. Menghitung periode getar fundamental struktur.
- $T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$  (3.5)
  - $T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$  (3.6)
8. Membuat Spektrum Respons Desain sesuai spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ .
- Untuk periode kurang dari  $T_0$ .
 
$$S_a = S_{DS} ( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} ) \quad (3.7)$$
  - Untuk periode lebih dari  $T_0$  tetapi kurang dari  $T_S$ .
 
$$S_a = S_{DS} \quad (3.8)$$
  - Untuk periode lebih dari  $T_S$ .
 
$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.9)$$

Tabel 3.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I



<b>Jenis Pemanfaatan</b>	<b>Kategori Resiko</b>
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, III, IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen / rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan / Mall</li> <li>- Bangunan industry</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II
<p>Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk ke dalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan atau gangguan missal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> </ul>	III

<b>Jenis Pemanfaatan</b>	<b>Kategori Resiko</b>
<p>- Pusat telekomunikasi Gedung dan struktur lainnya yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia yang berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	
<p>Gedung dan struktur lainnya yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedan dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, badai angin, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul>	IV

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
Gedung dan struktur lainnya yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV	

(SNI 1726:2012)

Tabel 3.2 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(SNI 1726:2012)

Tabel 3.3 Faktor Keutamaan Gempa

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^g$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	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
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB

(SNI 1726:2012)



Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan pada perioda pendek, T=0,2 detik, S <sub>s</sub>				
	S <sub>s</sub> ≤ 0,25	S <sub>s</sub> = 0,5	S <sub>s</sub> = 0,75	S <sub>s</sub> = 1	S <sub>s</sub> ≥ 1,25
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,2	1,2	1,1	1	1
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SSb				

(SNI 1726:2012)

Tabel 3.5 Koefisien Situs,  $F_v$ 

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan pada perioda pendek, T=1,0 detik, S <sub>1</sub>				
	S <sub>1</sub> ≤ 0,1	S <sub>1</sub> = 0,2	S <sub>1</sub> = 0,3	S <sub>1</sub> = 0,4	S <sub>1</sub> ≥ 0,5
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
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	SSb				

(SNI 1726:2012)

### 3.5.4 Beban Angin

Beban angin mengacu pada SNI 1727:2013 pasal 27.4.1, tekanan angin desain untuk SPBAU (Sistem Penahan Beban Angin Utama) bangunan gedung dari semua ketinggian harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$p = qGC_p - qi(GC_{pi}) \quad (3.10)$$

Dimana:

$q$  : tekanan velositas ( $q_z$ ) untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian  $z$  diatas permukaan tanah

$q_h$  : tekanan velositas ( $q_h$ ) untuk dinding di sisi angin pergi, dinding samping, dan atap yang diukur pada ketinggian  $h$

$q_i$  : tekanan velositas ( $q_h$ ) untuk dinding di sisi angin datang, dinding samping, dinding di sisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian

$q_z$  : tekanan velositas ( $q_z$ ) untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi  $z$  ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif. Untuk bangunan gedung yang terletak di wilayah berpartikel terbawa angin, kaca yang tidak tahan dampak atau dilindungi dengan penutup tahan dampak harus diperlakukan sebagai bukaan sesuai dengan SNI 1727:2013 pasal 26.10.3. Untuk menghitung tekanan internal positif,  $q_i$  secara konservatif boleh dihitung pada ketinggian  $h$  ( $q_i=q_h$ )

$G$  : faktor efek-tiupan angin

$C_p$  : koefisien tekanan eksternal dari SNI 1727:2013 Gambar 27.4-1, 27.4-2, dan 27.4-3

$(GC_{pi})$  : koefisien tekanan internal dari SNI 1727:2013 Tabel 26.11-1

$q$  dan  $q_i$  harus dihitung dengan menggunakan eksposur yang ditetapkan dalam SNI 1727:2013 Pasal 26.7.3. Tekanan harus diterapkan secara bersamaan pada dinding di sisi angin datang dan disisi angin pergi pada permukaan atap seperti ditetapkan dalam SNI 1727:2013 gambar 27.4-1, 27.4-2, dan 27.4-3

### 3.5.5 Kombinasi Pembebanan

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 3.2.2) :

1.  $1,4D$
2.  $1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3.  $1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$

4.  $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5.  $1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
6.  $0,9D + 1,0W$
7.  $0,9D + 1,0E$

Dimana :

- $D$  : beban mati  
 $L$  : beban hidup  
 $L_r$  : beban hidup atap  
 $S$  : beban salju  
 $R$  : beban hujan  
 $W$  : beban angin  
 $E$  : beban gempa

### 3.6 Permodelan Menggunakan Program Bantu

Memodelkan struktur gedung pada program bantu ETABS guna mendapatkan gaya dalam yang terjadi pada struktur gedung. Hasil analisis program bantu ini digunakan untuk kontrol kekuatan struktur gedung dan merencanakan sambungan.

### 3.7 Kontrol Kekuatan Struktur Gedung

Dalam kontrol kekuatan struktur gedung, ada beberapa aspek yang ditinjau. Adapun aspek-aspek tersebut adalah:

1. Kontrol Partisipasi Massa  
Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%.
2. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum  
Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%.
3. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental  
Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental ( $T$ ) dari struktur gedung harus dibatasi dengan perumusan,

$$T = C_t \cdot h_n^x \quad (3.11)$$

Dimana:

$$C_t = 0,0731$$

$$x = 0,75$$

$h_n$  = Tinggi gedung

4. Kontrol Simpangan Antar Lantai Struktur Gedung  
Kontrol simpangan maksimum antar lantai gedung diatur dalam SNI 1726:2012 pasal 7.12.1.

a. Bangunan dengan kategori risiko I atau II  
 $\Delta a = 0,020 h_{sx}$  (3.12)

b. Bangunan dengan kategori risiko III  
 $\Delta a = 0,015 h_{sx}$  (3.13)

c. Bangunan dengan kategori risiko IV  
 $\Delta a = 0,010 h_{sx}$  (3.14)

Dimana:

$\Delta a$  = simpangan antar lantai

$h_{sx}$  = tinggi tingkat dibawah tingkat x

5. Kontrol *Strong Column Weak Beam*  
Menurut SNI 03-1729-2002 Pasal 15.7.6 tentang perbandingan momen kolom terhadap momen balok menyatakan persamaan:

$$\frac{\sum M_{pc}}{\sum M_{pb}} > 1 \quad (3.15)$$

Di mana  $\sum M_{pc}$  adalah jumlah proyeksi kuat lentur nominal kolom dan  $\sum M_{nb}$  merupakan jumlah proyeksi kuat lentur nominal balok di daerah sendi plastis pada as kolom.

6. Kontrol Kolom Terisi Beton  
Dalam kontrol kolom terisi beton ada beberapa hal yang akan ditinjau, diantaranya:

- a. Kriteria Untuk Kolom Komposit Bagi Struktur Tekan

- Kontrol luas penampang minimum profil baja,  
 $\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% \geq 1\%$  (3.16)

Dimana:

$A_s$  = Luas baja



$A_c$  = Luas beton

- b. Kuat Nominal Tekan Kolom Komposit Terisi Beton  
Batasan rasio lebar terhadap ketebalan untuk elemen baja tekan harus ditentukan sesuai dengan jenis profilnya yaitu:

- Rasio ketebalan

$$\lambda = \frac{b}{t} \quad (3.17)$$

- Penampang kompak

$$\lambda_p = 2,26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.18)$$

- Penampang non kompak

$$\lambda_r = 3 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.19)$$

- Penampang yang diizinkan

$$\lambda = 5 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (3.20)$$

Dimana:

$\lambda$  = parameter kelangsingan

$\lambda_p$  = parameter kelangsingan untuk penampang kompak

$\lambda_r$  = parameter kelangsingan untuk penampang non kompak

$b$  = lebar total kaki terpanjang

$t$  = tebal pelat

$E$  = modulus elastis baja, 200000 MPa

$F_y$  = tegangan leleh baja

7. Kuat tekan komponen struktur komposit yang terisi beton

- Untuk penampang kompak

$$P_{no} = P_p \quad (3.21)$$

$$P_p = F_y A_s + C_2 F'_c (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c}) \quad (3.22)$$

- Untuk penampang non kompak

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2$$

(3.23)

$$P_y = F_y A_s + 0,7 F'_c (A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c})$$

(3.24)

- Untuk penampang langsing

$$P_{no} = F_{cr} A_s + 0,7 F'_c (A_c + A_r \frac{E_s}{E_c})$$

(3.25)

$$F_{cr} = \frac{9 E_s}{(\frac{b}{t})^2} \quad (3.26)$$

Dimana:

 $P_{no}$  = kekuatan tekan nominal $P_p$  = kekuatan tumpu nominal $A_{sr}$  = luas baja tulangan longitudinal $F_{cr}$  = tegangan kritis

- a. Amplifikasi momen

Kekuatan lentur orde kedua yang diperlukan,  $M_r$ , dan ketentuan aksial  $P_r$ , dari semua komponen struktur harus ditentukan sebagai berikut:

$$M_r = B_1 M_{ni} + B_2 M_i \quad (3.27)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t \quad (3.28)$$

Dimana:

$B_1$  = Pengali untuk menghilangkan efek  $P-\delta$ , ditentukan untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan lentur.

$B_2$  = Pengali untuk menghilangkan efek  $P-\delta$ , ditentukan untuk setiap tingkat dari struktur.

$M_{lt}$  = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK

$M_{m1}$  = Momen orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK

$M_{r2}$  = Momen lentur orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK

$P_{lt}$  = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK

$P_{m1}$  = Gaya aksial orde pertama menggunakan kombinasi beban DFBK

$P_{r2}$  = Kekuatan aksial orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK

- Pengali B1 untuk efek  $P-\delta$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.29)$$

Dengan,

$$\alpha = 1 \text{ (DFBK)}$$

$C_m$  = Koefisien dengan asumsi tanpa translasi lateral dari portal yang ditentukan dengan formula:

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3.30)$$

Dengan  $M_1$  dan  $M_2$  dihitung dari analisis orde pertama, adalah momen terkecil dan terbesar pada ujung-ujung bagian komponen

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2} \quad (3.31)$$

$P_{e1}$  = Kekuatan tekuk kritis elastis komponen struktur dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi tanpa translasi pada ujung-ujung komponen struktur

Keterangan:

$EI$  = kekakuan lentur yang diperlukan yang harus digunakan dalam analisis ( $0,8\tau cEI$ ) bila digunakan dalam metode analisis langsung dengan  $\tau c$  adalah seperti ditetapkan pada bab C SNI 03-1729-2015 untuk panjang efektif dan metode analisis orde pertama

$E$  = Modulus elastisitas baja = 200000 MPa

$I$  = Momen inersia bidang lentur,  $\text{mm}^4$

$L$  = Panjang komponen struktur, mm

$K1$  = Faktor panjang efektif dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi translasi lateral pada ujung- ujung komponen struktur

- Pengali B2 untuk efek P- $\delta$

$$B2 = \frac{1}{\left(1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e story}}\right)} \quad (3.32)$$

Dengan,

$\alpha = 1$  (DFBK)

$P_{story}$  = beban vertikal total didukung oleh tingkat menggunakan kombinasi beban DFBK yang sesuai, termasuk beban-beban dalam kolom-kolom yang bukan merupakan bagian dari sistem penahan gaya lateral.

$P_{e story}$  = Kekuatan tekuk kritis elastis untuk tingkat pada arah translasi yang diperhitungkan, ditentukan dengan analisis tekuk sidesway, atau dengan rumusan:

$$P_{e story} = RM \frac{HL}{\Delta H} \quad (3.33)$$

Dengan,

$$R_m = 1 - 0,15 \left( \frac{P_{mf}}{P_{story}} \right) \quad (3.34)$$

$L$  = Tinggi tingkat (mm)

$P_{mf}$  = Beban vertikal total pada kolom dalam tingkat yang merupakan bagian dari portal momen

$\Delta H$  = Simpangan tingkat dalam orde pertama

$H$  = Geser tingkat, dalam arah translasi harus diperhitungkan, dihasilkan oleh gaya-gaya lateral yang digunakan untuk menghitung  $\Delta H$  (N)

b. Momen Nominal

Momen nominal pada kolom yang diperhitungkan sama dengan balok dengan dua arah sumbu penampang yaitu x dan y

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.35)$$

Keterangan:

$M_u$  = Momen lentur terfaktor

$\phi$  = Faktor tahanan = 0,9

$M_n$  = Kuat nominal dari momen lentur penampang

Untuk profil HSS yang diisi dengan beton dengan ketebalan profil baja di semua sisi

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} \quad (3.36)$$

$$\lambda_p = 1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.37)$$

$$\lambda_r = 1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.38)$$

Untuk komponen struktur berpenampang kotak/persegi

- Untuk penampang kompak

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z \quad (3.39)$$

- Untuk penampang nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - f_y S) \left[ 3,57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{f_y}{E}} - 4 \right] \leq M_u \quad (3.40)$$

- Untuk penampang langsing

$$M_n = F_y S_e \quad (3.41)$$

Dimana,

$S_e$  = Modulus penampang efektif yang ditentukan dengan lebar efektif  $b_e$ , dari sayap yang diambil sebesar:

$$b_e = 1.92 \cdot t_f \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left( 1 - \frac{0,38}{\frac{b}{t_f}} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right) \leq b \quad (3.42)$$

- c. Persamaan interaksi aksial momen

Interaksi beban aksial tekan dan lentur pada bidang simetris komponen struktur komposit ditentukan menurut

- Untuk  $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{\phi_b M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.43)$$

- Untuk  $\frac{P_u}{\phi P_n} \leq 0,2$

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left( \frac{M_{rx}}{\phi_b M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{\phi_b M_{cy}} \right) \leq 1 \quad (3.44)$$

Keterangan:

$P_r$  = kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, N

$P_c = \phi_c P_n$  = Kekuatan aksial desain, N

$M_r$  = kekuatan momen perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, Nmm

$$M_c = \phi_c M_n = \text{Kekuatan lentur desain, Nmm}$$

$$\phi_c = \text{faktor ketahanan untuk tekan} = 0,9$$

$$\phi_b = \text{faktor ketahanan untuk lentur} = 0,9$$

## 8. Balok

Sebuah balok yang memikul beban lentur murni terfaktor  $M_u$  harus direncanakan sedemikian rupa sehingga selalu terpenuhi hubungan:

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.45)$$

Dimana:

$M_u$  = momen lentur terfaktor

$\phi$  = faktor reduksi = 0,9

$M_n$  = kuat nominal dari momen lentur penampang

- Kontrol penampang

Pengertian penampang kompak, tak kompak, dan langsing suatu komponen struktur yang memikul lentur, ditentukan oleh kelangsingan elemen-elemen tekannya yang ditentukan. Untuk penampang yang digunakan dalam perencanaan struktur baja maka batas kelangsingannya:

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} \quad (3.46)$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \quad (3.47)$$

$$\lambda_p = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} \quad (3.48)$$

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{t_f} \quad (3.49)$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \quad (3.50)$$

$$\lambda_p = \frac{370}{\sqrt{f_y}} \quad (3.51)$$

Dimana :

$b_f$  = lebar sayap

$t_f$  = tebal sayap

- $h$  = tinggi profil
- $t_w$  = tebal pelat badan
- $F_y$  = kuat leleh profil baja
- $F_r$  = tegangan tekan residual pada plat sayap

- Kontrol tekuk lateral  
Kuat komponen struktur dalam memikul momen lentur tergantung dari panjang bentang antara dua pengekang lateral yang berdekatan,  $L$ . batas-batas bentang pengekang lateral:

Tabel 3.6 Batas-batas pengekang lateral

Profil	$L_p$	$L_r$
Profil I dan kanal ganda	$1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ dengan $r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$ $r_y$ adalah jari-jari girasi terhadap sumbu lemah	$1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_0}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}}$ $r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y C_w}{S_x}}$ $c = 1$ ; untuk profil I $c = \frac{h_0}{2} \sqrt{\frac{I_y}{C_w}}$ $J$ adalah konstanta puntir torsi

(SNI 1729:2015)

- Bentang Pendek ( $L_b \leq L_p$ )  
 $M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$  (3.52)



- Bentang Menengah ( $L_p \leq L_b \leq L_r$ )

$$M_n = C_b \left( M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right) \leq M_p \quad (3.53)$$

- Bentang Panjang ( $L_r \leq L_b$ )

$$M_n = M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L_b} \sqrt{E \cdot I_y \cdot G \cdot J} \left( \frac{\pi E}{L_b} \right)^2 \leq M_p \quad (3.54)$$

Dimana :

$Z_x$  = Modulus plastis

$F_y$  = Kuat leleh profil baja

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,30 \quad (3.55)$$

Keterangan :

$M_{max}$  = momen maksimum dari bentang yang ditinjau

$M_A$  = adalah momen pada  $\frac{1}{4}$  bentang yang ditinjau

$M_B$  = adalah momen pada  $\frac{1}{2}$  bentang yang ditinjau

$M_C$  = adalah momen pada  $\frac{3}{4}$  bentang yang ditinjau

- Kontrol kuat rencana geser

Kuat komponen struktur dalam memikul momen lentur tergantung dari panjang bentang antara dua

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.56)$$

Dimana :

$V_u$  = kuat geser berfaktor

$V_n$  = kuat geser nominal, hanya oleh plat badan

$\phi$  = faktor reduksi (0,9)

- Leleh pada plat badan (plastik sempurna)

Jika perbandingan maksimum tinggi terhadap tebal panel  $h/t_w$ , memenuhi :

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{k_n E}{f_{yw}}} \quad (3.57)$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \quad (3.58)$$

Maka kuat geser nominal plat badan harus dihitung sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 \times F_{yw} \times A_w \quad (3.59)$$

Dimana :

$F_{yw}$  = tegangan leleh plat badan

$A_w$  = luas kotor plat badan

- Tekuk inelastik pada plat badan  
Jika kelangsingan plat badan memenuhi hubungan:

$$1,1 \sqrt{\frac{k_n E}{f_{yw}}} \leq \frac{h}{tw} \leq 1,37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_{yw}}} \quad (3.60)$$

Maka kuat geser nominal plat badan harus dihitung sebagai berikut:

$$V_n = 0,6 \times f_{yw} \times A_w \left[ 1,1 \sqrt{\frac{k_n E}{f_{yw}}} \right] \frac{1}{h/t_w} \quad (3.61)$$

- Tekuk elastik pada plat badan  
Jika kelangsingan plat badan memenuhi hubungan:

$$\frac{h}{tw} \geq 1,37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_{yw}}} \quad (3.62)$$

Maka kuat geser nominal plat badan harus dihitung sebagai berikut:

$$V_n = \frac{0,9 \times E \times k_n \times Aw}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2} \quad (3.63)$$

Sedangkan untuk balok komposit, yaitu balok yang terdiri dari profil baja dan beton digabung bersama untuk memikul beban lentur, memiliki prinsip dasar perhitungan antara lain:

- Distribusi tegangan plastis pada daerah momen positif balok
  - Tegangan tekan pada beton =  $0,85 F'_c \rightarrow$  merata
  - Tegangan pada baja =  $F_y \rightarrow$  tarik atau tekan : merata
- Distribusi tegangan plastis pada daerah momen negatif balok
  - Tegangan tarik pada beton = 0
  - Tegangan tarik pada tulangan =  $F_{yr}$
  - Tegangan pada baja =  $F_y \rightarrow$  tekan atau tarik: merata.
- Distribusi tegangan elastis  $\rightarrow$  distribusi linear
  - Tegangan maximum tekan pada beton =  $0,85 F'_c$
  - Tegangan maximum pada baja =  $F_y \rightarrow$  tekan atau Tarik
- Kekuatan Lentur Balok Komposit dengan Penghubung Geser ( $=\phi_b.M_n$ )

#### 1. Kekuatan Lentur Positif

- a). Untuk penampang berbadan kompak  $\left(\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}\right)$

Kekuatan lentur positif dapat dihitung dengan menggunakan distribusi tegangan plastis. ( $\phi_b = 0,85$ )

- b). Untuk penampang berbadan tidak kompak  $\left(\frac{h}{t_w} > \frac{1680}{\sqrt{f_y}}\right)$

Kekuatan lentur positif dapat dihitung dengan menggunakan tegangan elastis. Pada kondisi ini, kekuatan lentur batas penampang ditentukan oleh terjadinya leleh pertama. ( $\phi_b = 0,90$ )

## 2. Kekuatan Lentur Negatif

a). Kekuatan Lentur negatif dihitung dengan mengabaikan aksi komposit. Jadi kekuatan lentur negatif penampang komposit = kekuatan lentur negatif penampang baja saja. ( $\phi_b = 0,90$ )

b). Sebagai alternatif, untuk balok dengan penampang kompak dan tidak langsing, kekuatan lentur negatif dapat dihitung dengan menggunakan distribusi tegangan plastis dengan ikut mempertimbangkan pengaruh tulangan baja di sepanjang lebar efektif pelat beton. ( $\phi_b = 0,85$ )

- Kekuatan Penghubung Geser (*Shear-Connector*)

a). Kekuatan *Shear-Connector* stud (paku)

$$Q_n = 0,5 A_{sc} \sqrt{f'_c} E_c r_s \leq A_{sc} F_u \quad (3.64)$$

$$r_s = 1,00 \text{ untuk pelat beton biasa}$$

$$r_s \leq 1,00 \text{ untuk dek baja gelombang}$$

$$A_{sc} = \text{Luas penampang } \textit{Shear-Connector} \left( \frac{\pi}{4} . d^2 \right)$$

$$E_c = \text{Modulus elastisitas beton}$$

$$F_u = \text{Tegangan putus } \textit{Shear-Connector}$$

b). Kekuatan *Shear-Connector* baja kanal

$$Q_n = 0,3 (t_f + 0,5 t_w) L_c \sqrt{f'_c} E_c \quad (3.65)$$

- c). Jumlah *Shear-Connector* yang dibutuhkan di sepanjang daerah tertentu:

$$n = \frac{V_h}{Q_n} \quad (3.66)$$

Dimana:

$V_h$  = Gaya geser horizontal total pada bidang kontak antara balok baja dan pelat beton yang harus ditransfer *Shear-Connector*.

- Gaya Geser Horizontal Total (=Vh) → Pada Bidang Kontak Baja dengan Beton

- a). Pada daerah momen positif:

Gaya geser horizontal total pada daerah  $M = 0$  dan  $M (+)$  maximum adalah nilai terkecil dari:

- 1)  $0,85 f'_c A_c \rightarrow$  beton
- 2)  $A_s f_y \rightarrow$  profil baja
- 3)  $\Sigma Q_n \rightarrow$  *shear connector*

- b). Pada daerah momen negatif

Gaya geser horizontal total pada daerah  $M = 0$  dan  $M(-)$  maximum adalah nilai terkecil dari :

- 1)  $A_r \cdot f_{yr}$
- 2)  $\Sigma Q_n$

Dimana:

$A_r$  = Tulangan tarik pada pelat beton

$F_{yr}$  = Tegangan leleh tulangan.

- c). Pada balok komposit penuh, gaya geser horizontal total  $V_h$  ditentukan oleh kapasitas tekan beton atau kapasitas tarik profil baja/tulangan baja.

- d). Pada balok komposit parsial, gaya geser horizontal  $V_h$  ditentukan oleh kapasitas penghubung geser (nilai  $\Sigma Q_n$ ).

## 8. *Link*

*Link* adalah bagian dari balok yang direncanakan untuk mendisipasi energi pada saat terjadi gempa kuat. Adapun karakteristik dari link adalah sebagai berikut:

### A. Kekuatan Geser

Adapun kekuatan geser link adalah sebagai berikut:

Untuk kelelahan geser:

$$\emptyset V_n \geq V_u \quad (3.67)$$

- Untuk  $e \leq \frac{2 M_p}{V_p}$

$$V_n = V_p \quad (3.68)$$

$$V_p = 0,6 \cdot F_y \cdot (d - 2t_f) \cdot t_w \quad (3.69)$$

- Untuk  $e > \frac{2 M_p}{V_p}$

$$V_n = 2 M_p / e \quad (3.70)$$

Dimana:

- $\emptyset$  : Faktor reduksi sebesar 0,9
- $V_u$  : Gaya geser ultimat
- $V_n$  : Kuat geser nominal
- $V_p$  : Kuat geser plastis
- $M_p$  : Momen plastis penampang ( $Z_x \cdot F_y$ )
- $F_y$  : Tegangan leleh baja
- $d$  : Tinggi profil baja
- $t_f$  : Tebal sayap profil
- $t_w$  : Tebal badan profil

### B. Panjang *Link*

Berikut adalah kategori Panjang link:

Tabel 3.7 Kategori Panjang Link

No	Panjang Link	Kategori
1.	$e \leq 1,6 M_p / V_p$	<i>short link</i>
2.	$1,6 M_p / V_p \leq e \leq 2,6 M_p / V_p$	<i>intermediate link</i>
3.	$> 2,6 M_p / V_p$	<i>long link</i>

(AISC 341, 2016)

Dimana:

 $M_p$  : Momen plastis penampang ( $Z_x \cdot F_y$ )

## C. Rotasi Link

Berikut adalah Batasan rotasi link:

Tabel 3.8 Batasan Rotasi Link

No	Panjang Link	Rotasi Maksimal
1.	$e \leq 1,6 M_p / V_p$	0,08 rad
2.	$1,6 M_p / V_p \leq e \leq 2,6 M_p / V_p$	Interpolasi 0,08 radian 0,02 rad
3.	$e \geq 2,6 M_p / V_p$	0,02 rad

(AISC 341, 2016)

## D. Pengaku Badan Link

Berikut adalah persyaratan pengaku badan link :

Tabel 3.9 Prasyarat Pengaku Badan Link

No	Panjang Link	Tinggi Pengaku	Tebal Pengaku	Spasi Pengaku	Keterangan
1.	$e \leq 1,6 M_p / V_p$	$d - 2 t_f$	$\geq 0,75 t_w$ atau $\geq 0,10$ mm	$\leq 30 t_w - d/5$	

2.	$1,6 M_p / V_p < e \leq 2,6 M_p / V_p$	$d - 2 t_f$	$\geq 0,75 t_w$ atau $\geq 0,10$ mm	$30 t_w - d/5 < s \leq 52 t_w - d/5$	
3.	$2,6 M_p / V_p < e \leq 5 M_p / V_p$	$d - 2 t_f$	$\geq 0,75 t_w$ atau $\geq 0,10$ mm	$1,5 b_f$	Pengaku cukup dipasang pasang ujung-ujung link
4.	$e > 5 M_p / V_p$	-	-		Tidak perlu pengaku badan

(AISC 341, 2016)

### 9. Balok di luar *Link* dan Bresing Diagonal

Balok di luar *link* dan bresing diagonal harus direncanakan berdasarkan gaya geser dan momen lentur yang ditimbulkan oleh *hardening factor* kuat geser nominal dari link.

- Pada balok di luar link

$$V_{ult} = 1,1 \times R_y \times V_n \quad (3.71)$$

$$M_{ult} = e \times 1,1 \times R_y \times V_n / 2 \quad (3.72)$$

- Pada bresing diagonal

$$V_{ult} = 1,25 \times R_y \times V_n \quad (3.73)$$

$$M_{ult} = e \times 1,25 \times R_y \times V_n / 2 \quad (3.74)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} V_n &= \text{nilai terkecil dari} \\ &= 0,6 \cdot F_y \cdot (d - 2t_f) \cdot t_w \\ &= 2 M_p / e \end{aligned}$$

$R_y$  = rasio tegangan leleh yang diharapkan dengan tegangan leleh minimum (1,1 sampai 1,5)



### 3.8 Perencanaan Sambungan

Jenis sambungan yang direncanakan pada Tugas Akhir ini adalah sambungan baut tipe tumpu (*bearing type*) dan sambungan las.

#### 3.8.1 Perencanaan Sambungan Baut Tipe Tumpu

Dalam perencanaan sambungan baut tipe tumpu dilakukan peninjauan kekuatan geser baut, kekuatan tumpu baut, dan kekuatan tarik baut.

a. Kekuatan geser rencana baut

Kekuatan geser rencana baut dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Vd = \phi_f r_1 f_u^b A_b m \quad (3.75)$$

Dimana :

$Vd$  : Kuat geser rencana 1 baut

$\phi_f$  : Faktor reduksi ( $\phi_f = 0.75$ )

$r_1$  : 0.5 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser baut

: 0.4 untuk baut dengan ulir pada bidang geser baut

$F_u^b$  : Tegangan tarik putus baut

$A_b$  : Luas bruto penampang baut

$m$  : Jumlah bidang geser

b. Kekuatan tumpu rencana baut

Kekuatan tumpu rencana baut dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Rd = \phi_f 2,4 d_b t_p f_u \quad (3.76)$$

Dimana :

$Rd$  : Kuat tumpu rencana 1 baut

$\phi_f$  : Faktor reduksi ( $\phi_f = 0.75$ )

$d_b$  : Diameter nominal baut

$t_p$  : Tebal pelat tertipis

$f_u$  : Tegangan Tarik putus terkecil antara baut dan pelat

c. Kekuatan tarik rencana baut

Kekuatan tarik rencana baut dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Td = \phi_f 0.75 f_u^b A_b \quad (3.77)$$

Dimana :

$Td$  : Kuat tarik rencana 1 baut

$\phi_f$  : Faktor reduksi ( $\phi_f = 0.75$ )

$F_u^b$  : Tegangan tarik putus baut

$A_b$  : Luas bruto penampang baut

### 3.8.2 Perencanaan Sambungan Las

Sambungan las terdiri dari sambungan las tumpul dan sambungan las sudut. Perencanaan sambungan las mengacu pada SNI 1729:2015.

a. Sambungan las tumpul

Pada perencanaan sambungan las tumpul terdapat batasan *throat* efektif minimum sesuai dengan ketebalan material tertipis yang akan disambung. Berikut adalah tabel *throat* efektif minimum untuk las tumpul:

Tabel 3.10 Throat Efektif Minimum Las Tumpul

Ketebalan Material dari Bagian yang Lebih Tipis Disambungkan (mm)	<i>Throat</i> Efektif Minimum (mm)
$\leq 6$	3
$6 < t \leq 13$	5
$13 < t \leq 19$	6
$19 < t \leq 38$	8
$38 < t \leq 57$	10
$57 < t \leq 150$	13
$> 150$	16

(SNI 1729:2015)

Kontrol kekuatan las tumpul ditentukan oleh kekuatan logam dasar atau kekuatan logam las sesuai dengan ketentuan SNI 1729:2015 Tabel J2.5. Untuk las tumpul penetrasi joint lengkap, kontrol kekuatan las tumpul ditentukan oleh kekuatan logam dasar. Sedangkan las tumpul penetrasi joint sebagian, kontrol kekuatan las tumpul ditentukan oleh kekuatan logam las.

- Kekuatan las

$$\emptyset R_n \quad (3.78)$$

- Untuk logam dasar

$$R_n = F_{nBM} A_{BM} \quad (3.79)$$

- Untuk logam las

$$R_n = F_{nW} A_{we} \quad (3.80)$$

Keterangan :

$R_n$  = kekuatan las

$\emptyset$  = faktor reduksi kekuatan

= 0,75 untuk geser

= 0,80 untuk kuat tarik dan kuat tekan logam las

= 0,90 untuk kuat tarik dan kuat tekan logam dasar

$F_{nBM}$  = tegangan nominal dari logam dasar (MPa)

$F_{nW}$  = tegangan nominal dari logam las (MPa)

=  $0,60 F_{EXX} (1,0 + 0,50 \sin^{1,5} \theta)$

$\theta$  = sudut pembebanan yang diukur dari sumbu longitudinal las, derajat

$A_{BM}$  = luas penampang logam dasar (mm<sup>2</sup>)

$A_{we}$  = luas efektif las (mm<sup>2</sup>)

#### b. Sambungan las sudut

Pada perencanaan sambungan las sudut terdapat batasan ukuran minimum las sudut sesuai dengan ketebalan

material tertipis yang akan disambung. Berikut adalah tabel ukuran minimum untuk las sudut:

Tabel 3.11 Ukuran Minimum Las Sudut

Ketebalan Material dari Bagian yang Lebih Tipis Disambungkan (mm)	Ukuran Minimum (mm)
$\leq 6$	3
$6 < t \leq 13$	5
$13 < t \leq 19$	6
$> 19$	8

(SNI 1729:2015)

Kontrol kekuatan las sudut didapatkan dari kekuatan logam las dengan persamaan;

$$\phi R_n \quad (3.81)$$

$$R_n = F_{nw} A_{we} \quad (3.82)$$

Keterangan :

$R_n$  = kekuatan las

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan

= 0,75 untuk geser

= 0,80 untuk kuat tarik dan kuat tekan logam las

$F_{nw}$  = tegangan nominal dari logam las (MPa)

=  $0,60 F_{EXX} (1,0 + 0,50 \sin^{1,5} \theta)$

$\theta$  = sudut pembebanan yang diukur dari sumbu longitudinal las, derajat

$A_{we}$  = luas efektif las (mm<sup>2</sup>)

### 3.10 Perencanaan Pondasi

Perencanaan pondasi Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang akan menggunakan pondasi dalam berjenis tiang bor (*bore pile*). Daya dukung tiang bor dihitung berdasarkan data penyelidikan tanah yang telah dilakukan. Pada perhitungan daya dukung pondasi

dalam, diperhatikan perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_s$ )

### 3.10.1 Daya dukung tiang tunggal berdasarkan teori statik klasik

Perhitungan daya dukung tiang tunggal berdasarkan teori statik klasik mengacu pada parameter-parameter sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ), kohesi tanah ( $C$ ), dan berat jenis tanah ( $\gamma$ ) yang dihasilkan dari uji laboratorium. Daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_L = Q_p + Q_s \quad (3.83)$$

$$Q_N = \frac{Q_p}{SF_1} + \frac{Q_s}{SF_2} \quad (3.84)$$

Dimana :

$Q_L$  : Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

$Q_N$  : Daya dukung nominal tiang pancang, setelah diterapkan angka keamanan

$Q_p$  : Daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi

(ultimate end bearing capacity)

$Q_s$  : Daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (*skin resistance of the pile*)

SF1: Angka kewananan untuk  $Q_p$  (2)

SF2: Angka kewananan untuk  $Q_s$  (3)

a. Unsur perlawanan titik dari ujung bawah tiang:

$$Q_p = q_p \times A_p \quad (3.85)$$

$$q_p = \gamma D N_q + 1,2 C N_c \quad (3.86)$$

Dimana :

$\gamma$  : Berat jenis tanah

$D$  : Kedalaman pondasi tiang

$C$  : Kohesi tanah

$A_p$  : Luas penampang dasar pondasi

- $q_p$  : Tegangan di ujung tiang  
 $Nq, Nc$  : Faktor-faktor daya dukung yang bergantung pada nilai  $\phi$  (Lihat Tabel 3.7)

Tabel 3.12 Nilai  $Nc$  dan  $Nq$ 

$\phi^\circ$	$Nc$	$Nq$
0	5,14	1,00
5	6,50	1,60
10	8,40	2,50
15	11,00	4,00
20	14,80	6,40
25	20,70	10,70
30	30,00	18,40
35	46,00	33,30
40	75,30	64,20
45	134,00	135,00

(Wahyudi, 2013)

## b. Unsur lekatan lateral

- Tanah granular ( $C = 0$ )

$$Q_s = (K_p \sin(\delta)) \times \gamma \times \frac{D_1^2}{2} \times p \quad (3.87)$$

Dimana :

$K_p$  : Koefisien tanah pasif ( $\tan^2 (45^\circ + \phi/2)$ )

$\delta$  :  $-\phi$  atau umumnya diambil  $\delta = -2/3 \phi$

$D_1$  : Kedalaman dinding pondasi efektif yang murni menerima *friction* ( $D - D_0$ )

$D_0$  :  $B/4 \times Nq^{2/3}$

$p$  : Keliling penampang tiang

- Tanah kohesif ( $C \neq 0$ )

$$Q_s = f_m \times p \times D_l$$

Dimana :

$f_m$  : Lekatan per unit rata-rata (*average unitaire friction*)

- 1) Untuk tanah kohesif dengan  $\phi = 0$  dan  $C_U$  (kohesi *undrained*):

$$f_m = \beta \cdot C_U$$

$$\beta = \frac{1 + Cu^2}{1 + 7Cu^2} \quad (C_U \text{ dalam bars}).$$

- 2) Untuk tanah kohesif dengan  $\phi \neq 0$

$$f_m = \alpha \times \gamma \times \frac{D_1}{2} + \beta \times C \quad (3.88)$$

$\alpha$  = Faktor adesi (Lihat Tabel 3.8)

Tabel 3.13 Nilai  $\alpha$  dan  $\beta$

$\phi^\circ$	$\alpha$ untuk $\delta = -\phi$	$\alpha$ untuk $\delta = -2/3 \phi$	B
10	0,285	0,186	1,60
15	0,567	0,364	2,06
20	1,030	0,641	2,70
25	1,810	1,100	3,62
30	3,210	1,880	5,01
35	5,850	3,270	7,27
40	11,30	5,900	10,36
45	23,70	11,400	17,97

(Wahyudi, 2013)

### 3.10.2 Daya dukung tiang tunggal berdasarkan nilai SPT

Perhitungan daya dukung tiang berdasarkan nilai SPT mengacu pada jumlah pukulan ( $N$ ) pada pemancangan sedalam  $\pm 30$  cm. Daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan:

$$Q_L = Q_p + Q_s \quad (3.89)$$

$$Q_N = \frac{Q_L}{SF} \quad (3.90)$$

Dimana :

$Q_L$  : Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

$Q_N$  : Daya dukung nominal tiang, setelah diterapkan angka keamanan

$Q_p$  : Daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (ultimate end bearing capacity)

$Q_s$  : Daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (*skin resistance of the pile*)

$SF$  : Angka kewananan untuk  $Q_p$  (3)

a. Unsur perlawanan titik dari ujung bawah tiang

$$Q_p = q_p \times A_p \quad (3.91)$$

$$q_p = N_p \times K \quad (3.92)$$

Dimana:

$N_p$  = Harga rata-rata SPT di sekitar 4B di atas hingga 4B di bawah dasar tiang pondasi

$K$  = Koefisien karakteristik tanah  
 = 12 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lempung  
 = 20 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lanau berlempung  
 = 25 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lanau berpasir  
 = 40 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah pasir

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang

$q_p$  = tegangan di ujung tiang

b. Unsur lekatan lateral

$$Q_s = q_s \times A_s \quad (3.93)$$

$$q_s = \beta \times \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) \quad (3.94)$$



Dimana :

$q_s$  = tegangan akibat lekatan lateral dalam  $t/m^2$

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

$A_s$  = keliling  $\times$  panjang tiang yang terbenam

### 3.10.3 Daya dukung tiang grup berdasarkan nilai SPT

Untuk daya dukung grup tiang pancang, harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi ( $C_e$ ).

$$Q_{L(\text{group})} = Q_{L(1 \text{ tiang})} \cdot n \cdot C_e \quad (3.95)$$

$$C_e = 1 - \frac{\text{arc tan}\left(\frac{\phi}{S}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right) \quad (3.96)$$

Dimana :

$n$  : jumlah tiang dalam grup

$C_e$  : koefisien efisiensi

$Q_{L(\text{group})}$  : daya dukung tiang grup

$Q_{L(1 \text{ tiang})}$  : daya dukung 1 tiang

$\phi$  : diameter tiang pondasi

$S$  : jarak as ke as antar tiang dalam grup

$m$  : jumlah baris tiang dalam grup

$n$  : jumlah kolom tiang dalam grup

$C_e$  : 0,9 – 1,0 (untuk jarak antar tiang pancang  $\geq 3 \phi$ )

Apabila tiang disatukan oleh kepala tiang (poer), akan muncul beban vertikal ekivalen ( $P_v$ ) yang terdiri dari beban-beban vertikal ( $V$ ), horizontal ( $H$ ), dan momen ( $M$ ).

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{My \times X_{max}}{\Sigma X^2} \pm \frac{Mx \times Y_{max}}{\Sigma Y^2} \quad (3.97)$$

Dimana :

$P_v$  : Beban vertikal ekivalen

$V$  : Beban vertikal dari kolom

$n$  : Banyaknya tiang dalam grup

$M_x$  : Momen terhadap sumbu x

$M_y$  : Momen terhadap sumbu y

$x_{max}$  : Absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

$y_{max}$  : Ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

$\Sigma x^2$  : Jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral group

$\Sigma y^2$  : Jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral group

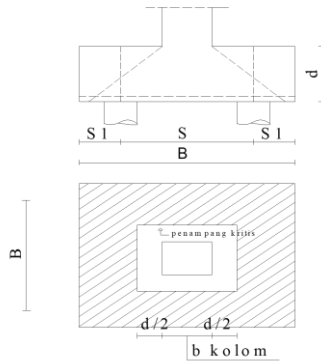
#### a. Perencanaan tebal poer

Perencanaan tebal poer harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons, dimana nilai  $V_c$  diambil dari persamaan :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad (3.98)$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad (3.99)$$

$$\emptyset V_c > V_u$$



Gambar 3.4 Penampang Kritis Pada Pondasi

Dimana :

$\beta_c$  : rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

$b_o$  : keliling dari penampang kritis  
 $= 4 \cdot (0,5 \cdot d + b \text{ kolom} + 0,5 \cdot d)$

$\emptyset = 0,75$

$V_c$  = Kuat geser pons beton

$V_u$  = Gaya geser akibat kolom

### b. Perencanaan tulangan lentur

Perencanaan tulangan lentur berdasarkan momen ultimate yang terjadi akibat tiang pancang terhadap muka kolom dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\rho_{min} = 0,0002 \text{ (untuk } F_y = 240 \text{ MPa)}$$

$$\rho_{min} = 0,0018 \text{ (untuk } F_y \text{ selain 240 MPa)}$$

$$m = \frac{F_y}{0,85.Frc} \quad (3.100)$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \cdot d^2} \quad (3.101)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{F_y}} \right) \quad (3.102)$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot s \quad (3.103)$$

## 3.11 Penggambaran Perencanaan Gedung

Melakukan kegiatan penggambaran hasil desain gedung dalam bentuk gambar teknik menggunakan program bantu AutoCad.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

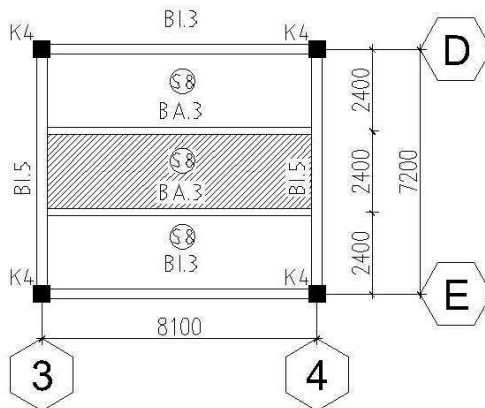
### 4.1 Perencanaan Struktur Sekunder

#### 4.1.1 Perencanaan Pelat Lantai

Pada perencanaan lantai gedung ini menggunakan tabel perencanaan praktis dari *Super Floor Deck*. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Direncanakan menggunakan satu baris penyangga selama pengerasan pelat beton.
- Beban mati (berat sendiri bondek dan pelat beton) sudah diperhitungkan.
- Berat berguna yang digunakan adalah jumlah beban hidup dan beban-beban finishing lainnya.
- Bondek menggunakan tebal 0,75 mm.

##### 4.1.1.1 Perencanaan Pelat Lantai 2-17



Gambar 4.1 Pelat Lantai 2-17

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai 2-17 menggunakan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013.

1. Beban Mati (PPIUG 1983)

- Berat plesteran semen 1cm = 21 kg/m<sup>2</sup>
- Berat plafon & penggantung = 18 kg/m<sup>2</sup>
- Berat *ducting* dan *plumbing* = 25 kg/m<sup>2</sup>
- Berat keramik 1 cm, 1 x 24 = 24 kg/m<sup>2</sup>
- qD* total = 88 kg/m<sup>2</sup>

2. Beban Hidup (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)

- Lantai Hotel (*qL*) = 195,72 kg/m<sup>2</sup>

3. Beban Berguna

- $q = qD + qL$   
 $= 88 + 195,72$   
 $= 283,7 \text{ kg/m}^2$   
 $\approx 300 \text{ kg/m}^2$  (mengikuti brosur)

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif, maka didapatkan data-data sebagai berikut:

- Bentang = 2,4 m  $\approx$  2,5 m
- Beban berguna = 300 kg/m<sup>2</sup>
- Tulangan negatif = 2,65 cm<sup>2</sup>/m
- Tebal pelat beton = 0,09 m
- Digunakan tulangan = 0,8 cm

Maka, jumlah yang dibutuhkan setiap meter adalah:

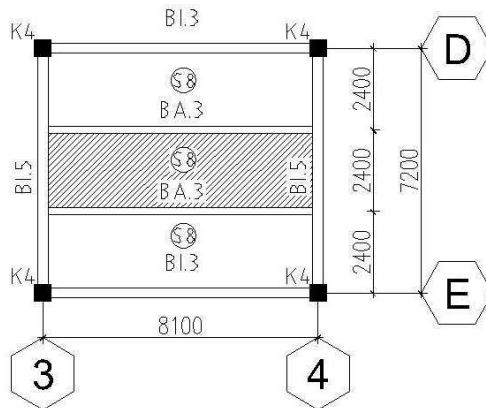
- $n = \frac{\text{Luas tulangan yang dibutuhkan}}{\text{Luas tulangan dipasang}}$   
 $n = \frac{2,65 \text{ cm}^2/\text{m}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d} = \frac{2,65 \text{ cm}^2/\text{m}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,8} = 4,22 \approx 5$  buah
- Jarak antar tulangan =  $\frac{1000}{n+1} = \frac{1000}{5+1} = 166,7 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$

Sehingga dipasang tulangan negatif  $5\text{Ø}8\text{-}150\text{ mm}$ .

Tabel 4.1 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai 2-17

No	Bentang (m)	Tulangan (mm)	Jarak (mm)	Tebal (mm)
1	2,4	5 Ø8	200	9
2	1,8	3 Ø8	250	9

#### 4.1.1.2 Perencanaan Pelat Lantai Atap



Gambar 4.2 Pelat Lantai Atap

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai atap menggunakan PPIUG 1983.

##### 1. Beban Mati (PPIUG 1983)

- Berat spesi 1cm = 21 kg/m<sup>2</sup>
- Berat plafon & penggantung = 18 kg/m<sup>2</sup>
- Berat aspal 2 cm = 28 kg/m<sup>2</sup>
- Berat *ducting* dan *plumbing* = 25 kg/m<sup>2</sup>
- Berat *waterproofing* = 5 kg/m<sup>2</sup>
- $qD$  total = 97 kg/m<sup>2</sup>

2. Beban Hidup (SNI 1727:2013 Tabel 4-1)
- Lantai atap = 97,86 kg/m<sup>2</sup>
3. Beban Berguna
- $q = qD + qL$   
 $= 97 + 97,86$   
 $= 194,9 \text{ kg/m}^2$   
 $\approx 200 \text{ kg/m}^2$  (mengikuti brosur)

Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif, maka didapatkan data-data sebagai berikut:

- Bentang = 2,4 m  $\approx$  2,5 m
- Beban berguna = 200 kg/m<sup>2</sup>
- Tulangan negative = 2,16 cm<sup>2</sup>/m
- Tebal pelat beton = 0,09 m
- Digunakan tulangan = 0,8 cm

Maka, jumlah yang dibutuhkan setiap meter adalah:

$$n = \frac{\text{Luas tulangan yang dibutuhkan}}{\text{Luas tulangan dipasang}}$$

$$n = \frac{2,16 \text{ cm}^2/\text{m}}{\frac{1}{4}\pi \cdot d} = \frac{2,16 \text{ cm}^2/\text{m}}{\frac{1}{4}\pi \cdot 0,8} = 3,439 \approx 4 \text{ buah}$$

- Jarak antar tulangan =  $\frac{1000}{n+1} = \frac{1000}{4+1} = 200 \text{ mm}$

Sehingga dipasang tulangan negatif 4Ø8-200 mm

Tabel 4.2 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai Atap

No	Bentang (m)	Tulangan (mm)	Jarak (mm)	Tebal (mm)
1	2,4	4 Ø8	200	9
2	1,8	3 Ø8	250	9



#### 4.1.2 Perencanaan Balok Anak

Fungsi dari balok anak adalah meneruskan serta membagi beban yang dipikul pelat lantai ke balok induk. Balok anak didesain sebagai struktur sekunder sehingga dalam perhitungan tidak menerima beban lateral yang diakibatkan oleh gempa.

##### 4.1.2.1 Perencanaan Balok Anak Lantai 2-17

Menggunakan profil WF  $400 \times 200 \times 8 \times 13$

$$W = 66 \text{ kg/m}$$

$$t_w = 8 \text{ mm}$$

$$d = 400 \text{ mm}$$

$$Z_x = 1286 \text{ cm}^3$$

$$i_y = 4,54 \text{ cm}$$

$$I_y = 1740 \text{ cm}^4$$

$$b_f = 200 \text{ mm}$$

$$F_u = 410 \text{ MPa}$$

$$L_r = 658,357 \text{ cm}$$

$$A_g = 84,12 \text{ cm}^2$$

$$t_f = 13 \text{ mm}$$

$$r = 16 \text{ mm}$$

$$Z_y = 266 \text{ cm}^3$$

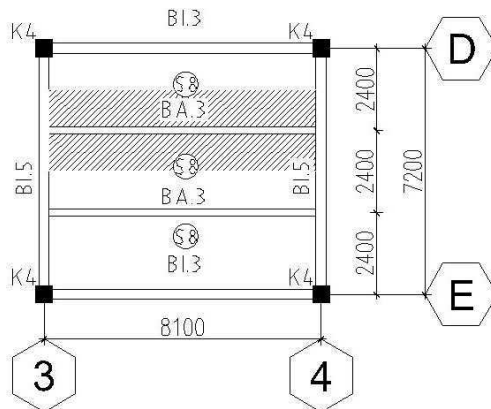
$$I_x = 23700 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 1190 \text{ cm}^3$$

$$F_y = 250 \text{ MPa}$$

$$E = 2.000.000 \text{ kg/cm}^2$$

$$h = 400 - 2(13+16) = 342 \text{ mm}$$



Gambar 4.3 Denah Balok Anak Lantai 2-17

- a. Pembebanan pada balok anak lantai 8-22

- Beban mati
 

Berat pelat bondek	= 10,1	kg/m <sup>2</sup>
Berat spesi (1cm)	= 21	kg/m <sup>2</sup>
Berat beton (10 cm)	= 240	kg/m <sup>2</sup>
Berat plafond + penggantung	= 18	kg/m <sup>2</sup>
Berat ducting dan plumbing	= 25	kg/m <sup>2</sup>
Berat keramik (1cm)	= 24	kg/m <sup>2</sup>
Total	= 338,1	kg/m <sup>2</sup>
Berat pelat lantai (2,4 m)	= 811,44	kg/m
Berat profil	= 66	kg/m
	<i>q<sub>D</sub></i> = 877,44	kg/m
- Beban hidup SNI 1727-2013 (Apartemen/Hotel)
 

<i>q<sub>L</sub></i> = 2,4 m x 195,72 kg/m <sup>2</sup>	= 469,725	kg/m
---	-----------	------
- Beban berfaktor :
 

<i>q<sub>U</sub></i> = 1,2 . <i>q<sub>D</sub></i> + 1,6 . <i>q<sub>L</sub></i>		
= 1,2 . 877,44 + 1,6 . 469,725	= 1804,488	kg/m

b. Gaya dalam pada balok anak lantai 2-17

- Momen yang terjadi
 
$$M_U = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1804,488 \times 8,1^2$$

$$= 14799,05 \text{ kg.m}$$
- Gaya geser yang terjadi
 
$$V_U = \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times 1804,488 \times 5,6$$

$$= 7308,175 \text{ kg}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol terhadap tekuk lokal
 

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{400}{2(13)} = 7,69$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{F_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_p = 7,69 < 10,75 \text{ (penampang kompak)}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42,75$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{F_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$$\lambda \leq \lambda_p = 42,75 < 106,25 \text{ (penampang kompak)}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= F_y \cdot Z_x \\ &= 2500 \cdot 1286 \\ &= 3215000 \text{ kg.cm} \\ &= 32150 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 32150$$

$$= 28935 \text{ kg.m} > 14799,05 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol terhadap tekuk lateral

$$L_b = 20 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \times 4,54 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} \\ &= 266,002 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$L_r = 658,357 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p = \text{Bentang pendek.}$$

- Karena bentang pendek, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_{px} &= Z_x \times F_y = 1286 \times 2500 = 3215000 \text{ kg.cm} \\ &= 32150 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{py} &= Z_y \times F_y = 266 \times 2500 = 665000 \text{ kg.cm} \\ &= 6650 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Persamaan Interaksi :

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \leq 1$$

$$\frac{14799,05}{0,9 \times 32150} + \frac{0}{0,9 \times 6650} \leq 1$$

$$0,511 \leq 1 \text{ (OK)}$$

- d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} = 42,75 \qquad \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57$$

karena  $\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{F_y}}$

$$46,75 < 69,57 \text{ (Plastis)}$$

$$\begin{aligned} \text{maka } V_n &= 0,6 F_y A_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times (40 \times 0,8) = 48000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \cdot 48000 \text{ kg}$$

$$= 43200 \text{ kg} > 7308,175 \text{ kg (OK)}$$

e. Kontrol lendutan

$$L = 810 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{810}{360} = 2,25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^0 &= \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(8,77 + 4,69) \times 810^4}{2000000 \times 23700} \\ &= 1,59 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^0 < f_{ijin}$$

$$1,59 \text{ cm} < 2,55 \text{ cm (OK)}$$

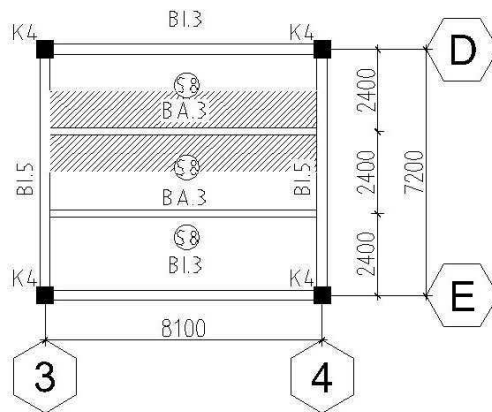
Tabel 4.3 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak Lantai 2-17

Tipe Balok	Bentang		Profil yang digunakan	
	Panjang Balok	Jarak Antar Balok		
	(m)	(m)		
B.A 1	6.6	2.4	WF	350 x 175 x 7 x 11
B.A 2	5.3	2.4	WF	300 x 150 x 6,5 x 9
B.A 3	8.1	2.4	WF	400 x 200 x 8 x 13
B.A 4	2.5	2.4	WF	150 x 75 x 5 x 7
B.A 5	4.8	2.5	WF	250 x 125 x 6 x 9

#### 4.1.2.2 Perencanaan Balok Anak Lantai Atap

Menggunakan profil WF 400×200×8×13

$W = 66 \text{ kg/m}$	$A = 84,12 \text{ cm}^2$
$t_w = 8 \text{ mm}$	$t_f = 13 \text{ mm}$
$d = 400 \text{ mm}$	$r = 16 \text{ mm}$
$Z_x = 1286 \text{ cm}^3$	$Z_y = 266 \text{ cm}^3$
$i_y = 4,54 \text{ cm}$	$I_x = 23700 \text{ cm}^4$
$I_y = 1740 \text{ cm}^4$	$S_x = 1190 \text{ cm}^3$
$b_f = 200 \text{ mm}$	$F_y = 250 \text{ MPa}$
$F_u = 410 \text{ MPa}$	$E = 2.000.000 \text{ kg/cm}^2$
$L_r = 658,357 \text{ cm}$	$h = 400 - 2(13 + 16) = 342 \text{ mm}$



Gambar 4.4 Denah Balok Anak Lantai Atap

a. Pembebanan pada balok anak lantai atap

- Beban mati

Berat pelat bondek	= 10,1 $\text{ kg/m}^2$
Berat spesi (1cm)	= 21 $\text{ kg/m}^2$
Berat beton (10 cm)	= 240 $\text{ kg/m}^2$
Berat plafond + penggantung	= 18 $\text{ kg/m}^2$
Berat ducting dan plumbing	= 25 $\text{ kg/m}^2$

Berat Aspal (2cm)	= 28	kg/m <sup>2</sup>
Berat waterproofing	= 5	kg/m <sup>2</sup>
Total	= 347,1	kg/m <sup>2</sup>
Berat pelat lantai (2,4 m)	= 833,04	kg/m
Berat profil	= 66	kg/m
	$q_D$	= 899,04 kg/m

- Beban hidup SNI 1727-2013  
 $q_L = 2,4 \text{ m} \times 97,85 \text{ kg/m}^2 = 234,86 \text{ kg/m}$
- Beban berfaktor :  
 $q_U = 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L$   
 $= 1,2 \cdot 899,04 + 1,6 \cdot 234,86 = 1454,628 \text{ kg/m}$

b. Gaya dalam pada balok anak lantai atap

- Momen yang terjadi  
 $M_U = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1454,628 \times 8,1^2$   
 $= 11929,77 \text{ kg.m}$
- Gaya geser yang terjadi  
 $V_U = \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times 1454,628 \times 8,1$   
 $= 5891,243 \text{ kg}$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{400}{2(13)} = 7,69$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{F_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_p = 7,69 < 10,75 \text{ (penampang kompak)}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 46,75$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{F_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$$\lambda \leq \lambda_p = 46,75 < 106,25 \text{ (penampang kompak)}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= F_y \cdot Z_x \\ &= 2500 \cdot 1286 \\ &= 3215000 \text{ kg.cm} \\ &= 32150 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \cdot 32150 \\ &= 28935 \text{ kg.m} > 11929,77 \text{ kg.m (OK)} \end{aligned}$$

- Kontrol terhadap tekuk lateral

$$L_b = 20 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 4,54 \times \sqrt{\frac{2000000}{2500}} \\ &= 226,002 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$L_r = 658,357 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p = \text{Bentang pendek.}$$

- Karena bentang pendek, maka

$$\begin{aligned} M_{px} &= Z_x \times F_y = 1286 \times 2500 = 3215000 \text{ kg.cm} \\ &= 32150 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{py} &= Z_y \times F_y = 266 \times 2500 = 665000 \text{ kg.cm} \\ &= 6650 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Persamaan Interaksi :

$$\begin{aligned} \frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} &\leq 1 \\ \frac{11929,77}{0,9 \times 32150} + \frac{0}{0,9 \times 6650} &\leq 1 \\ 0,412 &\leq 1 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} = 42,75 \quad : \quad \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{F_y}}$$

$$42,75 < 69,57 \text{ (Plastis)}$$

$$\begin{aligned} \text{maka } V_n &= 0,6 F_y \cdot A_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (40 \cdot 0,8) = 48000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= 0,9 \cdot 48000 \text{ kg} \\ &= 43200 \text{ kg} > 5891,243 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

e. Kontrol lendutan

$$L = 810 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{810}{360} = 2,25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^0 &= \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \cdot I_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{(8,99 + 2,34) \times 810^4}{2000000 \times 23700} \\ &= 1,34 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^0 < f_{ijin}$$

$$1,34 \text{ cm} < 2,25 \text{ cm (OK)}$$

Tabel 4.4 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak Lantai Atap

Tipe Balok	Bentang		Profil yang digunakan	
	Panjang Balok	Jarak Antar Balok		
	(m)	(m)		
B.A 1	5.3	2.4	WF	350 x 175 x 7 x 11
B.A 2	5.3	2.4	WF	250 x 125 x 6 x 9
B.A 3	8.1	2.4	WF	400 x 200 x 8 x 13
B.A 4	2.5	2.4	WF	150 x 75 x 5 x 7
B.A 5	4.8	2.5	WF	250 x 125 x 6 x 9

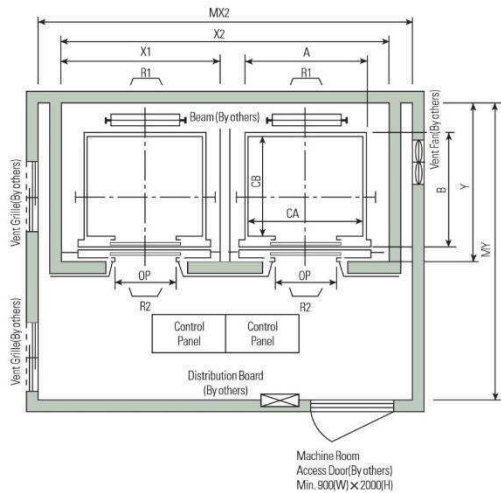
### 4.1.3 Perencanaan Balok Penggantung Lift

Pada perencanaan balok *lift* ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin *lift* yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung *lift*. Pada bangunan ini



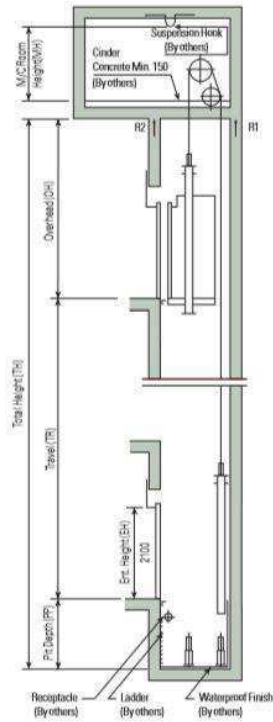
menggunakan *lift* penumpang dengan data-data sebagai berikut:

- Tipe lift : *Passenger Elevators*
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 17 Orang / 1150 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 1100 mm
- Dimensi ruang luncur (*hoistway inside*) 2 Car : 5200 . 2030 mm<sup>2</sup>
- Dimensi sangkar (*Car size*)
  - Internal : 2000 . 1350 mm<sup>2</sup>
  - Eksternal : 2100 . 1520 mm<sup>2</sup>
- Dimensi ruang mesin (2 Car) : 5250 . 3800 mm<sup>2</sup>
- Beban reaksi ruang mesin :
  - $R_1 = 6600 \text{ kg}$
  - $R_2 = 5100 \text{ kg}$



Gambar 4.5 Denah *Lift* Tampak Atas

(sumber: HYUNDAI *Passenger Elevators*)



Gambar 4.6 Potongan Melintang Lift

(sumber: HYUNDAI Passenger Elevators)

Balok penggantung lift direncanakan menggunakan profil WF 400×200×8×13

$W$	$= 66 \text{ kg/m}$	$A$	$= 84,12 \text{ cm}^2$
$t_w$	$= 8 \text{ mm}$	$t_f$	$= 13 \text{ mm}$
$d$	$= 400 \text{ mm}$	$r$	$= 16 \text{ mm}$
$Z_x$	$= 1286 \text{ cm}^3$	$Z_y$	$= 266 \text{ cm}^3$
$i_y$	$= 4,54 \text{ cm}$	$I_x$	$= 23700 \text{ cm}^4$
$I_y$	$= 1740 \text{ cm}^4$	$S_x$	$= 1190 \text{ cm}^3$

$$\begin{aligned}
 h &= 400 - 2(13 + 16) & b_f &= 200 \text{ mm} \\
 &= 342 \text{ mm} & F_y &= 250 \text{ MPa} \\
 F_u &= 410 \text{ MPa} & L_p &= 226,003 \text{ cm} \\
 L_r &= 658,357 \text{ cm} & E &= 2.000.000 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

a. Pembebanan pada balok penggantung lift

- Beban mati

$$\text{Berat profil balok penggantung lift} = 66 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan, dll(10\%)} = 6,6 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 72,6 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup

$$\text{Beban hidup untuk } maintenance \quad q_L = 262,5 \text{ kg/m}$$

- Beban merata ultimate

$$q_U = 1,2 q_D + 1,6 q_L$$

$$= 1,2 \cdot 72,6 + 1,6 \cdot 262,5 = 507,12 \text{ kg/m}$$

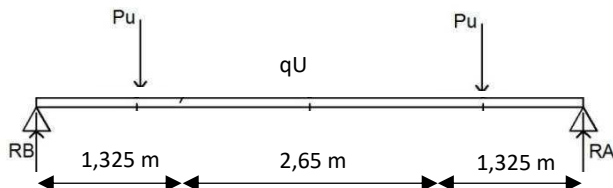
- Beban terpusat lift

Pada SNI 1727-2013 pasal 4.6.3 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung) menyatakan bahwa beban mesin dan beban bergerak harus ditingkatkan 50% untuk mesin yang bergerak maju mundur atau unit tenaga-driven, presentase tersebut harus meningkat bila disyaratkan oleh produsen..

$$PU_1 = R_1 \cdot (1 + 50\%) = 6600 \cdot (1 + 50\%) = 9900 \text{ kg}$$

$$PU_2 = R_2 \cdot (1 + 50\%) = 5100 \cdot (1 + 50\%) = 7650 \text{ kg}$$

b. Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penumpu lift



Gambar 4.7 Model Pembebanan Balok Penggantung Lift

- Reaksi perletakan

$$R_A = R_B = \frac{2Pu+qu.l}{2}$$

$$= \frac{9900 \cdot 2 + 507,12 \cdot 5,3}{2}$$

$$= 11243,868 \text{ kg}$$

- Momen maksimum

$$M_{max} = (11243,868 \cdot 2,65) - (9900 \cdot 1,325) - (1/2 \cdot 507,12 \cdot 2,65^2)$$

$$= 15319,16 \text{ kgm}$$

- Gaya geser

$$V_U = R_a = 11243,868 \text{ kg}$$

- c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b}{2 \cdot t_f} = \frac{200}{2 \cdot 13} = 7,69$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{F_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$7,69 < 10,75 \text{ (OK)}$$

Bagian badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42,75$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{F_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$42,75 < 106,25 \text{ (OK)}$$

Penampang kompak

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = F_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 1286 = 3215000 \text{ kg.cm}$$

$$= 32150 \text{ kg.m}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 32150$$

$$= 28935 \text{ kg.m} \geq 15319,16 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol terhadap tekuk lateral

$$L_b = 530 \text{ cm}$$

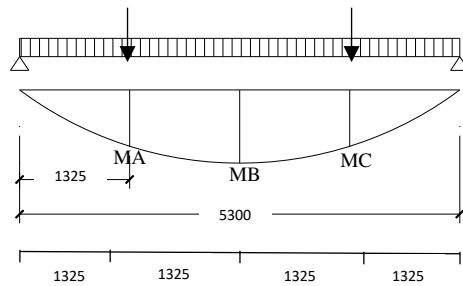
$$L_p = 226,003 \text{ cm (dari tabel } L_p \text{ dan } L_r)$$

$$L_r = 658,357 \text{ cm (dari tabel } L_p \text{ dan } L_r)$$

$$L_p < L_b < L_r \text{ (bentang menengah)}$$

- Karena bentang menengah, maka

$$M_n = C_b \cdot \left[ M_p - (M_p - 0,7 \cdot f_y \cdot S_x) \cdot \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$



Gambar 4.8 Diagram Momen Balok Penggantung Lift

$$M_A = M_C$$

$$\begin{aligned} &= R_A \cdot (1,325) - \frac{1}{2} q_u \cdot (1,325^2) \\ &= 11243,868 \cdot 1,325 - 507,12/2 \cdot 1,325^2 \\ &= 14452,97 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$M_B = M_{Max}$$

$$= 15319,16 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,3$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 15319,16}{2,5 \cdot 15319,16 + 3 \cdot 14452,97 + 4 \cdot 15319,16 + 3 \cdot 14452,97} \leq 2,3$$

$$C_b = 1,027 \leq 2,3, \text{ digunakan } C_b = 1,027$$

$$M_p = Z_x \cdot F_y$$

$$= 1286 \cdot 2500 = 3215000 \text{ kg.cm} = 32150 \text{ kg.m}$$

$$M_r = S_x \cdot (F_y - F_r)$$

$$= 1190 \cdot (2500 - 700) = 2142000 \text{ kg.cm} = 21420 \text{ kg.m}$$

$$M_n = C_b \cdot \left[ M_r + (M_p - 0,7 \cdot f_y \cdot S_x) \cdot \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$

$$M_n = 1,027 \left[ 21420 + (32150 - 21420) \cdot \frac{530 - 226,003}{658,357 - 226,003} \right]$$

$M_n = 37703,85 \text{ kg.m} > M_p$ , maka dipakai  $M_p$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_p \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_p = 0,9 \cdot 32150$$

$$= 28935 \text{ kg.m} \geq 15319,16 \text{ kg.m (OK)}$$

- d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kontrol geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42,75 ; \frac{1100}{\sqrt{F_y}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{F_y}} = 42,75 < 69,57$$

maka  $V_n = 0,6 \cdot F_y \cdot A_w$

$$= 0,6 \cdot 2500 \cdot 40 \cdot 8 = 48000 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 48000 \text{ kg}$$

$$= 43200 \text{ kg} \geq 11243,868 \text{ kg (OK)}$$

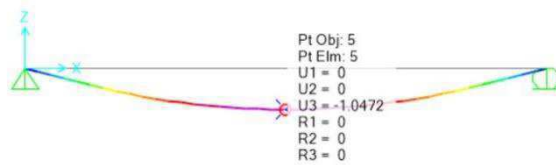
- e. Kontrol lendutan

$$L = 530 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{530}{360} = 1,472 \text{ cm}$$

Dari hasil perhitungan pada aplikasi SAP2000 didapatkan lendutan sebesar :

$$f^o = 0,97 \text{ cm}$$



Gambar 4.9 Hasil Lendutan Balok Penumpu *Lift* Berdasarkan Hasil SAP2000

$$f^o < f_{ijin} = 1,04 \text{ cm} < 1,472 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.1.4 Perencanaan Tangga dan Bordes

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Pada Gedung Ibyes Styles Hotel ini struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan menggunakan konstruksi dari bondek.

Data teknis tangga :

- Mutu Baja = BJ 41
- Tinggi antar lantai = 400 cm
- Tinggi bordes = 200 cm
- Panjang tangga tanpa bordes = 330 cm
- Lebar tangga = 130 cm
- Panjang bordes = 150 cm
- Lebar bordes = 280 cm
- Lebar antrede ( $i$ ) = 30 cm
- Lebar penyangga tangga = 20 cm
- Perencanaan jumlah injakan tangga :

Persyaratan-persyaratan jumlah injakan tangga

$$60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$$

$$25^\circ < a < 40^\circ$$

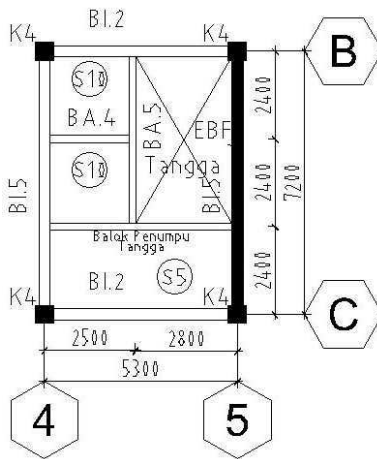
Dimana :

$t$  = tinggi injakan (cm)

$i$  = lebar injakan (cm)

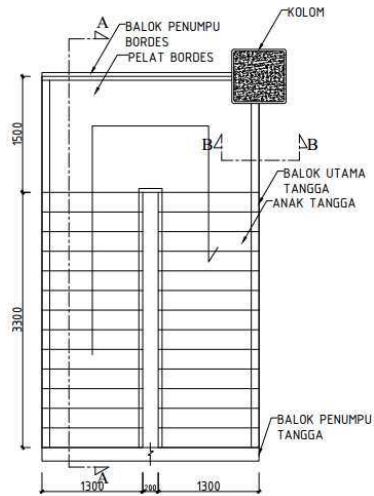
$a$  = kemiringan tangga

- Perhitungan jumlah injakan tangga  
 Tinggi injakan ( $t$ ) = 16 cm  
 Jumlah tanjakan =  $\frac{(400/2)}{16} = 13$  buah  
 Jumlah injakan ( $n$ ) =  $13 - 1 = 12$  buah  
 $60 \text{ cm} \leq (2 \cdot 16 + 30) \leq 65 \text{ cm}$   
 $60 \text{ cm} \leq (62) \leq 65 \text{ cm}$  (OK)  
 Lebar bordes = 280 cm  
 Lebar tangga = 130 cm  
 $a = \text{arc tg} \left( \frac{160}{300} \right) = 28,07^\circ$   
 $25^\circ < 28,07^\circ \leq 40^\circ$  (OK)

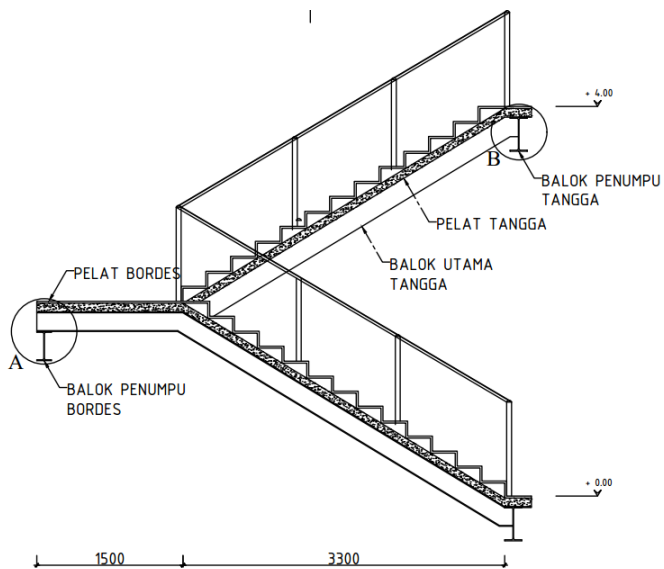


Gambar 4.10 Denah Tangga





Gambar 4.11 Gambar Rencana Tangga



Gambar 4.12 Rencana Tangga Tampak Samping

#### 4.1.4.1 Perencanaan Pelat Anak Tangga

Berat jenis baja	= 7850 kg/m <sup>3</sup>
Mutu baja BJ 41	$F_y = 2500 \text{ kg/m}^2$
Mutu beton	$F'_c = 30 \text{ MPa}$

##### a. Perencanaan pembebanan pelat tangga

Beban mati

Berat keramik (1 cm)	= 24	kg/m <sup>2</sup>
Berat spesi (1 cm)	= 21	kg/m <sup>2</sup>
Beton anak tangga (10 cm)	= 240	kg/m <sup>2</sup>
	$q_D = 285$	kg/m <sup>2</sup>

Beban hidup

Beban hidup tangga	$q_L = 479$	kg/m <sup>2</sup>
--------------------	-------------	-------------------

Beban berguna

$$\text{Beban berguna} = q_D + q_L = 764 \text{ kg/m}^2 \approx 750 \text{ kg/m}^2$$

##### b. Perencanaan Bondek

Bentang menerus dengan tulangan negatif dengan dua baris penyangga

Bentang = 130 cm  $\approx$  150 cm

Beban berguna = 750 kg/m<sup>2</sup>

Tulangan Negatif = 1,31 cm<sup>2</sup>/m

Tebal pelat beton = 9 cm

Digunakan Tulangan = 0,8 cm

Maka, jumlah yang dibutuhkan setiap meter adalah:

$$n = \frac{\text{Luas tulangan yang dibutuhkan}}{\text{Luas tulangan dipasang}}$$

$$n = \frac{1,31 \text{ cm}^2/\text{m}}{\frac{1}{4}\pi \cdot d} = \frac{1,31 \text{ cm}^2/\text{m}}{\frac{1}{4}\pi \cdot 0,8} = 2,607 \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar tulangan} = \frac{1000}{n+1} = \frac{1000}{3+1} = 250 \text{ mm}$$

Sehingga dipasang tulangan negatif 3Ø8-250 mm.

#### 4.1.4.2 Perencanaan Bordes

Berat jenis baja	=	7850 kg/m <sup>3</sup>
Mutu baja BJ 41	$F_y =$	2500 kg/m <sup>2</sup>
Mutu beton	$F'_c =$	30 MPa

#### c. Perencanaan pembebanan bordes

Beban mati

Berat keramik (1 cm)	=	24	kg/m <sup>2</sup>
Berat spesi (1 cm)	=	21	kg/m <sup>2</sup>
	$q_D =$	45	kg/m <sup>2</sup>

Beban hidup

Beban hidup tangga	$q_L =$	479	kg/m <sup>2</sup>
--------------------	---------	-----	-------------------

Beban berguna

$$\text{Beban berguna} = q_D + q_L = 524 \text{ kg/m}^2 \approx 600 \text{ kg/m}^2$$

#### d. Perencanaan Bondek

Bentang menerus dengan tulangan negatif dengan dua baris penyangga

Bentang = 130 cm  $\approx$  150 cm

Beban berguna = 600 kg/m<sup>2</sup>

Tulangan Negatif = 1,11 cm<sup>2</sup>/m

Tebal pelat beton = 9 cm

Digunakan Tulangan = 0,8 cm

Maka, jumlah yang dibutuhkan setiap meter adalah:

$$n = \frac{\text{Luas tulangan yang dibutuhkan}}{\text{Luas tulangan dipasang}}$$

$$n = \frac{1,11 \text{ cm}^2/\text{m}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d} = \frac{1,11 \text{ cm}^2/\text{m}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,8} = 2,203 \approx 3 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar tulangan} = \frac{1000}{n+1} = \frac{1000}{3+1} = 250 \text{ mm}$$

Sehingga dipasang tulangan negatif 3Ø8-250 mm.

#### 4.1.4.3 Perencanaan Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Dalam satu lajur tangga ditumpu oleh 2 balok utama tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 200×100×5,5×8, dengan spesifikasi sebagai berikut:

$$\begin{array}{ll}
 W = 21,3 \text{ kg/m} & A = 27,16 \text{ cm}^2 \\
 t_w = 5,5 \text{ mm} & t_f = 8 \text{ mm} \\
 d = 200 \text{ mm} & r = 11 \text{ mm} \\
 Z_x = 200 \text{ cm}^3 & Z_y = 41 \text{ cm}^3 \\
 i_y = 2,22 \text{ cm} & I_x = 1840 \text{ cm}^4 \\
 I_y = 134 \text{ cm}^4 & S_x = 184 \text{ cm}^3 \\
 h = 200 - 2(8 + 11) & b_f = 100 \text{ mm} \\
 = 162 \text{ mm} & F_u = 410 \text{ MPa} \\
 F_y = 250 \text{ MPa} & L_p = 110,512 \text{ cm} \\
 L_r = 361,127 \text{ cm} & E = 2.000.000 \text{ kg/cm}^2
 \end{array}$$

##### a. Perencanaan pembebanan anak tangga

Beban mati

Berat keramik 1 cm

$$((0,16 + 0,3) 12 \cdot 24) \cdot (1,3 / 2) = 86,12 \text{ kg}$$

Berat beton anak tangga

$$(0,16 \cdot 0,3 \cdot 0,5 \cdot 2400) \cdot (1,3 / 2) \cdot 12 = 449,28 \text{ kg}$$

Berat spesi 1 cm

$$((0,16 + 0,3) 12 \cdot 21) \cdot (1,3 / 2) = 75,48 \text{ kg}$$

Berat pelat bondek

$$10,1 \cdot (3,3 / \cos(28,07)) \cdot (1,3 / 2) = 24,55 \text{ kg}$$

Berat pelat beton 9 cm

$$2400 \cdot 0,09 \cdot (3,3 / \cos(28,07)) \cdot (1,3 / 2) = 525,09 \text{ kg}$$

Berat railing (10 kg/m)

$$10 \cdot (3,3 / \cos(28,07)) = 37,4 \text{ kg} +$$

$$\begin{aligned}
 &= 1197,78 \text{ kg} \\
 \text{Berat sambungan (10\%)} &= 119,77 \text{ kg} \\
 \text{Total} &= 1317,56 \text{ kg} \\
 \text{Berat dibagi panjang tangga (3,3 m)} &= 399,26 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat profil / } \cos(28,07) &= 24,14 \text{ kg/m} + \\
 q_{D1} &= 423,4 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup

$$q_{L1} = 479 \cdot 1,3/2 = 311,35 \text{ kg/m}$$

Beban Berfaktor Anak Tangga

$$\begin{aligned}
 q_{U1} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\
 &= 1,2 \cdot 423,4 + 1,6 \cdot 311,35 \\
 &= 1006,24 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

b. Perencanaan pembebanan bordes

Beban mati

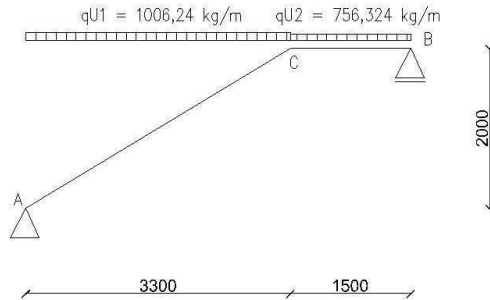
$$\begin{aligned}
 \text{Berat keramik 1 cm} &= 24 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat spesi 1 cm} &= 21 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat pelat bondek} &= 10,1 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat pelat beton 9 cm} &= 216 \text{ kg/m}^2 + \\
 &= 271 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat sambungan} &= 27,1 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Total} &= 298,21 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Beban dikali ke } 1,3/2\text{m} &= 193,83 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat profil} &= 21,3 \text{ kg/m} + \\
 q_{D2} &= 215,13 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup

$$q_{L2} = 479 \cdot 1,3/2 = 311,35 \text{ kg/m}$$

Beban Berfaktor Bordes

$$\begin{aligned}
 q_{U2} &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \\
 &= 1,2 \cdot 215,13 + 1,6 \cdot 311,35 = 756,324 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.13 Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga

c. Perhitungan pembebanan

$$\Sigma M_a = 0$$

$$R_b(4,8) - q_{u1}(3,3)(1,65) - q_{u2}(1,5)(4,05) = 0$$

$$R_b = \frac{(1006,24 \cdot 3,3 \cdot 1,65) + (756,32 \cdot 1,5 \cdot 4,405)}{4,8}$$

$$= 2098,68 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_a(4,8) - q_{u1}(3,3)(3,15) - q_{u2}(1,5)(0,75) = 0$$

$$R_a = \frac{(1006,24 \cdot 3,3 \cdot 3,15) + (756,32 \cdot 1,5 \cdot 0,75)}{4,8}$$

$$= 2356,41 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\Sigma V = (R_a + R_b) - q_{u1} \cdot l_1 - q_{u2} \cdot l_2$$

$$= (2356,41 + 2098,68) - 1006,24 \cdot 3,3 - 756,32 \cdot 0,75$$

$$= 0 \text{ (OK)}$$

Bidang M

- a - c :

$$M_x = R_a \cdot x - \frac{1}{2} q_{u1} \cdot x^2$$

$$= 2356,41 \cdot x - \frac{1}{2} 1006,24 \cdot x^2$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$M_a = 0 \text{ kg.m}$$

$$x = 3,3 \text{ m}$$

$$M_c = 2297,16 \text{ kg.m}$$

Momen maksimum terjadi apabila  $\frac{dM_x}{dx} = 0$

$$\frac{dM_x}{dx} = R_a - q_{u1} \cdot x = 0$$

$$x = 2,341 \text{ m}$$

$$M_{max} = 2356,41 \cdot 2,34 - \frac{1}{2} 1006,24 \cdot 2,34^2 = 2759,11 \text{ kg.m}$$

- b - c :

$$M_x = R_b \cdot x - \frac{1}{2} q_{u2} \cdot x^2$$

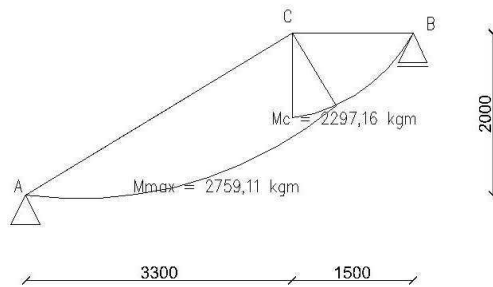
$$= 2098,68 \cdot x - \frac{1}{2} 756,32 \cdot x^2$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$M_b = 0 \text{ kg.m}$$

$$x = 1,5 \text{ m}$$

$$M_c = 2297,16 \text{ kg.m}$$



Gambar 4.14 Bidang  $M$  Balok Tangga

### Bidang $D$

- a - c :

$$D_x = R_a \cdot \cos(28,07^\circ) - q_{u1} \cdot x \cdot \cos(28,07^\circ)$$

$$= 2356,41 \cdot \cos(28,07) - 1006,24 \cdot x \cdot \cos(28,07^\circ)$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$D_{aka} = 2079,19 \text{ kg}$$

$$x = 3,3 \text{ m}$$

$$D_{cki} = -964,19 \text{ kg}$$

- b - c :

$$D_x = -R_b + q_{u2} \cdot x$$

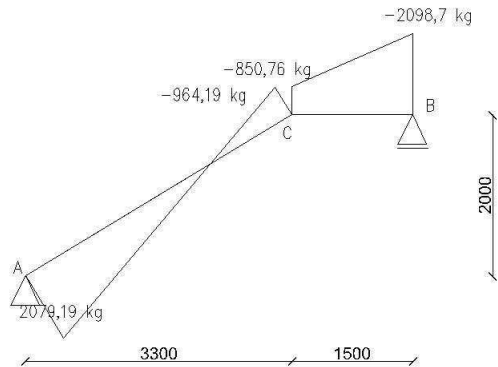
$$= -2098,68 + 756,32 \cdot x$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$D_{bki} = -2098,7 \text{ kg}$$

$$x = 1,5 \text{ m}$$

$$D_{cka} = -850,76 \text{ kg}$$



Gambar 4.15 Bidang D Balok Tangga

Bidang N

- a - c :

$$N_x = R_a \cdot \sin(28,07^\circ) - q_{ul} \cdot x \cdot \sin(28,07^\circ)$$

$$= 2356,41 \cdot \sin(28,07^\circ) - 1006,24 \cdot x \cdot \sin(28,07^\circ)$$

$$x = 0 \text{ m}$$

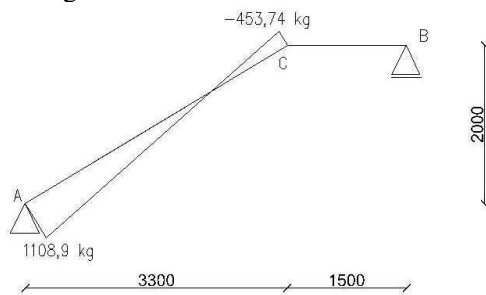
$$N_{ka} = 1108,9 \text{ kg}$$

$$x = 3,3 \text{ m}$$

$$N_{ki} = -453,74 \text{ kg}$$

- c - b :

$$N = 0 \text{ kg}$$



Gambar 4.16 Bidang N Balok Tangga



d. Kontrol penampang profil

a) Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{100}{2 \times 8} = 6,25$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{F_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$\lambda \leq \lambda_p = 6,25 < 10,75$  , maka penampang kompak

Pelat badan :

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{162}{5,5} = 29,45$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{F_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$\lambda \leq \lambda_p = 29,45 < 106,25$  , maka penampang kompak

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = F_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 200$$

$$= 500000 \text{ kg.cm}$$

$$= 5000 \text{ kg.m}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 5000$$

$$= 4500 \text{ kg.m} \geq 2759,1 \text{ kg.m (OK)}$$

b) Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = 30 \text{ cm}$$

$$L_p = 110,512 \text{ cm}$$

$$L_r = 361,127 \text{ cm}$$

$L_b < L_p \rightarrow$  bentang pendek , maka  $M_n = M_p$

Karena penampang kompak, maka

$$M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$= 2500 \cdot 200$$

$$= 500000 \text{ kg.cm}$$

$$= 5000 \text{ kg.m}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned}\phi_b \cdot M_n &= 0,9 \cdot 5000 \text{ kg.m} \\ &= 4500 \text{ kg.m} \geq 2759,1 \text{ kg.m} \text{ (OK)}\end{aligned}$$

e. Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{162}{5,5} = 29,45$$

$$\frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57$$

$$\begin{aligned}\text{maka } V_n &= 0,6 F_y A_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot 0,55 \cdot 20 = 16500 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 0,9 \cdot 16500 \text{ kg} \\ &= 14850 \text{ kg} \geq 2079,18 \text{ kg} \text{ (OK)}\end{aligned}$$

f. Kontrol lendutan

- Batang a-c

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{\sqrt{(330)^2 + (200)^2}}{360} = 1,071 \text{ cm}$$



Gambar 4.17 Hasil Lendutan Balok Utama Tangga A-C  
Berdasarkan Hasil SAP2000

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,914 \text{ cm} < 1,071 \text{ cm} \text{ (OK)}$$

- Batang b-c

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{150}{360} = 0,416 \text{ cm}$$



Gambar 4.18 Hasil Lendutan Balok Utama Tangga B-C  
Berdasarkan Hasil SAP2000

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,082 \text{ cm} < 0,416 \text{ cm} \text{ (OK)}$$

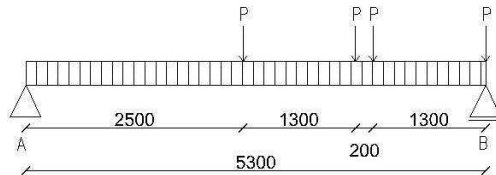
#### 4.1.3.4 Perencanaan Balok Penumpu Bordes

Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 300×150×6,5×9

$W = 36,7 \text{ kg/m}$	$A = 46,78 \text{ cm}^2$
$t_w = 6,5 \text{ mm}$	$t_f = 9 \text{ mm}$
$d = 300 \text{ mm}$	$r = 13 \text{ mm}$
$Z_x = 522 \text{ cm}^3$	$Z_y = 104 \text{ cm}^3$
$i_y = 3,29 \text{ cm}$	$I_x = 7210 \text{ cm}^4$
$I_y = 508 \text{ cm}^4$	$S_x = 481 \text{ cm}^3$
$h = 300 - 2(9 + 13)$	$b_f = 150 \text{ mm}$
$= 256 \text{ mm}$	$F_y = 250 \text{ MPa}$
$F_u = 410 \text{ MPa}$	$L_p = 163,777 \text{ cm}$
$L_r = 478,2 \text{ cm}$	$E = 2.000.000 \text{ kg/cm}^2$

##### a. Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu bordes diperoleh dari gaya reaksi ( $R_b$ ) yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat  $P$  yang menumpu pada balok penumpu tangga. Pada balok penumpu tangga juga bekerja beban merata yang berasal dari dinding setengah dari tinggi lantai dan berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.19 Pembebanan Balok Penumpu Tangga

$P = R_b$  balok utama tangga

$$= 2098,68 \text{ kg}$$

Beban merata ( $q$ )

$$\text{Berat profil} = 36,7 \text{ kg/m}$$

Berat dinding

$$100 \text{ kg/m} \cdot 2 \text{ m} = \frac{200 \text{ kg/m}}{+}$$

$$= 236,7 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat sambungan (10\%)} &= 23,67 \text{ kg/m} \\ q_U &= 260,37 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

b. Reaksi perletakan

$$M_a = 0$$

$$R_{VB} \cdot 5,3 - P \cdot 2,5 - P \cdot 3,8 - P \cdot 4 - P \cdot 5,3 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 5,3^2 = 0$$

$$\begin{aligned}R_{VB} &= \frac{2098,68 \cdot (2,5+3,8+4+5,3) + \frac{1}{2} \cdot 260,37 \cdot 5,3^2}{5,3} \\ &= 6867,227 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$M_b = 0$$

$$R_{VA} \cdot 5,3 - P \cdot 2,8 - P \cdot 1,5 - P \cdot 1,3 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 5,3^2 = 0$$

$$\begin{aligned}R_{VA} &= \frac{2098,68 \cdot (2,8+1,5+1,3) + \frac{1}{2} \cdot 260,37 \cdot 5,3^2}{5,3} \\ &= 2907,45 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}\sum V &= R_{va} + R_{vb} - P \cdot 4 - q \cdot 5,3 \\ &= 2907,45 + 6867,227 - (2098,68 \cdot 4) - (260,37 \cdot 5,3) \\ &= 0 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

c. Momen maksimum

$$\begin{aligned}M_x &= R_{va} \cdot x - P \cdot x - q \cdot x^2 \\ &= 2907,45 \cdot x - 2098,68 \cdot x - 260,37 \cdot x^2 \\ x &= 3,1 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_u &= 2907,45 \cdot 3,1 - 2098,68 \cdot 3,1 - 260,37 \cdot 3,1^2 \\ &= 6502,83 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

d. Gaya geser

$$V_U = R_{vb} - P = 6867,227 - 2098,68 = 4768,547 \text{ kg}$$

e. Kontrol penampang profil

Kontrol terhadap tekuk lokal

Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8,33$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 8,33 < 10,75 \text{ (penampang kompak)}$$

Pelat badan :

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{256}{6,5} = 39,38$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{F_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 39,38 < 106,25 \text{ (penampang kompak)}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= F_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 522 \\ &= 1305000 \text{ kg.cm} \\ &= 13050 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \cdot 13050 \\ &= 11745 \text{ kg.m} \geq 6502,83 \text{ kg.m (OK)} \end{aligned}$$

Kontrol terhadap tekuk lateral

$$L_b = 125 \text{ cm (digunakan pengaku lateral)}$$

$$L_p = 163,777 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p, \text{ bentang pendek, maka } M_n = M_p$$

Karena penampang kompak, maka

$$\begin{aligned} M_p &= F_y \cdot Z_x \\ &= 2500 \cdot 522 \\ &= 1305000 \text{ kg.cm} \\ &= 13050 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \cdot 13050 \text{ kg.m} \\ &= 11745 \text{ kg.m} \geq 6502,83 \text{ kg.m (OK)} \end{aligned}$$

f. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kontrol Geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{256}{6,5} = 39,38 ; \frac{1100}{\sqrt{F_y}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{F_y}} \rightarrow 39,38 < 69,57 \text{ (plastis)}$$

$$\begin{aligned} \text{maka } V_n &= 0,6 F_y \cdot A_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot 30 \cdot 0,65 \\ &= 29250 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= 0,9 \cdot 29250 \text{ kg} \\ &= 26325 \text{ kg} > 4768,547 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

g. Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{530}{360} = 1,472 \text{ cm}$$



Gambar 4.20 Hasil Lendutan Balok Penumpu Bordes  
Berdasarkan Hasil SAP2000

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 1,33 \text{ cm} < 1,472 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.1.3.5 Perencanaan Balok Penumpu Tangga

Balok utama direncanakan menggunakan profil WF

350×175×7×11

$$W = 49,6 \text{ kg/m}$$

$$A = 63,14 \text{ cm}^2$$

$$t_w = 7 \text{ mm}$$

$$t_f = 11 \text{ mm}$$

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

$$r = 14 \text{ mm}$$

$$Z_x = 841 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 172 \text{ cm}^3$$

$$i_y = 3,95 \text{ cm}$$

$$I_x = 13600 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 984 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 775 \text{ cm}^3$$

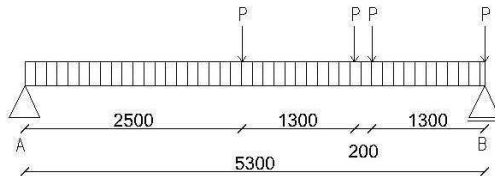
$$h = 350 - 2(11 + 14)$$

$$b_f = 175 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 &= 300 \text{ mm} & F_y &= 250 \text{ MPa} \\
 F_u &= 410 \text{ MPa} & L_p &= 196,632 \text{ cm} \\
 L_r &= 570,599 \text{ cm} & E &= 2.000.000 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

#### h. Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi ( $R_a$ ) yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat  $P$  yang menumpu pada balok penumpu tangga. Pada balok penumpu tangga juga bekerja beban merata yang berasal dari pembebanan balok anak B.A2 yaitu sepanjang 5,3 m. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.21 Pembebanan Balok Penumpu Tangga

$$\begin{aligned}
 P &= R_a \text{ balok utama tangga} \\
 &= 2356,41 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### Beban mati

Berat pelat bondek	= 10,1	kg/m <sup>2</sup>
Berat spesi (1cm)	= 21	kg/m <sup>2</sup>
Berat beton (10 cm)	= 240	kg/m <sup>2</sup>
Berat plafond + penggantung	= 18	kg/m <sup>2</sup>
Berat ducting dan plumbing	= 25	kg/m <sup>2</sup>
Berat keramik (1cm)	= 24	kg/m <sup>2</sup>
Total	= 338,1	kg/m <sup>2</sup>
Berat pelat lantai (2,4 m)	= 811,44	kg/m
Berat profil	= 49,6	kg/m
$q_D$	= 861,04	kg/m

Beban hidup

$$q_L = 2,4 \text{ m} \times 195,72 \text{ kg/m}^2 = 469,725 \text{ kg/m}$$

Beban berfaktor :

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\ &= 1,2 \cdot 861,04 + 1,6 \cdot 469,725 = 1784,808 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

i. Reaksi perletakan

$$M_a = 0$$

$$R_{VB} \cdot 5,3 - P \cdot 2,5 - P \cdot 3,8 - P \cdot 4 - P \cdot 5,3 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 5,3^2 = 0$$

$$\begin{aligned} R_{VB} &= \frac{2356,41 \cdot (2,5 + 3,8 + 4 + 5,3) + \frac{1}{2} \cdot 1784,808 \cdot 5,3^2}{5,3} \\ &= 11665,588 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$M_b = 0$$

$$R_{VA} \cdot 5,3 - P \cdot 2,8 - P \cdot 1,5 - P \cdot 1,3 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 5,3^2 = 0$$

$$\begin{aligned} R_{VA} &= \frac{2356,41 \cdot (2,8 + 1,5 + 1,3) + \frac{1}{2} \cdot 1784,808 \cdot 5,3^2}{5,3} \\ &= 7219,53 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \sum V &= R_{va} + R_{vb} - P \cdot 4 - q \cdot 5,3 \\ &= 7219,53 + 11665,588 - (2356,41 \cdot 4) - (1784,808 \cdot 5,3) \\ &= 0 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

j. Momen maksimum

$$\begin{aligned} M_x &= R_{va} \cdot x - P \cdot x - q \cdot x^2 \\ &= 7219,53 \cdot x - 2356,41 \cdot x - 1784,808 \cdot x^2 \\ x &= 2,72 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 7219,53 \cdot 2,72 - 2356,41 \cdot 2,72 - 1784,808 \cdot 2,72^2 \\ &= 12516,375 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

k. Gaya geser

$$V_U = R_{vb} - P = 11665,588 - 2356,41 = 9309,178 \text{ kg}$$



## 1. Kontrol penampang profil

Kontrol terhadap tekuk lokal

Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{175}{2 \times 11} = 7,95$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{F_y}} = \frac{170}{\sqrt{250}} = 10,75$$

 $\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 7,95 < 10,75$  , (penampang kompak)

Pelat badan :

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{300}{7} = 42,85$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{F_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 106,25$$

 $\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 42,85 < 106,25$  , (penampang kompak)
Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$ 

$$M_p = F_y \cdot Z_x = 2500 \cdot 841$$

$$= 2102500 \text{ kg.cm}$$

$$= 21025 \text{ kg.m}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 21025$$

$$= 18922,5 \text{ kg.m} \geq 12516,375 \text{ kg.m (OK)}$$

Kontrol terhadap tekuk lateral

$$L_b = 125 \text{ cm (digunakan pengaku lateral)}$$

$$L_p = 196,632 \text{ cm}$$

 $L_b < L_p$ , bentang pendek, maka  $M_n = M_p$ 

Karena penampang kompak, maka

$$M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$= 2500 \cdot 841$$

$$= 2102500 \text{ kg.cm} = 21025 \text{ kg.m}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 21025 \text{ kg.m}$$

$$= 18922,5 \text{ kg.m} \geq 12516,375 \text{ kg.m (OK)}$$

m. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kontrol Geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{300}{7} = 42,85 ; \frac{1100}{\sqrt{F_y}} = \frac{1100}{\sqrt{250}} = 69,57$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{F_y}} \rightarrow 42,85 < 69,57 \text{ (plastis)}$$

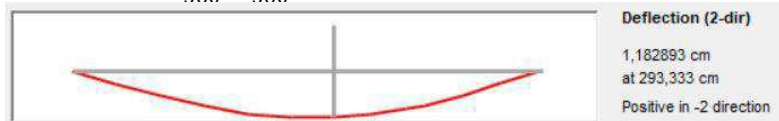
$$\begin{aligned} \text{maka } V_n &= 0,6 F_y \cdot A_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot 35 \cdot 0,7 = 36750 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \cdot 36750 \text{ kg} \\ &= 33075 \text{ kg} > 9309,178 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

n. Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{530}{360} = 1,472 \text{ cm}$$



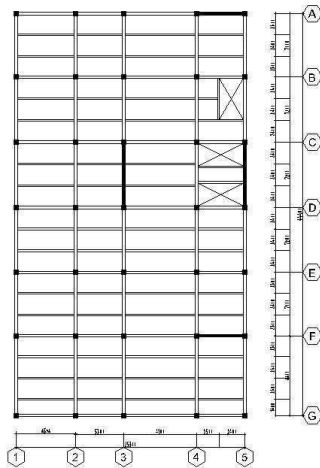
Gambar 4.22 Hasil Lendutan Balok Penumpu Bordes  
Berdasarkan Hasil SAP2000

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 1,182 \text{ cm} < 1,472 \text{ cm (OK)}$$

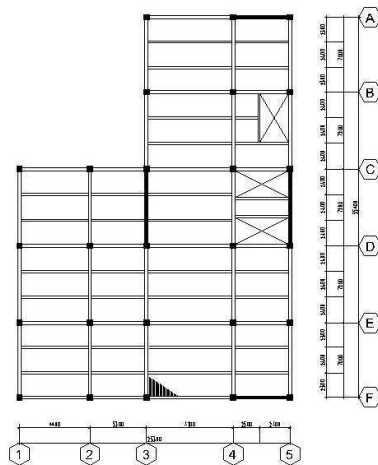
## 4.2 Permodelan Struktur

### 4.2.1 Penjelasan Umum

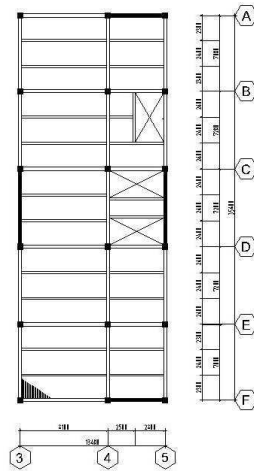
Pemodelan struktur pada tugas akhir ini menggunakan *Inverted-V brace* EBF. Sistem struktur EBF ini berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat beban gempa. Struktur yang akan direncanakan merupakan bangunan hotel 17 lantai dan 1 lantai atap dengan total tinggi struktur 68 meter. Denah rencana struktur dalam permodelan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



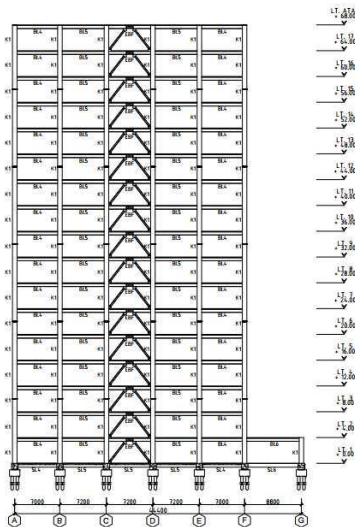
Gambar 4.23 Denah Lantai 2 Struktur Ibis Styles Hotel Tanah Abang



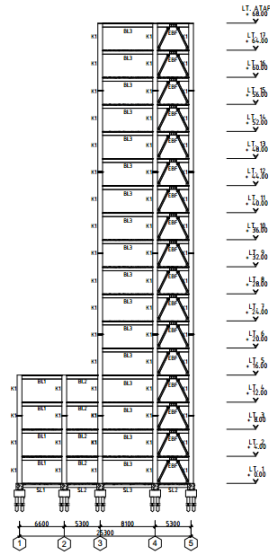
Gambar 4.24 Denah Lantai 3 dan 4 Struktur Ibis Styles Hotel Tanah Abang



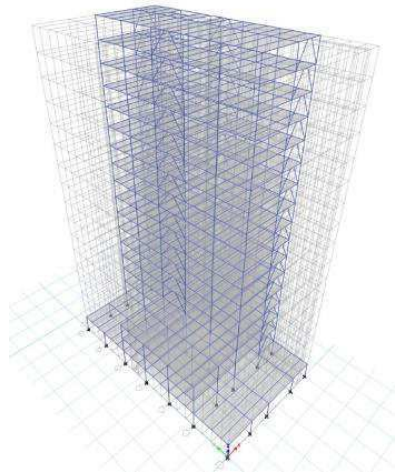
Gambar 4.25 Denah Lantai Atap Struktur Ibis Styles Hotel Tanah Abang



Gambar 4.26 Potongan Memanjang Struktur Ibis Styles Hotel Tanah Abang



Gambar 4.27 Potongan Melintang Struktur Ibis Styles Hotel Tanah Abang



Gambar 4.28 Struktur 3D Ibis Styles Hotel Tanah Abang

Permodelan struktur Ibis Styles Hotel Tanah Abang menggunakan proram bantu ETABS. Program ini akan membantu dalam mengecek apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada pada SNI1726:2012 dan SNI 1729:2015.

#### 4.2.2 Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan struktur mengacu pada SNI 1727:2013 dengan rincian sebagai berikut:

##### 1. Beban Mati

Beban mati adalah seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap dan tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layannya. Beban mati yang dihitung pada struktur ini antara lain:

- Berat beton bertulang yang memiliki berat jenis 2400 kg/m<sup>3</sup>
- Berat pelat bondek 10,1 kg/ m<sup>2</sup>
- Berat profil baja yang terpasang sebagai rangka baja berupa balok, kolom, tangga, bressing dan lain-lain memiliki berat jenis 7850 kg/m<sup>3</sup>
- Berat dinding bata sebesar 100 kg/ m<sup>2</sup>
- Berat aspal sebesar 14 kg/ m<sup>2</sup> untuk setiap ketebalan 1 cm
- Berat spesi sebesar 21 kg/ m<sup>2</sup> untuk setiap ketebalan 1 cm
- Berat keramik sebesar 24 kg/ m<sup>2</sup> untuk setiap ketebalan 1cm
- Berat plafond dan penggantung sebesar 18 kg/ m<sup>2</sup>
- Beban lift merupakan beban terpusat pada balok lantai teratas, dengan besar beban lift terlampir

Berikut adalah beban mati tambahan pelat atap dan pelat lantai gedung:

- Pelat atap = 97 kg/m<sup>2</sup>
- Pelat lantai hotel = 88 kg/m<sup>2</sup>

## 2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang memungkinkan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup yang digunakan adalah:

- Atap =  $97,86 \text{ kg/m}^2$
- Lantai =  $195,72 \text{ kg/m}^2$

## 3. Beban Gempa

Penentuan jenis tanah berdasarkan nilai SPT. Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik dan parameter gempa yang digunakan diambil dari desain Spectra Indonesia yaitu pada *website* [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id) dan SNI 1726:2012.

## 4. Data Tanah

Penentuan jenis tanah merupakan salah satu persyaratan sebelum membangun sebuah bangunan. Salah satu cara untuk menentukan jenis tanah adalah dengan melakukan tes penetrasi tanah (SPT). Berikut perhitungan penentuan jenis tanah:

- $\tilde{N} \geq 50 = \text{Tanah Keras}$
- $15 \leq \tilde{N} < 50 = \text{Tanah Sedang}$
- $\tilde{N} < 15 = \text{Tanah Lunak}$

Tabel 4.5 Perhitungan N Rata-Rata

Keterangan	Tebal (m)	Kedalaman (m)	N	Tebal/N
Lapisan 1	0	0	0	0,000
Lapisan 2	2	2	8	0,25
Lapisan 3	2	4	2	1
Lapisan 4	2	6	2	1
Lapisan 5	2	8	2	1
Lapisan 6	2	10	3	0,667
Lapisan 7	2	12	3	0,667
Lapisan 8	2	14	4	0,5
Lapisan 9	2	16	7	0,285
Lapisan 10	2	18	16	0,125
Lapisan 11	2	20	12	0,167
Lapisan 12	2	22	19	0,105
Lapisan 13	2	24	15	0,133
Lapisan 14	2	26	19	0,105
Lapisan 15	2	28	14	0,142
Lapisan 16	2	30	17	0,117
Total		30		6,265

$$\tilde{N} = \frac{30}{6,265} = 4,788$$

Dari perhitungan nilai N rata-rata di atas diperoleh jenis tanah kategori tanah lunak (Kelas Situs E).

#### 4.2.3 Pembebanan Gempa Dinamis

Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 1726:2012. Analisis dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.



#### **4.2.3.1 Arah Pembebanan**

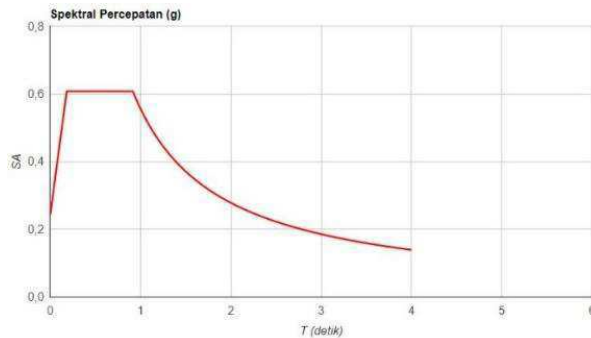
Arah pembebanan gempa dalam kenyataannya adalah bebas, sehingga pada umumnya selalu terdapat 2 komponen beban gempa dalam arah masing-masing sumbu koordinat ortogonal yang bekerja bersamaan pada struktur gedung. Kondisi ini disimulasikan dengan meninjau pembebanan gempa dalam suatu arah sumbu koordinat yang ditinjau 100%, yang bekerja bersamaan dengan pembebanan gempa dalam arah tegak lurus dengan peninjauan sebesar 30%.

#### **4.2.3.2 Parameter Respon Spektrum Rencana**

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa, ada beberapa metode perhitungan pengaruh gempa, satu di antaranya adalah *response spectrum*. Gempa merupakan getaran yang memiliki parameter-parameter sebuah getaran, seperti frekuensi, periode, spektrum dan parameter lainnya. Dalam hal ini informasi *response spectrum* merupakan fungsi spektra percepatan gempa (S) terhadap rentang waktu selama periode gempa berlangsung (T). Perhitungan gaya gempa menggunakan analisis dinamik sesuai persyaratan SNI 1726:2012. Berikut adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah Jakarta dengan kondisi tanah lunak (kelas situs E)

Tabel 4.6 Parameter Gempa wilayah Jakarta untuk Situs E

Variabel	Nilai
PGA (g)	0,357
$S_s$ (g)	0,674
$S_1$ (g)	0,296
$C_{RS}$	0,992
$C_{RI}$	0,94
$F_{PGA}$	1,030
$F_A$	1,352
$F_V$	2,814
PSA (g)	0,367
$S_{MS}$ (g)	0,911
$S_{MI}$ (g)	0,834
$S_{DS}$ (g)	0,607
$S_{DI}$ (g)	0,556
$T_o$ (detik)	0,183
$T_s$ (detik)	0,915



Gambar 4.29 Grafik Spektral Percepatan Gempa Jakarta

#### 4.2.3.3 Faktor Reduksi Gempa ( $R$ )

Pada tugas akhir ini, gedung perkantoran direncanakan menggunakan sistem rangka baja dengan sistem pengaku eksentris. Berdasarkan tabel 9 SNI 1726-2012 diperoleh nilai- nilai batasan yaitu:

Tabel 4.7 Faktor  $R^a$ ,  $C_d^b$ , dan  $\Omega_0$  untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem Penahan Gaya Gempa	$R^a$	$\Omega_0$	$C_d^b$	$B$	$C$	$D$	$E$	$F$
Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	$2^{1/2}$	4	TB	TB	TB	TB	TB

#### 4.2.3.4 Faktor Keutamaan ( $I$ )

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung, pengaruh gempa rencana harus dikalikan dengan suatu faktor kemanan  $I_e$ . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan hotel. Pada tabel 1 SNI 1726:2012, bangunan ini termasuk kategori II sehingga didapat nilai  $I = 1$ .

#### 4.2.3.5 Kategori Desain Seismik

Kategori desain seismik yang digunakan untuk perencanaan struktur tahan gempa ini adalah sistem rangka bangunan dengan rangka bresing eksentris. Dengan SDS sebesar 0,674, SD1 sebesar 0,556 dan kategori resiko II dengan kelas situs tanah E maka digunakan sistem rangka pemikul momen khusus dengan bresing eksentris.

#### 4.2.4 Kombinasi Pembebanan

Setelah memperhitungkan beban akibat gempa dan gravitasi, maka seluruh beban tersebut dihitung dengan faktor kombinasi yang mengacu pada SNI 1726:2012 Pasal 4.2.2 sebagai berikut:

- $1,4 DL$
- $1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- $1,2 DL + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (LL \text{ atau } 0,5W)$
- $1,2 DL + 1,0W + LL + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- $1,2 DL + 1,0 E + 1 LL$
- $0,9 DL + 1,0 W$
- $0,9 DL + 1,0 E$

Keterangan :

$DL$  : Beban mati

$LL$  : Beban hidup

$E$  : Beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

Perencanaan struktur yang akan dianalisa pada bagian elemen struktur baja maupun komposit tidak diperkenankan mengalami plastis saat terjadi gempa kuat didasarkan pada nilai gaya maksimum yang terjadi pada elemen-elemen struktur tersebut setelah melalui analisis pembebanan gempa dengan koefisien beban gempa sebesar 1 dan beban hidup dapat direduksi menjadi 0,5 kali.

#### 4.2.5 Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu ETABS, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut:

- Kontrol partisipasi massa.
- Kontrol periode getar struktur.

- Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- Kontrol batas simpangan (*drift*)
- Kontrol Sistem Ganda

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

#### 4.2.5.1 Berat Total Bangunan

Besarnya beban gempa sangat dipengaruhi oleh berat dari struktur bangunan, maka perlu diketahui berat total bangunan untuk menentukan gaya geser statik. Berat dari bangunan berasal dari beban mati yang terdiri dari berat sendiri material-material bangunan dan elemen-elemen struktur, serta beban hidup yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan bangunan.

Pada perencanaan tugas akhir ini akan dilakukan perbandingan perhitungan berat struktur yang diambil dari analisis menggunakan program ETABS untuk kombinasi 1D+1L dan perhitungan berat secara manual. Hasil perbandingan tersebut tidak boleh melebihi batasan 5%.

Hasil perhitungan beban mati dan beban hidup (1D+1L) dari permodelan ETABS dan secara manual adalah pada tabel berikut.

Tabel 4.8 Beban Mati Pelat (Beton)

Keterangan	Tebal (m)	Berat (kg/m <sup>3</sup> )	Luas (m <sup>2</sup> )	Jumlah Lantai	Total (kg)
Pelat Lantai 3 dan 4	0.09	2400	688.58	2	297466.56
Pelat Lantai 5-17	0.09	2400	357.6	13	1004140.80
Pelat Lantai 2 dan Atap	0.09	2400	1080.2	2	466646.40
Total Beban Mati Pelat (Beton)					1768253.76

Tabel 4.9 Beban Mati Pelat (Bondek)

Keterangan	Berat (kg/m <sup>3</sup> )	Luas (m <sup>2</sup> )	Jumlah Lantai	Total (kg)
Pelat Lantai 3 dan 4	10.1	688.58	2	13909.316
pelat lantai 5-17	10.1	357.6	13	46952.88
Pelat Lantai 2 dan Atap	10.1	1080.2	2	21820.04
Total Beban Mati Pelat (Bondek)				82682.236

Tabel 4.10 Beban Mati Balok Anak

Keterangan	Total Berat (kg)	Jumlah Lantai	Total (kg)
Balok Anak Lantai 2	15993.32	1	15993.32
Balok Anak Lantai 3 dan 4	10244.12	2	20488.24
Balok Anak 5-17	7164.68	13	93140.84
Balok Anak Lantai Atap	10879.12	1	10879.12
Total Beban Mati Balok Anak			140501.52

Tabel 4.11 Beban Mati Balok Induk

Keterangan	Total Berat (kg)	Jumlah Lantai	Total (kg)
B.I Melintang Lantai 2 dan Atap	14112	2	28224
B.I Melintang Lantai 3 dan 4	10214.4	2	20428.8
B.I Melintang Lantai 5-17	6451.2	13	83865.6
B.I Memanjang Lantai 2 dan Atap	18009.6	2	36019.2
B.I Memanjang Lantai 3 dan 4	12087.04	2	24174.08
B.I Memanjang Lantai 5-17	10958.08	13	142455.04
Total Beban Mati Balok Induk			335166.72

Tabel 4.12 Beban Mati Kolom

Keterangan	Profil	Total Berat (kg)	Jumlah Lantai	Total (kg)
Kolom CFT 700x700x25 Lantai 2	Baja	72380	1	72380
	Beton	141960	1	127764.000
Kolom CFT 700x700x25 Lantai 3 dan 4	Baja	53768	2	107536
	Beton	105456	2	189820.800
Kolom CFT 700x700x25 Lantai 5-Atap	Baja	37224	15	558360
	Beton	73008	15	985608.000
Total Beban Mati Kolom				2041468.8

Tabel 4.13 Beban Mati Balok Link

Jenis Balok	Panjang	Jumlah	Berat	Total (kg)
Balok Luar Link 2 WF 500 x 200 x 10 x	7.2	17	89.6	10967.04
Balok Link 2 WF 400 x 200 x 8 x 13	2	17	66	2244
Balok Luar Link 5 WF 500 x 200 x 10 x	11	17	89.6	16755.2
Balok Link 5 WF 400 x 200 x 8 x 13	2	17	66	2244
Berat Mati Total Balok Link dan Luar Link				32210.24

Tabel 4.14 Beban Mati Bracing

Jenis Balok	Panjang (m)	Jumlah Lantai	Berat (kg/m)	Total (kg)
Bracing Balok Link 2 WF 200 x 200 x 12 x12	17.545	17	56.2	16762.85
Bracing Balok Link 5 WF 200 x 200 x 12 x12	19.416	17	56.2	18550.51
Berat Mati Total Bracing Link				35313.36

Tabel 4.15 Beban Mati Tambahan

Keterangan	Beban (kg/m <sup>2</sup> )	Luas (m <sup>2</sup> )	Jumlah Lantai	Total (kg)
Lantai Atap	97	1080.2	1	104779.4
Lantai 2	88	1080.2	1	95057.6
Lantai 3 dan 4	88	688.58	2	121190.08
Lantai 5-17	88	357.6	13	409094.4
Total Beban Mati Tambahan				730121.48

Tabel 4.16 Beban Hidup

Keterangan	Beban (kg/m <sup>2</sup> )	Luas (m <sup>2</sup> )	Jumlah Lantai	Total (kg)
Lantai Atap	97.859	1080.2	1	105707.6453
Lantai 2	195.72	688.58	1	134767.9511
Lantai 3 dan 4	195.72	688.58	2	269535.9021
Lantai 5-17	195.72	357.6	13	909856.8807
Total Beban Hidup				1419868.379

Tabel 4.17 Berat Total Bangunan

Keterangan	Berat Profil (kg)
Pelat	1850935.996
Balok Anak	140501.52
Balok Induk	335166.72
Kolom	2041468.8
Balok Link	32210.24
Bracing	35313.359
Total Beban mati	4435596.635

Tabel 4.18 Perbandingan Beban Etabs

Keterangan	SD (kg)	D (kg)	L (kg)	Total (kg)	ETABS (kg)	Selisih (%)
Berat struktur	730121.48	4435596.63	1419868.379	6585586	6746527.6	-2.443838

Dari tabel diatas, didapatkan total berat struktur dari ETABS dan dari hasil perhitungan manual sebesar 6745686,7 kg dan 6795021 kg, sehingga didapatkan selisih antara kedua perhitungan tersebut tidak melebihi 5%. Maka dapat disimpulkan bahwa analisa permodelan tersebut telah mendekati keadaan sesungguhnya.

#### 4.2.5.2 Kontrol Partisipasi Massa

Perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikiannya agar sesuai menurut SNI 1726:2012 yaitu partisipasi massa terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa asli dari masing-masing arah.



Tabel 4.19 Partisipasi Massa

Case	Mode	Sum UX	Sum UY
Modal	1	0.6604	0.0001
Modal	2	0.6605	0.6823
Modal	3	0.6608	0.6832
Modal	4	0.7948	0.6832
Modal	5	0.7948	0.8073
Modal	6	0.7952	0.809
Modal	7	0.8571	0.809
Modal	8	0.8571	0.8675
Modal	9	0.8581	0.8692
Modal	10	0.8969	0.8693
Modal	11	0.8969	0.9052
Modal	12	0.8981	0.9056
Modal	13	0.9195	0.9057
Modal	14	0.9195	0.9251
Modal	15	0.92	0.9251

Dari tabel diatas, didapatkan partisipasi massa arah X sebesar 0,919 pada modal ke 13 dan partisipasi massa arah Y sebesar 0,905 pada modal ke 11. Maka dapat disimpulkan analisa struktur telah memenuhi SNI 1726:2012 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

#### 4.2.5.3 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental ( $T$ ) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI

1726:2012, perioda fundamental struktur harus ditentukan dari:

- $T_a = C_t \cdot h_n^x$   
(nilai  $C_t$  dan  $x$  diambil dari tabel 15 SNI 1726:2012)

- $C_t = 0,0731$
  - $x = 0,75$
  - $h_n = 68 \text{ m}$
  - $T_a = 0,0731 \cdot 64^{0,75} = 1,731 \text{ detik}$
- Dengan nilai  $S_{D1} = 0,556$ , maka  $C_u = 1,4$

Sehingga periode struktur yang diijinkan adalah :

$$T = T_a \cdot C_u = 1,731 \cdot 1,4 = 2,423 \text{ detik.}$$

Tabel 4.20 Perioda Struktur

Case	Mode	Period sec	Frequency syc/sec
Modal	1	2.419	0.413
Modal	2	2.03	0.493
Modal	3	1.745	0.573
Modal	4	0.758	1.32
Modal	5	0.651	1.535
Modal	6	0.553	1.808
Modal	7	0.415	2.409
Modal	8	0.365	2.742
Modal	9	0.31	3.222
Modal	10	0.283	3.538
Modal	11	0.251	3.978
Modal	12	0.218	4.594
Modal	13	0.205	4.869
Modal	14	0.184	5.424

Modal	15	0.162	6.175
-------	----	-------	-------

Dari Tabel 4.20 didapatkan nilai  $T_x = 2,419$  detik dan  $T_y = 2,03$  detik. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental, nilai  $T_x$  dan  $T_y$  masih lebih kecil dari  $C_u \cdot T$ . Jadi analisis struktur Ibis Styles Hotel Tanah Abang memenuhi syarat SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.

#### 4.2.5.4 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah:

$$V = C_s \cdot W$$

Dimana:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I} = \frac{0,607}{8/1} = 0,075$$

Nilai  $C_s$  tidak boleh lebih dari:

$$C_{s \max X} = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{T}\right)} = \frac{0,556}{2,419 \cdot \left(\frac{8}{1}\right)} = 0,028$$

$$C_{s \max Y} = \frac{S_{D1}}{T \cdot \left(\frac{R}{T}\right)} = \frac{0,556}{2,03 \cdot \left(\frac{8}{1}\right)} = 0,034$$

Dan tidak boleh kurang dari:

$$\begin{aligned} C_{s \min} &= 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e > 0,01 = 0,044 \cdot 0,067 \cdot 1 \\ &= 0,026 \end{aligned}$$

Maka diambil nilai  $C_{s \max X} = 0,028$  dan  $C_{s \max Y} = 0,034$

Dari analisis struktur yang sudah dilakukan, diperoleh berat total struktur adalah:

- $W = D + SD + 0,25L$   
 $= 4435596,63 + 730121,48 + 0,25 \cdot 1419868,379$   
 $= 5520685,21 \text{ kg}$
  - $V_{\text{statik arah x}}$   
 $C_{sx} \cdot W = 0,028 \cdot 5520685,21 = 158614,147 \text{ kg}$
  - $V_{\text{statik arah y}}$   
 $C_{sy} \cdot W = 0,034 \cdot 5520685,21 = 191652,159 \text{ kg}$
- Maka:

Dari hasil analisis menggunakan program ETABS didapatkan nilai gaya geser dasar (*base shear*) sebagai berikut:

Tabel 4.21 Gaya Geser Dasar Beban Gempa

Combo	Fx (kg)	Fy (kg)
Gempa X Max	123981.245	42893.227
Gempa Y Max	37337.5062	142468.509

Kontrol nilai akhir respon spectrum:

- Arah-X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$123981,24 \geq 158614,147 \cdot 0,85 = 134822,025 \text{ (NOT OK)}$$

- Arah-Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 0,85 \cdot V_{\text{statik}}$$

$$142468,51 \geq 191652,159 \cdot 0,85 = 162904,335 \text{ (NOT OK)}$$

Dari perhitungan kontrol diatas, diperoleh bahwa gaya geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih kecil dari gaya geser dasar ( $V$ ) pada arah x dan y, sehingga gaya gempa arah x dan y perlu dikalikan dengan  $0,85 \cdot V/V_t$  sebesar 1,08 untuk arah x dan 1,14 untuk arah y.

-Arah-X :

$$V_{dinamik} \geq 0,85 \cdot V_{statik}$$

$$134946,006 \geq 134822,025 \text{ (OK)}$$

-Arah-Y :

$$V_{dinamik} \geq 0,85 \cdot V_{statik}$$

$$164329,02 \geq 162904,335 \text{ (OK)}$$

Dari perhitungan kontrol diatas, diperoleh bahwa gaya geser dasar ragam ( $V_t$ ) arah x dan y lebih besar dari gaya geser dasar ( $V$ ) sehingga memenuhi syarat pada pasal 11.1.4 SNI 1726:2012.

#### 4.2.5.6 Kontrol Simpangan Antar Lantai (*drift*)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Defleksi pusat massa di tingkat x ( $\delta_x$ ) ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \leq \Delta_a$$

Dimana:

$\delta_{xe}$  = defleksi pada lantai ke-x yang ditentukan dengan analisis elastis

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi (4)

$I_e$  = faktor keutamaan gedung (1,0)

$$\Delta_a = 0,020 h_{sx}$$

Tinggi tingkat 4 m

$$\Delta_a = 0,020 h_{sx} = 0,020 \cdot 4 = 0,08 \text{ m} = 80 \text{ mm}$$

Tabel 4.22 Simpangan AntarLantai Sumbu X

Story	Displacement X	$\delta_{xe}$	$\delta_x$	$\Delta$ (mm)	Kontrol
	mm				
Lantai 18	60.319	2.144	8.576	80	OK
Lantai 17	58.175	2.427	9.708	80	OK
Lantai 16	55.748	2.785	11.14	80	OK
Lantai 15	52.963	3.125	12.5	80	OK
Lantai 14	49.838	3.427	13.708	80	OK
Lantai 13	46.411	3.691	14.764	80	OK
Lantai 12	42.72	3.919	15.676	80	OK
Lantai 11	38.801	4.119	16.476	80	OK
Lantai 10	34.682	4.293	17.172	80	OK
Lantai 9	30.389	4.442	17.768	80	OK
Lantai 8	25.947	4.552	18.208	80	OK
Lantai 7	21.395	4.598	18.392	80	OK
Lantai 6	16.797	4.527	18.108	80	OK
Lantai 5	12.27	4.283	17.132	80	OK
Lantai 4	7.987	3.805	15.22	80	OK
Lantai 3	4.182	2.926	11.704	80	OK
Lantai 2	1.256	1.256	5.024	80	OK

Tabel 4.23 Simpangan Antar Lantai Sumbu Y

Story	Displacement Y	$\delta_{xe}$	$\delta_x$	$\Delta$ (mm)	Kontrol
	mm				
Lantai 18	47.497	1.3	5.2	80	OK
Lantai 17	46.197	1.632	6.528	80	OK
Lantai 16	44.565	1.977	7.908	80	OK
Lantai 15	42.588	2.292	9.168	80	OK
Lantai 14	40.296	2.578	10.312	80	OK
Lantai 13	37.718	2.833	11.332	80	OK
Lantai 12	34.885	3.061	12.244	80	OK
Lantai 11	31.824	3.263	13.052	80	OK
Lantai 10	28.561	3.441	13.764	80	OK
Lantai 9	25.12	3.596	14.384	80	OK
Lantai 8	21.524	3.72	14.88	80	OK
Lantai 7	17.804	3.799	15.196	80	OK
Lantai 6	14.005	3.785	15.14	80	OK
Lantai 5	10.22	3.591	14.364	80	OK
Lantai 4	6.629	3.162	12.648	80	OK
Lantai 3	3.467	2.45	9.8	80	OK
Lantai 2	1.017	1.017	4.068	80	OK

#### 4.2.5.7 Kontrol Sistem Ganda

Berdasarkan berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1., sistem rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka

pemikul momen dan rangka bresing, dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya.

Tabel 4.24 Reaksi Perletakan dan Presentase Gaya Geser Kontrol

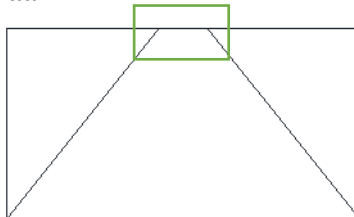
Sistem Rangka	Gempa X		Gempa Y	
	kg	%	kg	%
SRBE	39728.3	32.18	54561.74	38.53
SRPM	83721.56	67.82	87045.23	61.47
Total	123449.9	100	141607	100

Dari hasil perhitungan diatas, dapat dilihat bahwa persentase total dari SRPM memiliki nilai lebih besar dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai struktur sistem ganda berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.5.1.

### 4.3 Perencanaan Struktur Primer

Setelah dilakukan pemodelan struktur menggunakan program bantu ETABS, maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisis struktur melalui kontrol terhadap struktur utama dengan menggunakan peraturan berlaku yaitu SNI 1729:2015 dan SNI 03-1729-2002 .

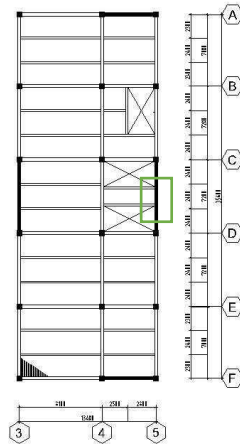
#### 4.3.1 Perencanaan Link



Gambar 4.30 Elemen Link



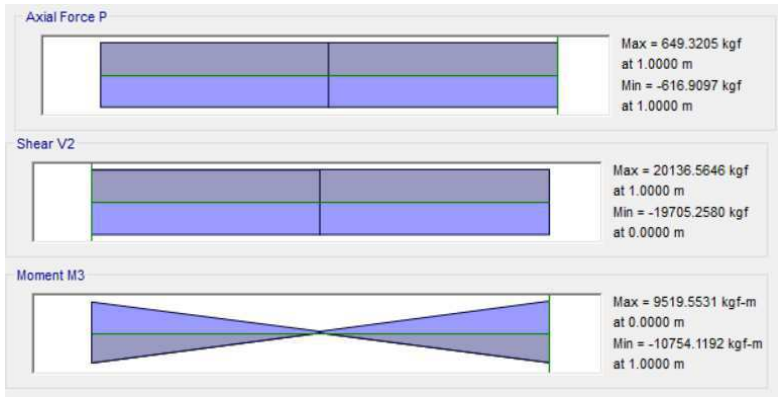
### 4.3.1.1 Perencanaan Link Memanjang



Gambar 4.31 Link Memanjang (Lantai 5) yang Ditinjau

Balok link direncanakan menggunakan profil WF 400×200×8×13, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 66 \text{ kg/m}$	$r = 16 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A_g = 84,12 \text{ cm}^2$	$Z_x = 1286 \text{ cm}^3$	$= 342 \text{ mm}$
$d = 400 \text{ mm}$	$Z_y = 266 \text{ cm}^3$	$S_x = 1190 \text{ cm}^3$
$b_f = 200 \text{ mm}$	$i_x = 16,8 \text{ cm}$	$S_y = 174 \text{ cm}^3$
$t_w = 8 \text{ mm}$	$i_y = 4,54 \text{ cm}$	$F_y = 250 \text{ MPa}$
$t_f = 13 \text{ mm}$	$I_x = 23700 \text{ cm}^4$	$F_u = 410 \text{ MPa}$
$I_y = 1740 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$	



Gambar 4.32 Gaya Dalam Link Arah Memanjang

Didapatkan hasil dari ETABS adalah:

$$N_u = 649,32 \text{ kg}$$

$$V_u = 20136,56 \text{ kg}$$

$$M_u = 9519,553 \text{ kg.m}$$

a. Penentuan Jenis Link

$$M_p = Z_x \cdot F_y = 1286 \cdot 2500 = 3215000 \text{ kg.cm}$$

$$V_p = 0.6 \cdot F_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w = 0.6 \cdot 2500 \cdot (40 - 2 \cdot 1,3) \cdot 0,8 = 44880 \text{ kg}$$

$$e = \frac{1,6 \times M_p}{V_p} = \frac{1,6 \times 3215000}{44880} = 114,612 \text{ cm}$$

Pada analisa yang dilakukan di aplikasi ETABS, direncanakan panjang link adalah 100 cm.

b. Kontrol Penampang

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \cdot 13} = 7,69$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,74$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{342}{8} = 42,75$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang Kompak)}$$

Karena penampang kompak, maka:

$$N_y = A_g \cdot F_y = 84,12 \cdot 2500 = 210300 \text{ kg}$$

$$0,15 N_y = 0,15 \cdot 210300 = 31545 \text{ kg}$$

$$0,15 N_y > N_u$$

$$31545 \text{ kg} > 649,32 \text{ kg}$$

Karena  $0,15 N_y > N_u$ , maka berdasarkan acuan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.2.5, pengaruh gaya aksial pada kuat geser rencana *link* tidak diperhitungkan.

c. Kontrol Kuat Geser

Berdasarkan acuan peraturan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.2.4, kuat geser nominal *link* diambil yang terkecil dari  $V_p$  atau  $2 M_p/e$ .

$$V_p = 0,6 \cdot F_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w = 44880 \text{ kg}$$

$$V_p = \frac{2 \times M_p}{e} = \frac{2 \times 3215000}{100} = 64300 \text{ kg}$$

$$V_n = V_p = 44880 \text{ kg}$$

- Cek kapasitas penampang

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$20136,56 \leq 0,9 \cdot 44880$$

$$20136,56 \leq 40392 \text{ kg (OK)}$$

d. Kontrol Sudut Rotasi Link

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.2.7, untuk nilai  $e$  lebih kecil dari  $\frac{1,6 \times M_p}{V_p}$  sudut rotasi link tidak boleh melebihi 0,08 radian.

$$\alpha = \left(\frac{L}{e}\right) \cdot \phi = \left(\frac{L}{e}\right) \cdot \frac{\delta x}{H \text{ lantai}} = \left(\frac{720}{100}\right) \cdot \frac{1,513}{400} = 0,027 \text{ radian}$$

$$\alpha < \alpha_{maks}$$

$$0,027 < 0,08 \text{ radian (OK)}$$

#### 4.3.1.2 Pengaku Link Arah Memanjang

Untuk pengaku dengan panjang  $link \leq 1,6 \cdot M_p / V_p$ , harus direncanakan memiliki pengaku antara dengan spasi tidak memiliki harga- harga berikut:

Untuk  $\alpha = 0,08$  radian

$$S = 30 t_w - d/5 = 30 \cdot 0,8 - 40/5 = 16 \text{ cm}$$

Untuk  $\alpha = 0,02$  radian

$$S = 52 t_w - d/5 = 52 \cdot 0,8 - 40/5 = 33,6 \text{ cm}$$

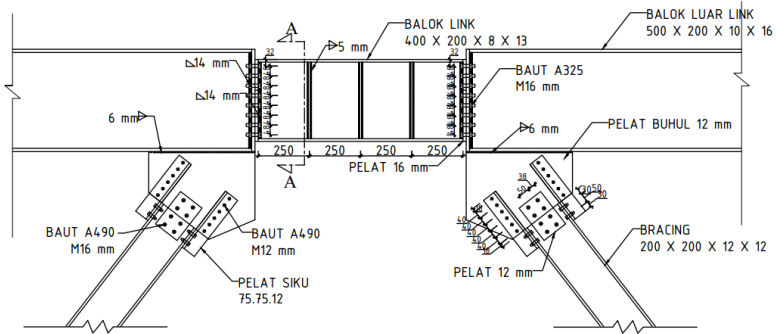
Untuk  $\alpha = 0,027$  radian, maka harus diinterpolasi

$$S = 33,6 - \left( \frac{0,027 - 0,02}{0,08 - 0,02} \right) \cdot (33,6 - 16) = 31,443 \text{ cm}$$

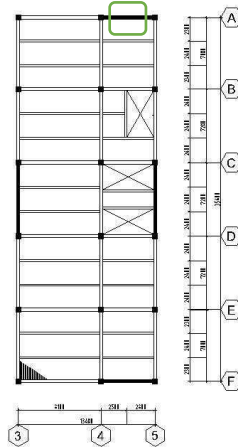
Dipasang pengaku antara dengan jarak 25 cm.

Tebal pengaku digunakan nilai terbesar antara  $0,75 t_w$  ( $0,75 \cdot 0,8 = 6 \text{ mm}$ .) dan 10 mm, sehingga digunakan 10 mm.

Gambar 4.33 Jarak Pengaku Link Memanjang



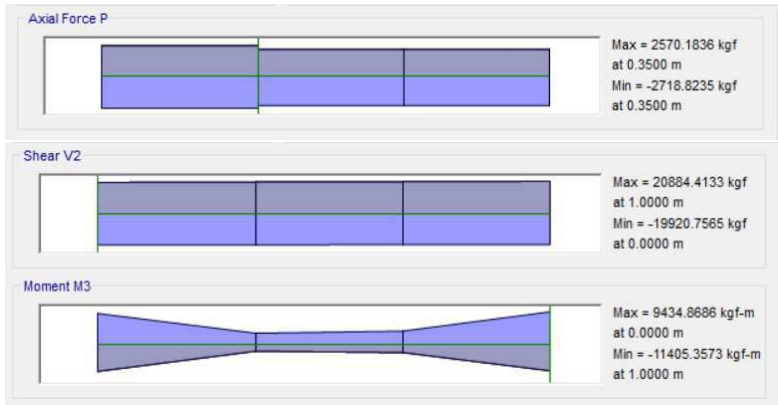
### 4.3.1.3 Perencanaan Link Melintang



Gambar 4.34 Link Melintang (Lantai 5) yang Ditinjau

Balok link direncanakan menggunakan profil WF 400 × 200 × 8 × 13, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 66 \text{ kg/m}$	$r = 16 \text{ mm}$	$h = d - 2(tf + r)$
$A_g = 84,12 \text{ cm}^2$	$Z_x = 1286 \text{ cm}^3$	$= 342 \text{ mm}$
$d = 400 \text{ mm}$	$Z_y = 266 \text{ cm}^3$	$S_x = 1190 \text{ cm}^3$
$b_f = 200 \text{ mm}$	$i_x = 16,8 \text{ cm}$	$S_y = 174 \text{ cm}^3$
$t_w = 8 \text{ mm}$	$i_y = 4,54 \text{ cm}$	$F_y = 250 \text{ MPa}$
$t_f = 13 \text{ mm}$	$I_x = 23700 \text{ cm}^4$	$F_u = 410 \text{ MPa}$
$I_y = 1740 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$	



Gambar 4.35 Gaya Dalam Link Arah Melintang

Didapatkan hasil dari ETABS adalah:

$$N_u = 2570,184 \text{ kg}$$

$$V_u = 20884,41 \text{ kg}$$

$$M_u = 9434,869 \text{ kgm}$$

a. Penentuan Jenis Link

$$M_p = Z_x \cdot F_y = 1286 \cdot 2500 = 3215000 \text{ kgcm}$$

$$V_p = 0.6 \cdot F_y \cdot (d - 2 \cdot t_f) \cdot t_w = 0.6 \cdot 2500 \cdot (40 - 2 \cdot 1.3) \cdot 0.8 = 44880 \text{ kg}$$

$$e = \frac{1,6 \times M_p}{V_p} = \frac{1,6 \times 3215000}{44880} = 114,616 \text{ cm}$$

Pada analisa yang dilakukan di aplikasi ETABS, direncanakan panjang link adalah 100 cm.

b. Kontrol Penampang

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2 \cdot 13} = 7,69$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,74$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang Kompak)}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{342}{8} = 42,75$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang Kompak)}$$

Karena penampang kompak, maka:

$$N_y = A_g \cdot F_y = 84,12 \cdot 2500 = 210300 \text{ kg}$$

$$0,15 N_y = 0,15 \cdot 210300 = 31545 \text{ kg}$$

$$0,15 N_y > N_u$$

$$31545 \text{ kg} > 2570,184 \text{ kg}$$

Karena  $0,15 N_y > N_u$ , maka berdasarkan acuan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.2.5, pengaruh gaya aksial pada kuat geser rencana *link* tidak diperhitungkan.

#### c. Kontrol Kuat Geser

Berdasarkan acuan peraturan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.2.4, kuat geser nominal *link* diambil yang terkecil dari  $V_p$  atau  $2 M_p / e$ .

$$V_p = 0,6 \cdot F_y \cdot (d - 2.t_f) \cdot t_w = 44880 \text{ kg}$$

$$V_p = \frac{2 \times M_p}{e} = \frac{2 \times 3215000}{100} = 64300 \text{ kg}$$

$$V_n = V_p = 44880 \text{ kg}$$

Cek kapasitas penampang

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$21044,96 \leq 0,9 \cdot 44880$$

$$20884,41 \leq 40392 \text{ kg (OK)}$$

#### d. Kontrol Sudut Rotasi Link

Berdasarkan SNI 03-1729-2002 pasal 15.13.2.7, untuk nilai  $e$  lebih kecil dari  $\frac{1,6 \times M_p}{V_p}$  sudut rotasi link tidak boleh melebihi 0.08 radian.

$$\alpha = \left(\frac{L}{e}\right) \cdot \phi = \left(\frac{L}{e}\right) \cdot \frac{\delta x}{H \text{ lantai}} = \left(\frac{530}{100}\right) \cdot \frac{1,839}{400} = 0,024 \text{ radian}$$

$$\alpha < \alpha_{maks}$$

$$0,024 < 0,08 \text{ radian (OK)}$$

#### 4.3.1.4 Pengaku Link Arah Melintang

Untuk pengaku dengan panjang  $link \leq 1,6 \cdot M_p/V_p$ , harus direncanakan memiliki pengaku antara dengan spasi tidak memiliki harga- harga berikut:

Untuk  $\alpha = 0,08$  radian

$$S = 30 t_w - d/5 = 30 \cdot 0,8 - 40/5 = 16 \text{ cm}$$

Untuk  $\alpha = 0,02$  radian

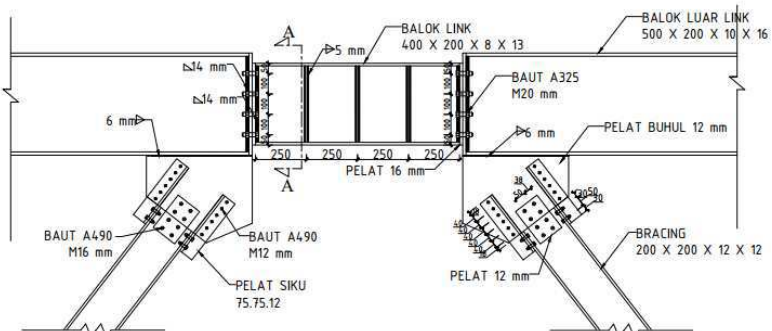
$$S = 52 t_w - d/5 = 52 \cdot 0,8 - 40/5 = 33,6 \text{ cm}$$

Untuk  $\alpha = 0,024$  radian, maka harus diinterpolasi

$$S = 33,6 - \left( \frac{0,024 - 0,02}{0,08 - 0,02} \right) \cdot (33,6 - 16) = 32,318 \text{ cm}$$

Dipasang pengaku antara dengan jarak 25 cm.

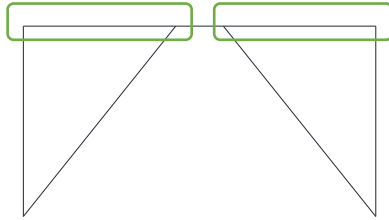
Tebal pengaku digunakan nilai terbesar antara  $0,75 t_w$  ( $0,75 \cdot 8 = 6 \text{ mm}$ ) dan 10 mm, sehingga digunakan 10 mm.



Gambar 4.36 Jarak Pengaku Link Melintang

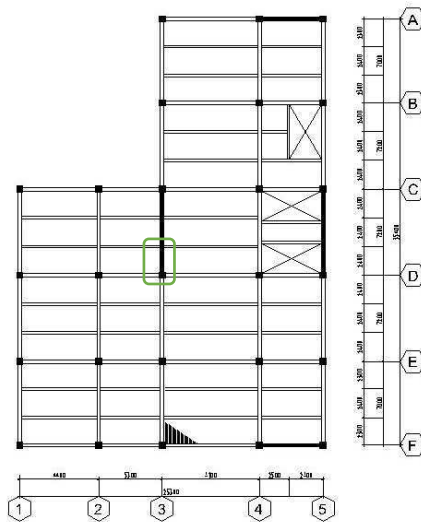


### 4.3.2 Balok Luar Link



Gambar 4.37 Elemen Balok Diluar Link

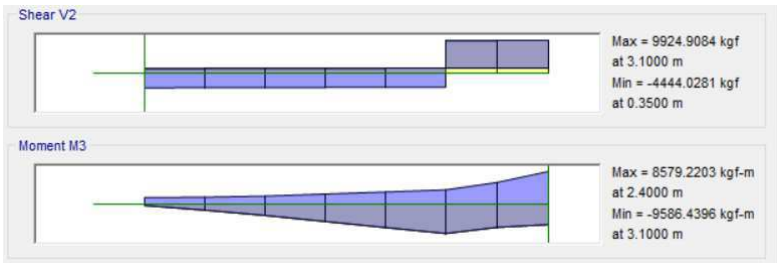
#### 4.3.2.1 Balok Diluar Link Arah Memanjang



Gambar 4.38 Balok Luar Link Memanjang (Lantai 3) yang Ditinjau

Balok diluar link direncanakan menggunakan profil WF 500 × 200 × 10 × 16, dengan data – data sebagai berikut:

$$\begin{array}{lll}
 W = 89,6 \text{ kg/m} & r = 20 \text{ mm} & h = d-2(t_f+r) \\
 A = 114,2 \text{ cm}^2 & Z_x = 2096 \text{ cm}^3 & = 428 \text{ mm} \\
 d = 500 \text{ mm} & Z_y = 332 \text{ cm}^3 & S_x = 1910 \text{ cm}^3 \\
 b_f = 200 \text{ mm} & i_x = 20,5 \text{ cm} & S_y = 214 \text{ cm}^3 \\
 t_w = 10 \text{ mm} & i_y = 4,33 \text{ cm} & F_y = 250 \text{ MPa} \\
 t_f = 16 \text{ mm} & I_x = 47800 \text{ cm}^4 & F_u = 410 \text{ MPa} \\
 I_y = 2140 \text{ cm}^4 & E = 200000 \text{ MPa} &
 \end{array}$$



Gambar 4.39 Gaya Dalam Balok Luar Link Memanjang

Didapatkan hasil dari ETABS adalah:

$$M_u = 8579,22 \text{ kg.m}$$

$$V_u = 9924,908 \text{ kg}$$

Berdasarkan peraturan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.2, kuat perlu balok diluar *link* harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal *link* sebesar  $R_y \times V_n$  dan kuat rencana balok diluar link dapat ditentukan menggunakan ketentuan kuat rencana yang dihitung berdasarkan butir 8 dan mengalikannya dengan faktor  $R_y$ .

$$V_u = 1,1 \times R_y \times V_n = 1,1 \cdot 1,5 \cdot 44880 = 74052 \text{ kg}$$

$V_n$  = Kuat geser nominal *link*, diambil yang terkecil dari  $V_p$  atau  $2M_p/e$  dari link memanjang

$$V_p = 44880 \text{ kg}$$

$$M_p = 3215000 \text{ kg.cm}$$

$$V_p = \frac{2 \times M_p}{e} = \frac{2 \times 3215000}{100} = 64300 \text{ kg}$$

sehingga  $V_p$  diambil = 44880 kg

Maka,  $V_u = 74052$  kg

a. Kontrol Penampang

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2 \cdot 16} = 6,25$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,74$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang Kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang Kompak)

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot F_y = 5240000 \text{ kg.cm}$$

b. Kontrol Penampang Profil terhadap Gaya Geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63,35$$

$\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ , sehingga  $\phi_v = 1,00$  dan  $C_v = 1,0$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v = 0,6 \cdot 2500 \cdot 42,8 \cdot 1 \cdot 1 = 64200 \text{ kg}$$

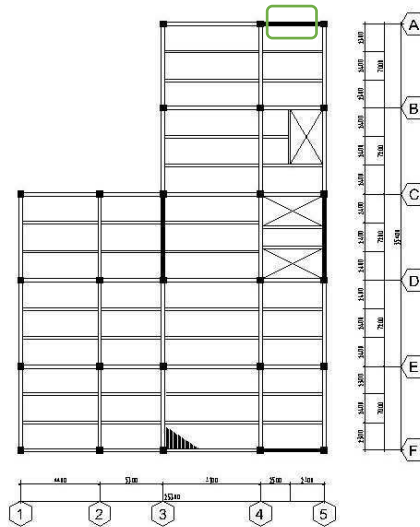
c. Kontrol Interaksi Geser dan Lentur

$$\frac{Mu}{\phi \cdot Mn} + 0,625 \frac{Vu}{\phi \cdot Vn} \leq 1,375$$

$$\frac{8579,22}{0,9 \cdot 52400} + 0,625 \frac{74052}{0,9 \cdot 64200} \leq 1,375$$

$$0,802 \leq 1,375 \text{ (OK)}$$

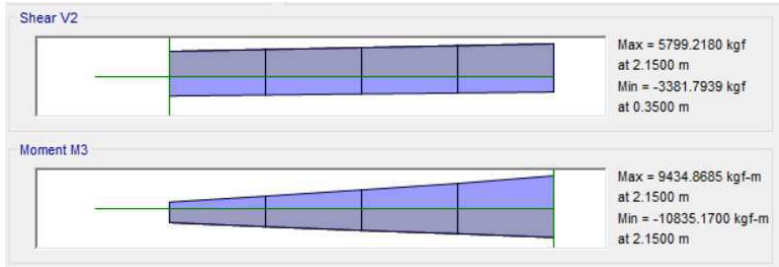
#### 4.3.2.2 Balok Diluar Link Arah Melintang



Gambar 4.40 Balok Luar Link Melintang (Lantai 5) yang Ditinjau

Balok diluar link direncanakan menggunakan profil WF 500 × 200 × 10 × 16, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 89,6 \text{ kg/m}$	$r = 20 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r) = 428 \text{ mm}$
$A = 114,2 \text{ cm}^2$	$Z_x = 2096 \text{ cm}^3$	$S_x = 1910 \text{ cm}^3$
$d = 500 \text{ mm}$	$Z_y = 332 \text{ cm}^3$	$S_y = 214 \text{ cm}^3$
$b_f = 200 \text{ mm}$	$i_x = 20,5 \text{ cm}$	$F_y = 250 \text{ MPa}$
$t_w = 10 \text{ mm}$	$i_y = 4,33 \text{ cm}$	$F_u = 410 \text{ MPa}$
$t_f = 16 \text{ mm}$	$I_x = 47800 \text{ cm}^4$	
$I_y = 2140 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ MPa}$	



Gambar 4.41 Gaya Dalam Balok Luar Link Melintang

Didapatkan hasil dari ETABS adalah:

$$M_u = 9434,869 \text{ kgm}$$

$$V_u = 5799,218 \text{ kg}$$

Berdasarkan peraturan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.2, kuat perlu balok diluar *link* harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal *link* sebesar  $R_y \times V_n$  dan kuat rencana balok diluar link dapat ditentukan menggunakan ketentuan kuat rencana yang dihitung berdasarkan butir 8 dan mengalikannya dengan faktor  $R_y$ .

$$V_u = 1,1 \times R_y \times V_n = 1,1 \cdot 1,5 \cdot 4480 = 74052 \text{ kg}$$

$V_n$  = Kuat geser nominal *link*, diambil yang terkecil dari  $V_p$  atau  $2M_p/e$  dari link melintang

$$V_p = 44880 \text{ kg}$$

$$M_p = 3215000 \text{ kg.cm}$$

$$V_p = \frac{2 \times M_p}{e} = \frac{2 \times 3215000}{100} = 64300 \text{ kg}$$

sehingga  $V_p$  diambil = 44880 kg

Maka,  $V_u = 74052 \text{ kg}$

a. Kontrol Penampang

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2 \times 16} = 6,25$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,74$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang Kompak)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$\lambda < \lambda_p$  (Penampang Kompak)

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot F_y = 5240000 \text{ kg.cm}$$

b. Kontrol Penampang Profil terhadap Gaya Geser

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_p = 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63,35$$

$$\frac{h}{tw} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \text{ sehingga } \phi_v = 1,00 \text{ dan } C_v = 1,0$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v = 0,6 \cdot 2500 \cdot 42,8 \cdot 1 \cdot 1 = 64200 \text{ kg}$$

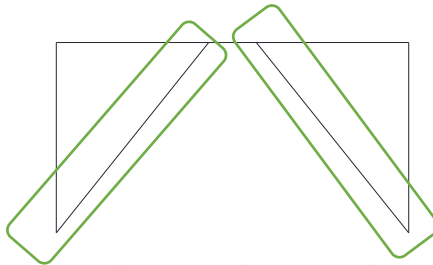
c. Kontrol Interaksi Geser dan Lentur

$$\frac{Mu}{\phi \cdot Mn} + 0,625 \frac{Vu}{\phi \cdot Vn} \leq 1,375$$

$$\frac{9434,869}{0,9 \cdot 52400} + 0,625 \frac{74052}{0,9 \cdot 64200} \leq 1,375$$

$$0,803 \leq 1,375 \text{ (OK)}$$

### 4.3.3 Perencanaan Bresing



Gambar 4.42 Elemen Bresing

#### 4.3.3.1 Perencanaan Bresing Arah Memanjang

Bresing direncanakan menggunakan profil WF 200 × 200 × 12 × 12, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 56,2 \text{ kg/m}$	$r = 13 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 71,53 \text{ cm}^2$	$Z_x = 553 \text{ cm}^3$	$= 150 \text{ mm}$
$d = 200 \text{ mm}$	$Z_y = 256 \text{ cm}^3$	$S_x = 498 \text{ cm}^3$
$b_f = 204 \text{ mm}$	$i_x = 8,53 \text{ cm}$	$S_y = 167 \text{ cm}^3$
$t_w = 12 \text{ mm}$	$i_y = 4,88 \text{ cm}$	$F_y = 250 \text{ MPa}$
$t_f = 12 \text{ mm}$	$I_x = 4980 \text{ cm}^4$	$F_u = 410 \text{ MPa}$
$I_y = 1700 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ Mpa}$	

$$\alpha = 52,224^\circ \text{ (Sudut Bresing)}$$

$$L = 506,06 \text{ cm}$$

Berdasarkan peraturan SNI 03-1729-2002 Pasal 15.13.6.1, kuat kombinasi aksial dan lentur perlu pada batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang ditimbulkan oleh 1,25 kali kuat geser nominal dari *link* sebesar 1,25  $R_y \times V_n$ . Kuat rencana batang bresing harus lebih besar dari pada kuat perlu element *link*.

$$V_u = 1,25 \cdot R_y \cdot V_n = 1,25 \cdot 1,5 \cdot 44880 = 84150 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ tekan} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{84150}{\sin(52,224)} = 106462,373 \text{ kg}$$

$$P_u \text{ tarik} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{84150}{\sin(52,224)} = 106462,373 \text{ kg}$$

a. Kontrol penampang profil

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{204}{2 \cdot 12} = 8,5$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{F_y}} = \frac{250}{\sqrt{250}} = 15,81$$

$\lambda < \lambda_R$  (Penampang Tidak Langsing)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{150}{12} = 12,5$$

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{F_y}} = \frac{665}{\sqrt{250}} = 42,058$$

$\lambda < \lambda_R$  (Penampang Tidak Langsing)

b. Kontrol kuat bresing

$$\text{Arah } X \rightarrow \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{506,06}{8,35} = 60,605$$

$$\text{Arah } Y \rightarrow \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{506,06}{4,88} = 103,7$$

$\lambda \text{ pakai} = 103,7$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{i}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2000000}{(103,7)^2} = 1835,546 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{L_{ky}}{i_y} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$103,7 \leq 4.71 \sqrt{\frac{2000000}{2500}}$$

$103,7 \leq 133,219$  maka,

$$F_{cr} = \left[ 0.685 \frac{F_y}{F_e} \right] \cdot F_y = \left[ 0.685 \frac{2500}{1835,5} \right] \cdot 2500 = 1493,316$$



- Bresing tarik

$$P_{max} = R_y \cdot F_y \cdot Ag = 1,5 \cdot 2500 \cdot 71,53 = 268237,5 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 0,9 \cdot 268237,5 = 241413,8 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > Pu$$

$$241413,8 > 106462,37 \text{ kg (OK)}$$

- Bresing tekan

$$P_{max} = 1,1 \cdot R_y \cdot Ag \cdot F_{cr} = 1,1 \cdot 1,5 \cdot 71,53 \cdot 1493,316 \\ = 176247,9 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 0,85 \cdot 176247,9 = 149810,7 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > Pu$$

$$149810,7 > 106462,4 \text{ kg (OK)}$$

#### 4.3.3.2 Perencanaan Bresing Arah Melintang

Bresing direncanakan menggunakan profil WF 200 × 200 × 12 × 12, dengan data – data sebagai berikut:

$W = 56,2 \text{ kg/m}$	$r = 13 \text{ mm}$	$h = d - 2(t_f + r)$
$A = 71,53 \text{ cm}^2$	$Z_x = 553 \text{ cm}^3$	$= 150 \text{ mm}$
$d = 200 \text{ mm}$	$Z_y = 256 \text{ cm}^3$	$S_x = 498 \text{ cm}^3$
$b_f = 204 \text{ mm}$	$i_x = 8,53 \text{ cm}$	$S_y = 167 \text{ cm}^3$
$t_w = 12 \text{ mm}$	$i_y = 4,88 \text{ cm}$	$F_y = 250 \text{ MPa}$
$t_f = 12 \text{ mm}$	$I_x = 4980 \text{ cm}^4$	$F_u = 410 \text{ MPa}$
$I_y = 1700 \text{ cm}^4$	$E = 200000 \text{ MPa}$	

$$\alpha = 61,74^\circ \text{ (Sudut Bresing)}$$

$$L = 454,12 \text{ cm}$$

Berdasarkan peraturan SNI03-1729-2002 Pasal 15.13.6.1, kuat kombinasi aksial dan lentur perlu pada batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang ditimbulkan oleh 1,25 kali kuat geser nominal dari *link* sebesar  $1,25 R_y \times V_n$ . Kuat rencana batang bresing harus lebih besar dari pada kuat perlu element *link*.

$$V_u = 1,25 \cdot R_y \cdot V_n = 1,25 \cdot 1,5 \cdot 44880 = 84150 \text{ kg}$$

$$P_u \text{tekan} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{84150}{\sin(61,74)} = 95535,495 \text{ kg}$$

$$P_u \text{tarik} = \frac{V_u}{\sin \alpha} = \frac{84150}{\sin(61,74)} = 95535,495 \text{ kg}$$

a. Kontrol penampang profil

- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{204}{2 \cdot 12} = 8,5$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{F_y}} = \frac{250}{\sqrt{250}} = 15,81$$

$\lambda < \lambda_R$  (Penampang Tidak Langsing)

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{150}{12} = 12,5$$

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{F_y}} = \frac{665}{\sqrt{250}} = 42,058$$

$\lambda < \lambda_R$  (Penampang Tidak Lansing)

c. Kontrol kuat bresing

$$\text{Arah } X \rightarrow \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{454,12}{8,35} = 54,385$$

$$\text{Arah } Y \rightarrow \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{454,12}{4,88} = 93,057$$

$\lambda$  pakai = 93,057

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{i}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2000000}{(93,057)^2} = 2279,44 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{L_{ky}}{i_y} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$93,057 \leq 4.71 \sqrt{\frac{2000000}{2500}}$$

93,057 ≤ 133,219 maka,

$$F_{cr} = \left[ 0.685 \frac{F_y}{F_e} \right] \cdot F_y = \left[ 0.685 \frac{2500}{2279,4} \right] \cdot 2500 = 1650,942$$

- Bresing tarik

$$P_{max} = R_y \cdot F_y \cdot A_g = 1,5 \cdot 2500 \cdot 71,53 = 268237,5 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n = 0.9 \cdot 268237,5 = 241413,8 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > P_u$$

$$241413,8 > 95535,495 \text{ kg (OK)}$$

- Bresing tekan

$$P_{max} = 1,1 \cdot R_y \cdot A_g \cdot F_{cr} = 1,1 \cdot 1,5 \cdot 71,53 \cdot 1650,942 \\ = 194851,6 \text{ kg}$$

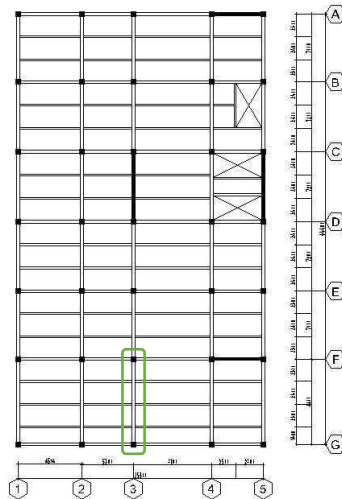
$$\phi_c P_n = 0,85 \cdot 194851,6 = 165623,9 \text{ kg}$$

$$\phi_c P_n > P_u$$

$$165623,9 > 95535,5 \text{ kg (OK)}$$

### 4.3.4 Perencanaan Balok Induk

#### 4.3.4.1 Perencanaan Balok Induk Arah Memanjang



Gambar 4.43 Denah Lantai 2 Struktur Ibis Styles Hotel Tanah Abang

Direncanakan balok induk arah x menggunakan balok komposit beton-baja dengan menggunakan profil WF 500×200×10×16 dan pelat bondek dengan data sebagai berikut

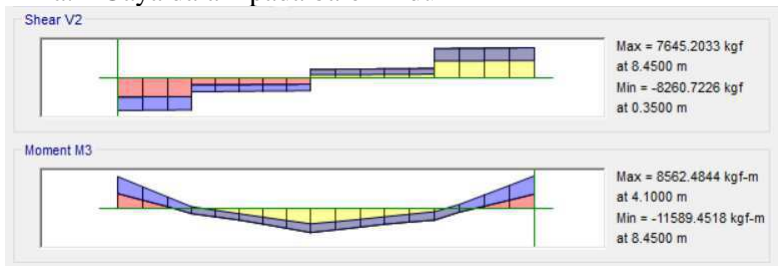
$d$	= 500 mm	$I_x$	= 47800 cm <sup>4</sup>
$b_f$	= 200 mm	$I_y$	= 2140 cm <sup>4</sup>
$t_w$	= 10 mm	$i_x$	= 20,5 cm
$t_f$	= 16 mm	$i_y$	= 4,33 cm
$A_g$	= 114,2 cm <sup>2</sup>	$S_x$	= 1910 cm <sup>3</sup>
$r$	= 20 mm	$S_y$	= 214 cm <sup>3</sup>
$h$	= 428 mm	$Z_x$	= 2096 cm <sup>3</sup>
$F_y$	= 250 MPa	$Z_y$	= 332 cm <sup>3</sup>

Dari analisis ETABS, didapatkan gaya dalam yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

- Sebelum Komposit

Sebelum komposit, beban yang bekerja adalah beban pelat beton dan pekerja saat melakukan pelaksanaan. Sementara balok belum komposit karena beton masih dalam keadaan basah.

a. Gaya dalam pada balok induk



Gambar 4.44 Gaya Dalam Balok Induk Arah X Sebelum Komposit

$$M_u = 1158945,18 \text{ kg.cm}$$

$$V_u = 8260,722 \text{ kg}$$

b. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal
- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2(16)} = 6,25$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$6,25 < 10,748 \text{ (penampang kompak)}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{250}} = 106,348$$

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$42,8 < 106,348 \text{ (penampang kompak)}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= F_y \cdot Z_x \\ &= 2500 \cdot 2096 \\ &= 5240000 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 5240000$$

$$= 4716000 \text{ kg.cm} > 1158945,18 \text{ kg.cm (OK)}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang  $L_b = 880 \text{ cm}$

$L_p = 215,549 \text{ cm}$  (Dari tabel profil)

$L_r = 693,749 \text{ cm}$  (Dari tabel profil)

$L_r \leq L_b =$  (bentang panjang)

-Karena bentang panjang, maka;

$$Mn = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{J \cdot c}{S_x \cdot h_0} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

Mencari Nilai  $C_b$

$$M_a = 284108,6 \text{ kg.cm}$$

$$M_b = 797244,16 \text{ kg.cm}$$

$$M_c = 358078,6 \text{ kg.cm}$$

$$M_{max} = 1158945,18 \text{ kg.cm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,30$$

$$C_b = 1,81 \leq 2,30$$

Mencari Nilai  $r_{ts}$

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{h \cdot t_w}{b_f \cdot t_f}\right)}}$$

$$r_{ts} = \frac{200}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{428 \cdot 10}{200 \cdot 16}\right)}}$$

$$r_{ts} = 52,208 \text{ mm}$$

Mencari Nilai  $J$

$$J = \sum \frac{1}{3} b \cdot t^3$$

$$J = \frac{1}{3} 500 \cdot 10^3 + \frac{1}{3} 200 \cdot 16^3$$

$$J = 439733,333 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr} = \frac{1,81 \cdot \pi^2 E}{\left(\frac{700}{5,22}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{43,973 \cdot 1}{1910 \cdot 48,4} \left(\frac{700}{5,22}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 1911,116 \text{ kg/cm}^2$$

- Kapasitas Momen Penampang

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \cdot F_y \\ &= 2096 \cdot 2500 \\ &= 5240000 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= F_{cr} \cdot S_x \leq M_p \\ &= 1911,116 \cdot 1910 \\ &= 3650231,669 \text{ kg.cm} \\ &= 36502,316 \text{ kg.m} \leq M_p = 52400 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Maka digunakan  $M_n = M_p = 36502,316 \text{ kg.m}$

- Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \cdot 36502,316 \text{ kg.m} \\ &= 3285208,502 \text{ kg.cm} > 1158945,18 \text{ kg.cm} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{250}} = 63,356$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$42,8 < 63,356$$

$$\begin{aligned} \text{maka, } V_n &= 0,6 F_y A_w C_v \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (42,8 \cdot 1) \cdot 1 \\ &= 64200 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

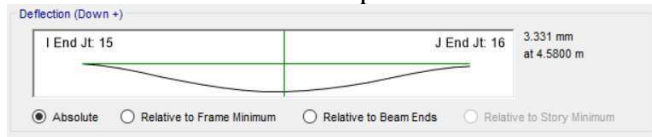
$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \cdot 64200 \text{ kg} \\ &= 57780 \text{ kg} > 8260,722 \text{ kg} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

## d. Kontrol lendutan

$$L = 880 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{880}{360} = 2,44 \text{ cm}$$

Dari hasil analisis ETABS didapatkan lendutan sebesar



Gambar 4.45 Lendutan Pada Balok Induk Memanjang Akibat Kombinasi 1D+1L

$$f^0 = 0,333 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,333 \text{ cm} < 2,44 \text{ cm (OK)}$$

- Setelah Komposit

Saat balok sudah komposit, gaya servis telah terjadi. Sehingga perencanaannya menggunakan beban servis dan beban lain yang mulai berkerja setelah konstruksi selesai.

- a. Gaya dalam pada balok induk

Strength Checks			
	Factored	Design	Ratio
Shear at Ends (kgf)	13463.0235	68830.8430	0.196
Neg. Constr. Bending (kgf-m)	-18844.4265	50073.0088	0.376
Full Comp. Bending (kgf-m)	14100.4217	84734.4145	0.166
<b>Negative Bending (kgf-m)</b>	<b>-18844.4265</b>	<b>50073.0088</b>	<b>0.376</b>

Gambar 4.46 Gaya Dalam Pada Balok Setelah Komposit

$$M_{max} = 1410042,17 \text{ kg.cm}$$

$$M_{min} = 1884442,65 \text{ kg.cm}$$

$$V_{max} = 13463,023 \text{ kg}$$



b. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal
- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{250}} = 106,348$$

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$42,8 < 106,348 \text{ (penampang kompak)}$$

Karena penampang kompak, sehingga kapasitas momen penampang dianalisa dengan distribusi tegangan plastis.

c. Kontrol Penampang Terhadap Gaya Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{250}} = 63,356$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$42,8 < 63,356$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$= 0,6 \cdot 2500 \cdot (42,8 \cdot 1) \cdot 1$$

$$= 64200 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \cdot 64200 \text{ kg}$$

$$= 57780 \text{ kg} > 13463,023 \text{ kg (OK)}$$

d. Desain Penampang Komposit

Direncanakan penampang balok mengalami komposit penuh. Dengan dipasang 2 stud tiap titik dengan spesifikasi sebagai berikut :

Pelat :

$$t_p = 9 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 t_c &= 3,6 \text{ cm} \\
 w_r &= 168 \text{ mm} \\
 h_r &= 54 \text{ mm} \\
 F'_c &= 30 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- Menentukan Lebar Efektif Pelat Beton

$$b_{eff} \leq \frac{L_{balok}}{8} = \frac{880}{8} = 1100 \text{ mm}$$

$$b_{eff} \leq S/2 = 8100/2 = 4050 \text{ mm}$$

$$\text{maka, } b_{eff} = 1100 \text{ mm}$$

- Menentukan Momen Positif

- Menentukan sumbu netral ( $a$ )

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 F'_c \cdot b_{eff}} \\
 &= \frac{114,2 \cdot 2500}{0,85 \cdot 300 \cdot 110} \\
 &= 10,17 \text{ cm} > t_p = 9 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka lokasi sumbu netral jatuh pada profil baja.

- Gaya Tekan yang terjadi

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 F'_c \cdot b_{eff} \cdot t_c \\
 &= 0,85 \cdot 300 \cdot 10,17 \cdot 3,6 \\
 &= 100980 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= \frac{A_s \cdot F_y - C_c}{2} \\
 &= \frac{(114,2 \cdot 2500) - 100980}{2} \\
 &= 92260 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Tinggi blok tekan pada sayap profil baja

$$\begin{aligned}
 d_f &= \frac{C_s}{b_f \cdot F_y} \\
 &= \frac{92260}{200 \cdot 250} \\
 &= 1,845 \text{ mm} < t_f = 16 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Lokasi titik berat dari bagian tarik profil baja (diukur dari serat bawah)

$$y = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A}$$

$$= \frac{(114,2 \cdot 25) - 0,1845 \cdot 20 \cdot (50 - (0,5 \cdot 0,1845))}{114,2 - (0,1845 \cdot 20)}$$

$$= 24,16 \text{ cm}$$

$$d_2'' = d - y$$

$$= 50 - 24,16$$

$$= 25,83 \text{ cm}$$

$$d_2' = d_2'' + 0,5 t_c$$

$$= 25,85 + 1,8$$

$$= 27,63 \text{ cm}$$

- Menghitung Momen Positif

$$M_n = C_c \cdot d_2' + C_s \cdot d_2''$$

$$M_n = 100980 \cdot 27,63 + 92260 \cdot 25,83$$

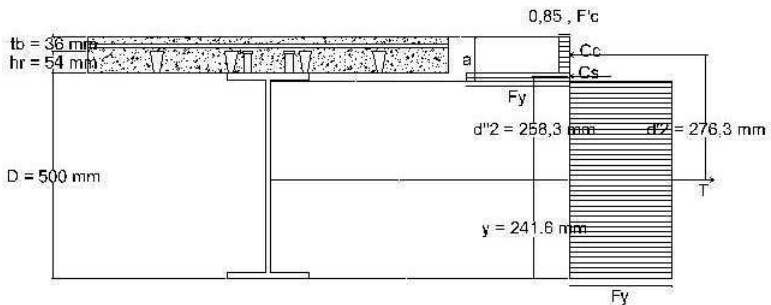
$$= 5173496,902 \text{ kg.cm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 5173496,902$$

$$= 4656147 \text{ kg.cm} \geq 1410042,17 \text{ kg.cm}$$



Gambar 4.47 Gaya Pada Balok Komposit Akibat Momen Positif

- Menentukan Momen Negatif

Dipasang tulangan pada pelat beton sebanyak 6 buah dengan diameter D8-200 disepanjang  $b_{\text{eff}}$  balok. Tulangan menambah kekuatan Tarik yang terjadi pada balok. Sehingga perlu diperhitungan kapasitas balok yang mampu dipikul dengan menggunakan selimut beton setebal 2 cm.

- Gaya pada tulangan

$$A_r = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 0,8^2 = 0,502 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} T_{sr} &= n \cdot A_r \cdot F_{yr} \\ &= 6 \cdot 0,502 \cdot 400 \\ &= 12063,715 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya tekan nominal maksimum dari dprofil

$$\begin{aligned} C_{maks} &= A_s \cdot F_y \\ &= 114,2 \cdot 2500 \\ &= 285500 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Karena  $C_{maks} > T_{sr}$  maka sumbu netral plastis akan jatuh pada profil WF dan kesetimbangan gaya dapat diekspresikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_{sr} + T_s &= C_{maks} - T_s \\ T_s &= 136718,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jarak sumbu netral plastis dari tepi atas flens

$$\begin{aligned} d_f &= \frac{T_s}{b_f \cdot F_y} \\ &= \frac{136718,1}{200 \cdot 250} \\ &= 2,73 \text{ mm} < t_f = 16 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Lokasi titik berat dari bagian tarik profil baja (diukur dari serat bawah)

$$y = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A}$$

$$= \frac{(114,2 \cdot 25) - 0,273 \cdot 20 \cdot (50 - (0,5 \cdot 0,273))}{114,2 - (0,273 \cdot 20)}$$

$$= 23,749 \text{ cm}$$

- Menghitung Momen Negatif

$$M_n = M_{n1} + M_{n2}$$

$$M_{n1} = T_{sr} \cdot (d - y + 0,5 \cdot t_p)$$

$$= 12063,715 \cdot (50 - 23,749 + 0,5 \cdot 9)$$

$$= 437315,952 \text{ kg}$$

$$M_{n2} = T_s \cdot (d - y - (d_f/2))$$

$$= 136718,1 \cdot (50 - 23,749 - 0,273/2)$$

$$= 3570230,27 \text{ kg}$$

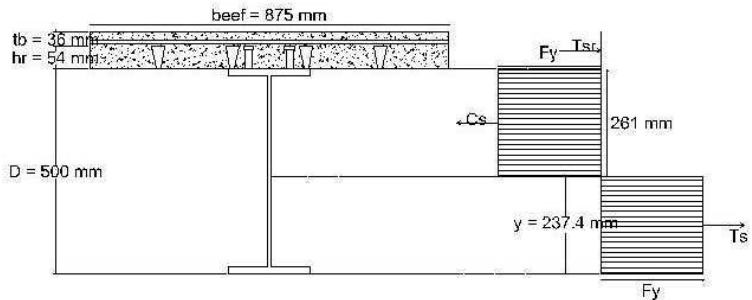
$$M_n = 437315,952 + 3570230,27$$

$$= 4007546 \text{ kg}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 4007546$$

$$= 3606792 \text{ kg.cm} \geq 1884443 \text{ kg.cm}$$



Gambar 4.48 Gaya Pada Balok Komposit Akibat Momen Negatif

e. Menentukan *connector stud*

Direncanakan *connector stud* dengan diameter 19 mm.  
Stud baja dipasang 2 buah dengan diorientasikan tegak lurus terhadap profil baja. Stud di las pada pelat dek baja.

$$d = 19 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 2,984 \text{ cm}^2$$

$$F_u = 410 \text{ MPa}$$

$$R_g = 1 \text{ (digunakan 2 stud baja)}$$

$$R_p = 0,75 \text{ (Dilas pada pelat komposit)}$$

$$E_c = 0,043 \cdot W_c^{1,5} \cdot \sqrt{F'_c} = 27691,47 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot (F'_c \cdot E_c)^{0,5}$$

$$= 0,5 \cdot 2,984 \cdot (300 \cdot 276914,7)^{0,5} = 13598,86 \text{ kg}$$

$$R_g \cdot R_p \cdot A_{sc} \cdot F_u = 1 \cdot 0,75 \cdot 2,984 \cdot 4100 = 9175,8 \text{ kg}$$

$$Q_n > R_g \cdot R_p \cdot A_{sc} \cdot F_u$$

$$Q_n = 9175,8 \text{ kg}$$

## f. Menghitung Jumlah Stud

$$Q_n = 9175,8 \text{ kg}$$

$$V_h = A_s \cdot F_y = 285500 \text{ kg}$$

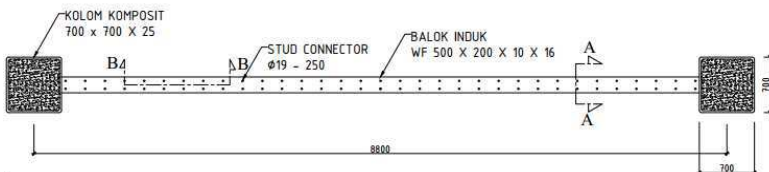
Banyaknya stud:

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{285500}{9175,8} = 31,11 \approx 32 \text{ buah}$$

Jumlah Shear-Connector Stud yang dibutuhkan di sepanjang bentang balok :  $2N = 2 \times 32 = 64$  buah.

Jarak Antar stud menjadi

$$\frac{L}{N} = \frac{880}{32} = 27,5 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$



Gambar 4.49 Shear Connector Balok Memanjang

g. Kontrol lendutan

$$L = 880 \text{ cm}$$



Gambar 4.50 Lendutan Pada Balok Induk Arah X Akibat Kombinasi 1D+1L

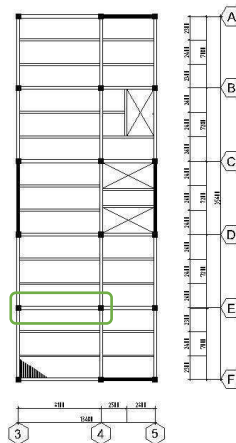
$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{880}{360} = 2,444 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0,565 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin}$$

$$0,565 \text{ cm} < 2,444 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.3.4.2 Perencanaan Balok Induk Arah Melintang



Gambar 4.51 Denah Lantai 10 Struktur Ibis Styles Hotel Tanah Abang

Direncanakan balok induk arah x menggunakan balok komposit beton-baja dengan menggunakan profil WF 500 × 200 × 10 × 16 dan pelat bondek dengan data sebagai berikut

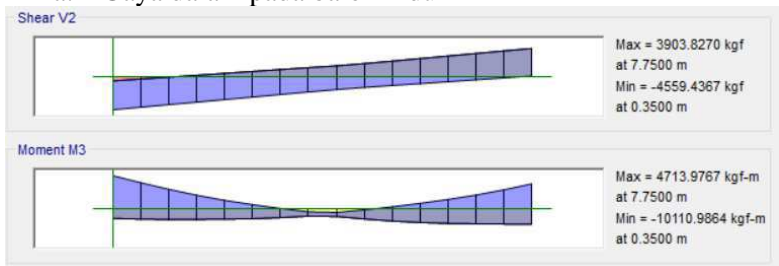
$d$	= 500 mm	$I_x$	= 47800 cm <sup>4</sup>
$b_f$	= 200 mm	$I_y$	= 2140 cm <sup>4</sup>
$t_w$	= 10 mm	$i_x$	= 20,5 cm
$t_f$	= 16 mm	$i_y$	= 4,33 cm
$A_g$	= 114,2 cm <sup>2</sup>	$S_x$	= 1910 cm <sup>3</sup>
$r$	= 20 mm	$S_y$	= 214 cm <sup>3</sup>
$h$	= 428 mm	$Z_x$	= 2096 cm <sup>3</sup>
$F_y$	= 250 MPa	$Z_y$	= 332 cm <sup>3</sup>

Dari analisis ETABS, didapatkan gaya dalam yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

- Sebelum Komposit

Sebelum komposit, beban yang bekerja adalah beban pelat beton dan pekerja saat melakukan pelaksanaan. Sementara balok belum komposit karena beton masih dalam keadaan basah.

a. Gaya dalam pada balok induk



Gambar 4.52 Gaya Dalam Balok Induk Arah X Sebelum Komposit

$$M_u = 1011098,64 \text{ kg.cm}$$

$$V_u = 4559,436 \text{ kg}$$



## b. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal
- Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2(16)} = 6,25$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{250}} = 10,748$$

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$6,25 < 10,748 \text{ (penampang kompak)}$$

- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{250}} = 106,348$$

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$42,8 < 106,348 \text{ (penampang kompak)}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= F_y \cdot Z_x \\ &= 2500 \cdot 2096 \\ &= 5240000 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 5240000$$

$$= 4716000 \text{ kg.cm} > 1011098,64 \text{ kg.cm (OK)}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$\text{Panjang } L_b = 810 \text{ cm}$$

$$L_p = 215,549 \text{ cm (Dari tabel profil)}$$

$$L_r = 693,749 \text{ cm (Dari tabel profil)}$$

$$L_r \leq L_b = \text{(bentang panjang)}$$

-Karena bentang panjang, maka;

$$Mn = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \cdot \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{J \cdot c}{S_x \cdot h_0} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

Mencari Nilai  $C_b$

$$M_a = 351882,27 \text{ kg.cm}$$

$$M_b = 234084,45 \text{ kg.cm}$$

$$M_c = 440222,04 \text{ kg.cm}$$

$$M_{max} = 1011098,64 \text{ kg.cm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2,30$$

$$C_b = 2,164 \leq 2,30$$

Mencari Nilai  $r_{ts}$

$$r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{h \cdot t_w}{b_f \cdot t_f}\right)}}$$

$$r_{ts} = \frac{200}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{1}{6} \frac{428 \cdot 10}{200 \cdot 16}\right)}}$$

$$r_{ts} = 52,208 \text{ mm}$$

Mencari Nilai  $J$

$$J = \sum \frac{1}{3} b \cdot t^3$$

$$J = \frac{1}{3} 500 \cdot 10^3 + \frac{1}{3} 200 \cdot 16^3$$

$$J = 439733,333 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr} = \frac{2,164 \cdot \pi^2 E}{\left(\frac{810}{5,22}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \cdot \frac{43,973 \cdot 1}{1910 \cdot 48,4} \left(\frac{810}{5,22}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 2439,2 \text{ kg/cm}^2$$

- Kapasitas Momen Penampang

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \cdot F_y \\ &= 2096 \cdot 2500 \\ &= 5240000 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= F_{cr} \cdot S_x \leq M_p \\ &= 2439,2 \cdot 1910 \\ &= 4658872,791 \text{ kg.cm} \\ &= 46588,727 \text{ kg.m} \leq M_p = 52400 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Maka digunakan  $M_n = 46588,727 \text{ kg.m}$

- Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \cdot 46588,727 \text{ kg.m} \\ &= 4192985,512 \text{ kg.cm} > 1011098,64 \text{ kg.cm} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{250}} = 63,356$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$42,8 < 63,356$$

$$\begin{aligned} \text{maka, } V_n &= 0,6 F_y A_w C_v \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (42,8 \cdot 1) \cdot 1 \\ &= 64200 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \cdot 64200 \text{ kg} \\ &= 57780 \text{ kg} > 4559,436 \text{ kg} \text{ (OK)} \end{aligned}$$

d. Kontrol lendutan

$$L = 810 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{810}{360} = 2,25 \text{ cm}$$

Dari hasil analisis ETABS didapatkan lendutan sebesar



Gambar 4.53 Lendutan Pada Balok Induk Memanjang Akibat Kombinasi 1D+1L

$$f^0 = 0,359 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,359 \text{ cm} < 2,25 \text{ cm (OK)}$$

- Setelah Komposit

Saat balok sudah komposit, gaya servis telah terjadi. Sehingga perencanaannya menggunakan beban servis dan beban lain yang mulai berkerja setelah konstruksi selesai.

a. Gaya dalam pada balok induk

Strength Checks			
	Factored	Design	Ratio
Shear at Ends (kgf)	7729.3940	68830.8430	0.112
Neg. Constr. Bending (kgf-m)	-15028.4882	48273.1637	0.311
Full Comp. Bending (kgf-m)	6095.3007	79680.5913	0.076
Partial Comp. Bending (kgf-m)	6095.3007	76223.0660	0.080
<b>Negative Bending (kgf-m)</b>	<b>-15028.4882</b>	<b>48273.1637</b>	<b>0.311</b>

Gambar 4.54 Gaya Dalam Pada Balok Setelah Komposit

$$M_{max} = 609530,07 \text{ kg.cm}$$

$$M_{min} = 1502848,82 \text{ kg.cm}$$

$$V_{max} = 7729,394 \text{ kg}$$

## b. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal
- Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{250}} = 106,348$$

$$\lambda \leq \lambda_p$$

$$42,8 < 106,348 \text{ (penampang kompak)}$$

Karena penampang kompak, sehingga kapasitas momen penampang dianalisa dengan distribusi tegangan plastis.

## c. Kontrol Penampang Terhadap Gaya Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{428}{10} = 42,8$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{250}} = 63,356$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$42,8 < 63,356$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 F_y A_w C_v \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (42,8 \cdot 1) \cdot 1 \\ &= 64200 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= 0,9 \cdot 64200 \text{ kg} \\ &= 57780 \text{ kg} > 7729,394 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

## d. Desain Penampang Komposit

Direncanakan penampang balok mengalami komposit penuh. Dengan dipasang 2 stud tiap titik dengan spesifikasi sebagai berikut :

Pelat :

$$t_p = 9 \text{ cm}$$

$$t_c = 3,6 \text{ cm}$$

$$w_r = 168 \text{ mm}$$

$$h_r = 54 \text{ mm}$$

$$F'_c = 30 \text{ MPa}$$

- Menentukan Lebar Efektif Pelat Beton

$$b_{eff} \leq \frac{L_{balok}}{8} = \frac{8100}{8} = 1012,5 \text{ mm}$$

$$b_{eff} \leq S/2 = 7000/2 = 3500 \text{ mm}$$

maka,  $b_{eff} = 1012,5 \text{ mm}$

- Menentukan Momen Positif

- Menentukan sumbu netral ( $a$ )

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 F'_c \cdot b_{eff}}$$

$$= \frac{114,2 \cdot 2500}{0,85 \cdot 300 \cdot 101,25}$$

$$= 11,057 \text{ cm} > t_p = 9 \text{ cm}$$

Maka lokasi sumbu netral jatuh pada profil baja.

- Gaya Tekan yang terjadi

$$C_c = 0,85 F'_c \cdot b_{eff} \cdot t_c$$

$$= 0,85 \cdot 300 \cdot 101,25 \cdot 3,6$$

$$= 92947,5 \text{ kg}$$

$$C_s = \frac{A_s \cdot F_y - C_c}{2}$$

$$= \frac{(114,2 \cdot 2500) - 92947,5}{2}$$

$$= 96276,25 \text{ kg}$$

- Tinggi blok tekan pada sayap profil baja

$$d_f = \frac{C_s}{b_f \cdot F_y}$$

$$= \frac{96276,25}{200 \cdot 250}$$

$$= 1,925 \text{ mm} < t_f = 16 \text{ mm}$$

- Lokasi titik berat dari bagian tarik profil baja (diukur dari serat bawah)

$$y = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A}$$

$$= \frac{(114,2 \cdot 25) - 0,1925 \cdot 20 \cdot (50 - (0,5 \cdot 0,1925))}{114,2 - (0,1925 \cdot 20)}$$

$$= 24,13 \text{ cm}$$

$$d_2'' = d - y$$

$$= 50 - 24,13$$

$$= 25,869 \text{ cm}$$

$$d_2' = d_2'' + 0,5 t_c$$

$$= 25,869 + 1,8$$

$$= 27,669 \text{ cm}$$

- Menghitung Momen Positif

$$M_n = C_c \cdot d_2' + C_s \cdot d_2''$$

$$M_n = 92947,5 \cdot 27,669 + 96276,25 \cdot 25,869$$

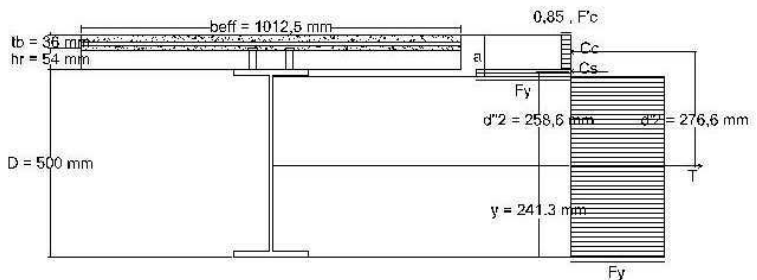
$$= 5062356 \text{ kg.cm}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 5062356$$

$$= 4556120 \text{ kg.m} \geq 1502848,82 \text{ kg.m (OK)}$$



Gambar 4.55 Gaya Pada Balok Komposit Akibat Momen Positif

- Menentukan Momen Negatif

Dipasang tulangan pada pelat beton sebanyak 5 buah dengan diameter D8-200 disepanjang  $b_{\text{eff}}$  balok. Tulangan menambah kekuatan Tarik yang terjadi pada balok. Sehingga perlu diperhitungan kapasitas balok yang mampu dipikul dengan menggunakan selimut beton setebal 2 cm.

- Gaya pada tulangan

$$A_r = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 0,8^2 = 0,502 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} T_{sr} &= n \cdot A_r \cdot F_{yr} \\ &= 5 \cdot 0,502 \cdot 400 \\ &= 10053,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Gaya tekan nominal maksimum dari dprofil

$$\begin{aligned} C_{maks} &= A_s \cdot F_y \\ &= 114,2 \cdot 2500 \\ &= 285500 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Karena  $C_{maks} > T_{sr}$  maka sumbu netral plastis akan jatuh pada profil WF dan kesetimbangan gaya dapat diekspresikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_{sr} + T_s &= C_{maks} - T_s \\ T_s &= 137723,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jarak sumbu netral plastis dari tepi atas flens

$$\begin{aligned} d_f &= \frac{T_s}{b_f \cdot F_y} \\ &= \frac{137723,5}{200 \cdot 250} \\ &= 2,75 \text{ mm} < t_f = 16 \text{ mm} \end{aligned}$$



- Lokasi titik berat dari bagian tarik profil baja (diukur dari serat bawah)

$$y = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A}$$

$$= \frac{(114,2 \cdot 25) - 0,275 \cdot 20 \cdot (50 - (0,5 \cdot 0,275))}{114,2 - (0,275 \cdot 20)}$$

$$= 23,74 \text{ cm}$$

- Menghitung Momen Negatif

$$M_n = M_{n1} + M_{n2}$$

$$M_{n1} = T_{sr} \cdot (d - y + 0,5 \cdot t_p)$$

$$= 10053,1 \cdot (50 - 23,74 + 0,5 \cdot 9)$$

$$= 364526,6 \text{ kg}$$

$$M_{n2} = T_s \cdot (d - y - (d_f/2))$$

$$= 137723,5 \cdot (50 - 23,74 - 0,275/2)$$

$$= 3597668 \text{ kg}$$

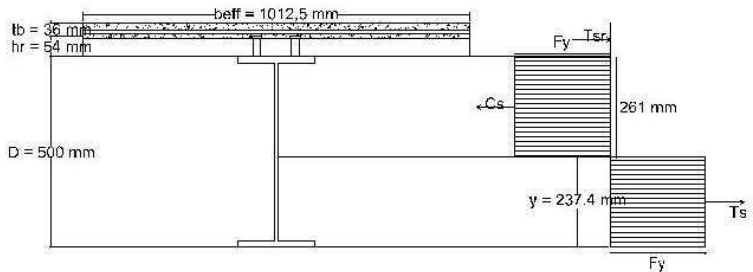
$$M_n = 364526,6 + 3597668$$

$$= 3962194 \text{ kg}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi M_n = 0,9 \cdot 3962194$$

$$= 3565975 \text{ kg.cm} \geq 1502849 \text{ kg.cm}$$



Gambar 4.56 Gaya Pada Balok Komposit Akibat Momen Negatif

e. Menentukan *connector stud*

Direncanakan *connector stud* dengan diameter 19 mm. Stud baja dipasang 2 buah dengan diorientasikan tegak lurus terhadap profil baja. Stud di las pada pelat dek baja.

$$d = 19 \text{ mm}$$

$$A_{sc} = 2,984 \text{ cm}^2$$

$$F_u = 410 \text{ MPa}$$

$$R_g = 0,85 \text{ (digunakan 2 stud baja)}$$

$$R_p = 0,75 \text{ (Dilas pada pelat komposit)}$$

$$E_c = 0,043 \cdot W_c^{1,5} \cdot \sqrt{F'_c} = 27691,47 \text{ Mpa}$$

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot (F'_c \cdot E_c)^{0,5}$$

$$= 0,5 \cdot 2,984 \cdot (300 \cdot 276914,7)^{0,5} = 13598,86 \text{ kg}$$

$$R_g \cdot R_p \cdot A_{sc} \cdot F_u = 0,85 \cdot 0,75 \cdot 2,984 \cdot 4100 = 7799,43 \text{ kg}$$

$$Q_n > R_g \cdot R_p \cdot A_{sc} \cdot F_u$$

$$Q_n = 7799,43 \text{ kg}$$

## f. Menghitung Jumlah Stud

$$Q_n = 7799,43 \text{ kg}$$

$$V_h = A_s \cdot F_y = 285500 \text{ kg}$$

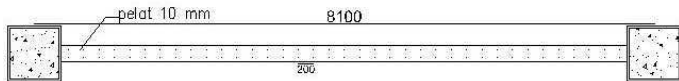
Banyaknya stud:

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{285500}{7799,43} = 36,605 \approx 37 \text{ buah}$$

Jumlah Shear-Connector Stud yang dibutuhkan di sepanjang bentang balok :  $2N = 2 \times 37 = 74$  buah.

Jarak Antar stud menjadi

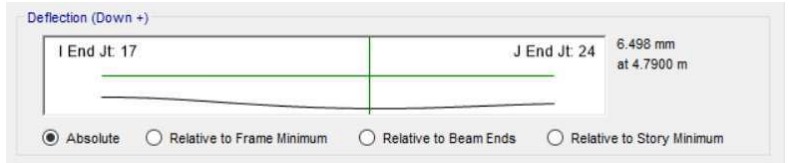
$$\frac{L}{N} = \frac{810}{37} = 21,891 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$



Gambar 4.57 Shear Connector Balok Melintang

g. Kontrol lendutan

$$L = 810 \text{ cm}$$



Gambar 4.58 Lendutan Pada Balok Induk Arah X Akibat Kombinasi 1D+1L

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{810}{360} = 2,25 \text{ cm}$$

$$f^0 = 0,649 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,649 \text{ cm} < 2,25 \text{ cm (OK)}$$

#### 4.3.5 Perencanaan Kolom

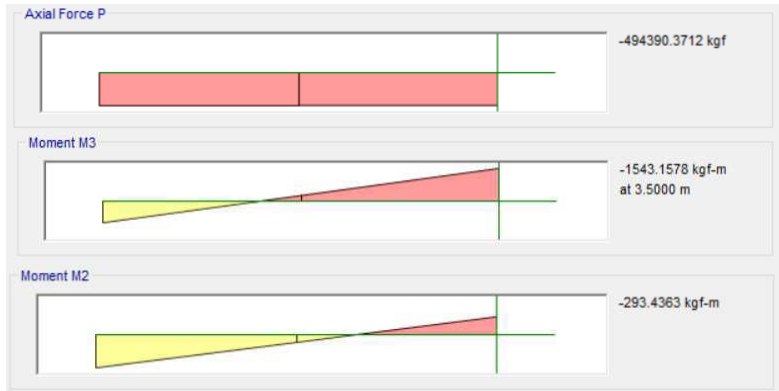
Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai 1. Direncanakan dengan menggunakan kolom komposit *CFT* (*Concrete Filled Tube*) dengan profil square hollow section dari brosur Continental Steel berukuran  $700 \times 700 \times 25$ .

$H$	$= 700 \text{ mm}$	$A$	$= 4900 \text{ cm}^2$
$B$	$= 700 \text{ mm}$	$A_s$	$= 668 \text{ cm}^2$
$t$	$= 25 \text{ mm}$	$I_x$	$= 504700 \text{ cm}^4$
$R$	$= 25 \text{ mm}$	$I_y$	$= 504700 \text{ cm}^4$
$i_x$	$= 27,48 \text{ cm}$	$Z_x$	$= 16850 \text{ cm}^3$
$i_y$	$= 27,48 \text{ cm}$	$Z_y$	$= 16850 \text{ cm}^3$
$W$	$= 517 \text{ kg/m}$		

Dari hasil analisis ETABS didapatkan gaya dalam yang terjadi pada kolom akibat kombinasi beban seperti tabel 4.25.

Tabel 4.25 Gaya Dalam Kolom CFT

Kombinasi	P <sub>u</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
<i>1.2D + 0.5L + Ex</i>	-525103,774	16924,208	5956,556
<i>1.2D + 0.5L + Ey</i>	-557110,977	6173,6623	18787,93
<i>1.2D + 0,5L</i>	-500857,157	1543,157	540,736



Gambar 4.59 Gaya Dalam Pada Kolom CFT Akibat Beban Gravitasi Pada Bentang 3,5 m



Gambar 4.60 Gaya Dalam Pada Kolom CFT Akibat Beban Gravitasi Pada Bentang 0 m



Gambar 4.61 Gaya Dalam Pada Kolom CFT Akibat Beban Gempa Arah X



Gambar 4.62 Gaya Dalam Pada Kolom CFT Akibat Beban Gempa Arah Y

Kolom Lantai 2

$(1,2D + 0,5L)$

Bentang 3,5 m

$P_u = -500857,157 \text{ kg}$

$M_{ux} = 1543,157 \text{ kg.m}$

$M_{uy} = 296,436 \text{ kg.m}$

Bentang 0 m

$P_u = -500857,157 \text{ kg}$

$M_{ux} = -1013,5 \text{ kg.m}$

$M_{uy} = -540,736 \text{ kg.m}$

Bahan :

BJ 41 :  $F_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

:  $F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Beton :  $F'_c = 40 \text{ MPa} = 40 \text{ kg/cm}^2$

$A_s = 668 \text{ cm}^2$

$A_c = 4232 \text{ cm}^2$

- Cek luas penampang minimum profil baja :

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \cdot 100\% = \frac{668}{4232 + 668} \cdot 100\% = 13,63 \% > 1\% \text{ (OK)}$$

$$b \times \sqrt{\frac{F_y}{3E}} = 700 \times \sqrt{\frac{250}{3 \times 2 \cdot 10^5}} = 14,28 \text{ mm} < 25 \text{ mm (OK)}$$

- Cek mutu beton yang digunakan : ( $F'_c = 40 \text{ MPa}$ )  
 $21 \text{ MPa} \leq F'_c \leq 70 \text{ MPa}$  (OK)

- Cek mutu profil baja : ( $F_y = 250 \text{ MPa}$ )  
 $F_y < 525 \text{ MPa}$  (OK)

- Kuat Nominal Tekan Kolom Komposit

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \cdot t} = \frac{700}{2 \cdot 25} = 14$$

$$\lambda_p = \frac{2,26 \cdot \sqrt{E}}{\sqrt{F_y}} = \frac{2,26 \cdot \sqrt{2 \cdot 10^5}}{\sqrt{250}} = 63,92$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang Kompak)}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut:

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = F_y A_s + C_2 F'_c \left( A_c + \frac{A_{sr} \cdot E_s}{E_c} \right)$$

$$= 2500 \cdot 668 + 0,85 \cdot 400 \left( 4156 + \frac{0 \cdot 2 \cdot 10^6}{101114,936} \right)$$

$$= 3108880 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}\phi P_n &= 0,9 \times P_p \\ &= 0,9 \times 3108880 \\ &= 22797992 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi P_n &> P_u \\ 2945736 \text{ kg} &> 500857,157 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

Momen Nominal Kolom  
Kontrol Terhadap Tekuk Lokal

$$\begin{aligned}\lambda &= \frac{b_f}{2 \cdot t} = \frac{700}{2 \cdot 25} = 14 \\ \lambda_p &= \frac{1,12 \cdot \sqrt{E}}{\sqrt{F_y}} = \frac{1,12 \cdot \sqrt{2 \cdot 10^5}}{\sqrt{250}} = 31,678\end{aligned}$$

$$\lambda < \lambda_p \text{ (Penampang Kompak)}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}M_p &= Z_x \cdot F_y \\ &= 16850 \cdot 2500 \\ &= 42125000 \text{ kg.cm} \\ &= 421250 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 421250 = 379125 \text{ kg.m}$$

$$M_u \leq \phi M_n = 18787,93 \leq 379125 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

$$\begin{aligned}\text{Panjang Terkekang} &= H_{kolom} - D_{balok} \\ &= 400 - 20 = 380 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$L_b = 380 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}L_p &= 1,76 \cdot i_y \cdot \frac{\sqrt{E}}{\sqrt{F_y}} = 1,76 \cdot 27,48 \cdot \frac{\sqrt{2 \cdot 10^5}}{\sqrt{250}} \\ &= 1367,963 \text{ cm}\end{aligned}$$

$L_b < L_p$  maka, kolom termasuk bentang pendek

Karena penampang bentang pendek, maka  $M_n = M_p$

$$M_n = M_p = 421250 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 421250 = 379125 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_n > M_{uy}$$

$$379125 \text{ kg.m} > 296,436 \text{ kg.m (OK)}$$

$$\emptyset M_n > M_{ux}$$

$$379125 \text{ kg.m} > 1543,157 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kuat Lentur dan Aksial Ordo Kedua  
Momen lentur dan aksial terfaktor arah X dan Y ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$M_r = B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 \cdot P_t$$

Dimana :

$$C_M = 0,6 - 0,4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right)$$

$$B_1 = \frac{C_M}{1 - \frac{\alpha P_r}{P_{e1}}}$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(K \cdot L)^2}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e story}}}$$

$$P_{e story} = \frac{R_m \cdot L \cdot H}{\Delta H}$$

$$R_m = 1 - 0,15 \frac{P_{mf}}{P_{story}}$$

Arah Sumbu X

- Kontrol Momen Terhadap Beban Gravitasi ( $1,2D + 0,5L$ )  
Dari ETABS diperoleh *output* sebagai berikut :

$$P_r = 525103,774 \text{ kg}$$

$$M_1 = 1543,157 \text{ kg.m}$$

$$M_2 = -1013,502 \text{ kgm}$$

Sehingga perhitungan  $B_1$  menjadi

$$C_M = 0,6 - 0,4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left( \frac{1543,157}{-1013,502} \right) = 1,209$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K \cdot L)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \times 10^5 \cdot 504700}{(1 \cdot 400)^2}$$



$$= 62264866,8 \text{ kg}$$

$$B_1 = \frac{C_M}{1 - \frac{\alpha P_r}{P_{el}}} = \frac{1,209}{1 - \frac{1 \cdot 525103,774}{62264866,8}} = 1,219 > 1$$

Maka digunakan  $B_1 = 1,219$

- Kontrol Momen Terhadap beban Lateral ( $E_x$ )

Dari ETABS didapatkan output sebagai berikut :

$P_{story} = 6931495,455 \text{ kg}$  (jumlah beban yang dibebankan di lantai 1)

$\frac{H}{\Delta} =$  kekuatan lantai pada sumbu  $x = 133285538,7 \text{ kg/mm}$

$$P_{e\ story} = \frac{R_m \cdot L \cdot H}{\Delta} = 1 \cdot 400 \cdot 133285538,7$$

$$= 533142154,8 \text{ kg/mm}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e\ story}}} = \frac{1}{1 - \frac{1 \cdot 6931495,455}{533142154,8}} = 1,01 > 1$$

Maka digunakan  $B_2 = 1,013$

- Sehingga Perhitungannya menjadi :

$$M_{nt} = M_{x\ max} = 1543,157 \text{ kg} \cdot \text{m} \quad (1,2D + 0,5L)$$

$$M_{lt} = M_{x\ max} = 16924,208 \text{ kg} \cdot \text{m} \quad (\text{Gempa Arah } E_x)$$

$$M_{rx} = B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt}$$

$$= 1,219 \cdot 1543,157 + 1,013 \cdot 16924,208$$

$$= 19028,749 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Arah Sumbu Y

- Kontrol Momen Terhadap Beban Gravitasi ( $1,2D + 0,5L$ )

Dari ETABS diperoleh outup sebagai berikut :

$$P_r = 557110,977 \text{ kg}$$

$$M_1 = 296,436 \text{ kgm}$$

$$M_2 = -540,736 \text{ kgm}$$

Sehingga peritungan  $B_1$  menjadi

$$C_M = 0,6 - 0,4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left( \frac{296,436}{-540,736} \right) = 0,819$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K \cdot L)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 504700}{(1 \cdot 400)^2}$$

$$= 62264866,8 \text{ kg}$$

$$B_1 = \frac{C_M}{1 - \frac{\alpha P_r}{P_{e1}}} = \frac{0,819}{1 - \frac{1 \cdot 557110,977}{62264866,8}} = 0,826 > 1$$

Maka digunakan  $B_1 = 0,826$

- Kontrol Momen Terhadap beban Lateral ( $E_y$ )  
Dari ETABS didapatkan output sebagai berikut :

$P_{story} = 6931495,455 \text{ kg}$  (jumlah beban yang dibebankan di lantai 1)

$$\frac{H}{\Delta} = \text{kekakuan lantai pada sumbu } x$$

$$= 95168679,12 \text{ kg/mm}$$

$$P_{e\ story} = \frac{R_m \cdot L \cdot H}{\Delta} = 1 \cdot 400 \cdot 95168679,12$$

$$= 380674716,5 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e\ story}}} = \frac{1}{1 - \frac{1 \cdot 6931495,455}{380674716,5}} = 1,01 > 1$$

Maka digunakan  $B_2 = 1,018$

- Sehingga Perhitungannya menjadi :

$$M_{nt} = M_{y\ max} = 540,736 \text{ kg.m} \quad (1,2D + 0,5L)$$

$$M_{lt} = M_{y\ max} = 18787,93 \text{ kg.m} \quad (\text{Gempa Arah } E_y)$$

$$M_{ry} = B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt}$$

$$= 0,826 \cdot 540,736 + 1,018 \cdot 18787,93$$

$$= 19677,109 \text{ kg.m}$$

- Kuat Aksial Orde Kedua

$$P_{nt} = 500857,157 \text{ kg} \quad (1,2D + 0,5L)$$

$$P_{lt} = 557110,977 \text{ kg} \quad (\text{EARTHQUAKE})$$

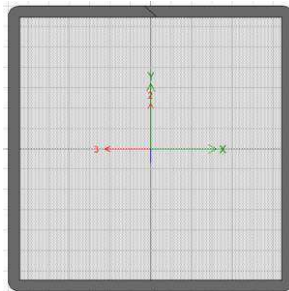
$$P_r = P_{nt} + B_2 \cdot P_{lt}$$

$$\begin{aligned}
 &= 500857,157 + 1,018 \cdot 557110,977 \\
 &= 1068300 \text{ kg} \\
 \frac{P_r}{\phi P_n} &= \frac{1068300}{0,9 \cdot 3108880} = 0,381 \geq 0,2
 \end{aligned}$$

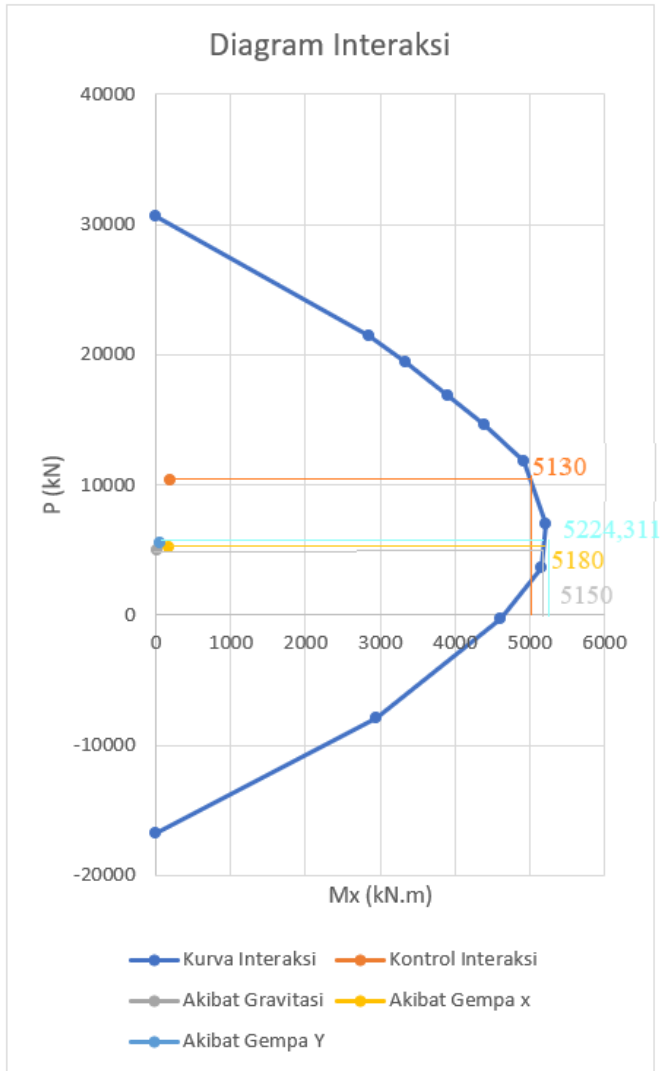
Digunakan rumus interaksi 2, sehingga perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \frac{P_r}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) &\leq 1,0 \\
 \frac{1068300}{0,9 \cdot 3108880} + \frac{8}{9} \left( \frac{19028,749}{379125} + \frac{19677,109}{379125} \right) &\leq 1,0 \\
 0,381 + 0,09 &\leq 1,0 \\
 0,472 &\leq 1,0
 \end{aligned}$$

Diperoleh hasil perhitungan Kontrol Interaksi  $0,472 \leq 1,0$ . Sehingga kolom dapat dipakai.



Gambar 4.63 Penampang Melintang Kolom CFT



**Gambar 4.64 Diagram Interaksi pada kolom CFT menggunakan ETABS**

- Kontrol *Strong Column Weak Beam*

Menurut AISC 341-16 Pasal E3.4a tentang perbandingan momen kolom terhadap momen balok menyatakan persamaan:

$$\frac{\sum M_{pc}}{\sum M_{pb}} > 1$$

Di mana  $\sum M_{pc}$  adalah jumlah proyeksi kuat lentur nominal kolom dan  $\sum M_{nb}$  merupakan jumlah proyeksi kuat lentur nominal balok di daerah sendi plastis pada as kolom.

- Menghitung  $M_{pc}$  (Kolom CFT 700×700×25)

Menggunakan Diagram interaksi pada kolom CFT.

$$M_{pc} = 5224,311 \text{ kN.m} = 52243110 \text{ kg.cm}$$

- Menghitung  $M_{pb}$  (Balok WF 500×200×10×16)

$$Z_b = 2096 \text{ kg/cm}^2 \quad F_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_y = 1,5 \text{ untuk BJ 41} \quad M_y = 1884443 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned} \sum M_{pb} &= \sum (1,1R_yF_yZ + M_y) \\ &= 2 \times ((1,1 \times 1,5 \times 2500 \times 2096) \\ &\quad + 1884443) \\ &= 21060885,3 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

- Syarat Konsep *Strong Column Weak Beam*

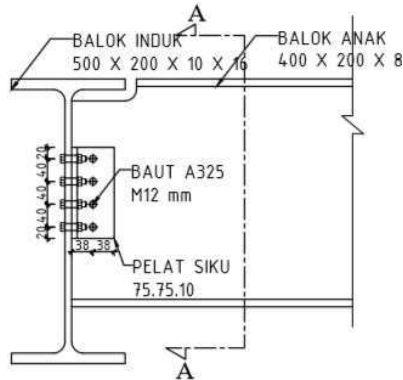
$$\frac{\sum M_{pc}}{\sum M_{pb}} = \frac{52243110}{21060885,3} = 2,48 \text{ (OK)}$$

## 4.4 Perencanaan Sambungan

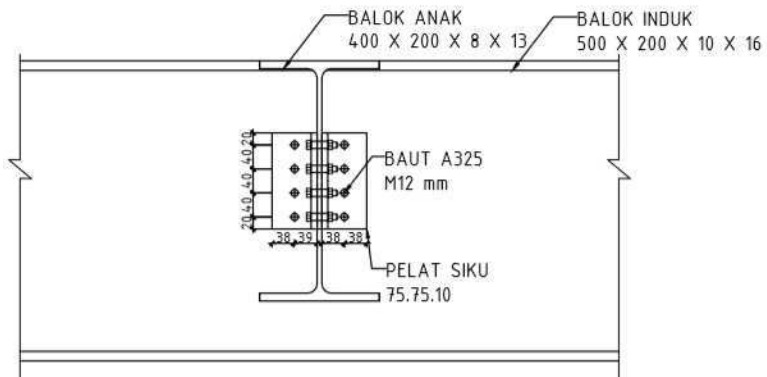
### 4.4.1 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

#### 4.4.1.1 Sambungan Atap Hotel

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar 5891,243 kg, dengan dimensi balok anak WF 400×200×8×13 dan balok induk WF 500×200×10×16. Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku 75×75×10 dengan baut ukuran M12;  $A_s=1,13 \text{ cm}^2$ .



Gambar 4.65 Sambungan Balok Atap Hotel dengan Balok Induk



Gambar 4.66 Potongan Sambungan Balok Atap Hotel dengan Balok Induk

- Sambungan pada badan balok anak  
 Mutu baut A325 ( $F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$ ) berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J3.2  
 Kuat geser baut:  
 $\phi \cdot R_n = \phi \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m = 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,13 \cdot 2$   
 $= 7752,822 \text{ kg}$   
 Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 20 - 0,5 (12+1,5) = 13,25 \text{ mm}$$

$$R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$$

$$= 1,2 \cdot 1,325 \cdot 0,8 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 4100$$

$$= 5215,2 \text{ kg} \leq 9446,4 \text{ kg (OK)}$$

$$\emptyset \cdot R_n = 0,75 \cdot 5215,2 = 3911,4 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = V_u / \emptyset V_n = 5891,243 / 3911,4 = 1,5 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 buah baut M12.

- Sambungan pada badan balok induk  
Mutu baut A325 ( $F_{nv}=4750\text{kg/cm}^2$ ) berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J3.2

Kuat geser baut:

$$\emptyset \cdot R_n = \emptyset \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m = 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,13 \cdot 1$$

$$= 3876,411 \text{ kg (Menentukan)}$$

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 20 - 0,5 (12+1,5) = 13,25 \text{ mm}$$

$$R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$$

$$= 1,2 \cdot 1,325 \cdot 1 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 4100$$

$$= 6519 \text{ kg} \leq 11808 \text{ kg (OK)}$$

$$\emptyset \cdot R_n = 0,75 \cdot 6519 = 4889,25 \text{ kg}$$

$$n = V_u / \emptyset V_n = 5891,243 / 3876,411 = 1,5 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 buah baut M12.

- Kontrol jarak baut

$$\text{Jarak tepi : } (S_1) = \text{Tabel J3.4 s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ mm s/d } 132 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S_1 = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tepi : } (S_2) = \text{Tabel J3.4 s/d } 12 \cdot t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 15 \text{ mm s/d } 96 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S_2 = 37,5 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut : } (S) = 3db \text{ s/d } 15 \cdot t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

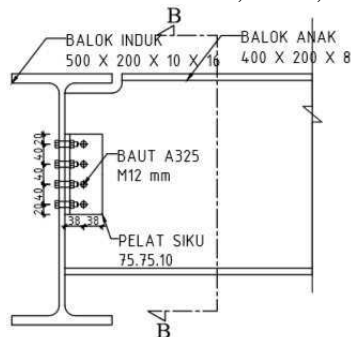
$$= 36 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S = 40 \text{ mm}$$

- Kontrol kekuatan siku penyambung  
 Dipakai siku penyambung  $75 \times 75 \times 10$   
 BJ41 ( $F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ )  
 $\emptyset$  lubang =  $12 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm}$  (lubang dibuat dengan bor)  
 $= 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$   
 Luas bidang geser  
 $A_g = L \times t_{siku} = 16 \cdot 1 = 816 \text{ cm}^2$   
 $A_{nv} = L_{nv} \times t_{siku} = (16 - 4 \times 1,35) \times 1 = 10,6 \text{ cm}^2$   
 Kuat leleh  
 $\emptyset P_u = \emptyset A_g F_y = 0,9 \cdot 16 \cdot 2500 = 36000 \text{ kg}$  (Menentukan)  
 Kuat putus  
 $\emptyset P_u = \emptyset A_n F_u = 0,9 \cdot 10,6 \cdot 4100 = 39114 \text{ kg}$   
 Terdapat 2 siku sehingga  
 $2\emptyset P_u = 2 \cdot 36000 = 72000 \text{ kg}$   
 Syarat:  
 $V_u \leq 2 \emptyset P_u \rightarrow 5891,243 \text{ kg} < 72000 \text{ kg}$  (**OK**)

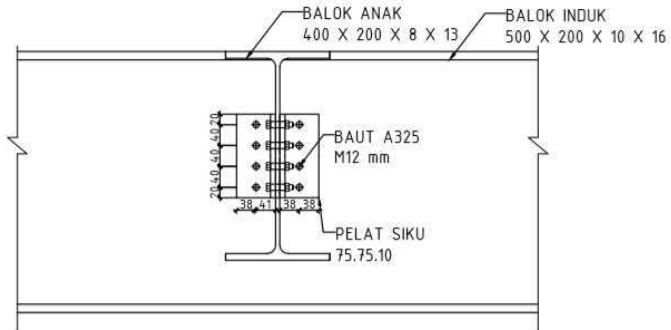
#### 4.4.1.2 Sambungan Lantai Hotel

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar  $7308,175 \text{ kg}$ , dengan dimensi balok anak WF  $400 \times 200 \times 8 \times 13$  dan balok induk WF  $500 \times 200 \times 10 \times 16$ . Pada sambungan ini direncanakan dengan profil siku  $75 \times 75 \times 10$  dengan baut ukuran M12;  $A_s = 1,13 \text{ cm}^2$ .



Gambar 4.67 Sambungan Balok Anak Lantai dengan Balok Induk





Gambar 4.68 Potongan Sambungan Balok Anak Lantai dengan Balok Induk

- Sambungan pada badan balok anak  
 Mutu baut A325 ( $F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$ ) berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J3.2  
 Kuat geser baut:  
 $\phi.R_n = \phi \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m$   
 $= 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,13 \cdot 2$   
 $= 7752,82 \text{ kg}$

Kuat tumpu baut  
 $\ell_c = 20 - 0,5(12+1,5) = 13,25 \text{ mm}$   
 $R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$   
 $= 1,2 \cdot 1,325 \cdot 0,8 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 4100$   
 $= 5215,2 \text{ kg} \leq 9446,4 \text{ kg (OK)}$   
 $\phi.R_n = 0,75 \cdot 5215,2 = 3911,4 \text{ kg (Menentukan)}$   
 $n = V_u / \phi V_n = 7308,175 / 3911,4 = 1,8 \approx 4 \text{ buah}$   
 Dipasang 4 buah baut M12.
- Sambungan pada badan balok induk  
 Mutu baut A325 ( $F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$ ) berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J3.2  
 Kuat geser baut:  
 $\phi.R_n = \phi \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m$

$$= 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,13 \cdot 1$$

$$= 3876,411 \text{ kg (Menentukan)}$$

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 20 - 0,5 (12+1,5) = 13,25 \text{ mm}$$

$$R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$$

$$= 1,2 \cdot 13,25 \cdot 1 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 12 \cdot 1 \cdot 4100$$

$$= 6519 \text{ kg} \leq 11808 \text{ kg (OK)}$$

$$\emptyset \cdot R_n = 0,75 \cdot 6519 = 4889,25 \text{ kg}$$

$$n = V_u / \emptyset V_n = 7308,175 / 3876,411 = 1,8 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 buah baut M12.

- Kontrol jarak baut

$$\text{Jarak tepi : } (S_1) = \text{Tabel J3.4 s/d } 12.t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ mm s/d } 132 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S_1 = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tepi : } (S_2) = \text{Tabel J3.4 s/d } 12.t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 15 \text{ mm s/d } 96 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S_2 = 37,5 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut : } (S) = 3db \text{ s/d } 15.t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 36 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S = 40 \text{ mm}$$

- Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung  $75 \times 75 \times 10$

BJ41 ( $F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ )

$$\emptyset \text{ lubang} = 12 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)}$$

$$= 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$$

Luas bidang geser

$$A_g = L \cdot t_{siku} = 16 \cdot 1 = 16 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \cdot t_{siku} = (16 - 4 \cdot 1,35) \cdot 1 = 10,6 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh

$$\emptyset P_u = \emptyset A_g F_y = 0,9 \cdot 16 \cdot 2500 = 36000 \text{ kg (Menentukan)}$$

Kuat putus

$$\emptyset P_u = \emptyset A_n F_u = 0,9 \cdot 10,6 \cdot 4100 = 39114 \text{ kg}$$

Terdapat 2 siku sehingga

$$2\emptyset P_u = 2 \cdot 36000 = 72000 \text{ kg}$$

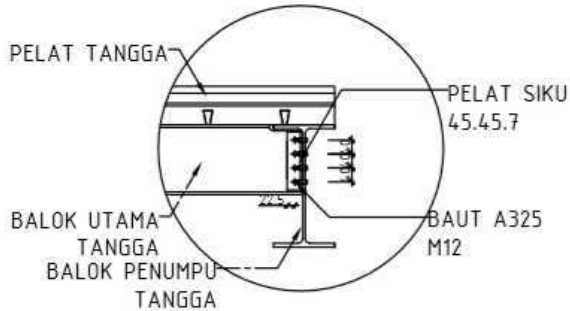
Syarat:

$$V_u \leq 2 \phi P_u \rightarrow 7308,175 \text{ kg} < 72000 \text{ kg (OK)}$$

#### 4.4.2 Sambungan Balok Tangga

##### 4.4.2.1 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga merupakan sambungan *simple connection* yang didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga. Dari perhitungan sebelumnya didapatkan besar gaya geser pada balok utama tangga adalah  $V_u = 2079,18 \text{ kg}$ , dan direncanakan menggunakan profil siku  $45 \times 45 \times 7$ .



Gambar 4.69 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

- Sambungan pada badan balok utama tangga menggunakan baut A325 M12:

$$\phi_{baut} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,13 \text{ cm}^2)$$

$$F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_u = 2079,18 \text{ kg}$$

$$m = 2$$

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \phi.Rn &= \phi \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,13 \cdot 2 \\ &= 7752,822 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 2,25 - 0,5 (1,2+0,15) = 1,575 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 1,575 \cdot 0,55 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,55 \cdot 4100 \\ &= 4261,95 \text{ kg} \leq 6494,4 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\emptyset.R_n = 0,75 \cdot 4261,95 = 3196,463 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = \frac{V_u}{\emptyset.V_n} = \frac{2079,18}{3196,463} = 0,65 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 buah baut M12.

- Sambungan pada badan penumpu tangga menggunakan baut A325 M12:

$$\emptyset_{baut} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,13 \text{ cm}^2)$$

$$F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_u = 9309,178 \text{ kg}$$

$$m = 1$$

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \emptyset.R_n &= \emptyset \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,13 \cdot 1 \\ &= 3876,411 \text{ kg (Menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 2,25 - 0,5 (1,2+0,15) = 1,575 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 1,575 \cdot 0,7 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,7 \cdot 4100 \\ &= 5424,3 \text{ kg} \leq 8265,6 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\emptyset.R_n = 0,75 \cdot 3876,411 = 4068,225 \text{ kg}$$

$$n = \frac{V_u}{\emptyset.V_n} = \frac{9309,178}{3876,411} = 2,4 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 buah baut M12.

- Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : } (S_1) &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p+100) \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 122 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S_1 = 22,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : } (S_2) &= 1,25d_b \text{ s/d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22,5 \text{ mm s/d } 66 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pakai  $S_2 = 22,5 \text{ mm}$

Jarak baut : ( $S$ ) = 3db s/d 15tp atau 200 mm  
 = 36 mm s/d 82,5 mm

Pakai  $S = 40 \text{ mm}$

- Kontrol kekuatan siku penyambung  
 Dipakai siku penyambung  $45 \times 45 \times 7$   
 BJ41 ( $F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ )  
 $\varnothing_{\text{lubang}} = 12 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm}$  (lubang dibuat dengan bor)  
 =  $13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm}$

Luas bidang geser

$$A_g = L \cdot t_{\text{siku}} = 16,5 \cdot 0,7 = 11,55 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \cdot t_{\text{siku}} = (16,5 - 4 \cdot 1,35) \cdot 0,7 = 7,77 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh

$$\varnothing P_u = \varnothing A_g F_y = 0,9 \cdot 11,55 \cdot 2500 = 25987,5 \text{ kg}$$

Kuat putus

$$\varnothing P_u = \varnothing A_n F_u = 0,9 \cdot 7,77 \cdot 4100 = 23892,75 \text{ kg}$$

(Menentukan)

Syarat:

$$V_u \leq \varnothing P_u \rightarrow 9309,178 \text{ kg} < 23892,75 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

#### 4.4.2.2 Sambungan Balok Bordes dengan Balok Penumpu

##### Bordes

Sambungan balok bordes dengan balok penumpu bordes direncanakan sebagai perletakan rol. Sehingga, dimensi balok utama tangga WF 200 x 100 x 5,5 x 8 berada di atas balok penumpu bordes WF 300 x 150 x 6,5 x 9.

Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga. Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar  $V_u = 2079,18 \text{ kg}$ . Sambungan ini direncanakan menggunakan baut ukuran M12 ( $A_b = 1,131 \text{ cm}^2$ ) dengan lubang slot sebesar  $2,5d_b = 30 \text{ mm}$ .

- Kekuatan sambungan  
 Mutu baut = A325  
 $F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$  (SNI 1729:2015 Tabel J3.2)

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned}\emptyset \cdot V_n &= \emptyset \times F_{nv} \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 4570 \times 1,131 \cdot 1 \\ &= 3876,41 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut :

$$\begin{aligned}\ell_c &= 2 - 0,5 (1,2+0,3) = 1,25 \text{ cm} \\ R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 1,25 \cdot 0,9 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,9 \cdot 4100 \\ &= 5535 \text{ kg} \leq 10627,2 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

$$\emptyset \cdot R_n = 0,75 \cdot 5535 = 4151,25 \text{ kg}$$

$$n = \frac{Vu}{\emptyset \cdot V_n} = \frac{2079,18}{3876,411} = 0,53 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 buah baut M12.

- Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 132 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S1} = 45 \text{ mm}$$

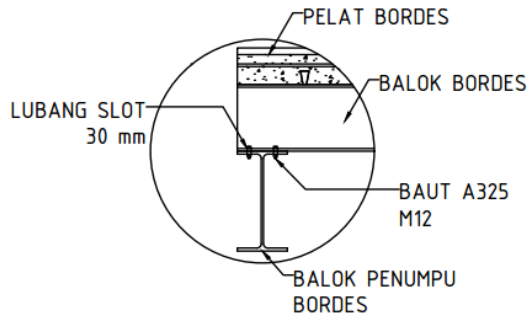
$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,25db \text{ s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 15 \text{ mm s/d } 96 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 20 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Jarak antar baut} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\text{Pakai S} = 60 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Lubang slot} &= 2,5 \times db \\ &= 2,5 \times 1,2 = 3 \text{ cm} = 30 \text{ mm}\end{aligned}$$



Gambar 4.70 Sambungan Balok Bordes dengan Balok Penumpu Bordes

- Kontrol kekuatan pelat penyambung  
 BJ 41 ( $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ )  
 $\varnothing_{\text{lubang}} = 2,5 \times 12 \text{ mm}$  (lubang slot baut)  
 $= 30 \text{ mm} = 3 \text{ cm}$

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_p = 150 \times 0,9 = 13,5 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - 2 \times t_p \times \varnothing_{\text{lubang}} \\ &= 13,5 - 2 \times 0,9 \times 3 \\ &= 8,1 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat leleh :

$$\begin{aligned} P_u &= \varnothing \times A_g \times f_y \\ &= 0,9 \times 13,5 \times 2500 = 30375 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat putus :

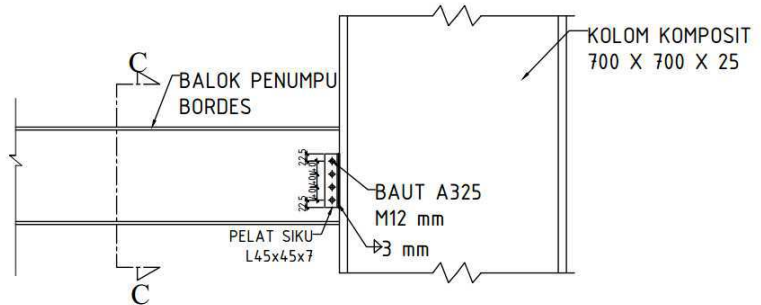
$$\begin{aligned} P_u &= \varnothing \times A_n \times f_u \\ &= 0,75 \times 8,1 \times 4100 = 24907,5 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$V_u < P_u$$

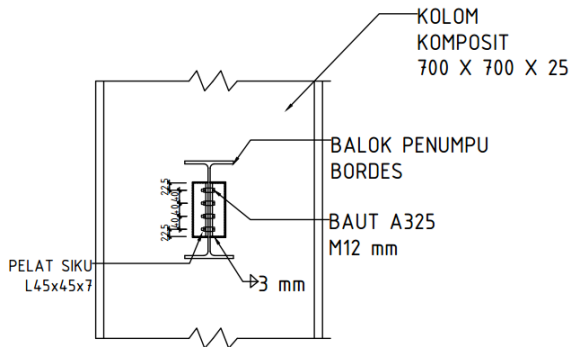
$$2079,18 \text{ kg} < 24907,5 \text{ kg (OK)}$$

#### 4.4.2.3 Sambungan Balok Penumpu Bordes dengan Kolom

Dari perhitungan sebelumnya diperoleh gaya geser yang bekerja pada balok penumpu bordes sebesar 4768,547 kg, dengan dimensi balok penumpu bordes WF 300×150×6,5×9 dan dimensi kolom CFT 700×700×25.



Gambar 4.71 Sambungan Balok Penumpu Bordes dengan Kolom



Gambar 4.72 Potongan Sambungan Balok Penumpu Bordes dengan Kolom

- Sambungan pada badan balok utama tangga menggunakan baut A325 M12:

$$\varnothing_{baut} = 12 \text{ mm } (A_b = 1,13 \text{ cm}^2)$$

$$F_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$$



$$V_u = 4768,547 \text{ kg}$$

$$m = 2$$

Kuat geser baut:

$$\begin{aligned} \emptyset.R_n &= \emptyset. F_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 4570 \cdot 1,13 \cdot 2 \\ &= 7752,822 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 2,25 - 0,5 (1,2 + 0,15) = 1,575 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 1,575 \cdot 0,65 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 0,65 \cdot 4100 \\ &= 5036,85 \text{ kg} \leq 7675,2 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

$$\emptyset.R_n = 0,75 \cdot 5036,85 = 3777,638 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = \frac{V_u}{\emptyset.V_n} = \frac{4768,547}{3777,638} = 1,2 \approx 4 \text{ buah}$$

Dipasang 4 buah baut M12.

- Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : } (S_1) &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 18 \text{ mm s/d } 122 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S_1 = 22,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : } (S_2) &= 1,25d_b \text{ s/d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 22,5 \text{ mm s/d } 66 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S_2 = 22,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut : } (S) &= 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 82,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai } S = 40 \text{ mm}$$

- Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung  $45 \times 45 \times 7$

BJ41 ( $F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ )

$$\begin{aligned} \emptyset_{\text{lubang}} &= 12 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 13,5 \text{ mm} = 1,35 \text{ cm} \end{aligned}$$

Luas bidang geser

$$A_g = L \cdot t_{siku} = 16,5 \cdot 0,7 = 11,55 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \cdot t_{siku} = (16,5 - 4 \cdot 1,35) \cdot 0,7 = 7,77 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh

$$\emptyset P_u = \emptyset A_g F_y = 0,9 \cdot 11,55 \cdot 2500 = 25987,5 \text{ kg}$$

(Menentukan)

Kuat putus

$$\emptyset P_u = \emptyset A_n F_u = 0,9 \cdot 7,77 \cdot 4100 = 28671,3 \text{ kg}$$

Syarat:

$$2V_u \leq \emptyset P_u \rightarrow 9537,094 \text{ kg} < 25987,5 \text{ kg (OK)}$$

- Sambungan Las antara pelat pengambung dengan kolom

Direncanakan las dengan  $t_e = 1 \text{ cm}$

Mutu las yang digunakan  $F_{E60xx}$

$$A_{we} = te \cdot \text{panjang las}$$

$$= 1 \times 51$$

$$= 51 \text{ cm}^2$$

$$S = b \cdot d + \frac{d^2}{6} = 4,5 \cdot 16,5 + \frac{16,5^2}{6} = 119,625 \text{ cm}^3$$

$$P_u = 4768,547 \text{ kg}$$

$$M_u = S_2 \cdot P_u$$

$$= 4768,547 \cdot 2,25$$

$$= 10729,23 \text{ kg.cm}$$

Akibat  $P_u$

$$F_v = \frac{P_u}{A} = \frac{4768,547}{51} = 93,5 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban momen lentur

$$F_h = \frac{M_u}{S} = \frac{10729,23}{2 \cdot 119,625} = 44,845 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{total} = \sqrt{F_v^2 + F_h^2} = \sqrt{93,5^2 + 44,85^2}$$

$$= 103,699 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset F_{nw} = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 60 \cdot 70,3 = 1898,1 \text{ kg/cm}^2$$

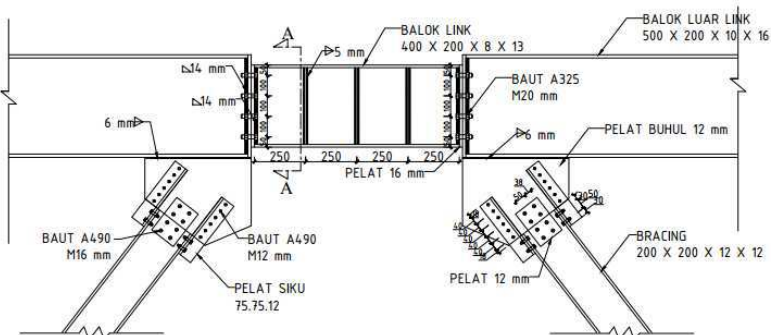
$$te = \frac{F_{total}}{\emptyset F_{nw}} = \frac{103,699}{1898,1} = 0,05 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,05}{0,707} = 0,07 \text{ cm} > (a \text{ min} = 3 \text{ mm})$$

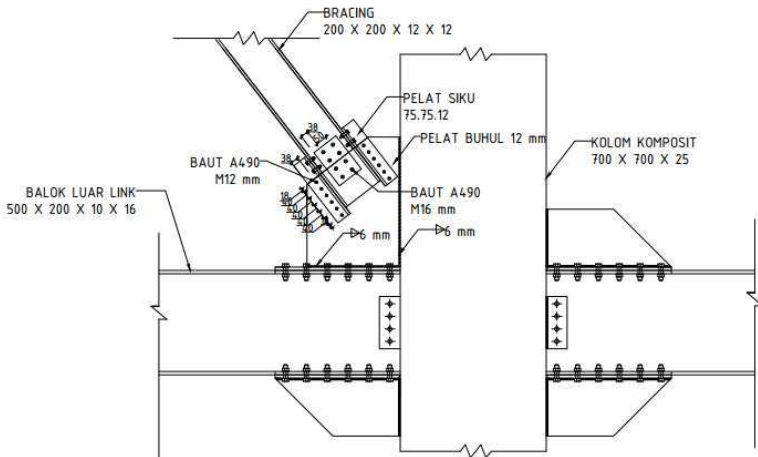
Dipakai las sudut dengan ketebalan 0,3 cm

### 4.4.3 Sambungan Bresing

Sesuai peraturan SNI 1729:2015, mengenai kuat perlu sambungan batang bresing ke balok, harus ditentukan lebih besar atau sama dengan kuat nominal batang bresing yaitu  $1,25 \cdot R_y \cdot V_n$ . Perhitungan didasarkan pada kekuatan nominal tekan dan nominal tarik yang telah dihitung pada perencanaan bresing. Dimensi balok link adalah WF 500×200×10×16 sedangkan dimensi batang bresing adalah WF 200×200×12×12 dengan tebal pelat buhul (gusset) sebesar 12 mm.



Gambar 4.73 Sambungan Bresing dengan Balok Luar Link



Gambar 4.74 Sambungan Bresing dengan Kolom

- o Gaya pada bresing

$$P_u = 84150 \text{ kg}$$

Gaya pada satu sayap

$$P_{uf} = \frac{P_u \cdot bf \cdot tf}{A} = \frac{84150 \cdot 200 \cdot 12}{7153} = 28798,993 \text{ kg}$$

Gaya pada badan

$$P_{uv} = P_u - 2P_{uf} = 84150 - (2 \cdot 28798,993) = 26552,01 \text{ kg}$$

- o Sambungan geser pada sayap balok bresing

Profil siku  $75 \times 75 \times 12$

baut = M16;  $A_s = 2,01 \text{ cm}^2$

Mutu baut A490 ( $F_{nv} = 5790 \text{ kg/cm}^2$ ) Berdasarkan Tabel J3.2

Kuat geser baut:

$$\phi \cdot R_n = \phi \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m = 0,75 \cdot 5790 \cdot 2,01 \cdot 1 = 8731,114 \text{ kg}$$

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 30 - 0,5(16 + 1,5) = 21,25 \text{ mm}$$

$$R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$$

$$= 1,2 \cdot 4,125 \cdot 1 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 4100$$

$$= 10455 \text{ kg} \leq 15744 \text{ kg}$$

$$\phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 10455 = 7841,25 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = V_u / \phi V_n = 84150 / 7841,25 = 3,67 \approx 4 \text{ buah}$$

Kontrol jarak baut

Jarak tepi : ( $S_1$ ) = Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm

$$= 24 \text{ mm s/d } 140 \text{ mm}$$

Pakai  $S_1 = 30 \text{ mm}$

Jarak tepi : ( $S_2$ ) = Tabel J3.4 s/d 12tp atau 150 mm

$$= 20 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm}$$

Pakai  $S_2 = 37,5 \text{ mm}$

Jarak baut : ( $S$ ) = 3db s/d 15tp atau 200 mm

$$= 48 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm}$$

Pakai  $S = 50 \text{ mm}$

Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung  $75 \times 75 \times 12$

BJ41 ( $F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ )

$$\begin{aligned}\phi_{\text{lubang}} &= 16 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}\end{aligned}$$

Luas bidang geser

$$A_g = L \cdot t_{\text{pelat}} = 13 \cdot 1,2 = 15,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \cdot t_{\text{pelat}} = (13 - 2 \cdot 1,75)0,7 = 11,4 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh

$$\phi P_u = \phi A_g F_y = 0,9 \cdot 15,6 \cdot 2500 = 35100 \text{ kg (Menentukan)}$$

Kuat putus

$$\phi P_u = \phi A_n F_u = 0,9 \cdot 11,4 \cdot 4100 = 42066 \text{ kg}$$

Terdapat 2 siku sehingga

$$2\phi P_u = 2 \cdot 35100 = 70200 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq 2\phi P_u \rightarrow 28798,99 \text{ kg} < 70200 \text{ kg (OK)}$$

- Sambungan geser pada pelat buhul

Profil siku  $75 \times 75 \times 12$

baut = M12;  $A_s = 1,13 \text{ cm}^2$

Mutu baut A490 ( $F_{nv} = 5790 \text{ kg/cm}^2$ ) Berdasarkan Tabel J3.2

Kuat geser baut:

$$\phi R_n = \phi \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m = 0,75 \cdot 5790 \cdot 1,13 \cdot 2 = 9822,504 \text{ kg}$$

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 18 - 0,5(12+1,5) = 11,25 \text{ mm}$$

$$R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$$

$$= 1,2 \cdot 1,125 \cdot 1,2 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 4100$$

$$= 6642 \text{ kg} \leq 14169,6 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 6642 = 4981,5 \text{ kg (Menentukan)}$$

$$n = V_u / \phi V_n = 28798,993 / 4981,5 = 5,78 \approx 6 \text{ buah}$$

Kontrol jarak baut

Jarak tepi : ( $S_l$ ) = Tabel J3.4 s/d  $12t_p$  atau 100 mm

$$= 18 \text{ mm s/d } 100 \text{ mm}$$

Pakai  $S_l = 18 \text{ mm}$

Jarak tepi : ( $S_2$ ) = Tabel J3.4 s/d  $12t_p$  atau 144 mm  
 = 15 mm s/d 84 mm

Pakai  $S_2 = 37,5$  mm

Jarak baut : ( $S$ ) = 3db s/d  $15t_p$  atau 200 mm  
 = 36 mm s/d 180 mm

Pakai  $S = 40$  mm

Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung  $75 \times 75 \times 12$

BJ41 ( $F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ )

$\emptyset_{\text{lubang}} = 12 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm}$  (lubang dibuat dengan bor)  
 = 13,5 mm = 1,35 cm

Luas bidang geser

$A_g = L \cdot t_{\text{pelat}} = 23,6 \cdot 1,2 = 28,32 \text{ cm}^2$

$A_{nv} = L_{nv} \cdot t_{\text{pelat}} = (23,6 - 6 \cdot 1,35) \cdot 1,2 = 18,6 \text{ cm}^2$

Kuat leleh

$\emptyset P_u = \emptyset A_g F_y = 0,9 \cdot 28,32 \cdot 2500 = 63720 \text{ kg}$  (Menentukan)

Kuat putus

$\emptyset P_u = \emptyset A_n F_u = 0,9 \cdot 18,6 \cdot 4100 = 68634 \text{ kg}$

Terdapat 2 siku sehingga

$2\emptyset P_u = 2 \cdot 63720 = 127440 \text{ kg}$

Syarat:

$V_u \leq 2\emptyset P_u \rightarrow 28798,993 \text{ kg} < 127440 \text{ kg}$  (**OK**)

- Sambungan geser pada badan balok

Tebal pelat = 12 mm

baut = M16;  $A_s = 2,01 \text{ cm}^2$

Mutu baut A490 ( $F_{nv} = 5790 \text{ kg/cm}^2$ ) Berdasarkan Tabel J3.2

Kuat geser baut:

$\emptyset R_n = \emptyset F_{nv} A_b \cdot m = 0,75 \cdot 5790 \cdot 2,01 \cdot 2 = 17462,23 \text{ kg}$

Kuat tumpu baut

$\ell_c = 25 - 0,5(16 + 1,5) = 16,425 \text{ mm}$

$R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$

$= 1,2 \cdot 1,645 \cdot 1,2 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 4100$

$= 9697,32 \text{ kg} \leq 18892,8 \text{ kg}$

$\emptyset R_n = 0,75 \cdot 9697,32 = 7272,99 \text{ kg}$  (Menentukan)  
 $n = V_u / \emptyset V_n = 26552,01 / 7272,99 = 3,65 \approx 4$  buah  
 Dipasang 2 baris 2 buah baut pada pelat gusset dan 4 buah baut pada badan dengan diameter M16 mm

Kontrol jarak baut

Jarak tepi : ( $S_1$ ) = Tabel J3.4 s/d  $12t_p$  atau 10 mm  
 $= 25 \text{ mm s/d } 148 \text{ mm}$

Pakai  $S_1 = 25 \text{ mm}$

Jarak tepi : ( $S_2$ ) = Tabel J3.4 s/d  $12t_p$  atau 150 mm  
 $= 30 \text{ mm s/d } 144 \text{ mm}$

Pakai  $S_2 = 37,5 \text{ mm}$

Jarak baut : ( $S$ ) =  $3d_b$  s/d  $15t_p$  atau 200 mm  
 $= 48 \text{ mm s/d } 180 \text{ mm}$

Pakai  $S = 50 \text{ mm}$

Kontrol kekuatan pelat penyambung

Dipakai plat 12 mm

BJ41 ( $F_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ )

$\emptyset_{lubang} = 16 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm}$  (lubang dibuat dengan bor)  
 $= 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}$

Luas bidang geser

$A_g = L \cdot t_{pelat} = 10 \cdot 1,2 = 12 \text{ cm}^2$

$A_{nv} = L_{nv} \cdot t_{pelat} = (10 - 2 \cdot 1,75)1,2 = 7,8 \text{ cm}^2$

Kuat leleh

$\emptyset P_u = \emptyset A_g F_y = 0,9 \cdot 12 \cdot 2500 = 27000 \text{ kg}$  (Menentukan)

Kuat putus

$\emptyset P_u = \emptyset A_n F_u = 0,9 \cdot 7,8 \cdot 4100 = 34538,4 \text{ kg}$

Terdapat 2 siku sehingga

$2\emptyset P_u = 2 \cdot 27000 = 54000 \text{ kg}$

Syarat:

$V_u \leq 2\emptyset P_u \rightarrow 26552,01 \text{ kg} < 54000 \text{ kg}$  (**OK**)

- Sambungan las sudut pada plat buhul dan balok

Direncanakan pelat dilas pada kedua sisi pelat buhul. Bahan las sudut yang digunakan adalah  $F_{E90xx}$

Panjang pelat 52,5 cm.

Tebal efektif las sudut rencana  $t_e = 1$  cm

$$\begin{aligned}\emptyset \cdot F_{nw} &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{E90XX} \\ &= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 90 \cdot 70,3 \\ &= 2847,15 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= t_e \cdot (2 \cdot d_{plat}) \\ &= 1 \cdot 2 \cdot 52,5 \\ &= 105 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi pada las sudut

$$\text{Cos } \emptyset = \text{Cos } 61,74 = 0,473$$

$$\text{Sin } \emptyset = \text{Sin } 61,74 = 0,88$$

$$F_v = \frac{Pu \cdot \text{Sin } \emptyset}{A} = \frac{0,88 \cdot 84150}{105} = 705,917 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_h = \frac{Pu \cdot \text{Cos } \emptyset}{A} = \frac{0,473 \cdot 84150}{105} = 379,43 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}F_{total} &= \sqrt{(F_v)^2 + (F_h)^2} \\ &= \sqrt{(705,917)^2 + (379,43)^2} \\ &= 801,4 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$t_e = \frac{F_{total}}{Fu_{las}} = \frac{801,4}{2847,15} = 0,281 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,281}{0,707} = 0,398 \text{ cm}$$

Berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J2.4, ukuran minimum las sudut ditinjau dengan ketebalan material yang paling tipis sehingga  $a_{min} = 5$  mm

Maka dipakai las sudut dengan tebal 5 mm

- Sambungan las sudut pada buhul dan kolom  
Direncanakan pelat dilas pada kedua sisi pelat buhul. Bahan las sudut yang digunakan adalah  $F_{E90xx}$   
Panjang pelat 64 cm.  
Tebal efektif las sudut rencana  $t_e = 1$  cm  
 $\emptyset \cdot F_{nw} = 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{E90XX}$



$$= 0,75 \cdot 0,6 \cdot 90 \cdot 70,3$$

$$= 2847,15 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = te \cdot (2 \cdot d_{plat})$$

$$= 1 \cdot 2 \cdot 64$$

$$= 128 \text{ cm}^2$$

Tegangan yang terjadi pada las sudut

$$\cos \phi = \cos 61,74 = 0,473$$

$$\sin \phi = \sin 61,74 = 0,88$$

$$F_v = \frac{Pu \cdot \sin \phi}{A} = \frac{0,88 \cdot 84150}{128} = 579,07 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_h = \frac{Pu \cdot \cos \phi}{A} = \frac{0,473 \cdot 84150}{128} = 311,251 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{total} = \sqrt{(F_v)^2 + (F_h)^2}$$

$$= \sqrt{(579,07)^2 + (311,251)^2}$$

$$= 657,421 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{F_{total}}{Fu_{las}} = \frac{657,421}{2847,15} = 0,23 \text{ cm}$$

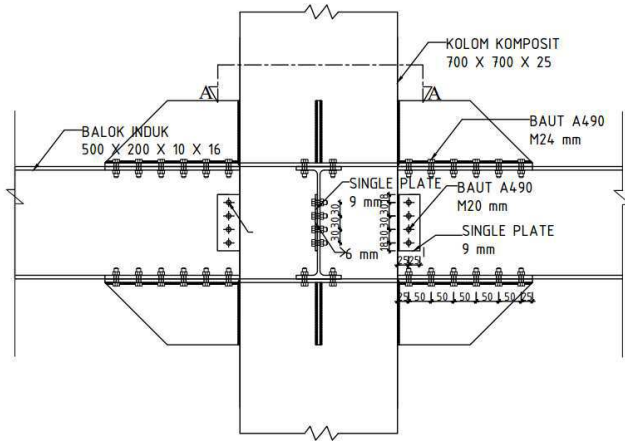
$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,23}{0,707} = 0,326 \text{ cm}$$

Berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J2.4, ukuran minimum las sudut ditinjau dengan ketebalan material yang paling tipis sehingga  $a_{min} = 5 \text{ mm}$  dan menurut pasal J2.2b ukuran maksimum las sudut didapatkan  $a_{max} = 12 - 2 = 10 \text{ mm}$ .

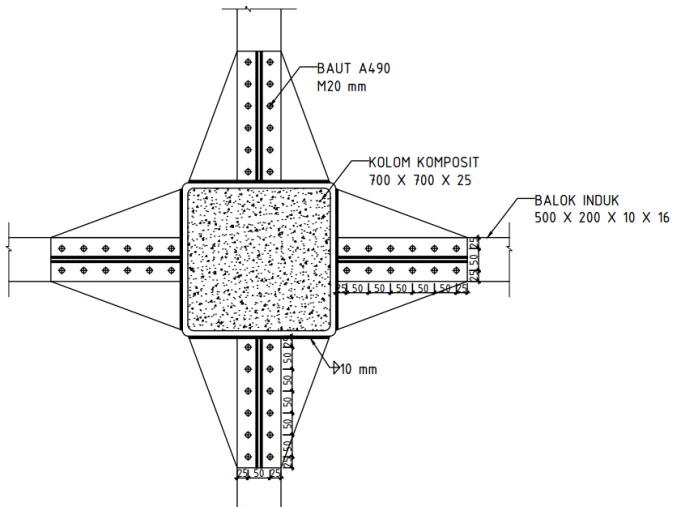
Maka dipakai las sudut dengan tebal 5 mm

#### 4.4.4 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Sambungan antar balok induk – kolom direncanakan sebagai *rigid connection*, yang mana tumpuan pada balok induk terletak sebagai tumpuan yang diberi pelat pengaku.



Gambar 4.75 Sambungan Balok Induk dengan Kolom



Gambar 4.76 Potongan Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Balok Induk = WF 500×200×10×16

Kolom = CFT  $700 \times 700 \times 25$

Pelat Diafragma = 16 mm

Mutu Las =  $F_{E100xx}$

Mutu baut A490 ( $F_{nv} = 5790 \text{ kg/cm}^2$ ) Berdasarkan Tabel J3.2

- Perhitungan gaya geser pada sambungan

Akibat kapasitas balok induk

$$\begin{aligned} M_u &= 1,1 \cdot R_y \cdot Z_x \cdot F_y \\ &= 1,1 \cdot 1,5 \cdot 2096 \cdot 2500 \\ &= 8646000 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u1} &= 2 \cdot M_u / L \\ &= 2 \cdot 8646000 / 880 = 20463,91 \text{ kg} \end{aligned}$$

Akibat beban kombinasi

Dari program ETABS, diperoleh  $V_u$  akibat beban kombinasi adalah sebesar :

$$\begin{aligned} V_{u2} &= 8260,723 \text{ kg} \\ V_{u \text{ total}} &= 8260,723 + 20463,91 \\ &= 28724,63 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Sambungan geser pada badan balok

Pelat tebal 9 mm

baut = M20;  $A_s = 3,14 \text{ cm}^2$

Mutu baut A490 ( $F_{nv} = 5790 \text{ kg/cm}^2$ ) Berdasarkan Tabel J3.2

Kuat geser baut:

$$\phi \cdot R_n = \phi \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m = 0,75 \cdot 5790 \cdot 3,14 \cdot 1 = 13642,37 \text{ kg}$$

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 35 - 0,5(20+1,5) = 24,25 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} R_n &= 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u \\ &= 1,2 \cdot 24,25 \cdot 0,9 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 2 \cdot 0,9 \cdot 4100 \\ &= 10737,9 \text{ kg} \leq 17712 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 10737,9 = 8053,425 \text{ kg (Menentukan)}$$

$n = V_u / \emptyset V_n = 28724,63 / 8053,425 = 3,56 \approx 4$  buah  
 Dipasang 4 buah baut dengan ukuran M20.

Kontrol jarak baut

Jarak tepi : ( $S_1$ ) = Tabel J3.4 s/d  $12t_p$  atau 150 mm  
 = 30 mm s/d 136 mm

Pakai  $S_1 = 35$  mm

Jarak tepi : ( $S_2$ ) = Tabel J3.4 s/d  $12t_p$  atau 150 mm  
 = 25 mm s/d 108 mm

Pakai  $S_2 = 45$  mm

Jarak baut : ( $S$ ) =  $3d_b$  s/d  $15t_p$  atau 200 mm  
 = 60 mm s/d 135 mm

Pakai  $S = 60$  mm

Kontrol kekuatan siku penyambung

$\emptyset_{lubang} = 20 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm}$  (lubang dibuat dengan bor)  
 = 21,5 mm = 2,15 cm

Luas bidang geser

$A_g = L \cdot t_{pelat} = 25 \cdot 0,9 = 22,5 \text{ cm}^2$

$A_{nv} = L_{nv} \cdot t_{pelat} = (25 - 4 \cdot 2,15) \cdot 0,9 = 15,3 \text{ cm}^2$

Kuat leleh

$\emptyset P_u = \emptyset A_g F_y = 0,9 \cdot 22,5 \cdot 2500 = 50625 \text{ kg}$

Kuat putus

$\emptyset P_u = \emptyset A_n F_u = 0,75 \cdot 15,3 \cdot 4100 = 56457 \text{ kg}$  (Menentukan)

Syarat:

$V_u \leq \emptyset P_u \rightarrow 28724,63 \text{ kg} < 50625 \text{ kg}$  (OK)

- Sambungan geser pada kolom

Direncanakan las dengan  $t_e = 1 \text{ cm}$

Panjang Pelat ( $d_{plat}$ ) = 25 cm

Mutu las yang digunakan  $F_{E100xx}$

$A_{we} = t_e \cdot (d \text{ plat})$

= 1 · (25)

= 25 cm<sup>2</sup>

$$S = \left(\frac{25^2}{6}\right) = 104,167 \text{ cm}^3$$

$$M_u = S_2 \cdot Pu = 28724,63 \cdot 4,5 = 129260,8 \text{ kg.cm}$$

Akibat geser beban sentris

$$F_v = \frac{Pu}{A} = \frac{28724,63}{25} = 1148,985 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban momen lentur

$$F_h = \frac{Mu}{S} = \frac{129260,8}{104,167} = 1240,904 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{total} = \sqrt{F_v^2 + F_h^2} = \sqrt{1148,985^2 + 1240,904^2} \\ = 1691,156 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset F_{nw} = \emptyset 0,6 F_{EXX} = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 100 \cdot 70,3 = 3163,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{F_{total}}{F_{nw}} = \frac{1691,156}{3163,5} = 0,534 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,534}{0,707} = 0,756 \text{ cm}$$

Berdasarkan SNI 1729:2015 Tabel J2.4, ukuran minimum las sudut ditinjau dengan ketebalan material yang paling tipis sehingga  $a_{min} = 4 \text{ mm}$  dan menurut pasal J2.2b.b ukuran maksimum las sudut didapatkan  $a_{max} = 9 - 2 = 7 \text{ mm}$ . Maka dipakai las sudut dengan tebal 7 mm.

- Sambungan pada *diaphragm plate* dengan kolom

$$Pu = \frac{Mu}{Dbalok} = \frac{8646000}{50} = 172920 \text{ kg}$$

Kekuatan rencana las tumpul

$$t_e = 2 \text{ cm}$$

$$F_{nw} = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 100 \cdot 70,3 \cdot 2 = 6748,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{nBM} = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 4100 \cdot 2 = 3690 \text{ kg/cm}^2 \text{ (menentukan)}$$

Luas las tumpul

$$A_l = te \cdot d \text{ plat} \\ = 2 \times 70 = 140 \text{ cm}^2$$

$$F_v = \frac{Pu}{A} = \frac{172920}{140} \\ = 1235,143 \text{ kg/cm}^2 \leq 3690 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

- Sambungan pada *diaphragm plate* dengan sayap balok  
 Tebal plat terkecil 16 mm  
 baut = M24;  $A_s = 4,523 \text{ cm}^2$   
 Mutu baut A490 ( $F_{nv}=5790 \text{ kg/cm}^2$ ) Berdasarkan Tabel J3.2  
 Kuat geser baut:  
 $\emptyset.R_n = \emptyset.F_{nv}.A_b.m = 0,75 \cdot 5790 \cdot 4,523 \cdot 1 = 19645,007 \text{ kg}$   
 Kuat tumpu baut  
 $\ell_c = 37,5 - 0,5 (24+1,5) = 24,75 \text{ mm}$   
 $R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$   
 $= 1,2 \cdot 2,475 \cdot 1,5 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 4100$   
 $= 19483,2 \text{ kg} \leq 37785,6 \text{ kg (OK)}$   
 $\emptyset.R_n = 0,75 \cdot 19483,2 = 14612,4 \text{ kg (Menentukan)}$   
 $n = V_u / \emptyset V_n = 172920 / 14612,4 = 11,83 \approx 12 \text{ buah}$   
 Dipasang 12 buah baut dengan ukuran M24.

Kontrol jarak baut

$$\text{Jarak tepi : } (S_1) = \text{Tabel J3.4 s/d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ = 36 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S_1 = 37,5 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tepi : } (S_2) = \text{Tabel J3.4 s/d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ = 30 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S_2 = 32 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak baut : } (S) = 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ = 72 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S = 75 \text{ mm}$$

Kontrol kekuatan siku penyambung

$$\emptyset_{\text{lubang}} = 24 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ = 25,5 \text{ mm} = 2,55 \text{ cm}$$

Luas bidang geser

$$A_g = L \cdot t_{\text{pelat}} = 45 \cdot 1,6 = 72 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = L_{nv} \cdot t_{\text{pelat}} = (45 - 6 \cdot 2,55) \cdot 1,6 = 47,52 \text{ cm}^2$$

Kuat leleh

$$\phi P_u = \phi A_g F_y = 0,9 \cdot 72 \cdot 2500 = 162000 \text{ kg (Menentukan)}$$

Kuat putus

$$\phi P_u = \phi A_n F_u = 0,9 \cdot 47,52 \cdot 4100 = 175348,8 \text{ kg}$$

Terdapat 2 pelat sehingga

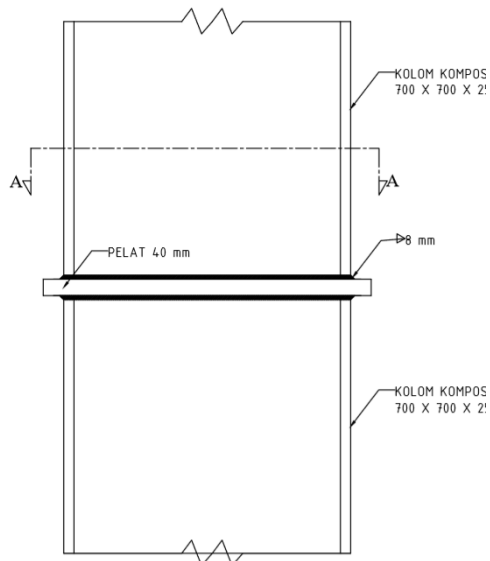
$$2\phi P_u = 2 \cdot 162000 = 324000 \text{ kg}$$

Syarat:

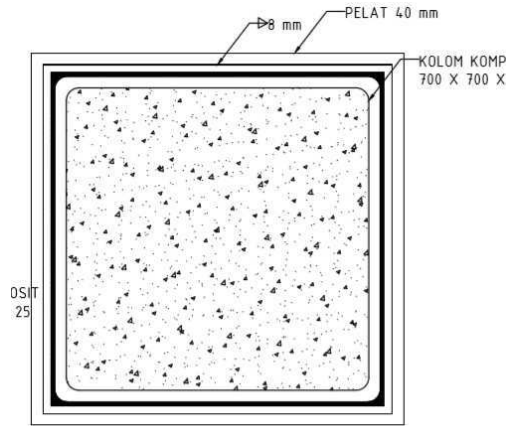
$$V_u \leq 2\phi P_u \rightarrow 172920 \text{ kg} < 324000 \text{ kg (OK)}$$

#### 4.4.5 Sambungan Antar Kolom

Kolom disambung menggunakan sambungan las dengan pelat tambahan tebal 40 mm. Profil kolom yang digunakan yaitu HSS 700×700×25.



Gambar 4.77 Sambungan Antar Kolom



Gambar 4.78 Potongan Sambungan Antar Kolom

Mutu las yang digunakan  $F_{E100xx}$ .

$$P_u = 787655,661 \text{ kg}$$

$$V_u = 5125,77 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 25386,313 \text{ kg.m}$$

$$M_{uy} = 8934,835 \text{ kg.m}$$

Dimisalkan  $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{las} = 4 \cdot (1 \cdot 70) = 280 \text{ cm}^2$$

$$S = b \cdot d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 70 \cdot 70 + \left(\frac{70^2}{3}\right) = 6533,3 \text{ cm}^2$$

Akibat  $P_u$

$$F_v = \frac{P_u}{A} + \frac{M_{ux}}{S} + \frac{M_{uy}}{S}$$

$$F_v = \frac{787655,661}{280} + \frac{25386,313}{6533,3} + \frac{8934,835}{6533,3}$$

$$F_v = 2813,055 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat  $V_u$

$$F_h = \frac{V_u}{A} = \frac{5125,77}{280} = 18,306 \text{ kg/cm}^2$$



$$F_{total} = \sqrt{(F_h)^2 + (F_v)^2}$$

$$F_{total} = \sqrt{(2813,055)^2 + (18,306)^2}$$

$$= 2818,368 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{nw} = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 100 \cdot 70,3 \cdot 1 = 3163,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{F_{total}}{F_{nw}} = \frac{2818,368}{3163,5} = 0,89 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,89}{0,707} = 1,26 \text{ cm}$$

Syarat tebal kaki las

$$t_{plat} = 40 \text{ mm}, a_{min} = 8 \text{ mm}$$

$$a_{eff} = \frac{0,6 \cdot Fu \cdot t}{2 \cdot 0,707 \cdot 0,6 \cdot f_{E100xx}} = \frac{0,6 \cdot 4100 \cdot 4}{2 \cdot 0,707 \cdot 0,6 \cdot 10 \cdot 70,3}$$

$$a_{eff} = 1,649 \text{ cm}$$

Digunakan las sudut dengan  $a = 1,3 \text{ cm}$

#### 4.4.6 Sambungan Kolom dengan *Base Plate*

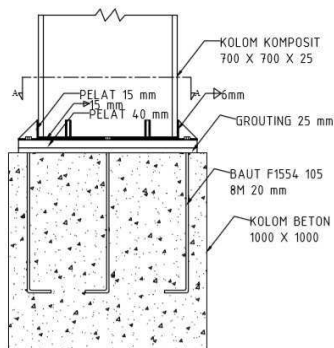
Perencanaan *base plate* menggunakan *fixed plate* untuk profil CFT 700x700x25 dengan data sebagai berikut:

Mutu las yang digunakan  $F_{E110xx}$ .

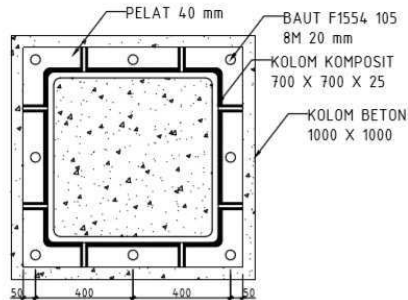
H= 900 mm

B= 900 mm

$t_p = 40 \text{ mm}$



Gambar 4.79 Sambungan Kolom dengan *Baseplate*



Gambar 4.80 Potongan Sambungan Kolom dengan *Baseplate*

Gaya- gaya yang bekerja adalah sebagai berikut:

$$P_u = 656587,849 \text{ kg}$$

$$M_{u_x} = 2683871,14 \text{ kg.cm}$$

$$M_{u_y} = 2168313,58 \text{ kg.cm}$$

$$V_u = 14003,031 \text{ kg}$$

- Perencanaan sambungan pada *base plate*

Direncanakan las sudut pada daerah yang diarsir pada profil kolom.

Dimisalkan  $t_e = 1 \text{ cm}$

$$A_{las} = 4 \times (1 \times 70) = 280 \text{ cm}^2$$

$$S_x = S_y = b \times d + \left(\frac{d^2}{3}\right) = 70 \times 70 + \left(\frac{70^2}{3}\right) = 6533,3 \text{ cm}^3$$

- Akibat  $P_u$

$$f_v = \frac{P_u}{A} + \frac{M_{u_x}}{S_x} + \frac{M_{u_y}}{S_y}$$

$$f_v = \frac{656587,849}{280} + \frac{2683871,14}{6533,3} + \frac{2168313,58}{6533,3}$$

$$f_v = 3087,637 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat  $V_u$

$$f_h = \frac{V_u}{A} = \frac{14003,031}{280} = 50,01 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{(f_h)^2 + (f_v)^2}$$

$$f_{total} = \sqrt{(50,01)^2 + (3087,637)^2} = 3088,042 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{nw} = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 110 \cdot 70,3 \cdot 1 = 3479,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{F_{nw}} = \frac{3088,042}{3479,85} = 0,88 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,88}{0,707} = 1,25 \text{ cm}$$

Syarat tebal kaki las

$$t_{plat} = 40 \text{ mm}, a \text{ min} = 6 \text{ mm}$$

$$a_{eff} = \frac{0,6 \times fu \times t}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times f_{E110xx}} = \frac{0,6 \times 4100 \times 4}{2 \times 0,707 \times 0,6 \times 110 \times 70,3}$$

$$a_{eff} = 1,499 \text{ cm}$$

Digunakan las sudut dengan  $a = 1,5 \text{ cm}$

- Perhitungan *base plate*

Periksa eksentrisitas gaya:

$$e = \frac{Mux}{Pu} = \frac{2683871,14}{656587,849} = 4,08 \text{ cm}$$

$$1/6 h = 1/6 \cdot 90 = 15 \text{ cm} > e = 4,08 \text{ cm}$$

Karena  $1/6 h > e$ , maka tidak terjadi gaya tarik, sehingga tidak perlu memasang gaya angkur (dipasang angkur praktis).

Direncanakan diameter baut : 22 mm = 2 cm

$$h' \geq we + c1$$

$$we = \text{jarak baut ke tepi} = 5 \text{ cm}$$

$$c1 = we = 5 \text{ cm}$$

$$h' \geq 5 + 5 = 10 \text{ cm}$$

$$h \geq H - 0,5 \cdot h' = 90 - 10 = 80 \text{ cm}$$

$$B = 90 \text{ cm}$$

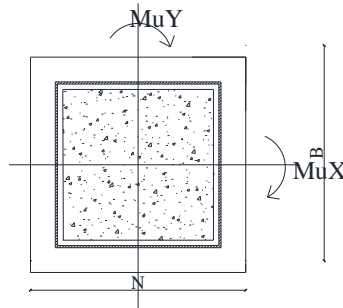
Dimensi beton :

Panjang : 1000 mm

Lebar : 1000 mm

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{100 \cdot 100}{90 \cdot 90}} = 1,11$$

- Perencanaan akibat beban sumbu X



Gambar 4.81 Penampang Kolom dengan Baseplate akibat beban X

- Akibat beban  $P_u$

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \cdot N} = \frac{656587,849}{90 \cdot 90} = 81,06 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat beban  $M_u$

$$f_{pb} = \frac{6 \cdot M_{ux}}{B \cdot N^2} = \frac{6 \cdot 268387,14}{90 \cdot 90^2} = 22,08 \text{ kg/cm}^2$$

- Tekanan maksimal

$$f_{p \max} = f_{pa} + f_{pb} = 81,06 + 22,08 = 103,149 \text{ kg/cm}^2$$

- Tekanan yang dapat diterima kolom

$$f_{p \text{ avail}} = \phi \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 0,9 \times 0,85 \times 40 \times 1,1 = 34 \text{ MPa}$$

$$f_{p \text{ avail}} = 340 > f_{p \max} = 103,149 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

- Menentukan  $M_{upl}$  pada sejarak  $m$  setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{N - 0,95 \cdot d}{2} = \frac{90 - 0,95 \cdot 70}{2} = 11,75 \text{ cm}$$

$$M_{upl} = \left( f_{p \max} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left( \frac{m^2}{2} \right) + \left( 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left( \frac{m^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = \left( 103,14 - 2 \times 22,08 \times \frac{11,75}{90} \right) \left( \frac{11,75^2}{2} \right) + \left( 2 \times 22,08 \times \frac{11,75}{90} \right) \left( \frac{11,75^2}{3} \right)$$

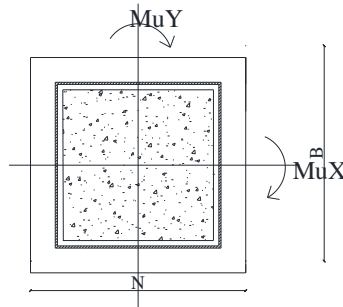
$$M_{upl} = 6987,833 \text{ kg.cm/cm}$$

o Menentukan tebal *base plate*

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{0,9 \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 6987,833}{0,9 \cdot 2500}} = 3,52 \text{ cm} < 4 \text{ cm (OK)}$$

- Perencanaan akibat beban sumbu Y



Gambar 4.82 Penampang Kolom dengan Baseplate akibat beban Y

- o Akibat beban  $P_u$

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \cdot N} = \frac{656587,849}{90 \cdot 90} = 81,06 \text{ kg/cm}^2$$

- o Akibat beban  $M_u$

$$f_{pb} = \frac{6 \cdot M_{ux}}{B \cdot N^2} = \frac{6 \cdot 2168313,58}{90 \cdot 90^2} = 17,846 \text{ kg/cm}^2$$

- o Tekanan maksimal

$$f_p \text{ max} = f_{pa} + f_{pb} = 81,06 + 17,846 = 98,906 \text{ kg/cm}^2$$

- o Tekanan yang dapat diterima kolom

$$f_p \text{ avail} = \phi \cdot 0,85 \cdot f'c \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 0,9 \times 0,85 \times 40 \times 1,1 = 34 \text{ Mpa}$$

$$f_p \text{ avail} = 340 > f_{p_{max}} = 98,906 \text{ kg/cm}^2 \text{ (OK)}$$

- o Menentukan  $M_{upl}$  pada sejarak  $m$  setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{N - 0,95 \cdot d}{2} = \frac{90 - 0,95 \cdot 70}{2} = 11,75 \text{ cm}$$

$$M_{upl} = \left( f_{p_{max}} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left( \frac{m^2}{2} \right) + \left( 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left( \frac{m^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = \left( 98,906 - 2 \times 17,84 \times \frac{11,75}{90} \right) \left( \frac{11,75^2}{2} \right) + \left( 2 \times 17,84 \times \frac{11,75}{90} \right) \left( \frac{11,75^2}{3} \right)$$

$$M_{upl} = 6720,41 \text{ kg.cm/cm}$$

- o Menentukan tebal *base plate*

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{upl}}{0,9 \cdot f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 6720,41}{0,9 \cdot 2500}} = 3,456 \text{ cm} < 4 \text{ cm (OK)}$$

- Perencanaan pelat pengaku

Pelat pengaku direncanakan seperti dengan dengan balok yang menerima beban momen dari pelat landas

Tebal pelat pengaku minimum ( $t_s$ )

$$t_s \geq 0,5 \cdot t_f \rightarrow 0,5 \times 2,5 = 1,25 \text{ cm}$$

Tebal pelat pengaku ( $t_s$ ) = 1,5 cm dengan las minimum ( $a=6\text{mm}$ )

- Perencanaan baut angkur

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan  $1/6 h > e$ , maka dipasang angkur praktis.

- o Perhitungan baut angkur

Akibat arah x

$$a = h - \sqrt{h^2 - \frac{Pu(3h-H) + 3Mu}{\phi c \cdot f_c' u \cdot B}}$$

$$= 80 - \sqrt{80^2 - \frac{656587,849(3 \cdot 80 - 90) + 3 \cdot 2683871,4}{1,02 \cdot 340 \cdot 90}}$$

$$a = 22,33 \text{ cm}$$

$$C_u = \phi_c \cdot f_c' u \cdot B \cdot a$$

$$= 1,02 \cdot 340 \cdot 90 \cdot 22,33 = 773926,093 \text{ kg}$$

$$T_u = (C_u - P_u)/2$$

$$= (773926,093 - 656587,849)/2$$

$$= 58669,121 \text{ kg (menentukan)}$$

Akibat arah y

$$a = h - \sqrt{h^2 - \frac{P_u(3h-H) + 3 M_u}{\phi_c \cdot f_c' u \cdot B}}$$

$$= 80 - \sqrt{80^2 - \frac{656587,849(3 \cdot 80 - 90) + 3 \cdot 2168313,58}{1,02 \cdot 340 \cdot 90}}$$

$$a = 21,95 \text{ cm}$$

$$C_u = \phi_c \cdot f_c' u \cdot B \cdot a$$

$$= 1,02 \cdot 340 \cdot 90 \cdot 21,95 = 760559,144 \text{ kg}$$

$$T_u = (C_u - P_u)/2$$

$$= (760559,144 - 656587,849)/2$$

$$= 5198,647 \text{ kg}$$

Dipakai baut angkur M22 mm ( $A_s = 3,14 \text{ cm}^2$ ) mutu F1554 Grade 105 dengan  $f_u = 7240 \text{ kg/cm}^2$ .

Kuat rencana Tarik

$$\phi T_d = \phi \cdot F_{nt} \cdot A_b = 0,75 \cdot 7240 \cdot 3,801$$

$$= 20639,43 \text{ kg}$$

o Jumlah baut

$$n = T_u / \phi T_d = 58669,121 / 20639,43 = 2,84 \approx 3 \text{ buah}$$

Dipasang 8 baut angkur M22 mm mutu F1554 Grade 105 untuk menjaga stabilitas struktur.

- o Panjang baut angkur (panjang penyaluran struktur Tarik)

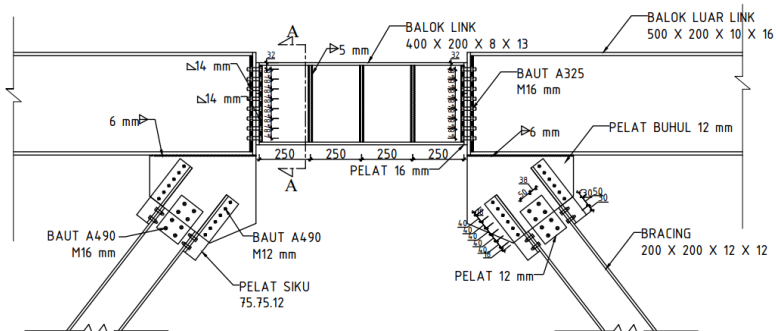
$$\frac{ld}{db} = \frac{3fy \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \cdot \sqrt{f'c}} = \frac{3 \times 250 \times 1 \times 1 \times 1}{5 \cdot \sqrt{40}}$$

$$ld = 23,717 db = 23,717 \times 2,5 = 59,29 \text{ cm}$$

Maka panjang angkur yang dibutuhkan 80 cm.

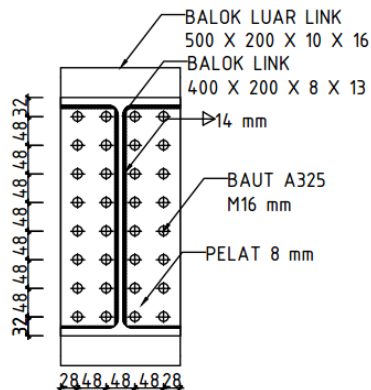
#### 4.4.7 Sambungan Link dengan Balok Luar Link

Balok *link* disambung menggunakan sambungan las dengan pelat tambahan tebal 8 mm, begitu pula dengan balok luar link. Profil balok *link* yang digunakan yaitu WF 400×200×8×13 dan balok luar *link* menggunakan profil WF 500×200×10×16. Balok *link* dan balok luar *link* kemudian disambung menggunakan baut dengan mutu A325 dan diameter M20.



Gambar 4.83 Sambungan Balok *Link* dengan Balok Luar *Link*





Gambar 4.84 Potongan Sambungan Balok *Link* dengan Balok Luar *Link*

- Sambungan Las Balok Luar *Link* dengan pelat  
Mutu las yang digunakan  $F_{E70xx}$ .

$$V_u = 74052 \text{ kg}$$

$$M_u = 3215000 \text{ kg.cm}$$

$$\text{Dimisalkan } t_e = 1 \text{ cm}$$

$$A_{\text{las}} = 1 \cdot (2 \cdot (500 - 32) + (200 - 10)) = 131,6 \text{ cm}^2$$

$$S = b \cdot d + d^2/6 = 9,5 \cdot 46,8 + 46,8^2/6 = 809,64 \text{ cm}^2$$

- Akibat  $P_u$

$$f_v = \frac{V_u}{A}$$

$$f_v = \frac{74052}{131,6}$$

$$f_v = 562,705 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat  $V_u$

$$f_h = \frac{M_u}{S} = \frac{3215000}{2.809,64} = 1985,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{\text{total}} = \sqrt{(f_h)^2 + (f_v)^2}$$

$$f_{total} = \sqrt{(1985,45)^2 + (562,705)^2}$$

$$= 2063,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{nw} = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 110 \cdot 70,3 \cdot 1 = 3479,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{F_{nw}} = \frac{2063,65}{3479,85} = 0,93 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,93}{0,707} = 1,31 \text{ cm}$$

Syarat tebal kaki las

$$t_{plat} = 16 \text{ mm}, a \text{ min} = 6 \text{ mm}$$

$$a_{eff} = \frac{0,6 \times fu \times t}{0,707 \times 0,6 \times f_{E70xx}} = \frac{0,6 \times 4100 \times 1,6}{0,707 \times 0,6 \times 70 \times 70,3}$$

$$a_{eff} = 1,88 \text{ cm}$$

Digunakan las sudut dengan  $a = 14 \text{ mm}$

- Sambungan Las Balok *Link* dengan pelat

Mutu las yang digunakan  $F_{E90xx}$ .

$$Vu = 44880 \text{ kg}$$

$$Mu = 3215000 \text{ kg.cm}$$

Dimisalkan  $te = 1 \text{ cm}$

$$A_{las} = 1 \cdot (2 \cdot (400-26) + (200-8)) = 113,2 \text{ cm}^2$$

$$S = b \cdot d + d^2 / 6 = 588,426 \text{ cm}^2$$

- Akibat  $P_u$

$$f_v = \frac{Vu}{A}$$

$$f_v = \frac{44880}{113,2}$$

$$f_v = 396,466 \text{ kg/cm}^2$$

- Akibat  $V_u$

$$f_h = \frac{M_u}{S} = \frac{3215000}{2 \cdot 588,426} = 2731,86 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{(f_h)^2 + (f_v)^2}$$

$$f_{total} = \sqrt{(2731,86)^2 + (396,466)^2}$$

$$= 2760,48 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{nw} = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 90 \cdot 70,3 \cdot 1 = 2847,15 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{F_{nw}} = \frac{2731,86}{2847,15} = 0,96 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{0,96}{0,707} = 1,371 \text{ cm}$$

Syarat tebal kaki las

$$t_{plat} = 16 \text{ mm}, a \text{ min} = 6 \text{ mm}$$

$$a_{eff} = \frac{0,6 \times f_u \times t}{0,707 \times 0,6 \times f_{E90xx}} = \frac{0,6 \times 4100 \times 1,6}{0,707 \times 0,6 \times 90 \times 70,3}$$

$$a_{eff} = 1,374 \text{ cm}$$

Digunakan las sudut dengan  $a = 14 \text{ mm}$

- Sambungan Link dengan Balok Luar Link

$$\text{Øbaut} = 16 \text{ mm} (A_b = 2,01 \text{ cm}^2)$$

$$f_{nv} = 4570 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_u = 74052 \text{ kg}$$

$$m = 1$$

profil tebal pelat = 16 mm

Kuat geser baut:

$$\text{Ø.Rn} = \text{Ø} \cdot F_{nv} \cdot A_b \cdot m$$

$$= 0,75 \cdot 4570 \cdot 2,01 \cdot 1$$

$$= 6889,275 \text{ kg (Menentukan)}$$

Kuat tumpu baut

$$\ell_c = 3,2 - 0,5 (1,6 + 0,15) = 2,325 \text{ cm}$$

$$R_n = 1,2 \ell_c t F_u \leq 2,4 d t F_u$$

$$= 1,2 \cdot 2,325 \cdot 1,6 \cdot 4100 \leq 2,4 \cdot 1,6 \cdot 1,6 \cdot 4100$$

$$= 18302 \text{ kg} \leq 25190,4 \text{ kg (OK)}$$

$$\text{Ø.Rn} = 0,75 \cdot 18302 = 13726,8 \text{ kg}$$

$$n = \frac{V_u}{\text{Ø} \cdot V_n} = \frac{74052}{6889,275} = 10,74 \approx 32 \text{ buah}$$

Dipasang 8 buah baut M20.

- Kontrol jarak baut

$$\text{Jarak tepi : (S1)} = 1,5db \text{ s/d } 12tp \text{ atau } 124 \text{ mm}$$

$$= 24 \text{ mm s/d } 132 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai S1} = 32 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak tepi : (S2)} &= 1,25db \text{ s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 20 \text{ mm s/d } 96 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S2} = 28 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak baut : (S)} &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Pakai S} = 48 \text{ mm}$$

- Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai pelat sambungan tebal = 16 mm

BJ41 ( $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$ )

$$\begin{aligned} \emptyset \text{ lubang} &= 16 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm} \end{aligned}$$

Luas bidang geser

$$A_g = L \times t_{\text{pelat}} = 40 \cdot 1,6 = 52 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \times t_{\text{pelat}} = (40 - 8 \times 2,15) \times 1,6 \\ &= 41,6 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat leleh

$$\begin{aligned} \emptyset \text{ Pu} &= \emptyset A_g f_y = 0,9 \cdot 52 \cdot 2500 \\ &= 117000 \text{ kg (Menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat putus

$$\begin{aligned} \emptyset \text{ Pu} &= \emptyset A_n f_u = 0,9 \cdot 41,6 \cdot 4100 \\ &= 153504 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat:

$$V_u \leq \emptyset \text{ Pu} \rightarrow 74052 \text{ kg} < 117000 \text{ kg (OK)}$$

-Kontrol Momen

$$T_{d \text{ ulir}} = 0,75 (0,75 \cdot 4100 \cdot 2,01) = 6182,654 \text{ kg}$$

Mencari garis netral (anggap dibawah baut terbawah)

$$f_y a b = \sum T$$

$$a = \frac{\sum T}{b f_y} = \frac{32 \times 6182,654}{20 \times 2500} = 3,95 \text{ cm} > S = 32 \text{ cm}$$

Momen Rencana yang dapat dipikul sambungan :

$$\phi M_n = \frac{0,9 f_y \cdot a^2 b}{2} + \sum T \cdot d$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,9 \times 2500 \times 3,95^2 \times 20}{2} + 4 \times 6182,654 \times \\
 &\quad (4,05 + 8,85 + 13,65 + 18,45 + 23,25 + 28,05 + 32,85) \\
 &= 3545015,306 \text{ kg.cm} \\
 M_u &= 3215000 \text{ kgcm} < \phi M_n \text{ (OK)} \\
 &\text{Sambungan kuat menerima beban momen.}
 \end{aligned}$$

## 4.5 Perencanaan Struktur Bawah

### 4.5.1 Preliminary Desain

*Preliminary* desain merupakan proses perencanaan awal yang digunakan untuk merencanakan dimensi struktur gedung.

#### 4.5.1.1 Perencanaan Dimensi Sloof

Tinggi minimum balok induk direncanakan sesuai dengan SNI 2847:2013 Ps. 9.5.2 (tabel 9.5(a). Tebal minimum balok non prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung). Untuk  $F_y$  selain 420 MPa nilainya harus dikalikan dengan  $(0,4 F_y/700)$ . Direncanakan menggunakan tulang  $F_y = 420 \text{ Mpa}$ , sehingga dimensi balok induk direncanakan:

- Balok induk memanjang

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{7200}{16} = 450 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2 \times 600}{3} = 400 \text{ mm} \approx 420 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi balok induk memanjang sebesar 42/60 cm

- Balok induk melintang

$$h_{min} = \frac{L}{16} = \frac{8100}{16} = 506,25 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2 \times 600}{3} = 400 \text{ mm} \approx 420 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi balok induk melintang sebesar 42/60 cm.

#### 4.5.1.2 Perencanaan Dimensi Tebal Pelat Beton

Direncanakan tebal pelat 20 cm dan ukuran sloof 42/60 cm.

Perhitungan lebar efektif:

1.  $be1 = L/4 = 810/4 = 202,5 \text{ cm}$
2.  $be2 = bw + 8t = 42 + 8 \cdot 20 = 202 \text{ cm}$

$$3. \quad be3 = bw + \frac{1}{2}S = 42 + 0,5 \cdot 720 = 402 \text{ cm}$$

Sehingga harus memenuhi persyaratan SNI 2847:2013 pasal 9.5

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

$$k = \frac{1 + \left(\frac{202}{42} - 1\right) \left(\frac{20}{60}\right) \left[4 - 6 \left(\frac{20}{60}\right) + 4 \left(\frac{20}{60}\right)^2 + \left(\frac{202}{42} - 1\right) \left(\frac{20}{60}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{202}{42} - 1\right) \left(\frac{20}{60}\right)}$$

$$k = 2,96$$

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

$$I_{balok} = \frac{1}{12} \cdot 2,96 \cdot 42 \cdot 60^3$$

$$I_{balok} = 2241715,62 \text{ cm}^4$$

$$I_{pelat} = bs \cdot \frac{t^3}{12}$$

$$I_{pelat} = 810 \cdot \frac{20^3}{12}$$

$$I_{pelat} = 540000 \text{ cm}^4$$

$$\alpha_m = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}} = \frac{2133333,33}{540000} = 4,15 > 2$$

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

$$h_{min} = \frac{810 \left(0,8 + \frac{420}{1400}\right)}{36 + 9 \frac{810}{720}}$$

$$h_{min} = 19,31 \text{ cm}$$

Tebal pelat yang direncanakan 20 cm telah memenuhi syarat

#### 4.5.2 Perencanaan Pelat Beton Lantai 1

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai ini menggunakan SNI 1727:2013.

- Beban Mati
 

Berat beton (0.15x2400)	= 360 kg/m <sup>2</sup>
Berat spesi 1 cm	= 21 kg/m <sup>2</sup>
Berat keramik	= 24 kg/m <sup>2</sup>
Berat plafon + penggantung (11+7)	= 18 kg/m <sup>2</sup>
Berat MEP	= 25 kg/m <sup>2</sup> +
Total	= 448 kg/m <sup>2</sup>
- Beban Hidup
 

Lantai	= 195,72 kg/m <sup>2</sup>
Total (q <sub>L</sub> )	= 195,72 kg/m <sup>2</sup>

- Beban Berfaktor

$$q_u = 1,2q_D + 1,6q_L = 1,2(448) + 1,6(195,72) = 850,749 \text{ kg/m}^2$$

Data-data perencanaan pelat beton:

Tebal pelat = 2000 mm

Selimut beton = 40 mm

$L_x = 810 \text{ cm}$

$L_y = 720 \text{ cm}$

$$\beta = \frac{L_x}{L_y} = \frac{810}{720} = 1,12 < 2 \text{ (Pelat dua arah)}$$

Mutu beton = 30 MPa

Mutu tulangan = 420 MPa

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{(F'c - 28)}{7} = 0,85 - 0,05 \frac{(30 - 28)}{7} = 0,835$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot F'c \left( \frac{600}{600 + F_y} \right)}{F_y}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot 0,835 \cdot 300 \left( \frac{600}{600 + 420} \right)}{420} = 0,0298$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0298 = 0,022$$

$$\rho_{min} = 0,0018$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 f'c} = \frac{420}{0,85 \cdot 30} = 16,47$$

$d_x$  = tebal pelat - selimut beton - 0,5 diameter tulangan bawah

$$d_x = 200 - 40 - (0,5 \cdot 10) = 155 \text{ mm}$$

$d_y$  = tebal pelat - selimut beton – diameter tulangan bawah - 0,5 diameter tulangan atas

$$d_y = 200 - 40 - 10 - (0,5 \cdot 10) = 145 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan koefisien momen PBI 1971 tabel 13.3.1 didapat persamaan momen sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X \\ &= 0.001 \cdot 850,749 \cdot 8,1^2 \cdot 25 \\ &= 1395,442 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot X \\ &= -0.001 \cdot 850,749 \cdot 8,1^2 \cdot 59 \\ &= -3293,24 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= 0.001 \cdot q_u \cdot L_y^2 \cdot X \\ &= 0.001 \cdot 850,749 \cdot 7,2^2 \cdot 21 \\ &= 926,16 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= -0.001 \cdot q_u \cdot L_y^2 \cdot X \\ &= -0.001 \cdot 850,749 \cdot 7,2^2 \cdot 54 \\ &= -2381,56 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah X

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d x^2} = \frac{3293,24}{0,9 \cdot 1000 \cdot 155^2} = 1,523$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{F_y}} \right) = \frac{1}{16,47} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,47 \cdot 1,523}{420}} \right)$$

$$\rho = 0,0035 > \rho \text{ min}$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0035$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \cdot 1000 \cdot 155 = 546,23 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot 1000}{A_{s \text{ perlu}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{546,23} = 143,78 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D10-100

- Perhitungan penulangan tumpuan dan lapangan arah Y

$$Rn = \frac{Mu}{\phi b d y^2} = \frac{2381,56}{0,9 \cdot 1000 \cdot 145^2} = 1,258$$



$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{F_y}} \right) = \frac{1}{16,47} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,47 \cdot 1,258}{420}} \right) =$$

$$\rho = 0,0029$$

$$\rho \text{ pakai} = 0,0029 > \rho \text{ min}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,0029 \cdot 1000 \cdot 145 = 424,286 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot \emptyset^2 \cdot 1000}{A_{s \text{ perlu}}} = \frac{0,25 \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 1000}{424,286} = 182,11 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan lentur D10-150

Tabel 4.26 Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai 1

Nama Pelat	Bentang (m)		Penulangan (mm)	
	Lx	Ly	Arah x	Arah y
P1	6,6	7	D10-200	D10-150
P2	6,6	7,2	D10-200	D10-150
P3	5,3	7	D10-250	D10-150
P4	5,3	7,2	D10-250	D10-150
P5	8,1	7	D10-100	D10-150
P6	8,1	7,2	D10-100	D10-150

#### 4.5.3 Perencanaan Kolom Beton

Direncanakan kolom beton dengan properties sebagai berikut :

$$D = 1000 \text{ mm}$$

$$B = 1000 \text{ mm}$$

$$H = 1000 \text{ mm}$$

$$F'_c = 40 \text{ MPa}$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan ETABS diperoleh beban-beban yang bekerja pada kolom beton sebagai berikut :

$$P_{u \text{ max}} = 6438,927 \text{ kN}$$

$$V_{u \text{ max}} = 53,382 \text{ kNm}$$

$$T_{u \text{ max}} = 4,185 \text{ kNm}$$

$$M_y = 220,312 \text{ kNm}$$

$$M_x = 207,322 \text{ kNm}$$

Mengacu pada SNI 2847:2013 Pasal 21.6.1, jika komponen struktur SRPMK menahan gaya tekan aksial terfaktor akibat sembarang kombinasi ialah sebesar  $\geq Ag \times \frac{F_{rc}}{10}$ , maka komponen struktur rangka ini harus juga memenuhi kondisi-kondisi sebagai berikut :

- Dimensi penampang terpendek tidak boleh kurang dari 300 mm.
- Rasio dimensi lebih besar dari 0,4.

a. Cek  $P_{u \max}$

$$Ag \times \frac{F_{rc}}{10} = 1000 \cdot 1000 \cdot \frac{40}{10} = 4000000 \text{ N} = 4000 \text{ kN}$$

$$P_{u \max} > Ag \times \frac{F_{rc}}{10}$$

b. Cek dimensi

$$B > 300 \text{ mm (OK)}$$

$$D > 300 \text{ mm (OK)}$$

c. Cek rasio dimensi

$$B/D > 0,4$$

$$1 > 0,4 \text{ (OK)}$$

1. Penulangan Longitudinal kolom

Perhitungan tulangan longitudinal kolom dilakukan dengan bantuan program bantu pcaColumn.

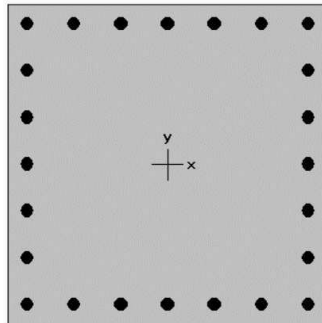
Data perencanaan :

Tulangan longitudinal = D43

$A_s$  = 1452 mm<sup>2</sup> (pcaColumn)

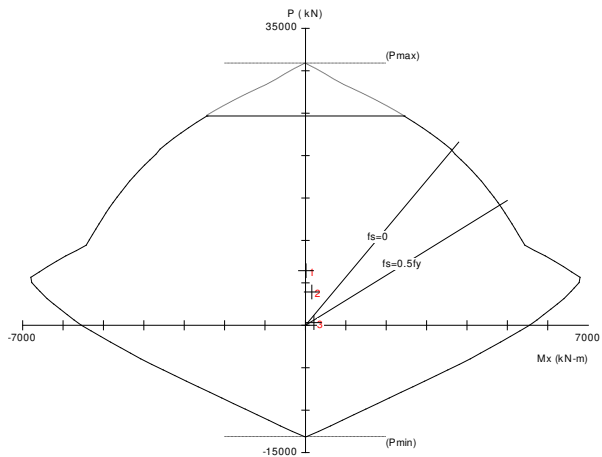
Jumlah = 24

Tampak tulangan dan hasil interaksi antara gaya aksial dan gaya momen pada kolom didapatkan sebagai berikut:

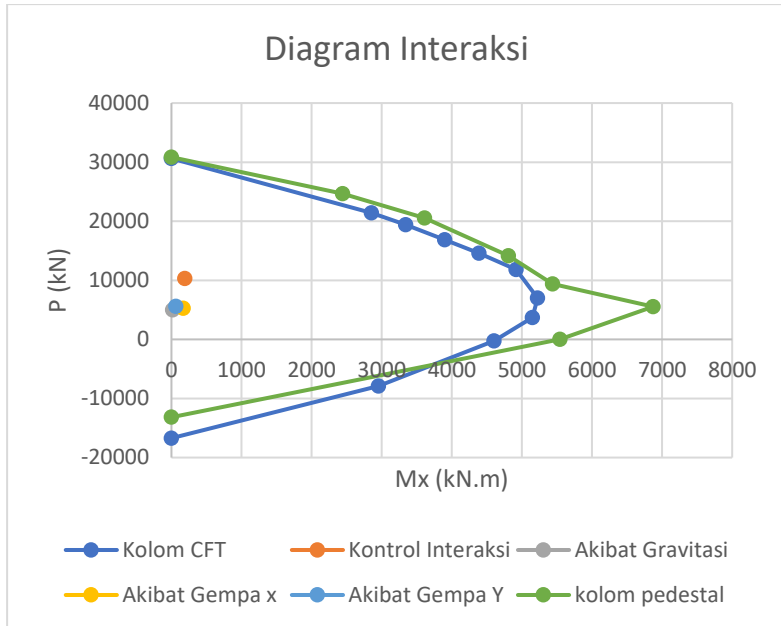


1000 x 1000 mm  
3.48% reinf.

Gambar 4.85 Penulangan Kolom Beton



Gambar 4.86 Diagram Interaksi Kolom Beton



Gambar 4.87 Diagram Interaksi Kolom CFT dan Kolom Beton

Dari hasil *pcaColumn* tersebut didapatkan tulangan longitudinal yang dipakai adalah **24D43**. Adapun kapasitas dari kolom adalah sebagai berikut :

$$\phi M_n = 6558,9 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$6558,9 \text{ kNm} > 207,322 \text{ kNm (OK)}$$

## 2. Kontrol rasio tulangan longitudinal pada kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6, luas tulangan memanjang  $A_{st}$ , tidak boleh kurang dari  $0,01 A_g$  atau lebih dari  $0,06 A_g$ .

$$A_{st} = 34848 \text{ mm}^2$$

$$A_g = 1000000 \text{ mm}^2$$

Rasio :

$$0,01 A_g < A_{st} < 0,06 A_g$$

$$10000 \text{ mm}^2 < 34848 \text{ mm}^2 < 60000 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

3. Kontrol kapasitas beban aksial kolom terhadap beban aksial terfaktor

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

$$\phi P_n = 0,8 \phi (0,85 \cdot F'_c (A_g - A_{st}) + F_y \cdot A_{st})$$

$$\phi P_n = 0,8 \times 0,65 (0,85 \times 40 \times (1000000 - 34848) + 420 \times 34848)$$

$$\phi P_n = 24674690,56 \text{ N} = 24674,69 \text{ kN}$$

$$\phi P_n > P_u$$

$$24674,69 \text{ kN} > 16104,433 \text{ kN (kolom CFT) (OK)}$$

4. 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.

$$F_s = 1,25 \cdot F_y = 1,25 \cdot 420 = 525 \text{ MPa}$$

$$L_n = 1000 - 325 = 675 \text{ mm}$$

$$M_{pr} = 6873000 \text{ kNmm}$$

$$V_{ex} = \frac{2 \times M_{pr}}{L_n} = \frac{2 \times 6873000}{675} = 20364,444 \text{ kN}$$

$$V_{ex} = 20364,444 \text{ kN} > V_u = 53,382 \text{ kN (OK)}$$

5. Pehitungan tulangan geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.3, ujung-ujung kolom sepanjang  $L_0$  harus dikekang oleh tulangan transversal ( $A_{sh}$ ) dengan spasi :

$$\frac{1}{4} B = \frac{1}{4} \times 1000 = 250 \text{ mm}$$

$$6 d_b = 6 \times 43 = 258 \text{ mm}$$

$$100 \text{ mm} \leq S \leq 150 \text{ mm}$$

$$100 + \frac{350 - h_x}{3} = 116,22 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan jarak tulangan geser di daerah sendi plastis 100 mm.

$$L_0 = H / 6 = 1000 / 6 = 166,666 \text{ mm}$$

$$L_0 \text{ pakai} = 150 \text{ mm}$$

Luas permukaan tulangan geser minimum sesuai SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.4 adalah sebagai berikut :

$$b_{cx} = 1000 - 2 \times 40 - 2 \times 16 = 888 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = b_{cx}^2 = 788544 \text{ mm}^2$$

$$A_{shx} = 0,3 \frac{S.bcx.F'c}{Fyt} \times \left[ \frac{Ag}{A_{ch}} - 1 \right]$$

$$A_{shx} = 0,3 \frac{100 \times 888 \times 40}{420} \times \left[ \frac{1000000}{788544} - 1 \right]$$

$$A_{shx} = 680,36 \text{ mm}^2 \text{ (menentukan)}$$

$$A_{shl} = 0,09 \frac{S.bcx.F'c}{Fyt}$$

$$A_{shl} = 0,09 \frac{100 \times 888 \times 40}{420}$$

$$A_{shl} = 761,14 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan 4D16-100.

$$A_{shi} = 804,247 \text{ mm}^2 > 761,14 \text{ mm}^2$$

Pemasangan tulangan geser di luar daerah sendi plastis mengikuti ketentuan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.4.5. Adapun spasi maksimumnya sebagai berikut :

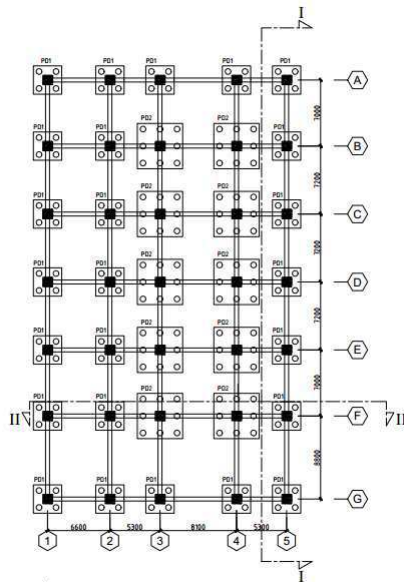
$$6.d_b = 6 \times 43 = 258 \text{ mm}$$

150 mm

Spasi pakai 150 mm, sehingga digunakan **4D16-150**.

#### 4.5.4 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan bagian dasar dari konstruksi yang berfungsi sebagai penopang bangunan di atasnya yang bertujuan untuk meneruskan beban ke tanah yang diterima oleh kolom secara bertahap dan merata.



Gambar 4.88 Denah Pondasi

Beban yang bekerja pada pondasi dihitung menurut SNI 1726:2012 kombinasi beban untuk metoda tegangan ijin.

- 1)  $D + L$
- 2)  $D + 0,7E$
- 3)  $D + 0,75L + 0,75(0,7E)$

#### 4.5.4.1 Data Perencanaan Pondasi

Pondasi pada gedung ini direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang beton (*Spun pile*) produk dari PT. Waskita Beton Precast. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter tiang : 600 mm
- *Wall thickness* : 100 mm
- Klasifikasi : A1
- *Concrete cross section* : 1571 cm<sup>2</sup>

- Berat : 393 kg/m
- *Bending moment crack* : 17 tm
- *Bending momen ultimate* : 25.5 tm
- *Allowable axial load* : 252,7 t

#### 4.5.3.2 Daya dukung tanah tiang pancang tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_s$ ). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s.$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

Daya dukung SPT dari lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan tiang pancang. Harus dilakukan koreksi terlebih dahulu terhadap data SPT asli. Metode perhitungan menggunakan cara dari *Terzaghi Bazaraa* 1960, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Koreksi terhadap muka air tanah

Khusus untuk tanah berpasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung, yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila  $N > 15$

a.  $N_I = 15 + \frac{1}{2}(N-15)$

b.  $N_I = 0.6 N$

Kemudian pilih harga  $N_I$  yang terkecil



2. Koreksi terhadap *overburden pressure* dari tanah

Dari harga  $N_1$  dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan tanah vertikal

$$N_2 = \frac{4N_1}{(1 + 0,4 P_o)} \text{ untuk } P_o < 7,5 \text{ ton}$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{(3,25 + 0,1 P_o)} \text{ untuk } P_o < 7,5 \text{ ton}$$

3. Perhitungan daya dukung satu tiang pancang

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji Standard Penetration Test (SPT) dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_p = C_n \cdot A_{ujung} = 40 \cdot \tilde{N} \cdot A_{ujung}$$

$$Q_s = \sum C_{li} \cdot A_{si}$$

Dimana :

$\tilde{N}$  = Harga rata – rata  $N_2$  4D dibawah ujung sampai dengan 8D diatas ujung tiang

$C_{li}$  =  $N/2$  untuk tanah lempung atau lanau dan  $N/5$  untuk tanah pasir

$A_{si}$  = Luas selimut tiang pada segmen  $i = O_i \cdot h_i$

$O_i$  = Keliling tiang

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P_{ijing \ 1 \ tiang} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

Dimana :

$SF$  = safety factor = 3

Tabel 4.27 Rekapitulasi Pengolahan Data Tanah

KEDAL AMAN (m)	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (t/m <sup>3</sup> )	$p_0$ (t/m <sup>2</sup> )	Hitung N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> Correcti on	N rata ujung	Qujung	fsi	Rsi	$\Sigma Rsi$	Qult (t)	Qijin (t)
0												
1	1.596	0.596	0.596	0	0	8	90.478	0	0	0	90.478	30.159
2	1.596	0.596	1.192	21.670	16.000	8	90.478	8	15.080	15.080	105.558	35.186
3	1.596	0.596	1.787	9.329	8.000	6.961	78.725	4	7.540	22.619	101.344	33.781
4	1.676	0.676	2.704	3.843	3.843	7.811	88.342	1.922	3.622	26.242	114.584	38.195
5	1.676	0.676	3.380	3.401	3.401	4.574	51.729	1.701	3.206	29.447	81.176	27.059
6	1.676	0.676	4.056	3.051	3.051	3.252	36.781	1.525	2.875	32.322	69.104	23.035
7	1.696	0.696	4.871	2.713	2.713	2.911	32.925	1.357	2.557	34.880	67.805	22.602
8	1.696	0.696	5.567	2.479	2.479	2.631	29.761	1.240	2.337	37.217	66.978	22.326
9	1.696	0.696	6.262	2.282	2.282	2.633	29.773	1.141	2.151	39.368	69.141	23.047
10	1.732	0.732	7.321	3.055	3.055	2.694	30.468	1.527	2.879	42.247	72.715	24.238
11	1.732	0.732	8.053	2.959	2.959	2.801	31.676	1.480	2.789	45.036	76.711	25.570
12	1.732	0.732	8.785	2.907	2.907	2.952	33.383	1.453	2.739	47.775	81.158	27.053
13	1.698	0.698	9.074	2.886	2.886	3.371	38.123	1.443	2.720	50.496	88.619	29.540
14	1.698	0.698	9.772	4.731	4.731	4.260	48.181	2.366	4.459	54.955	103.135	34.378
15	1.698	0.698	10.470	6.516	6.516	5.757	65.108	3.258	6.141	61.096	126.204	42.068
16	1.780	0.780	12.477	8.893	8.893	7.876	89.078	4.447	8.382	69.478	158.556	52.852
17	1.780	0.780	13.257	11.364	11.364	10.132	114.585	5.682	10.711	80.188	194.774	64.925
18	1.780	0.780	14.037	13.752	13.752	11.273	127.492	6.876	12.961	93.150	220.642	73.547
19	1.759	0.759	14.427	11.081	11.081	11.776	133.178	5.540	10.444	103.593	236.772	78.924
20	1.759	0.759	15.187	10.904	10.904	12.650	143.067	5.452	10.277	113.871	256.938	85.646
21	1.759	0.759	15.946	14.862	14.862	13.111	148.286	7.431	14.007	127.877	276.163	92.054
22	1.737	0.737	16.224	15.598	15.598	13.778	155.827	7.799	14.701	142.578	298.406	99.469
23	1.737	0.737	16.961	13.748	13.748	14.239	161.043	6.874	12.957	155.536	316.579	105.526
24	1.737	0.737	17.699	12.749	12.749	14.008	158.425	6.375	12.016	167.552	325.976	108.659
25	1.767	0.767	19.166	13.936	13.936	13.541	153.148	6.968	13.134	180.686	333.834	111.278
26	1.767	0.767	19.933	13.732	13.732	13.112	148.291	6.866	12.942	193.628	341.918	113.973
27	1.767	0.767	20.699	12.030	12.030	12.750	144.198	6.015	11.338	204.966	349.164	116.388
28	1.735	0.735	20.589	11.302	11.302	12.239	138.415	5.651	10.652	215.618	354.033	118.011
29	1.735	0.735	21.324	11.890	11.890	11.921	134.829	5.945	11.207	226.824	361.653	120.551
30	1.735	0.735	22.060	12.463	12.463	11.988	135.585	6.232	11.746	238.571	374.155	124.718

Dari hasil analisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS, diambil output semua reaksi perletakkan.

Tabel 4.28 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 1

Kombinasi	P (ton)	Vx (ton)	Vy (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)
D+L	313.550	1.074	2.3289	1.3859	3.2368
D+0.7Ex	293.099	1.688	0.125	3.463	12.748
D+0.7Ey	213.842	0.411	0.590	10.271	3.394
D+0.75L+0.75(0.7Ex)	287.623	0.715	0.147	1.776	6.621
D+0.75L+0.75(0.7Ey)	12.128	0.420	0.482	7.251	2.427

Tabel 4.29 Hasil Pembebanan Pondasi Tipe 2

Kombinasi	P (ton)	Vx (ton)	Vy (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)
D+L	499.965	0.769	0.202	0.474	1.042
D+0.7Ex	375.365	1.387	0.466	3.357	10.434
D+0.7Ey	401.813	1.134	0.508	9.770	4.282
D+0.75L+0.75(0.7Ex)	470.223	0.724	0.297	2.381	7.413
D+0.75L+0.75(0.7Ey)	461.407	0.196	1.243	8.668	1.858

Berdasarkan tabel diatas sehingga jumlah tiang pancang digunakan 4 buah untuk tipe 1 dan 9 buah untuk tipe 2.

#### 4.5.4.3 Daya dukung tanah tiang pancang kelompok

Untuk mengetahui jumlah tiang pancang yang dibutuhkan dalam satu kolom adalah dengan membagi beban aksial dan daya dukung ijin satu tiang.

Terdapat beberapa tipe susunan tiang pancang berdasarkan satu berat kolom yang dipikulnya. Jumlah tiang pancang direncanakan jarak nya sesuai dengan yang diijinkan. Tebal poer yang direncanakan pada tiang pancang group sebesar 1 meter. Untuk daya dukung ini diambil nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah.

- Daya dukung bahan :

Dari spesifikasi bahan tiang pancang didesain :

$$\bar{P}_{1\text{tiang}} = 252,7 \text{ ton}$$

- Daya dukung tanah :

$$\bar{P}_{\text{tiang}} = 108,65 \text{ ton}$$

Maka daya dukung satu tiang pondasi adalah 108,65 ton.

- Perhitungan daya dukung tiang pancang kelompok untuk daya dukung pondasi kelompok harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi ( $\eta$ ) menurut Seiler-Keeney Formula.

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{d}{s}\right)}{90} \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{600}{1800}\right)}{90} \left(2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right) = 0,795$$

Dimana :

$\emptyset$  = diameter tiang pancang

$S$  = Jarak antar tiang pancang

$m$  = Jumlah baris tiang pancang dalam grup

$n$  = Jumlah kolom tiang pancang dalam grup

Sehingga perhitungan efisiensinya menjadi

$$QL (\text{group}) = QL (1 \text{ tiang}) \cdot C_e = 108,69 \cdot 0,795 = 86,407 \text{ kN}$$

#### 4.5.4.4 Kontrol beban maksimum 1 tiang pancang

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan :

$$P_{\text{max}} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_{\text{max}}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_{\text{max}}}{\Sigma y^2} \leq P_{\text{ijin tanah}} (1 \text{ tiang})$$

$$\Sigma P = W_{\text{poer}} + P_{\text{kolom}}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{poer}} &= 2,4 \times t \times B \times D \\
 &= 2,4 \times 1 \times 3 \times 3 = 21,6 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Perhitungan jarak tiang

$$2D \leq S \leq 3D$$

dengan  $S$  = jarak antar tiang

$$120 \leq S \leq 180$$

dipakai  $S = 180$  cm

$$1D \leq S \leq 2D$$

dengan  $S$  = jarak tepi

$$60 \leq S \leq 120$$

dipakai  $S = 60$  cm

$$P = 313,55 + 21,6 = 335,15 \text{ t}$$

$$N = 4 \text{ tiang}$$

$$M_x = 1,38 \text{ tm}$$

$$M_y = 3,23 \text{ kNm}$$

$$X_{\text{max}} = 0,9 \text{ m}$$

$$Y_{\text{max}} = 0,9 \text{ m}$$

$$P_{\text{max}} = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{\text{max}}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{\text{max}}}{\Sigma y^2}$$

$$P_{\text{max}} = \frac{335,15}{4} \pm \frac{3,23 \cdot 0,9}{0,9^2} \pm \frac{1,38 \times 0,9}{0,9^2}$$

$$P_{\text{max}} = 86,017 \text{ t} \leq 86,4 \text{ t (1 tiang) (OK)}$$

Tabel 4.30 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum Tipe 1

Kombinasi	P (ton)	Vx (ton)	Vy (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)	P 1 tiang (ton)	
						Pmax	Pmin
D+L	335.150	1.074	2.3289	1.3859	3.2368	86.017	81.558
D+0.7Ex	314.699	1.688	0.125	3.463	12.748	83.681	73.668
D+0.7Ey	235.442	0.411	0.590	10.271	3.394	62.934	54.787
D+0.75L+0.75(0.7Ex)	309.223	0.715	0.147	1.776	6.621	79.878	74.734
D+0.75L+0.75(0.7Ey)	33.728	0.420	0.482	7.251	2.427	11.371	5.493

Tabel 4.31 Rekapitulasi Kontrol Beban Maksimum Tipe 2

Kombinasi	P (ton)	Vx (ton)	Vy (ton)	Mx (ton.m)	My (ton.m)	P 1 tiang (ton)	
						Pmax	Pmin
D+L	555.255	0.769	0.202	0.474	1.042	62.386	61.004
D+0.7Ex	430.655	1.387	0.466	3.357	10.434	52.196	43.505
D+0.7Ey	457.103	1.134	0.508	9.770	4.282	55.149	46.430
D+0.75L+0.75(0.7Ex)	525.513	0.724	0.297	2.381	7.413	61.394	55.386
D+0.75L+0.75(0.7Ey)	516.697	0.196	1.243	8.668	1.858	60.735	54.087

#### 4.5.4.5 Kontrol Kekuatan Tiang

- Kontrol terhadap Gaya Aksial

Untuk tiang pancang diameter 60 cm kelas A1 pada produk dari PT. Wika Beton PC Spun Piles, gaya aksial tidak diperkenankan melebihi 252,7 ton.

$$P_{max} = 86,017 \text{ ton} < P_{ijin} = 252,7 \text{ ton}$$

- Kontrol terhadap Gaya Momen

$$M_u = \frac{V_U \times (e + Z_f)}{2}$$

Dimana :

e = jarak gaya lateral dengan muka tanah pondasi  
= 0 m

Z<sub>f</sub> = panjang jepit kritis

Mencari titik jepit

$$Z_f = 1,8T$$

$$T = \sqrt[5]{EI/n_h}$$

$$E = 4700\sqrt{F'c} = 4700\sqrt{30} = 25743 \text{ MPa}$$

$$I = \frac{\pi \times \phi^2}{64} = \frac{\pi \times 600^2}{64} = 17662,5 \text{ mm}^4$$

$$n_h = 350 \text{ kN/m}^3 \text{ (Terzaghi)}$$

$$T = \sqrt[5]{25743 \times 17662,5 / (350 \times 10^{-6})}$$

$$= 264,685 \text{ mm}$$

$$Z_f = 476,432 \text{ mm}$$

Mencari  $V_u$

Nilai  $V_u$  didapatkan dari nilai  $V_x$  dan  $V_y$  Tabel 4.30 dikali 2.

Tabel 4.32 Nilai  $V_{ux}$  dan  $V_{uy}$  Pondasi F1

Kombinasi	P (ton)	$V_x$ (ton)	$V_y$ (ton)	$V_u x$ (ton)	$V_u y$ (ton)
D+L	335.150	1.074	2.329	2.148	4.658
D+0.7Ex	314.699	1.688	0.125	3.377	0.249
D+0.7Ey	235.442	0.411	0.590	0.822	1.179
D+0.75L+0.75(0.7Ex)	309.223	0.715	0.147	1.431	0.294
D+0.75L+0.75(0.7Ey)	33.728	0.420	0.482	0.841	0.964

Mencari  $M_u$ 

$$M_{ux} = \frac{V_{Ux} \times (e + Z_f)}{2} = \frac{3,377 \times (0 + 0,47)}{2} = 0,804 \text{ tm} = 8,044 \text{ kNm}$$

$$M_{uy} = \frac{V_{Uy} \times (e + Z_f)}{2} = \frac{4,658 \times (0 + 0,47)}{2} = 1,109 \text{ tm} = 11,09 \text{ kNm}$$

Cek kekuatan momen tiang :

$$M_{crack} = 17 \text{ tm} > M = 1,109 \text{ tm (OK)}$$

Tabel 4.33 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 1

Kombinasi	P (ton)	$V_x$ (ton)	$V_y$ (ton)	$V_u x$ (ton)	$V_u y$ (ton)	$M_u x$ (t.m)	$M_u y$ (t.m)
D+L	335.150	1.074	2.329	2.148	4.658	0.512	1.110
D+0.7Ex	314.699	1.688	0.125	3.377	0.249	0.804	0.059
D+0.7Ey	235.442	0.411	0.590	0.822	1.179	0.196	0.281
D+0.75L+0.75(0.7Ex)	309.223	0.715	0.147	1.431	0.294	0.341	0.070
D+0.75L+0.75(0.7Ey)	33.728	0.420	0.482	0.841	0.964	0.200	0.230

Tabel 4.34 1 Rekapitulasi Kontrol Terhadap Gaya Momen Tipe 2

Kombinasi	P (ton)	$V_x$ (ton)	$V_y$ (ton)	$V_u x$ (ton)	$V_u y$ (ton)	$M_x$ (ton.m)	$M_y$ (ton.m)
D+L	555.255	0.769	0.202	1.538	0.404	0.366	0.096
D+0.7Ex	430.655	1.387	0.466	2.773	0.933	0.661	0.222
D+0.7Ey	457.103	1.134	0.508	2.268	1.015	0.540	0.242
D+0.75L+0.75(0.7Ex)	525.513	0.724	0.297	1.448	0.594	0.345	0.141
D+0.75L+0.75(0.7Ey)	516.697	0.196	1.243	0.393	2.487	0.094	0.592

#### 4.5.5 Perencanaan Poer pada Kolom

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perancangan poer.

$P_u = 335,15$  ton

$P_{\max}$  (1 tiang) = 108,65 ton

Jumlah tiang pancang = 4 buah

Dimensi poer = 3 x 3 x 1 m

Mutu beton ( $f_c'$ ) = 40 MPa

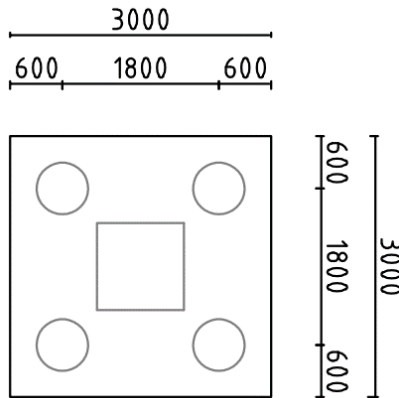
Mutu baja ( $f_y$ ) = 420 MPa

Diameter tulangan = 25 mm

Selimut beton = 50 mm

$\lambda = 1$  (beton normal)

Tinggi efektif ( $d_{shear}$ ) = 1000-50-25 = 925 mm

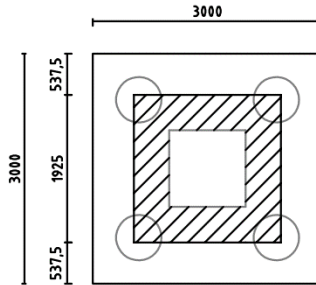


Gambar 4.89 Poer Tipe 1



#### 4.5.5.1 Kontrol Geser Ponds

- Akibat Kolom



Gambar 4.90 Area Kritis Geser Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser ponds untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Perencanaan geser ponds pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2847-2013 Pasal 11.11.2.1.

Untuk pondasi tapak non-prategang ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

dimana :

$\alpha_s = 20$  untuk kolom sudut,  $\alpha_s = 30$  untuk kolom tepi,  $\alpha_s = 40$  untuk kolom interior

$\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek =  $1000/1000 = 1$

$b_o$  = Keliling penampang kritis :

$b_o = 2 (b_{kolom} + d) + 2 (h_{kolom} + d)$

$b_o = 24(1925) + 4 (1000) = 11700 \text{ mm}$

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) 1\sqrt{40} \times 11700 \times 925 = 34908225 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c2} = 0,083 \times \left( \frac{30 \cdot 925}{11700} + 2 \right) 1\sqrt{40} \times 11700 \times 925$$

$$V_{c2} = 24836789,6 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_{c3} = 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \times 11700 \times 925 = 22587675 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  di atas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah  $22587675 \text{ N} = 22587,675 \text{ kN}$ . Berdasarkan bidang kritis geser akibat kolom pada Gambar 4.90 nilai  $V_u$  adalah sebagai berikut :

$$V_u = \frac{A_{kt}}{A_k} \times P_U - n \times \frac{A_{pt}}{A_p} \times P_{1 \text{ tiang}} + \gamma_{\text{beton}} \times t_p \times A_t$$

Dimana :

$$A_{kt} = \text{luas bidang kolom yang termasuk bidang geser} \\ = 1000000 \text{ mm}^2$$

$$A_k = \text{luas bidang kolom} = 1000000 \text{ mm}^2$$

$$P_U = 335,15 \text{ ton} = 3287,82 \text{ kN}$$

$$n = \text{jumlah tiang yang termasuk bidang bidang geser} \\ = 4 \text{ buah}$$

$$A_{pt} = \text{luas tiang yang termasuk bidang geser} \\ = 111819,02 \text{ mm}^2$$

$$A_p = \text{luas tiang} = 282743,34 \text{ mm}^2$$

$$P_{1 \text{ tiang}} = 108,65 \text{ ton} = 1065,8565 \text{ kN}$$

$$\gamma_{\text{beton}} = 24 \text{ kN/m}^3$$

$$t_p = \text{tebal poer} = 1000 \text{ mm}$$

$$A_t = \text{luas bidang geser (AutoCad)} = 3,7 \text{ m}^2$$

$$V_u = \frac{10^6}{10^6} \cdot 3287,82 - 4 \times \frac{111819,02}{282743,34} \times 1065,856 + 24 \times 1 \times 3,7 \\ = 1690,526 \text{ kN}$$

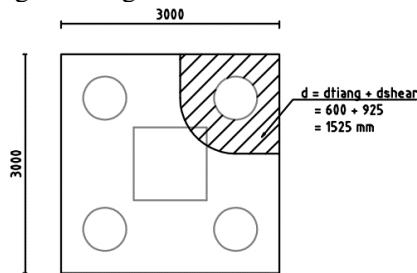
$$\phi V_c \geq V_u$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 22587,675 = 16940,756 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 16940,75 \text{ kN} > V_u = 1690,526 \text{ kN} \dots(\text{OK})$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser ponds akibat kolom (*two way shear*)

- Akibat Tiang Pancang



Gambar 4.91 Area Kritis Geser Akibat 1 Tiang Pancang

$$\beta = \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek} \\ = 1000/1000 = 1$$

$$b_o = \text{keliling penampang kritis (AutoCad)} \\ = 7007,687 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\ = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) 1 \sqrt{40} \cdot 7007,687 \cdot 925 \\ = 20908200,2 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\ = 0,083 \left( \frac{20 \times 925}{7007,687} + 2 \right) 1 \sqrt{40} \cdot 7007,687 \cdot 925 \\ = 20279918,8 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,33 \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\ = 0,33 \cdot 1 \sqrt{40} \cdot 7007,687 \cdot 925 = 13528835,4 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  di atas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 13528835,4 N = 13528,835 kN. Berdasarkan bidang kritis geser akibat tiang pancang pada Gambar 4.84 nilai  $V_u$  adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{A_{kt}}{A_k} \times P_U - n \times \frac{A_{pt}}{A_p} \times P_1 \text{ tiang} + \gamma_{\text{beton}} \times t_p \times A_t \\ &= \frac{35900,063}{10^6} \times 10777,07 - 1 \times \frac{282743,34}{282743,34} \times 1065,856 \\ &\quad + 24 \times 1 \times 1448892,062 \\ &= 906,264 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 13523 = 10146 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 10146 \text{ kN} > V_u = 906,264 \text{ kN} \dots(\text{OK})$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser ponds akibat tiang pancang.

#### 4.5.5.2 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

$$d_x = 1000 - 50 - \frac{1}{2} 25 = 937,5 \text{ mm}$$

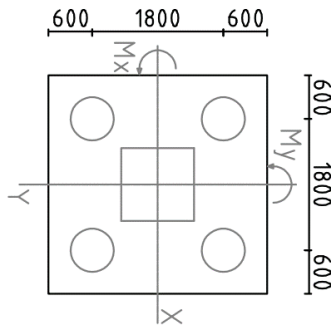
$$d_y = 1200 - 50 - 25 - \frac{1}{2}(25) = 912,5 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{(f'c - 28)}{7} = 0.85 - 0.05 \frac{(40 - 28)}{7} = 0.764$$

$\rho_{\text{min}}$  dipakai 0.0018

$$m = \frac{f_y}{0.85 f'c} = \frac{420}{0.85 \times 40} = 12.352$$

#### 4.5.5.2.1 Penulangan Poer Arah Sumbu X



Gambar 4.92 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu X)

$$P_{\text{maks}} = 108,65 \text{ ton} = 1065,86 \text{ kN}$$

$$q = 24 \times 1 \times 3 = 72 \text{ kN/m}$$

$$q_u = 72 \times 1,4 = 100,8 \text{ kN/m}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned} M_u &= 2 \times P_{\text{maks}} \times e_x - \frac{1}{2} \times q_u \times L^2 \\ &= 2 \times 1065,86 \times 0,9 - \frac{1}{2} \times 100,8 \times 1,5^2 \\ &= 1805,141 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d x^2} = \frac{1805,141}{0,9 \times 3600 \times 937,5} = 0,76$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,352} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,352 \times 0,76}{420}} \right) \\ &= 0,00183 > \rho_{\text{min}} = 0,0018 \end{aligned}$$

$$\rho = 0,00183$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho b d = 0,00183 \times 3000 \times 937,5 = 5152,169 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_{s \text{ perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 3000}{5152,169} = 285,82 \text{ mm}$$

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

Sehingga digunakan tulangan lentur D25 – 150 mm

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s = \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d$$

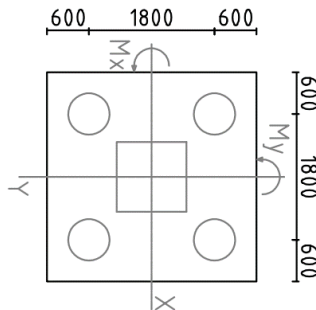
$$A_s = \frac{1}{2} \times 5152,169 = 2576,084 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19 ( $A_s = 283,52 \text{ mm}^2$ )

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_s \text{ perlu}} = \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 3000}{2576,084} = 330,185 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan tekan D19 – 150 mm

#### 4.5.4.2.2 Penulangan Poer Arah Sumbu Y



Gambar 4.93 Pembebanan Poer Kolom Tipe I (Arah Sumbu Y)

$$P_{\text{maks}} = 108,65 \text{ ton} = 1065,86 \text{ kN}$$

$$q = 24 \times 1 \times 3 = 72 \text{ kN/m}$$

$$q_u = 72 \times 1,4 = 100,8 \text{ kN/m}$$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned} M_u &= 2 \times P_{\text{maks}} \times e_y - \frac{1}{2} \times q_u \times L^2 \\ &= 2 \times 1065,86 \times 0,9 - \frac{1}{2} \times 100,8 \times 1,5^2 \\ &= 1805,14 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d y^2} = \frac{1805,14}{0,9 \times 3000 \times 912,5} = 0,802$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 m R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,352} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,352 \times 0,802}{420}} \right) \\ &= 0,0019 > \rho_{\text{min}} = 0,0018 \end{aligned}$$

$$\rho = 0,0019$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho b d = 0,0019 \times 3000 \times 912,5 = 5296,732 \text{ mm}^2$$

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_{s \text{ perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 25^2 \times 3000}{5296,732} = 278,024 \text{ mm}$$

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

Sehingga digunakan tulangan lentur D25 – 150 mm

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s = \frac{1}{2} \times \rho \times b \times d$$

$$A_s = \frac{1}{2} \times 5296,732 = 2648,366 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D19 ( $A_s = 283,53 \text{ mm}^2$ )

$$S = \frac{0,25 \times \pi \times \phi^2 \times b}{A_{s \text{ perlu}}} = \frac{0,25 \times \pi \times 19^2 \times 3000}{2648,366} = 321,173 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan tulangan tekan D19 – 150 mm

#### 4.5.6 Perencanaan Sloof Pondasi

Struktur balok sloof berfungsi agar penurunan yang terjadi pada pondasi (pilecap) bergerak bersama-sama, dengan kata lain balok sloof merupakan pengaku yang menghubungkan antar pondasi (pilecap). Adapun beban-beban yang ditimpakan ke sloof meliputi berat sloof sendiri, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Data perencanaannya sebagai berikut :

$$\text{Dimensi sloof} = 420 \times 600 \text{ mm}$$

$$\text{Mutu beton } (F'_c) = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu baja } (F_y) = 420 \text{ MPa}$$

$$\text{Tulangan utama} = \text{D22}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = \text{Ø10}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Bentang} = 8,1 \text{ m}$$

$$\text{Gaya aksial kolom} = 16104,43 \text{ kN}$$

$$P_{U \text{ sloof}} = (10\% \cdot 16104,43)$$

$$= 1610,443 \text{ kN} = 1610443 \text{ N}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.12.3.2, balok sloof yang didesain sebagai pengikat horizontal antara *poer* harus diporoposikan sedemikian hingga dimensi penampang terkecil harus sama dengan atau lebih besar jarak antar kolom yang disambung dibagi dengan 20, tetapi tidak perlu lebih besar dari 450

$$\frac{l}{20} = \frac{8100}{20} = 405 \text{ mm} \leq 450 \text{ mm}$$

Direncanakan dimensi sloof terkecil adalah 420 mm, maka dimensi tersebut telah memenuhi kriteria pendesainan.

#### 4.5.6.1 Penulangan Lentur Sloof

Penulangan sloof didasarkan pada kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya seperti penulangan pada kolom.

Konstruksi sloof merupakan balok menerus sehingga pada perhitungan momen digunakan momen koefisien. Besarnya koefisien momen tersebut ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal 8.3.3, sebagaimana diperlihatkan dengan analisis berikut ini:

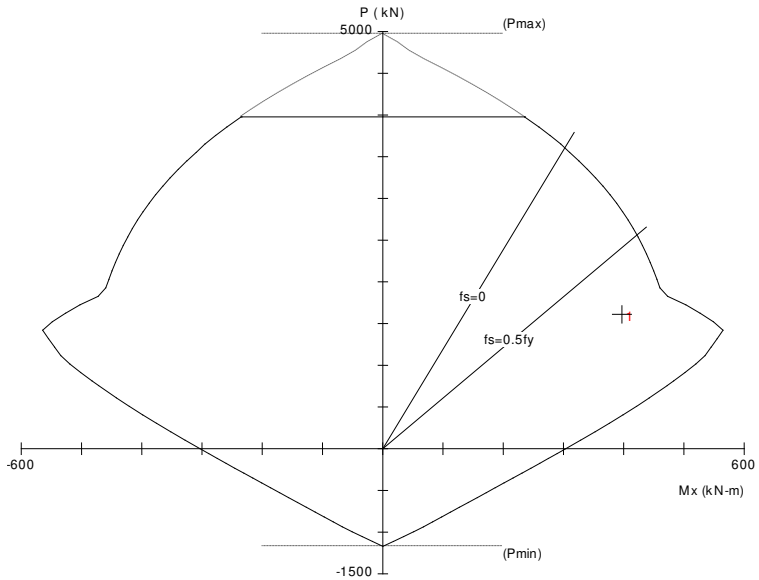
$$q_d = 0,42 \cdot 0,6 \cdot 2400 = 604,8 \text{ kg/m}$$

$$q_u = 1,2 \cdot 604,8 = 725,76 \text{ kg/m}$$

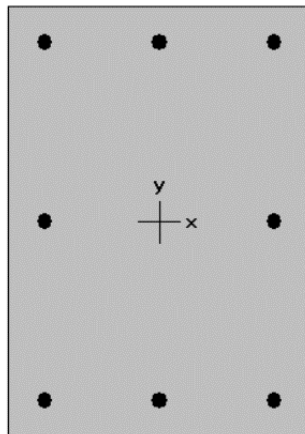
$$\begin{aligned} M_{u \text{ tumpuan}} &= \frac{1}{12} \times q_u \times l^2 \\ &= \frac{1}{12} \times 725,76 \times 8,1^2 \\ &= 3968,093 \text{ kgm} = 396,803 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$P_u \text{ Sloof} = 1610,443 \text{ kN}$$





Gambar 4.94 Diagram Interaksi Sloof



**420 × 600 mm**  
**1.23% reinf.**

Gambar 4.95 Hasil Penulangan pcaColumn

Dari analisis pcaColumn didapat :

$$\rho = 0,0123$$

Dipasang tulangan = 8 D22 (As = 3096 mm<sup>2</sup>)

- Cek lebar sloof

Jarak minimum yang disyaratkan antar dua batang tulangan adalah 25 mm. Minimum lebar yang diperlukan akan diperoleh sebagai berikut :

2 × selimut beton (c = 40 mm)	= 2 . 40 = 80 mm
2 × sengkang (Ø = 10 mm)	= 2 . 10 = 20 mm
3 × D22	= 3 . 22 = 66mm
2 × jarak antara 25 mm	<u>= 2 . 25 = 50 mm</u>
Total	= 216 mm

Total lebar < Lebar balok 450 mm ternyata cukup untuk pemasangan tulangan dalam 1 baris.

#### 4.5.6.2 Penulangan Geser Sloof

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 11.2.1.2 penentuan kekuatan geser beton yang terbebani aksial tekan ditentukan dengan perumusan berikut:

$$A_g = 420 \cdot 600 = 252000 \text{ mm}^2$$

$$d = 600 - 40 - 10 - 22/2 = 539 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{F'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{1610443}{14 \cdot 252000} \right) 1 \sqrt{40} \cdot 420 \cdot 539$$

$$V_c = 307008,6 \text{ N}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \cdot 307008,6 = 230256,5 \text{ N} = 23495,56 \text{ kg}$$

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot l = \frac{1}{2} \cdot 725,76 \cdot 8,1 = 2939,328 \text{ kg}$$

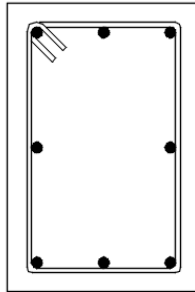
$$\phi V_c > V_u$$

$$23495,56 \text{ kg} > 2939,328 \text{ kg} \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

Berdasarkan SNI 2847:2012 Pasal 21.12.3 jarak antara tulangan transversal pada sloof tidak boleh kurang dari berikut ini:

- $\frac{d}{2} = \frac{539}{2} = 269,5 \text{ mm}$
- $s = 300 \text{ mm}$

Dipasang sengkang 2D10-300 mm



Gambar 4.96 Detail Sloof

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil perhitungan struktur dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan struktur sekunder
  - a. Pelat menggunakan bondek dari SUPER FLOOR DECK, menggunakan tebal pelat 90 mm dengan tulangan 4Ø8-200 pada atap, 5Ø8-150 mm pada lantai 2-17 dan pada lantai dasar menggunakan pelat beton dengan tebal 200 mm.
  - b. Dimensi balok anak lantai atap dan lantai hotel menggunakan profil terbesar WF 400×200×8×13.
  - c. Dimensi balok penggantung lift menggunakan profil WF 400×200×8×13.
  - d. Pelat anak tangga menggunakan pelat bondek setebal 9 cm dengan balok utama tangga WF 200×100×5,5×8, balok penumpu bordes WF 300×150×6,5×9, dan balok penumpu tangga WF 350×175×7×11.
  
2. Analisis ETABS telah memenuhi kontrol partisipasi massa, kontrol waktu getar alami fundamental, kontrol nilai akhir respon spectrum, kontrol simpangan (drift) dan sistem ganda pada struktur yang direncanakan di kota Jakarta telah memenuhi syarat.
  
3. Hasil perhitungan struktur primer:
  - a. Link menggunakan panjang 100 cm dengan profil WF 400×200×8×13.
  - b. Balok luar link dan balok induk menggunakan profil WF 500×200×10×16.
  - c. Bressing menggunakan profil WF 200×200×12×12.
  - d. Kolom menggunakan tipe Concrete Filled Tube dengan dimensi CFT 700×700×25.

4. Hasil Perhitungan sambungan
  - a. Sambungan balok anak atap dan balok induk menggunakan 4 buah dan 4 buah baut M12 mm A325 dan pelat siku 75x75x10.
  - b. Sambungan balok anak lantai dan balok induk menggunakan 4 buah dan 4 buah baut M12 mm A325 dan pelat siku 75x75x10.
  - c. Sambungan balok utama tangga dan balok penumpu tangga menggunakan 4 buah dan 4 buah baut M12 mm A325 dan pelat siku 45x45x7.
  - d. Sambungan balok bordes dan balok penumpu bordes menggunakan 4 buah baut M12 mm A325.
  - e. Sambungan balok penumpu bordes dan kolom menggunakan 4 buah baut M8 mm A325 dan pelat siku 45x45x7 dan las sudut 3mm.
  - f. Sambungan bresing menggunakan 4 M16 mm A490 pada badan dengan pelat sambung 10 mm dan menggunakan 4 M16 mm A490 pada sayap dengan pelat siku 75x75x12 serta menggunakan pelat buhul tebal 12 mm dengan las 5 mm pada balok luar link serta 5 mm pada balok dan kolom,
  - g. Sambungan Balok Induk dan Kolom menggunakan 4 M20 mm dan 12 M24 mm pada *diaphragm plate* setebal 16 mm.
  - h. Sambungan antar kolom menggunakan las sudut dan pelat dengan tebal 40 mm
  - i. Sambungan Base Plate menggunakan pelat dengan ukuran 900 x 900 mm dengan ketebalan 40 mm dan menggunakan baut angkur F1554 M22 8 buah.
  - j. Sambungan link dengan balok luar link menggunakan 32 M16 mm A490
  
5. Hasil Perhitungan struktur bawah

- a. Pondasi menggunakan tiang pancang produk dari PT. Waskita Beton Precast dengan diameter 600 mm dengan mencapai kedalaman -24.00 m.
- b. Penulangan poer menggunakan D25-150 mm dan D19-150 mm.
- c. Dimensi Kolom sebesar 100/100 cm menggunakan jumlah tulangan 24-D43.
- d. Dimensi sloof sebesar 42/60 cm menggunakan tulangan 8 D22.

## 5.2 Saran

Saran untuk Tugas Akhir ini adalah:

1. Setelah mendapatkan nilai faktor pengali pada perhitungan kontrol nilai akhir respon spektrum, kemudian harus dikalikan dengan *scale factor* pada software ETABS sehingga perhitungan manual dan perhitungan menggunakan ETABS menjadi lebih kritis.
2. Diperlukan pengawasan yang baik dan benar dalam pelaksanaan di lapangan sehingga struktur dapat benar-benar bekerja sebagai struktur rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction, 2016. **Seismic Provision for Structural Steel Buildings (AISC 341-16)**. AISC, Inc.
- Azad, S. K., and Topkaya, Cem., 2017. **A review of Research on Steel Eccentrically Braced Frames**. Journal of Constructional Steel Research, Vol 128, Page 53-73.
- Aziz, Abdul, 2012. **Studi Perilaku Sistem Rangka Baja *K-Split EBF (Eccentrically Braced Frames)* terhadap Beban Gempa dengan Analisis *Pushover***. Laporan Skripsi. Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UI.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 1726:2012)**. Bandung : BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. **Beban Minimum Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013)**. Bandung : BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. **Prasyarat Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)**. Bandung : BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2015. **Spesifikasi untuk Bangunan Baja Struktural (SNI 1729:2015)**. Bandung : BSN
- Bowles, Joseph. E. 1988. **Foundation Analysis and Design**. McGraw Hill. International Book Company.
- Dewobroto, W., dan Wijaya, R., 2015. **Perencanaan, Perilaku dan Keunggulan Portal Momen Rangka Batang Khusus (PMRBE) terhadap Portal Momen Khusus (PMK)**

**pada Bangunan Baja Bertingkat Sedang.** Seminar dan Pameran HAKI.

Engelhardt, Michael D., 2007. **Design Of Seismic Resistant Steel Building Structures.** USA : University of Texas.

Marwan, Isdarmanu, 2006. **Buku Ajar : STRUKTUR BAJA I.** Surabaya : Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS

Pemerintah Propinsi DKI Jakarta 2013. **RPJMD (Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah) Propinsi DKI Jakarta 2013-2017.** Jakarta: Pemerintah Propinsi DKI Jakarta.

Popov, E. P., and Engelhardt M. D., 1988. **Seismic Eccentrically Braced Frames.** J. Construct. Steel Research.

Prawono, S., Tobing, E., dan Teian, T. H., 1999. **Sudut Penyebaran Beban Pondasi Dangkal di atas Tanah Urug.** Dimensi Teknik Sipil, Vol. 1, No. 2.

Shilpa S, Dinu P, Sreepriya M. 2016. **Study on Concrete Filled Steel Tube.** Ernakulam, India: Civil Departement SNGCE.

Soehaimi, A. 2008. **Seismotektonik dan Potensi Kegempaan Wilayah Jawa.** Bandung : Jurnal Geologi Indonesia Vol. 3 No. 4

Surjandari, Niken S., 2008. **Studi Perbandingan Perhitungan Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Bor Menggunakan Uji Beban Statik dan Metode Dinamik.** Media Sipil.

Wahyudi, Herman 2013. **Daya Dukung Pondasi Dalam.** Surabaya : ITS PRESS.

## **LAMPIRAN**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT. 2

SKALA

1:400

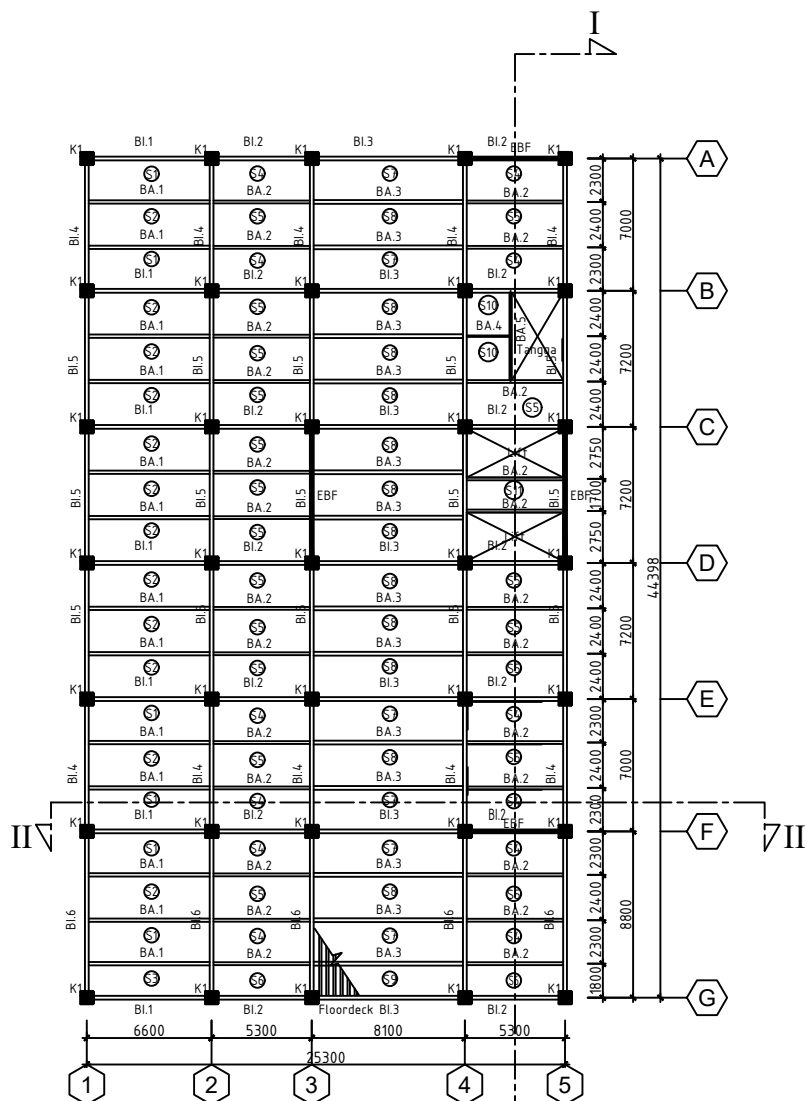
NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

1

29

CATATAN



DENAH PEMBALOKAN LT. 2  
SKALA 1:400

KOLOM		
NO	NAMA KOLOM	PROFIL
1	K1	CFT 700 x 700 x 25

### BALOK ANAK LANTAI HOTEL

NO	NAMA BALOK ANAK	PROFIL
1	BA.1	WF 350 X 175 X 7 X 11
2	BA.2	WF 300 X 150 X 6,5 X 9
3	BA.3	WF 400 X 200 X 8 X 13
4	BA.4	WF 150 X 75 X 5 X 7
5	BA.5	WF 250 X 125 X 6 X 9

### BALOK ANAK LANTAI ATAP HOTEL

NO	NAMA BALOK ANAK	PROFIL
1	BA. 1	WF 350 X 175 X 7 X 11
2	BA. 2	WF 250 X 125 X 6 X 9
3	BA. 3	WF 400 X 200 X 8 X 13
4	BA. 4	WF 150 X 75 X 5 X 7
5	BA. 5	WF 250 X 125 X 6 X 9

### BALOK INDUK

NO	NAMA BALOK	PROFIL
1	BI. 1	WF 500 x 200 x 10 x 16
2	BI. 2	WF 500 x 200 x 10 x 16
3	BI. 3	WF 500 x 200 x 10 x 16
4	BI. 4	WF 500 x 200 x 10 x 16
5	BI. 5	WF 500 x 200 x 10 x 16
6	BI. 6	WF 500 x 200 x 10 x 16

### PELAT

NO	NAMA PELAT	LUAS (m <sup>2</sup> )	TEBAL (cm)
1	S. 1	15.18	9
2	S. 2	15.84	9
3	S. 3	11.88	9
4	S. 4	12.19	9
5	S. 5	12.72	9
6	S. 6	9.54	9
7	S. 7	18.63	9
8	S. 8	19.44	9
9	S. 9	14.58	9
10	S. 10	6	9
11	S. 11	8.48	9





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT. 5 -  
17

SKALA

1:400

NO. LEMBAR JUMLAH LEMBAR

3

29

CATATAN

### BALOK ANAK LANTAI HOTEL

NO	NAMA BALOK ANAK	PROFIL
1	BA.1	WF 350 X 175 X 7 X 11
2	BA.2	WF 300 X 150 X 6,5 X 9
3	BA.3	WF 400 X 200 X 8 X 13
4	BA.4	WF 150 X 75 X 5 X 7
5	BA.5	WF 250 X 125 X 6 X 9

### BALOK ANAK LANTAI ATAP HOTEL

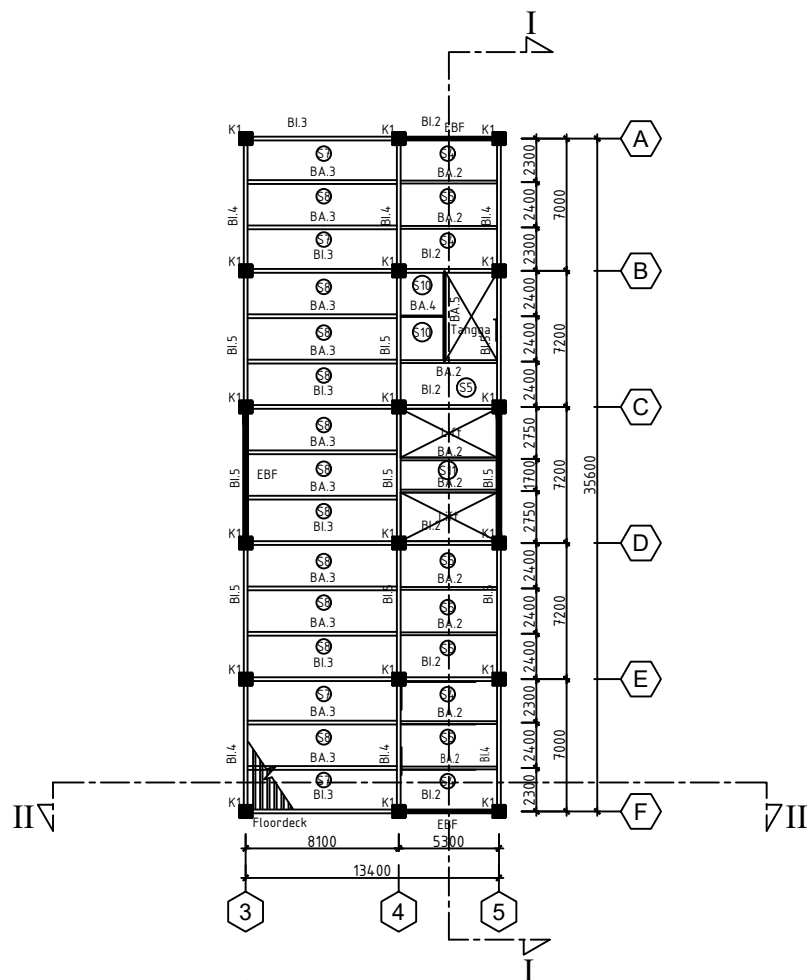
NO	NAMA BALOK ANAK	PROFIL
1	BA. 1	WF 350 X 175 X 7 X 11
2	BA. 2	WF 250 X 125 X 6 X 9
3	BA. 3	WF 400 X 200 X 8 X 13
4	BA. 4	WF 150 X 75 X 5 X 7
5	BA. 5	WF 250 X 125 X 6 X 9

### BALOK INDUK

NO	NAMA BALOK	PROFIL
1	BI. 1	WF 500 x 200 x 10 x 16
2	BI. 2	WF 500 x 200 x 10 x 16
3	BI. 3	WF 500 x 200 x 10 x 16
4	BI. 4	WF 500 x 200 x 10 x 16
5	BI. 5	WF 500 x 200 x 10 x 16
6	BI. 6	WF 500 x 200 x 10 x 16

### PELAT

NO	NAMA PELAT	LUAS (m <sup>2</sup> )	TEBAL (cm)
1	S. 1	15.18	9
2	S. 2	15.84	9
3	S. 3	11.88	9
4	S. 4	12.19	9
5	S. 5	12.72	9
6	S. 6	9.54	9
7	S. 7	18.63	9
8	S. 8	19.44	9
9	S. 9	14.58	9
10	S. 10	6	9
11	S. 11	8.48	9



DENAH PEMBALOKAN LT. 5-17  
SKALA 1:400

### KOLOM

NO	NAMA KOLOM	PROFIL
1	K1	CFT 700 x 700 x 25



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS**

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN ATAP

SKALA

1:400

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

4

29

CATATAN

### BALOK ANAK LANTAI ATAP HOTEL

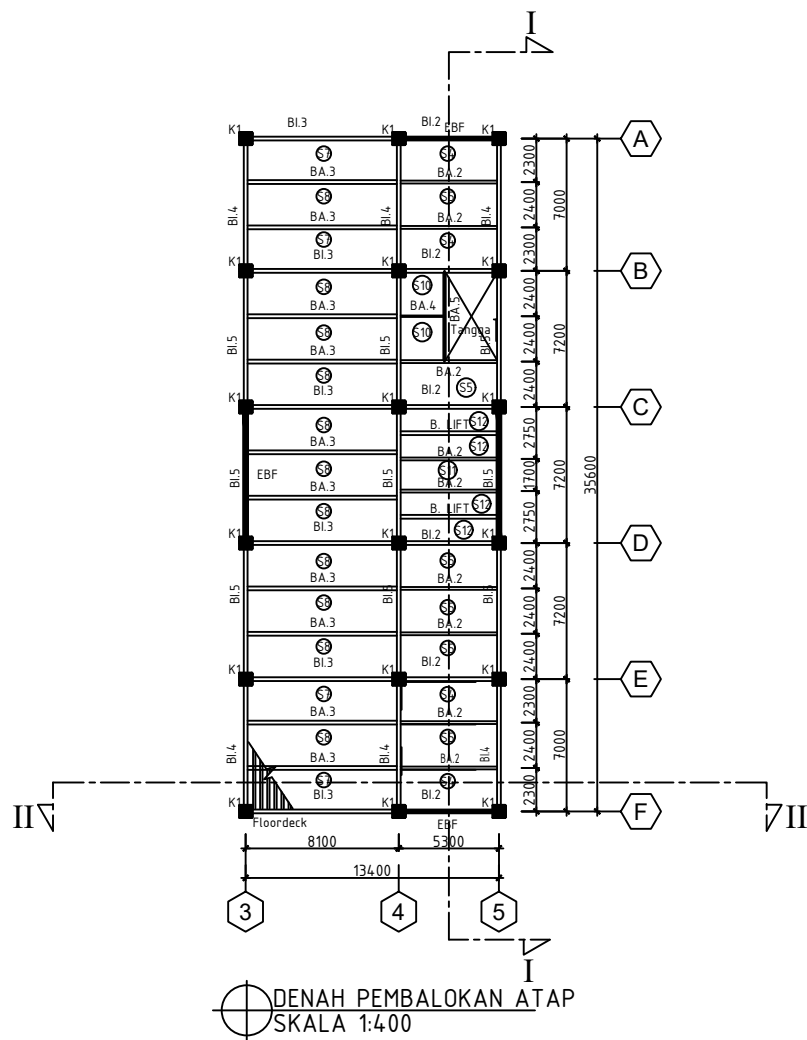
NO	NAMA BALOK ANAK	PROFIL
1	BA. 1	WF 350 X 175 X 7 X 11
2	BA. 2	WF 250 X 125 X 6 X 9
3	BA. 3	WF 400 X 200 X 8 X 13
4	BA. 4	WF 150 X 75 X 5 X 7
5	BA. 5	WF 250 X 125 X 6 X 9

### BALOK INDUK

NO	NAMA BALOK	PROFIL
1	Bl. 1	WF 500 x 200 x 10 x 16
2	Bl. 2	WF 500 x 200 x 10 x 16
3	Bl. 3	WF 500 x 200 x 10 x 16
4	Bl. 4	WF 500 x 200 x 10 x 16
5	Bl. 5	WF 500 x 200 x 10 x 16
6	Bl. 6	WF 500 x 200 x 10 x 16

### PELAT

NO	NAMA PELAT	LUAS (m <sup>2</sup> )	TEBAL (cm)
1	S. 1	15.18	9
2	S. 2	15.84	9
3	S. 3	11.88	9
4	S. 4	12.19	9
5	S. 5	12.72	9
6	S. 6	9.54	9
7	S. 7	18.63	9
8	S. 8	19.44	9
9	S. 9	14.58	9
10	S. 10	6	9
11	S. 11	8.48	9



### KOLOM

NO	NAMA KOLOM	PROFIL
1	K1	CFT 700 x 700 x 25





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS**

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT. 1

SKALA

1:300

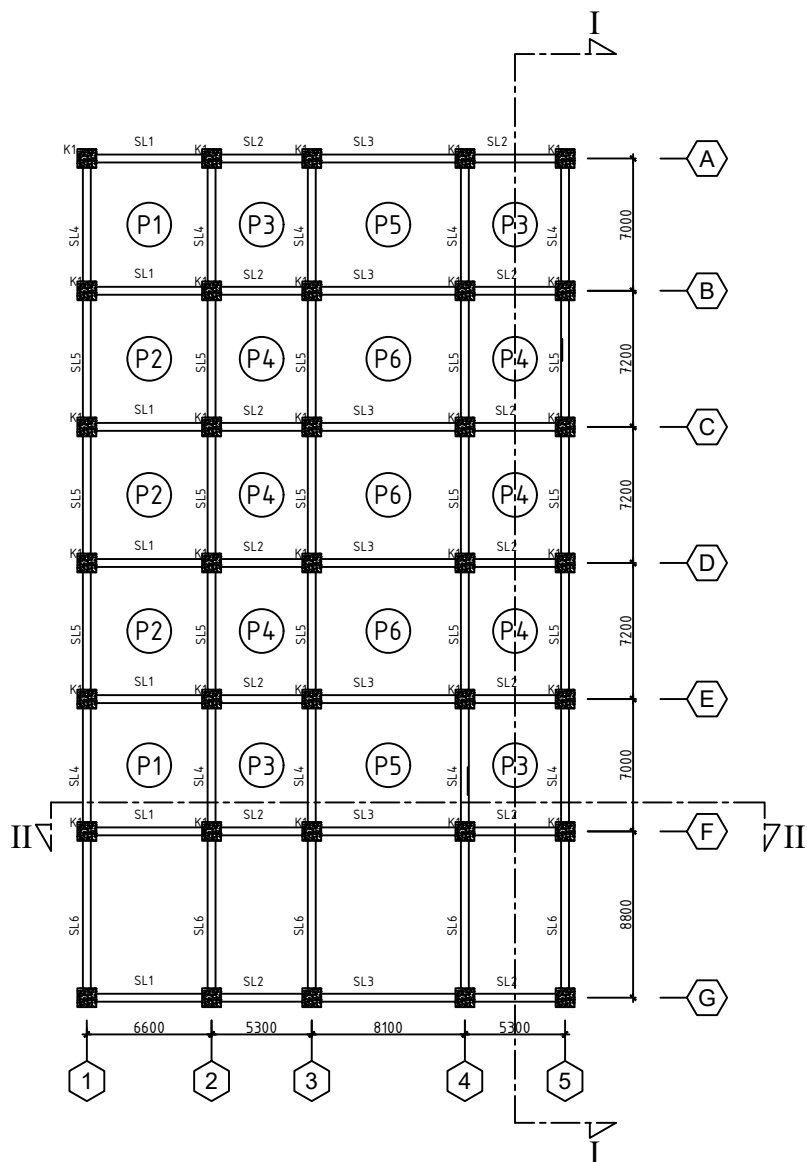
NO. LEMBAR

5

JUMLAH LEMBAR

29

CATATAN



DENAH PEMBALOKAN LT. 1  
SKALA 1:400

KOLOM			
NO	NAMA KOLOM	DIMENSI	
1	K1	1000 x 1000	
SLOOF LANTAI 1 HOTEL			
NO	NAMA SLOOF	DIMENSI	
1	SL. 1	420 X 600	
2	SL. 2	420 X 600	
3	SL. 3	420 X 600	
4	SL. 4	420 X 600	
5	SL. 5	420 X 600	
6	SL. 6	420 X 600	
PELAT			
NO	NAMA PELAT	LUAS (m <sup>2</sup> )	TEBAL (cm)
1	P. 1	46.20	9
2	P. 2	47.52	9
3	P. 3	37.10	9
4	P. 4	38.12	9
5	P. 5	56.70	9
6	P. 6	58.72	9



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS**

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

DENAH PONDASI

SKALA

1:400

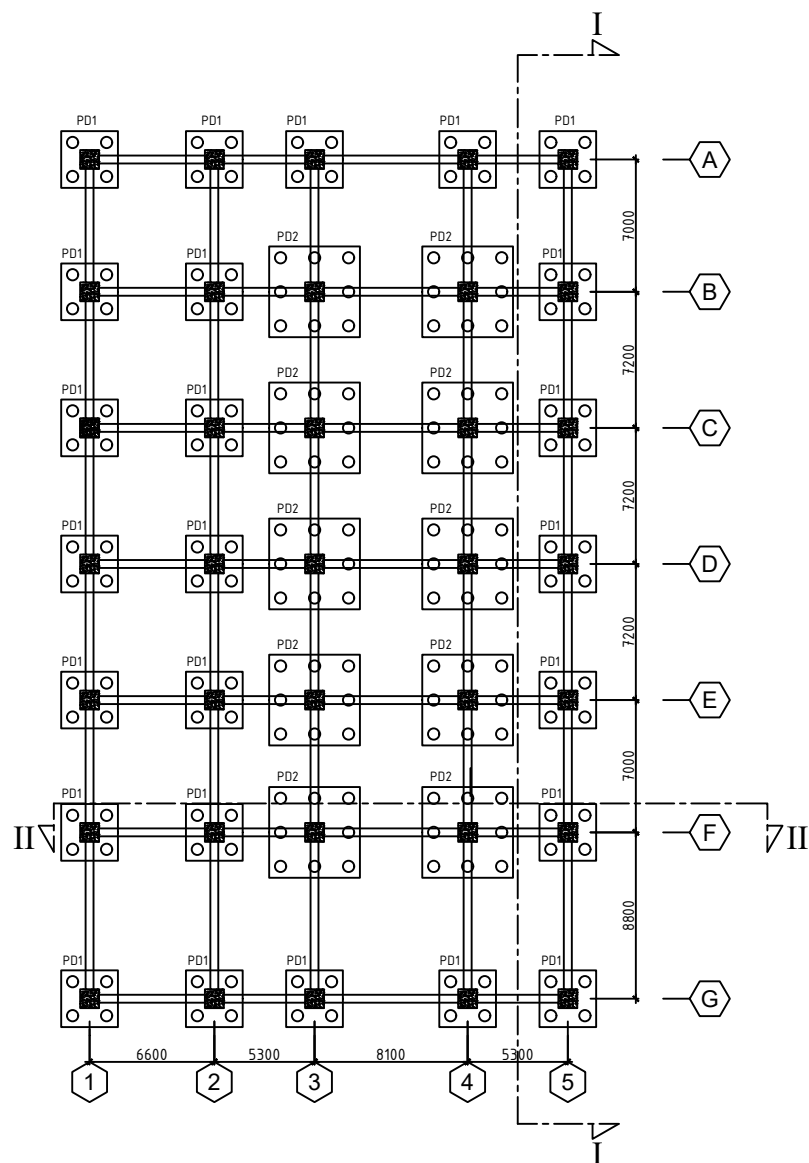
NO. LEMBAR

6

JUMLAH LEMBAR

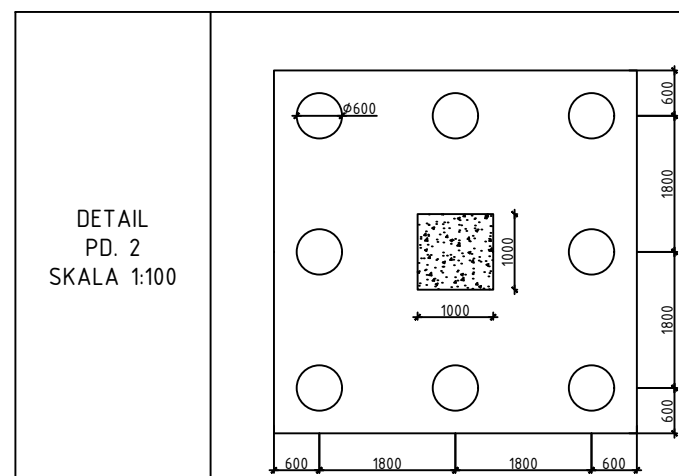
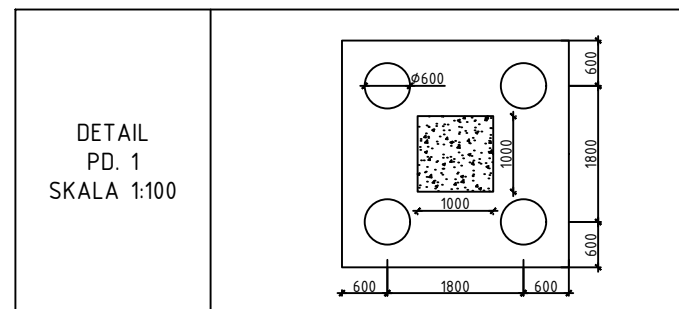
29

CATATAN



DENAH PONDASI  
SKALA 1:400

PONDASI		
NO	NAMA PONDASI	TIPE
1	PD. 1	SPUN PILE
2	PD. 2	SPUN PILE





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS**

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

POTONGAN I-I

SKALA

1:500

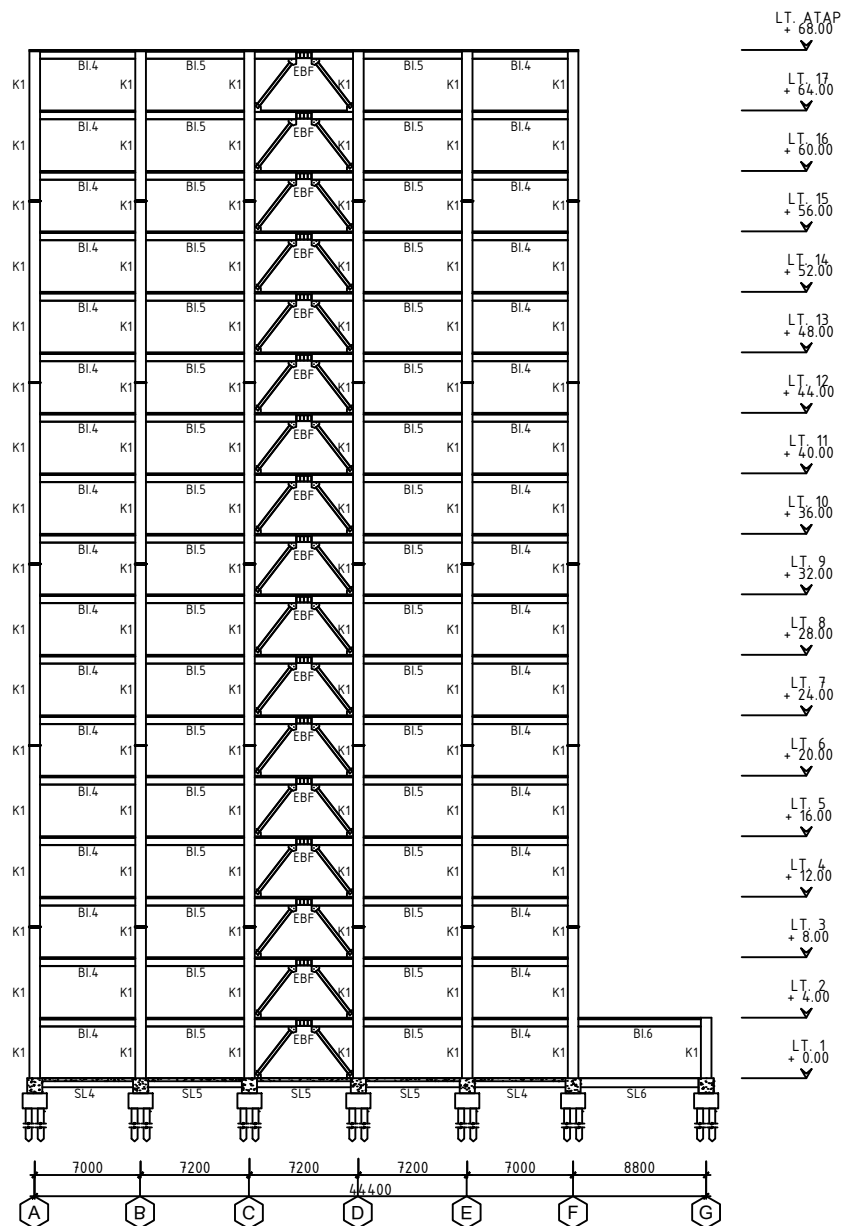
NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

7

29

CATATAN



POTONGAN I-I  
SKALA 1:500





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

DENAH TANGGA DAN  
POTONGAN A-A

SKALA

1:50

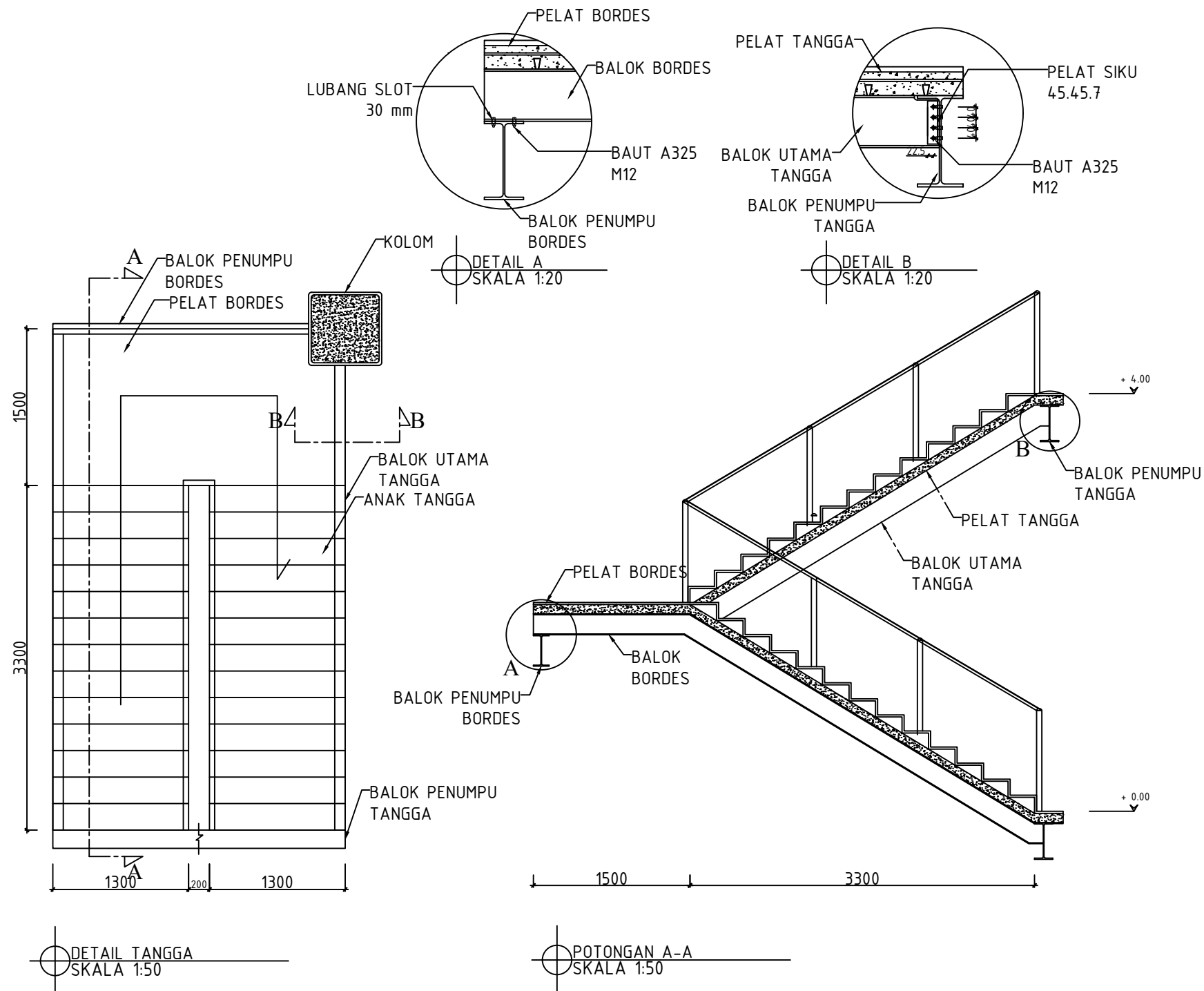
NO. LEMBAR

9

JUMLAH LEMBAR

29

CATATAN



DETAIL TANGGA  
SKALA 1:50

POTONGAN A-A  
SKALA 1:50



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS**

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

POTONGAN B-B DAN  
POTONGAN C-C

SKALA

1:15

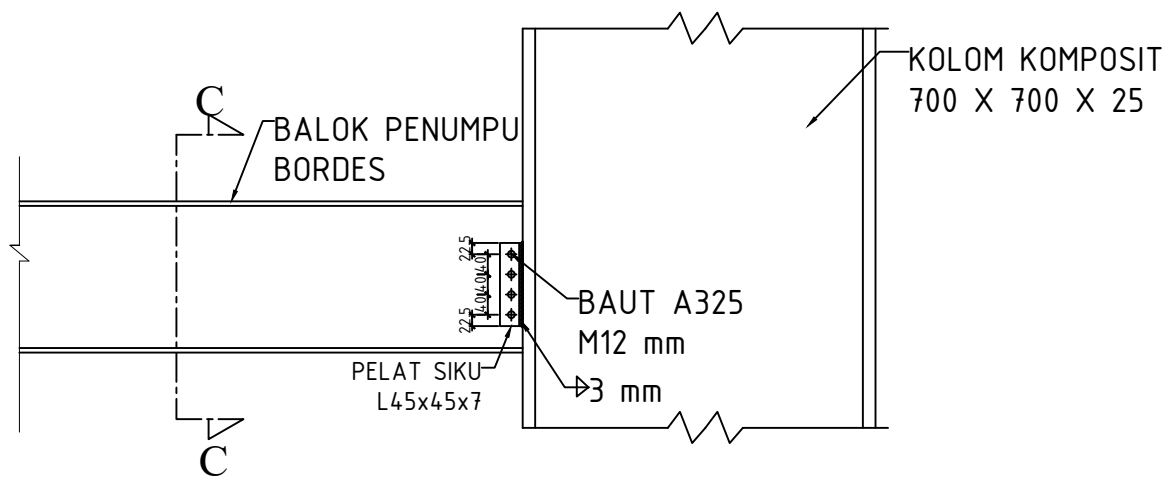
NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

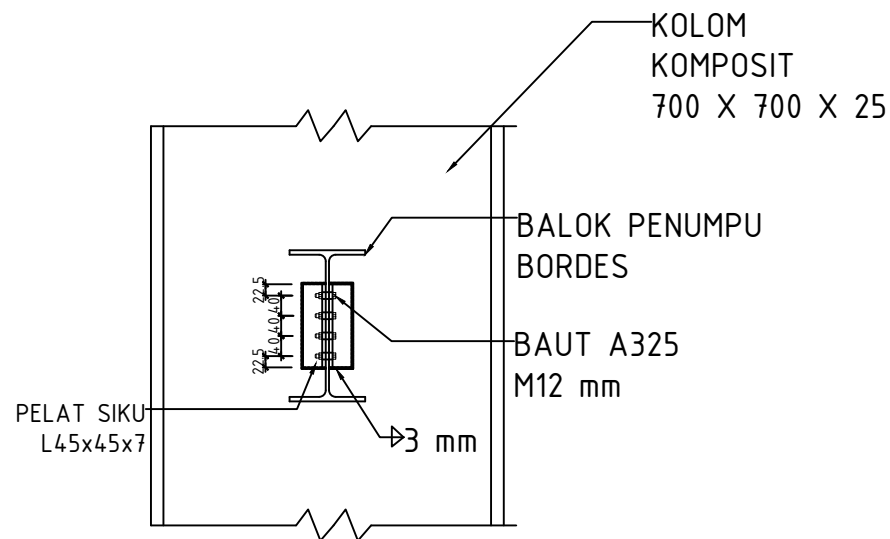
10

29

CATATAN



POTONGAN B-B  
SKALA 1:15



POTONGAN C-C  
SKALA 1:15



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

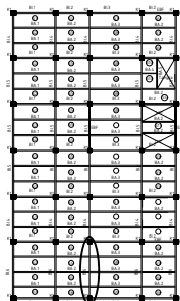
BALOK INDUK MEMANJANG  
DAN POTONGAN

SKALA

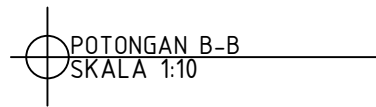
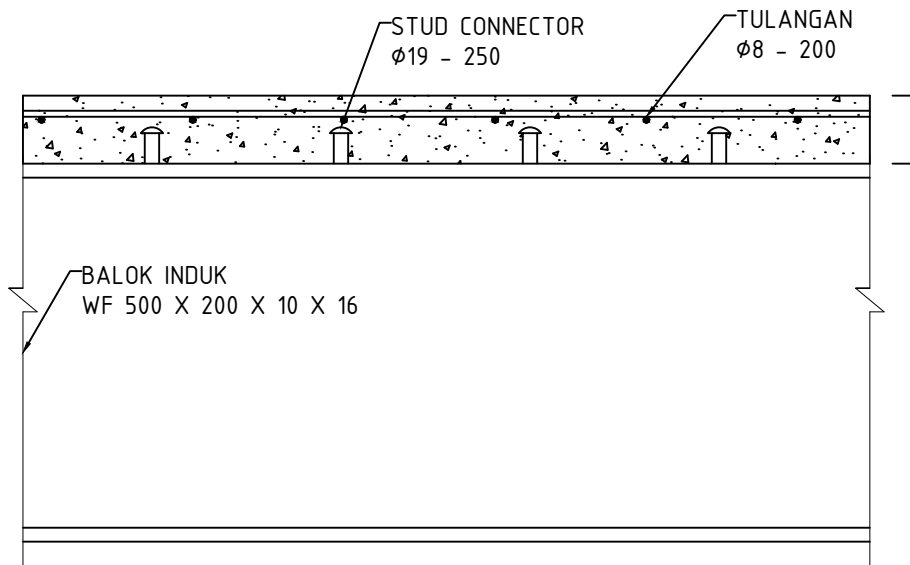
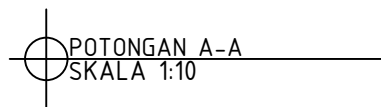
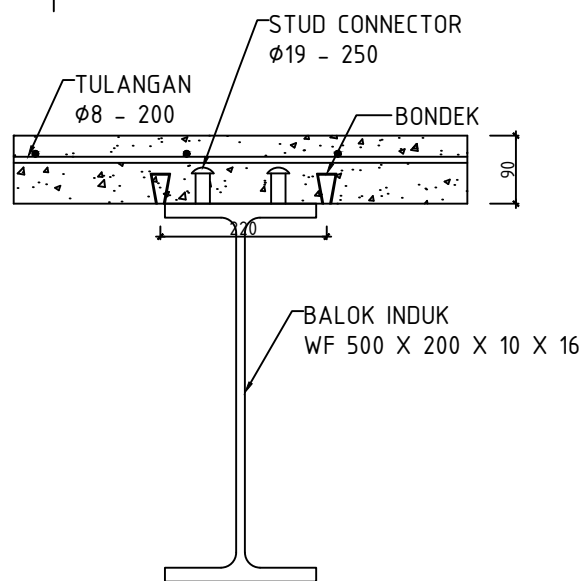
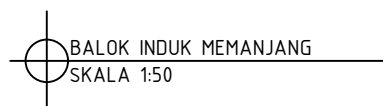
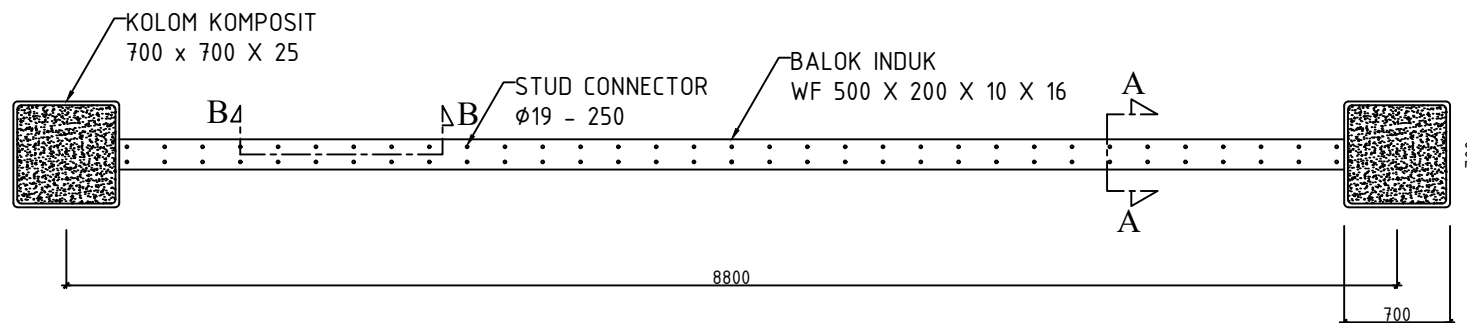
1:50

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
11	29

CATATAN



DENAH  
PEMBALOKAN  
LT. 2





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

BALOK INDUK MELINTANG

SKALA

1:50

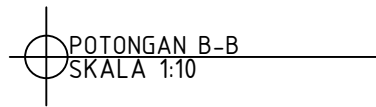
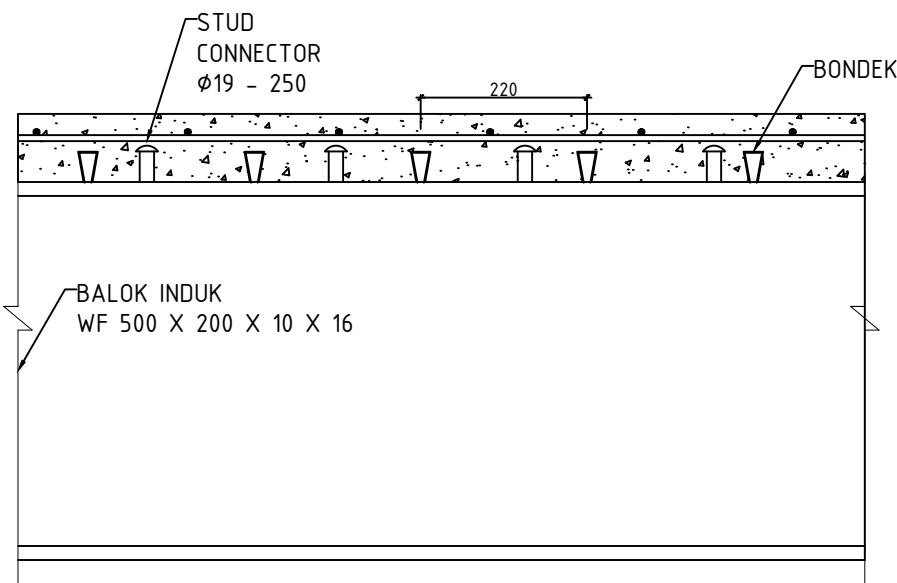
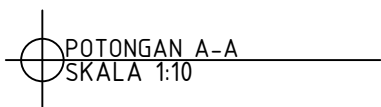
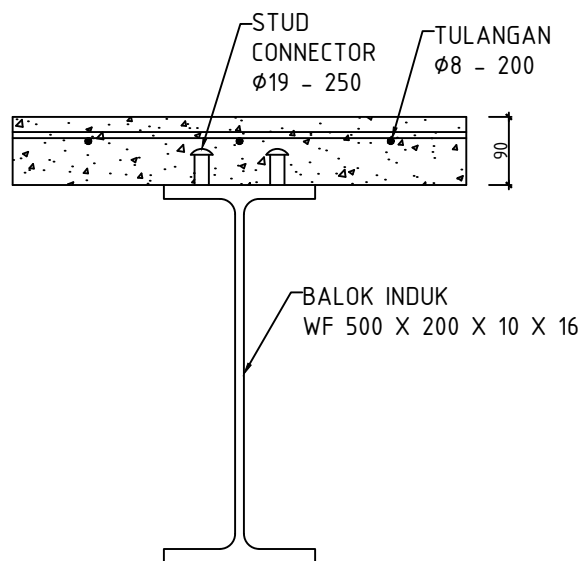
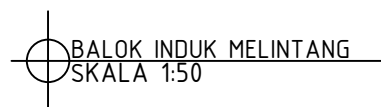
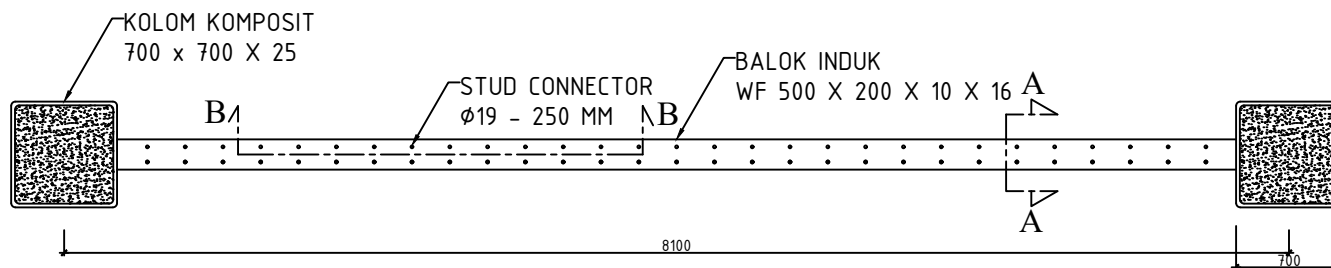
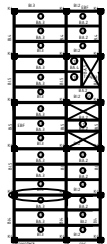
NO. LEMBAR

12

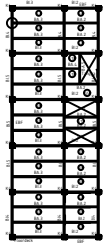
JUMLAH LEMBAR

29

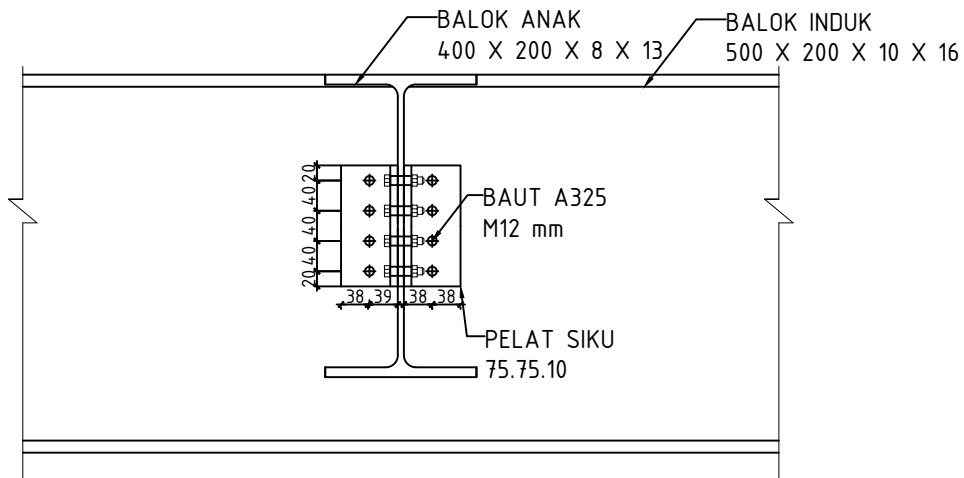
CATATAN



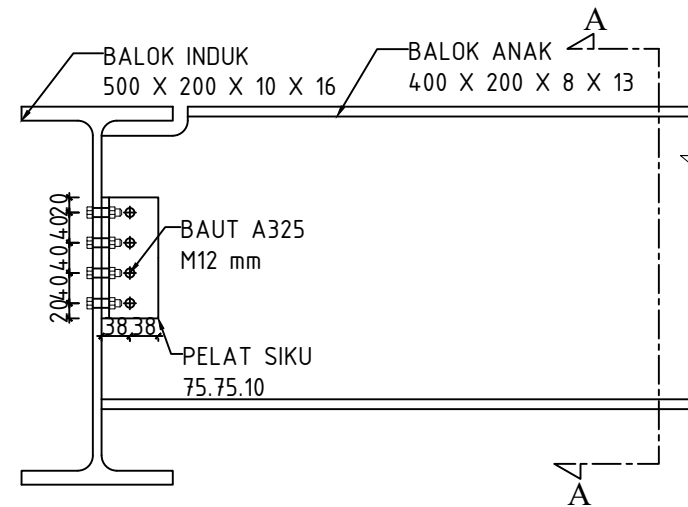




DENAH  
PEMBALOKAN  
LT. ATAP



POTONGAN A-A  
SKALA 1:10



SAMBUNGAN B. ANAK - B. INDUK ATAP  
SKALA 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS**

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK INDUK -  
BALOK ANAK

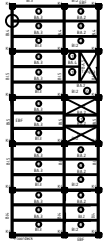
SKALA

1:10

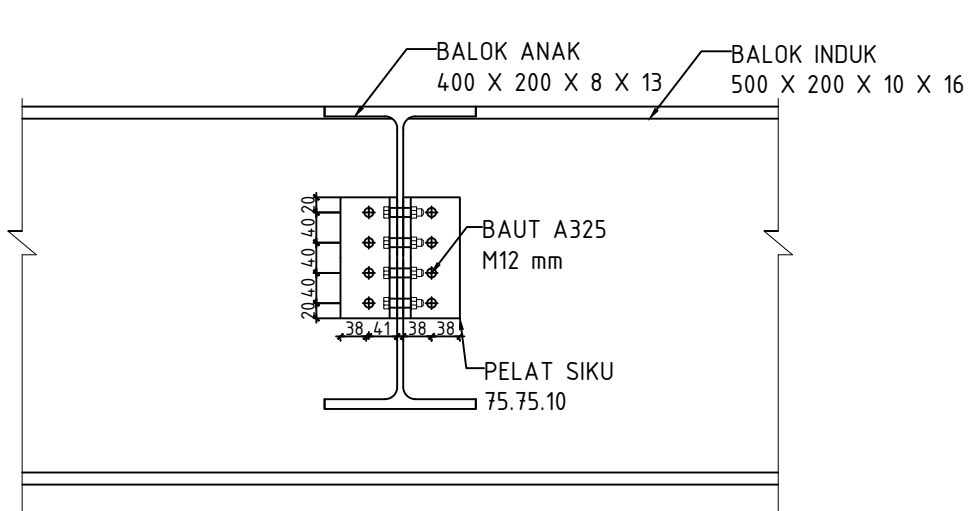
NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

13	29
----	----

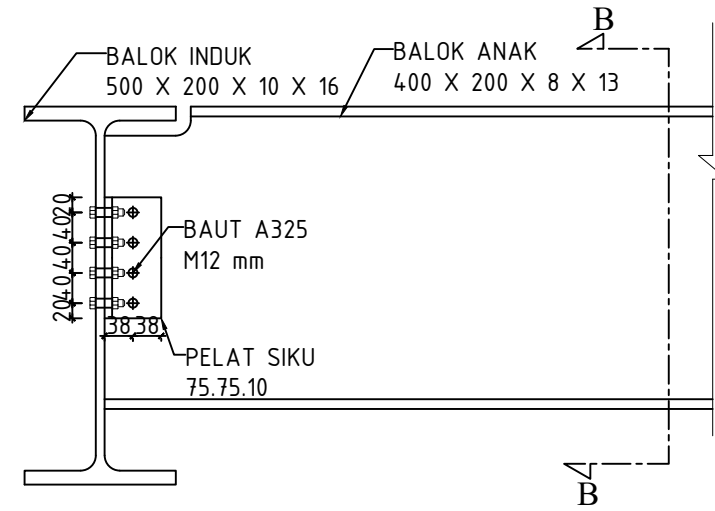
CATATAN



DENAH  
PEMBALOKAN  
LT. 5



POTONGAN B-B  
SKALA 1:10



SAMBUNGAN B. ANAK - B. INDUK LANTAI  
SKALA 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS**

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK INDUK -  
BALOK ANAK

SKALA

1:10

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

14	29
----	----

CATATAN



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK -  
KOLOM

SKALA

1:20

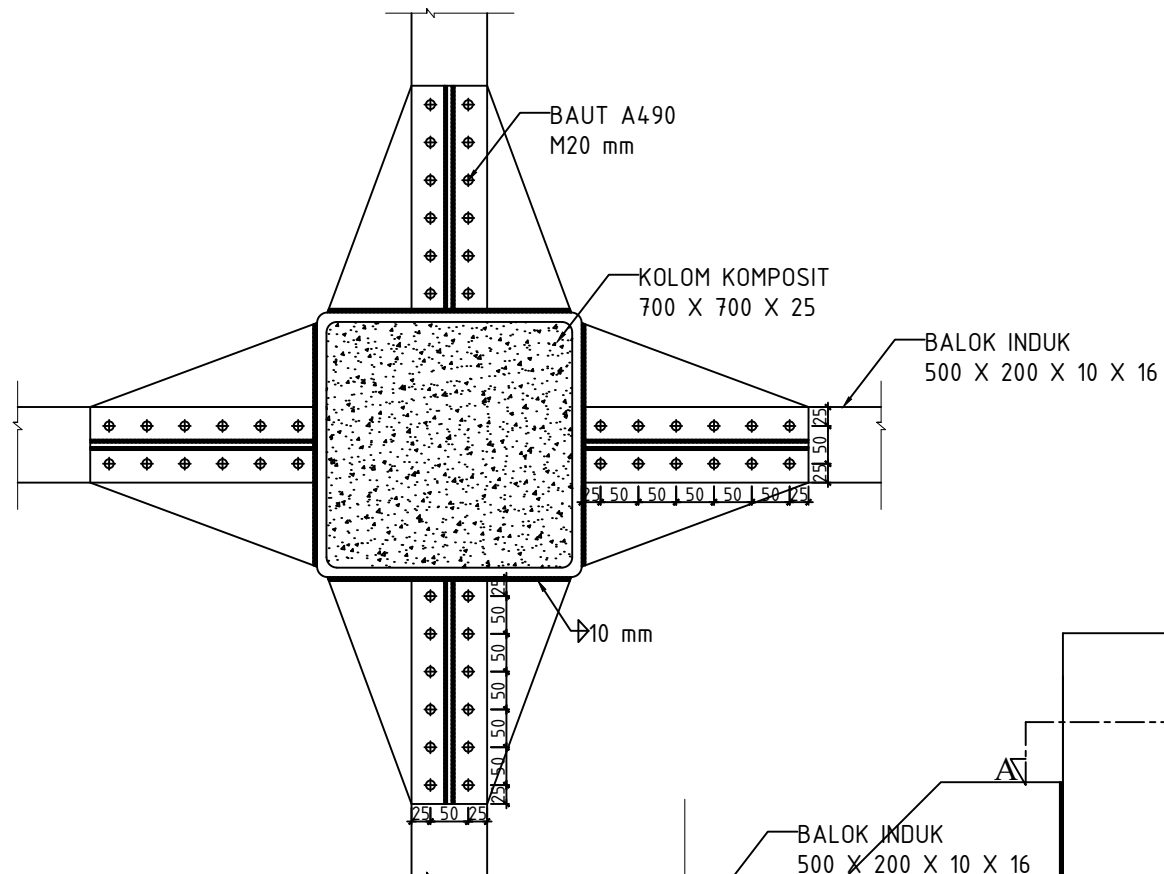
NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

15

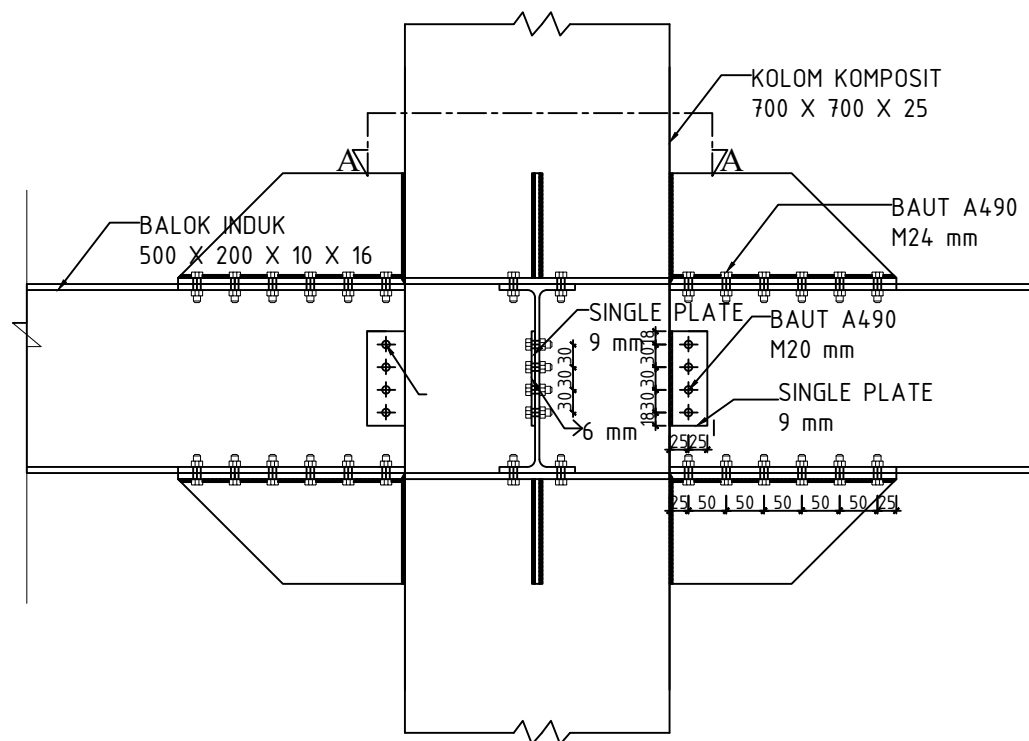
29

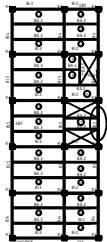
CATATAN



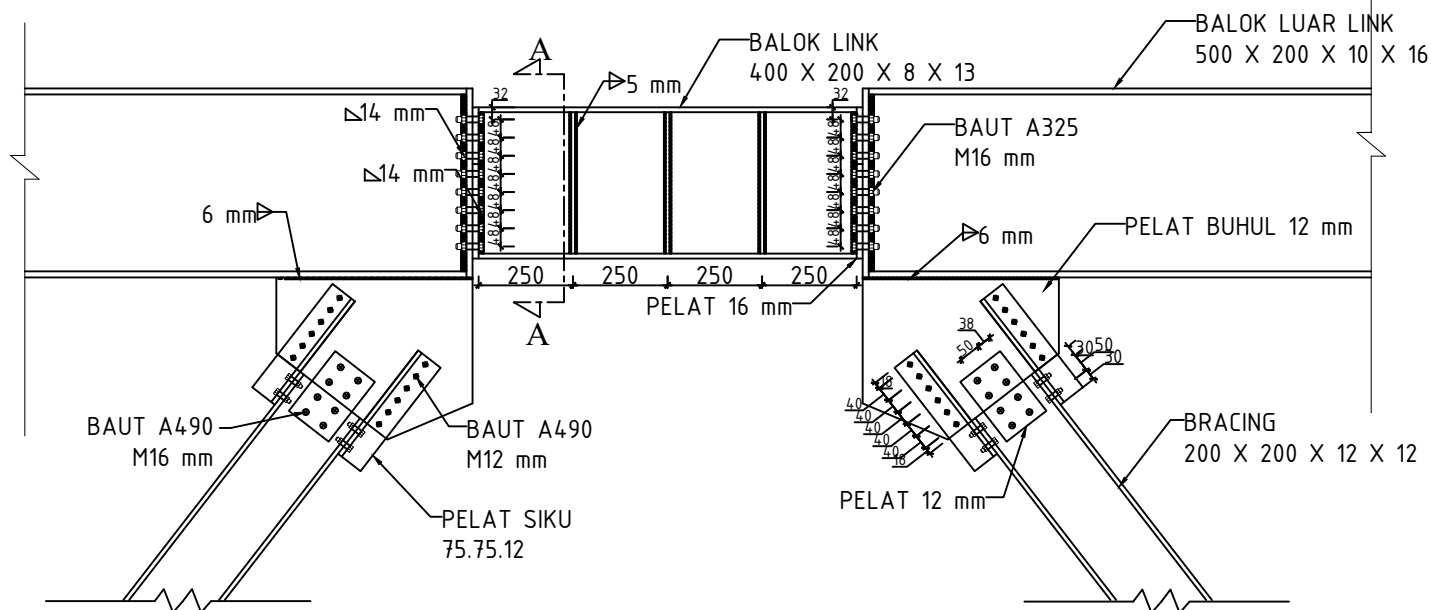
SAMBUNGAN BALOK - KOLOM  
SKALA 1:20

POTONGAN A-A  
SKALA 1:20

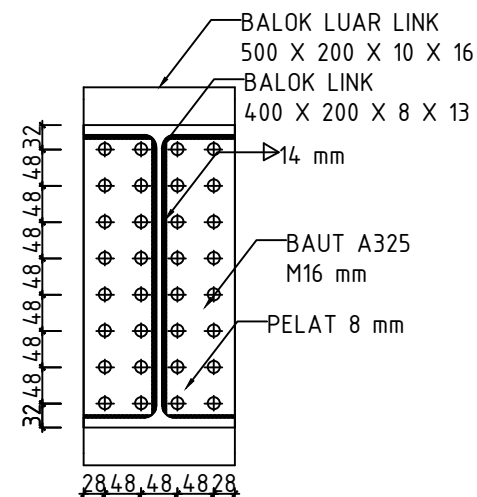




DENAH  
PEMBALOKAN  
LT. 5



○ SAMBUNGAN BRACING - BALOK LINK  
SKALA 1:20



○ POTONGAN A-A  
SKALA 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS**

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK LINK

SKALA

1:20

NO. LEMBAR

16

JUMLAH LEMBAR

29

CATATAN





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS**

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

SAMBUNGAN ANTAR KOLOM

SKALA

1:10

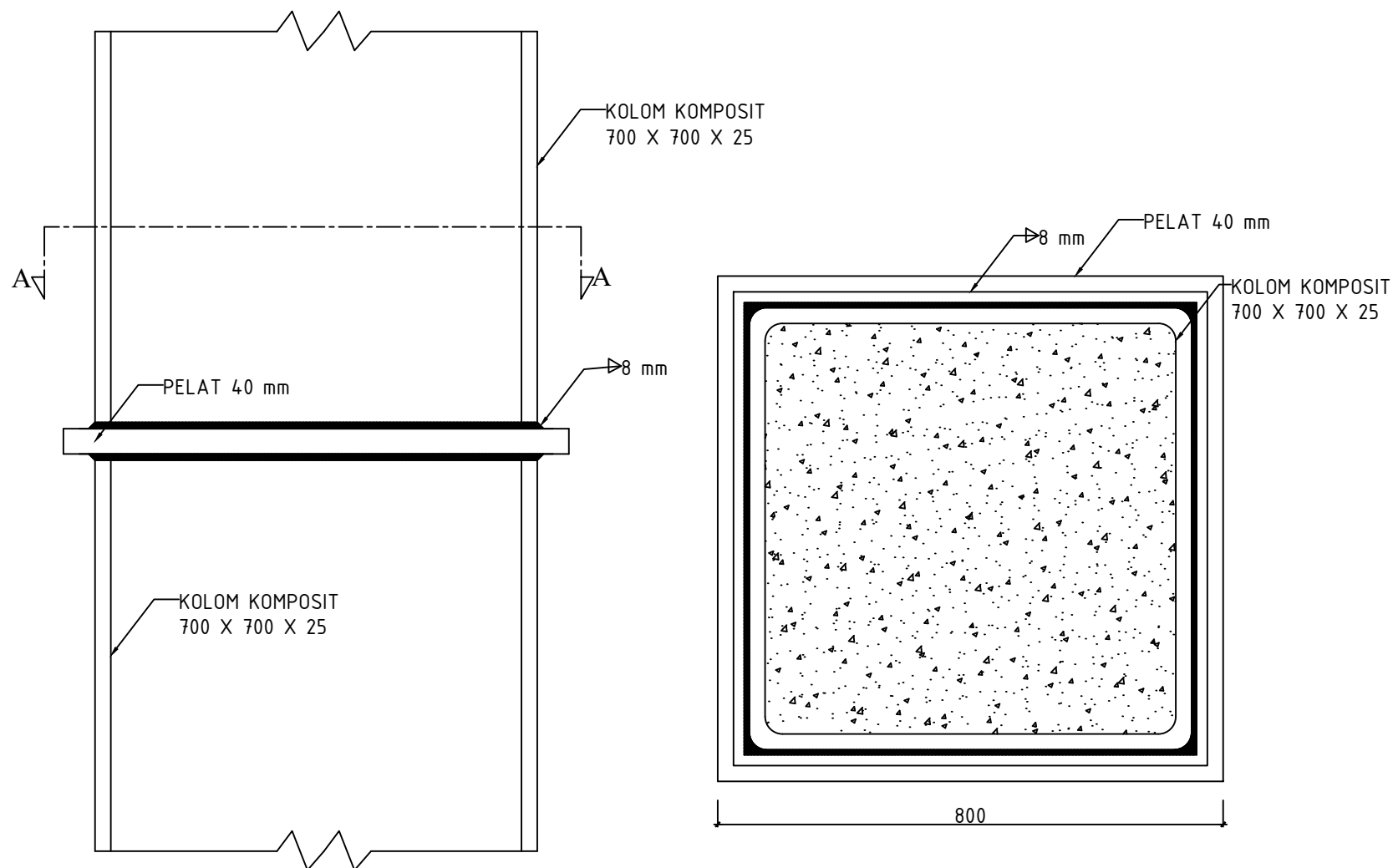
NO. LEMBAR

18

JUMLAH LEMBAR

29

CATATAN



SAMBUNGAN ANTAR KOLOM  
SKALA 1:10

POTONGAN A-A  
SKALA 1:10



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS**

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

BASE PLATE

SKALA

1:20

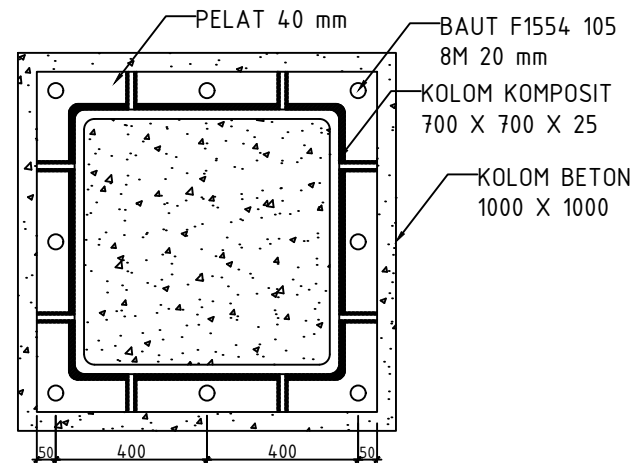
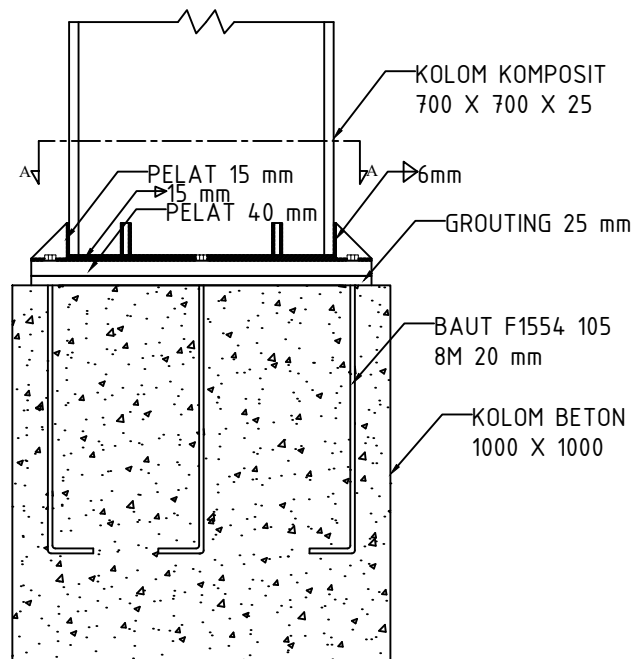
NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

19

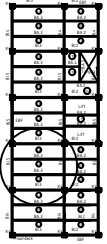
29

CATATAN

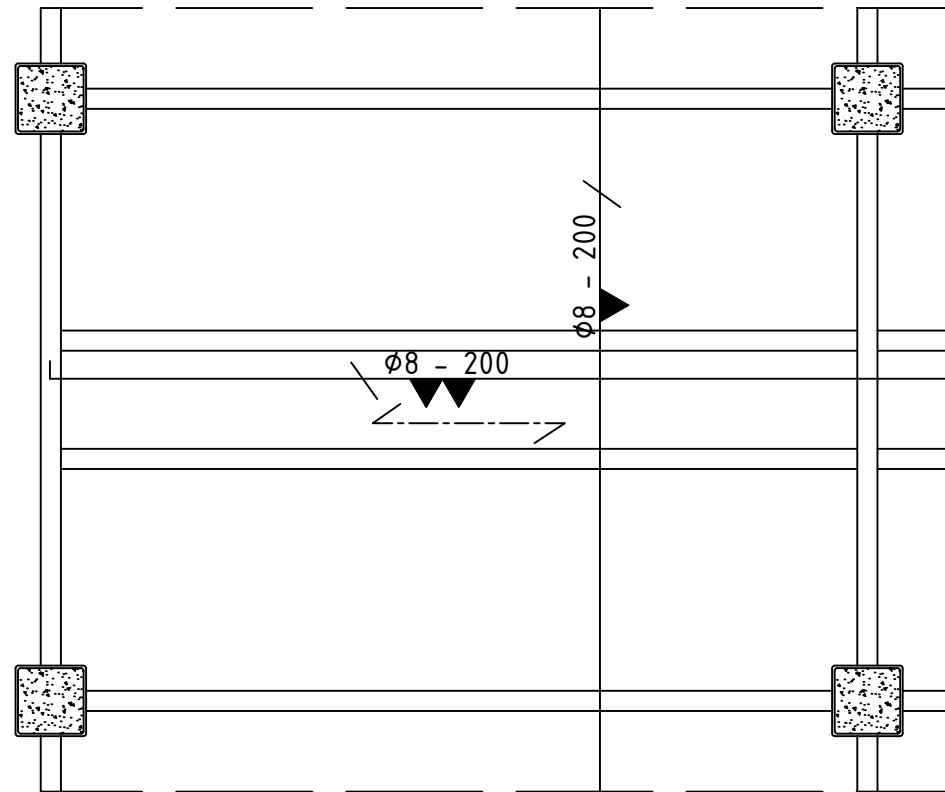


POTONGAN A-A  
SKALA 1:10

BASE PLATE  
SKALA 1:20



DENAH  
PEMBALOKAN  
LT. ATAP



DETAIL PELAT ATAP  
SKALA 1:75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS**

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

PELAT ATAP

SKALA

1:75

NO. LEMBAR

20

JUMLAH LEMBAR

29

CATATAN





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS**

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

POTONGAN PELAT ATAP

SKALA

1:10

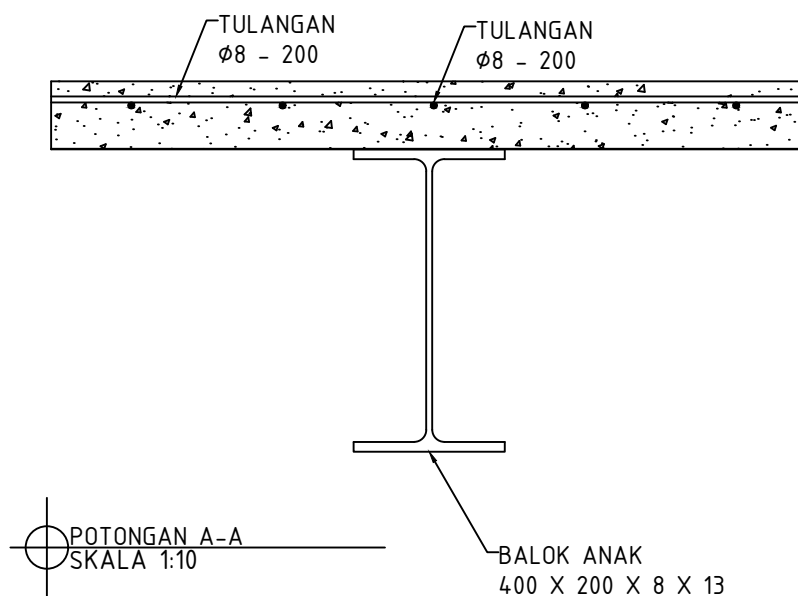
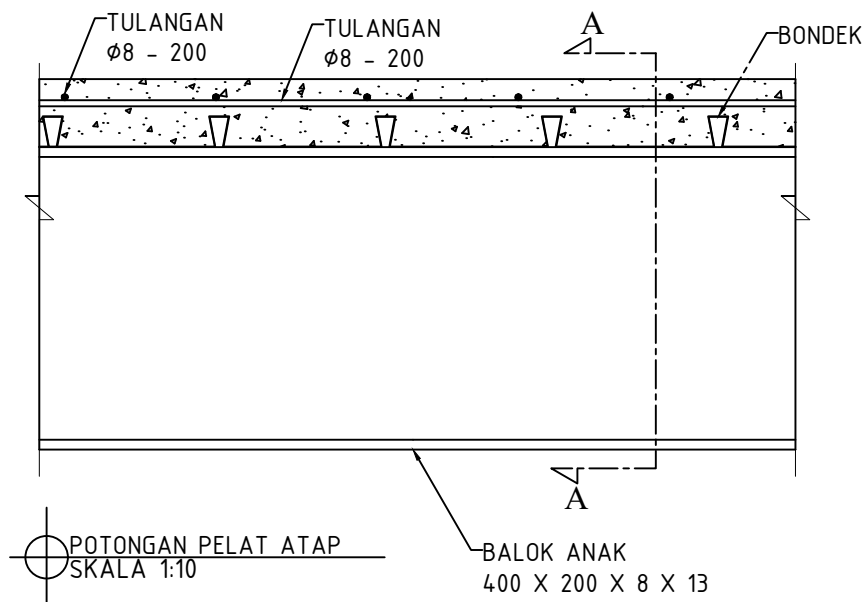
NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

21

29

CATATAN





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS**

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

PELAT LANTAI

SKALA

1:75

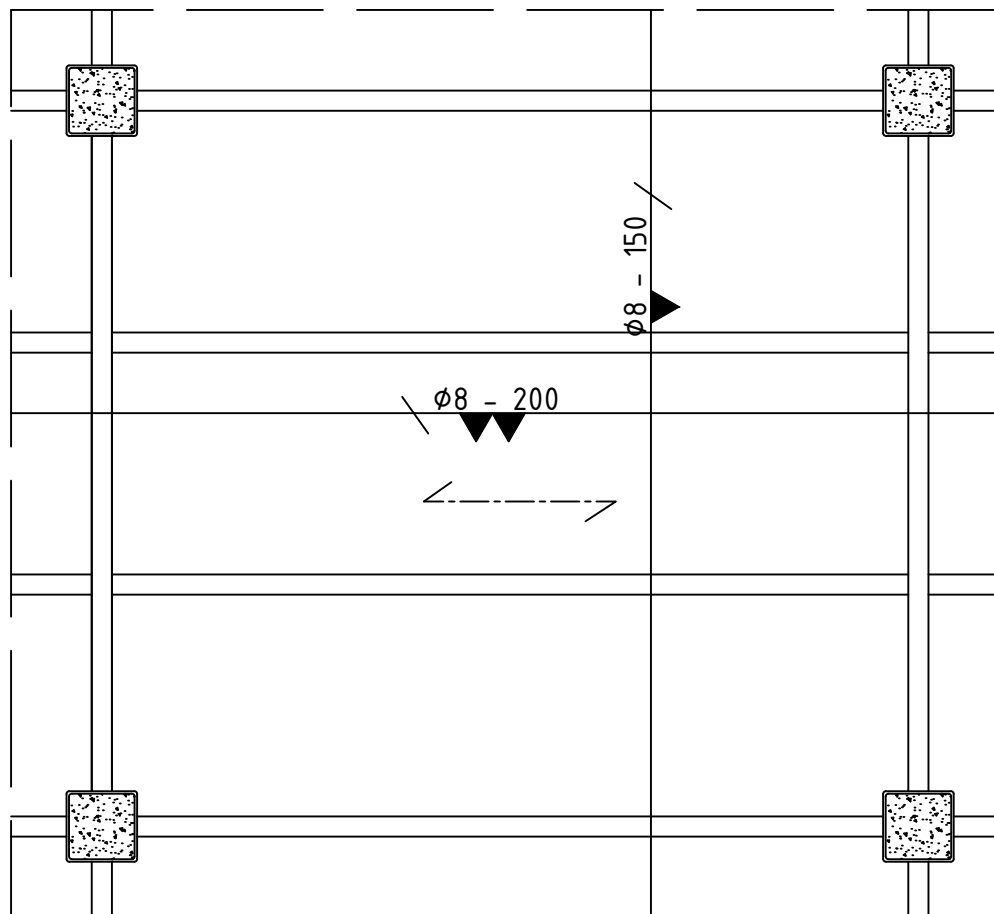
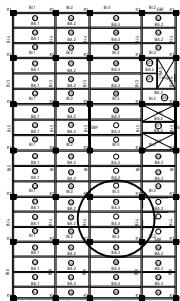
NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

22

29

CATATAN



DETAIL PELAT LANTAI  
SKALA 1:75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS**

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

POTONGAN A-A

SKALA

1:10

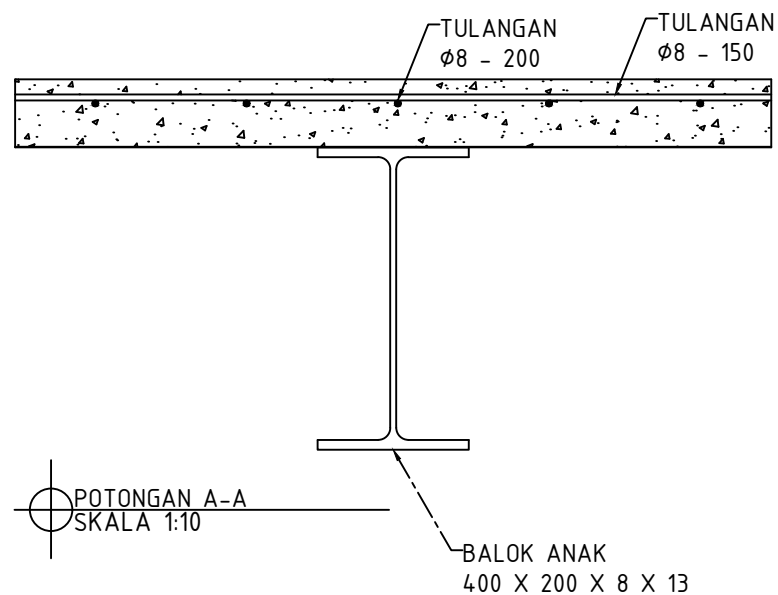
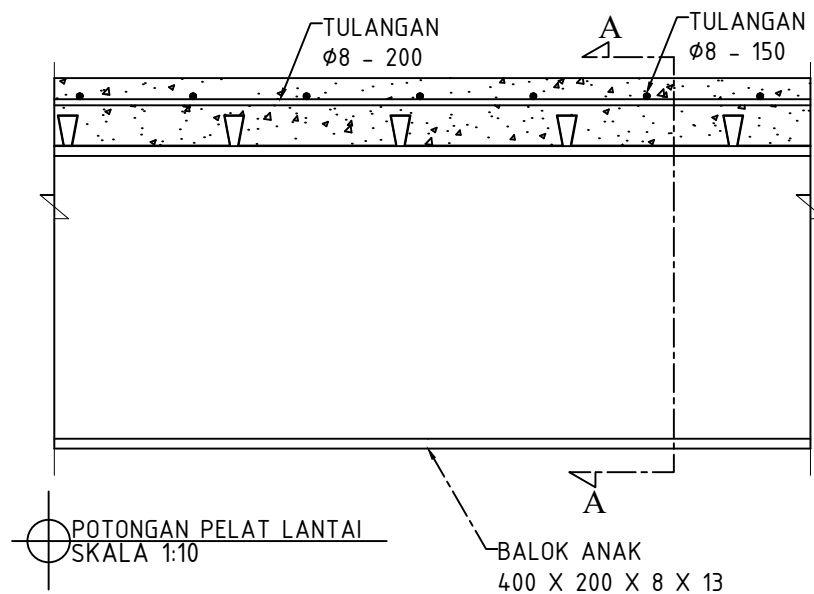
NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

23

29

CATATAN





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS**

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

DETAIL PELAT LANTAI 1

SKALA

1:75

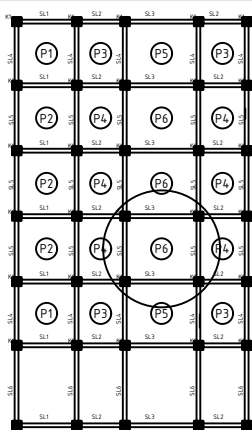
NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

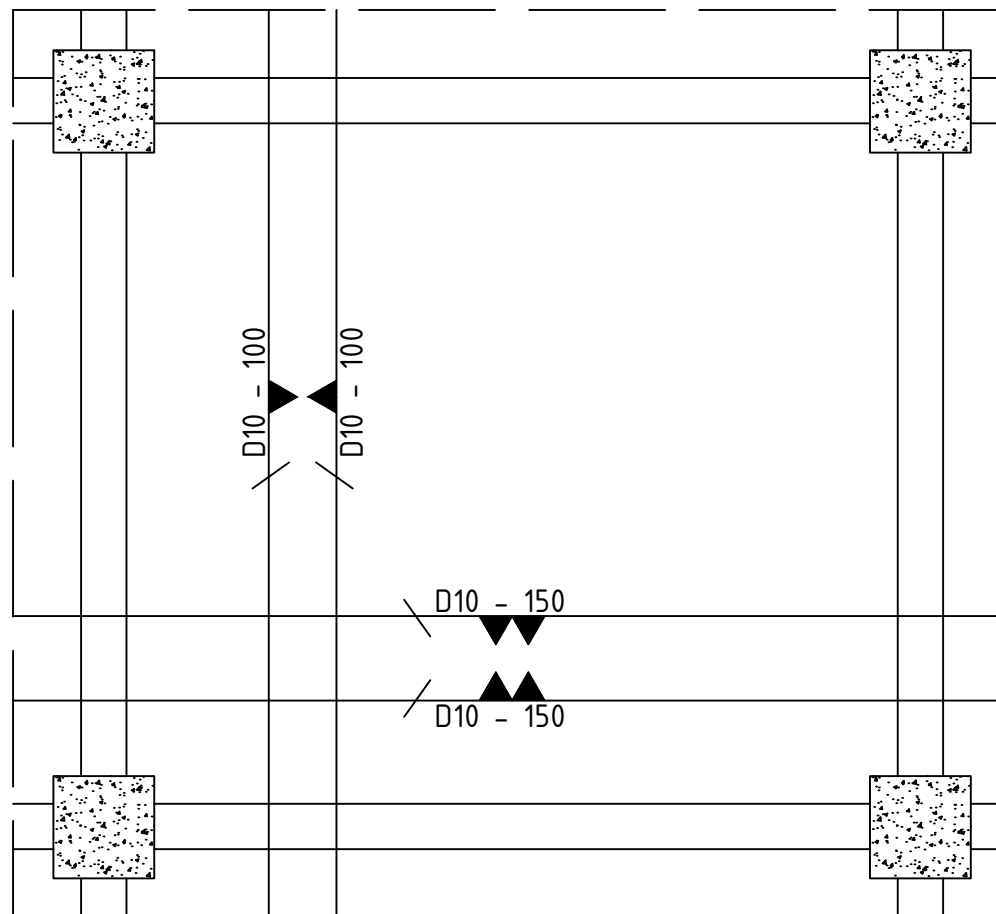
24

29

CATATAN



DENAH PEMBALOKAN LT. 1



DETAIL PELAT LANTAI 1  
SKALA 1:75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS**

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

POTONGAN PELAT LANTAI 1

SKALA

1:10

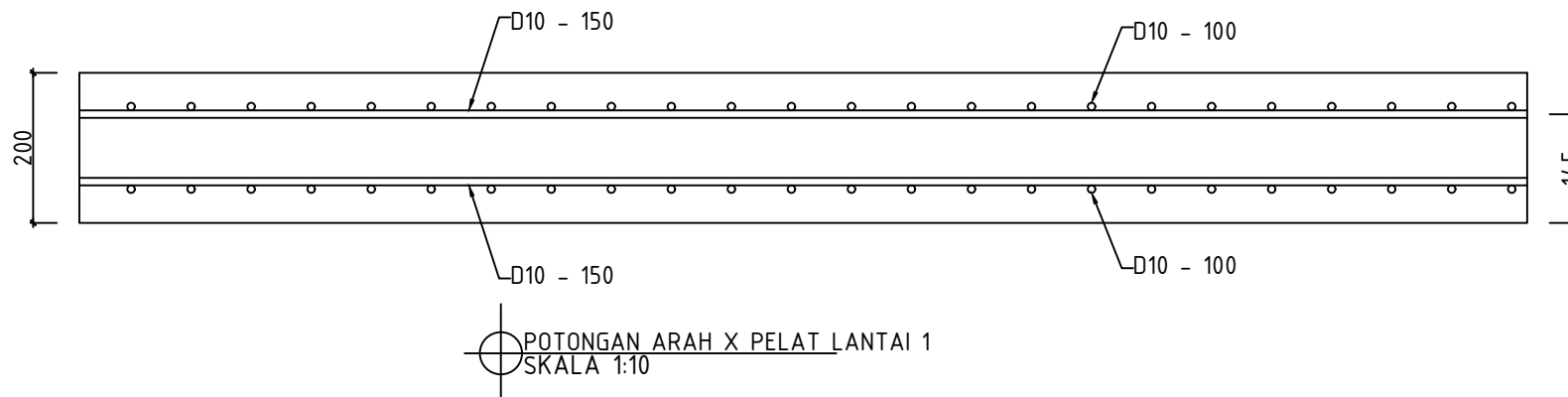
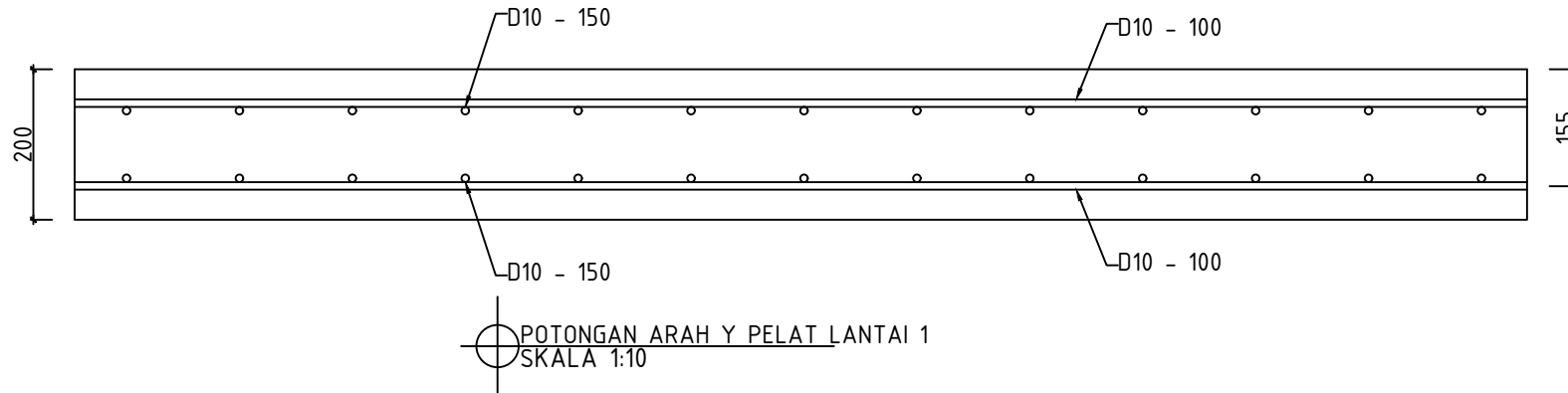
NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

25

29

CATATAN





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS**

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
KOLOM

SKALA

1:20

NO. LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

26

29

CATATAN

KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
KOLOM BETON 1000 X 1000 mm		
LONGITUDINAL	24D43	24D43
SENGKANG	4D16 - 150	4D16 - 150

DETAIL PENULANGAN KOLOM BETON  
SKALA 1:20



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS**

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

DETAIL PENULANGAN SLOOF

SKALA

1:20

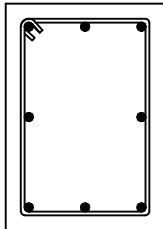
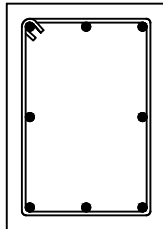
NO. LEMBAR


JUMLAH LEMBAR

27

29

CATATAN

KETERANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
SLOOF 420 X 600 MM		
TULANGAN ATAS	3D22	3D22
TULANGAN BAWAH	3D22	3D22
TULANGAN PINGGANG	2D22	2D22
SENGKANG	2D10 - 300	2D10 - 300

 DETAIL PENULANGAN SLOOF  
SKALA 1:20



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

DETAIL PONDASI DAN  
POTONGAN A-A

SKALA

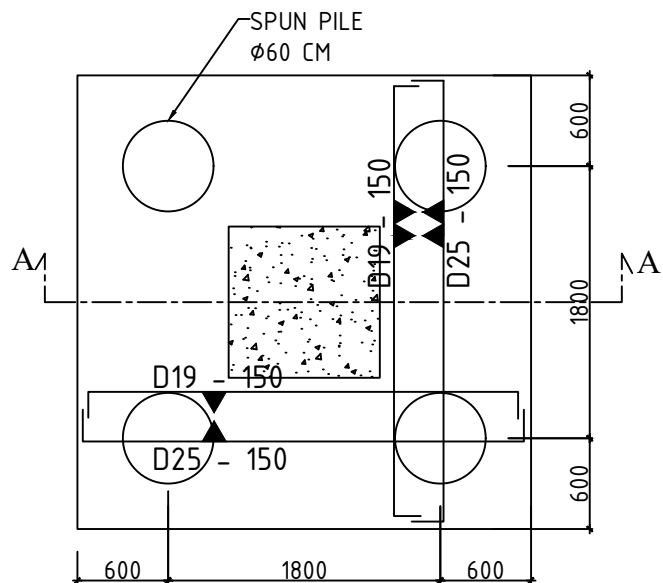
1:50

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

28

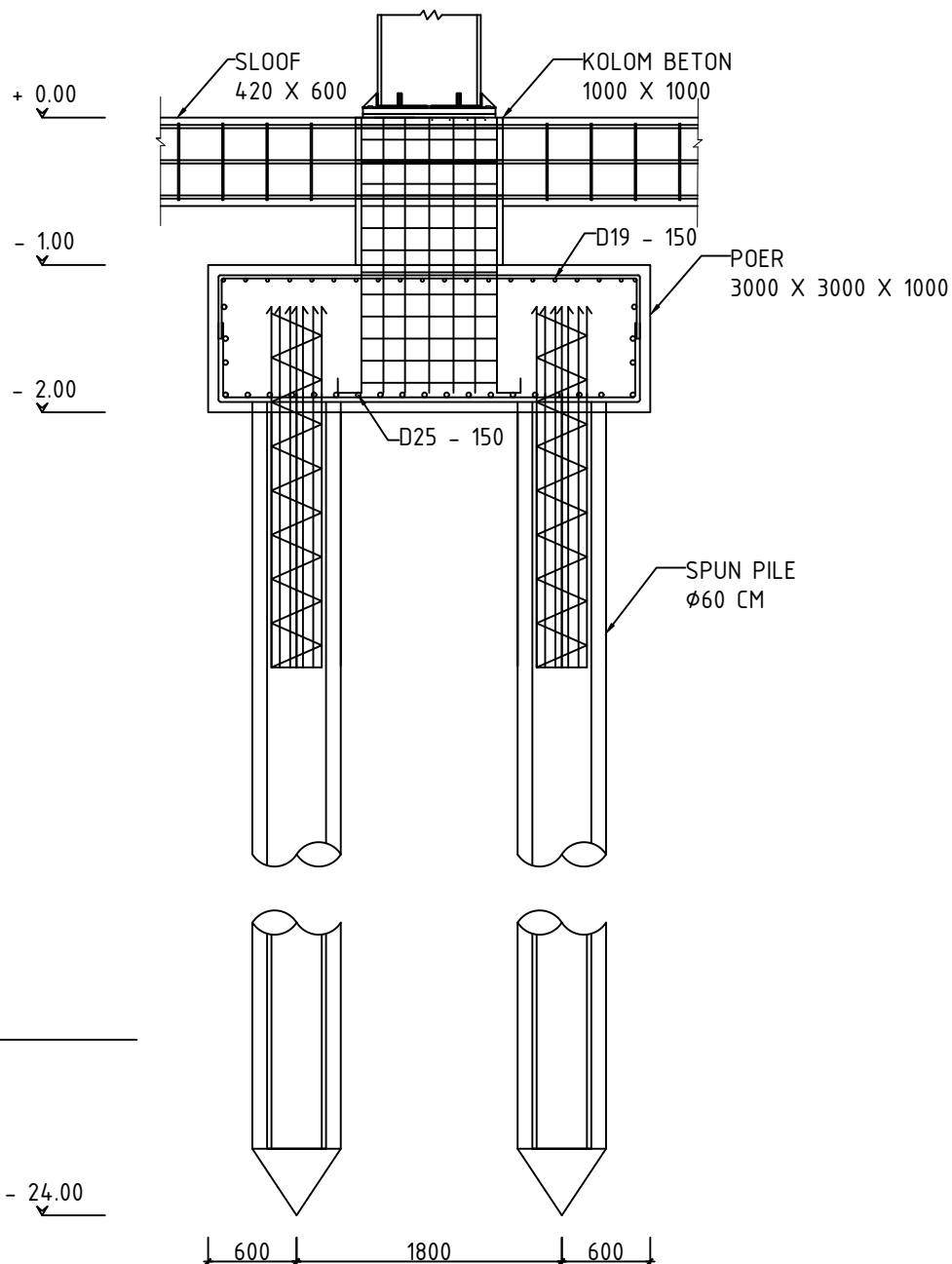
29

CATATAN



DETAIL PONDASI PD1  
SKALA 1:50

POTONGAN A-A  
SKALA 1:50







DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FTSLK - ITS  
SURABAYA

TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA KOMPOSIT  
DENGAN SISTEM RANGKA  
BERPENGAKU EKSENTRIS

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.  
Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D.

MAHASISWA

LUTFI JAUZIE  
0311144000067

GAMBAR

DETAIL PONDASI PD2 DAN  
POTONGAN A-A

SKALA

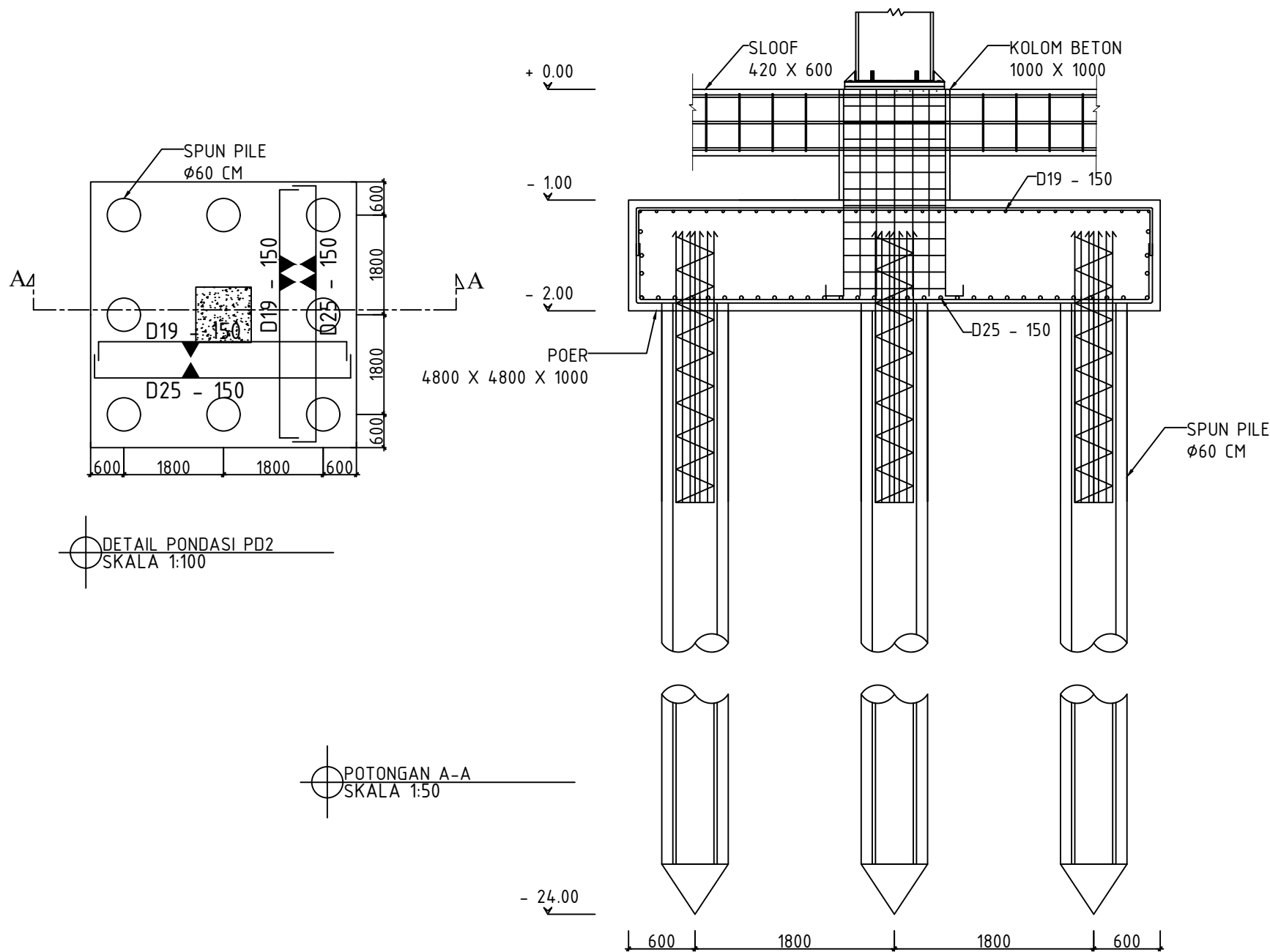
1:100

NO. LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
------------	---------------

29

29

CATATAN







KLIEN : PT. PEMBANGKIT JAWA BALI (PJB)  
 PROYEK : PEMBANGUNAN CNG PLAT  
 LOKASI : PLTGU MUARA TAWAR

POINT : BH-1  
 DATE : 10 JANUARI 2013  
 MASTER BOR : HARNO

**REKAP HASIL TEST**

DEPTH (Meter)	VOLUMETRI + GRAVIMETRI								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	$\gamma_t$	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$	Pp	Cc	Cv
-3.00	2.647	1.318	79.82	39.74	56.86	1.596	1.142	1.711	*	*	*
-6.00	2.437	1.124	100.00	46.12	52.92	1.677	1.147	1.677	*	*	*
-9.00	2.597	1.297	100.00	49.94	56.46	1.695	1.131	1.695	*	*	*
-12.00	2.673	1.284	100.00	48.04	56.22	1.732	1.170	1.732	*	*	*
-15.00	2.519	1.178	100.00	46.76	54.09	1.697	1.157	1.697	*	*	*
-18.00	2.642	1.105	100.00	41.82	52.49	1.780	1.255	1.780	*	*	*
-21.00	2.685	1.219	100.00	45.40	54.93	1.759	1.210	1.759	*	*	*
-24.00	2.649	1.235	100.00	46.62	55.26	1.738	1.185	1.738	*	*	*
-27.00	2.643	1.144	100.00	43.28	53.36	1.766	1.233	1.766	*	*	*
-30.00	2.574	1.139	100.00	44.25	53.25	1.736	1.203	1.736	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			STRENGTH			SWEALING TEST	
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	$\phi$	C	Cu	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	(%)
-3.00	0.24	28.56	71.20	46.40	29.65	16.75	0	*	0.080		
-6.00	0.84	25.50	73.66	37.96	28.17	9.79	18	0	*		
-9.00	0.00	0.63	99.37	72.15	33.27	38.88	0	*	0.090		
-12.00	0.00	0.71	99.29	72.49	33.42	39.07	0	*	0.150		
-15.00	0.85	20.96	78.19	57.54	31.17	26.37	20	0	*		
-18.00	1.51	10.44	88.05	72.66	33.61	39.05	0	*	0.700		
-21.00	0.00	0.82	99.18	66.48	33.28	33.20	0	*	0.683		
-24.00	1.43	18.87	79.70	66.51	33.42	33.09	0	*	0.689		
-27.00	0.13	6.77	93.10	66.98	34.16	32.82	0	*	0.682		
-30.00	2.32	50.15	47.53	38.96	28.73	10.23	0	*	0.859		

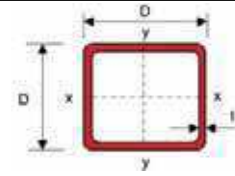
**REMARK**

G = Gravel (%)      LL = Liquid Limit (%)       $\phi$  = Angle of internal friction (degree)  
 S = Sand (%)      PL = Plastic Limit (%)      C = Cohesion (kg/cm<sup>2</sup>)  
 S + Cl = Silt + Clay (%)      IP = Plastic Index (%)      Cu = Cohesion Undrained (kg/cm<sup>2</sup>)

Gs = Specific Gravity      W<sub>c</sub> = Water content (%)       $\gamma_{sat}$  = Saturated density (gr/cc)  
 e = Void ratio      n = Porosity (%)       $\gamma_d$  = Dry density (gr/cc)  
 Sr = Degree of saturation (%)       $\gamma_t$  = Wet density (gr/cc)

Pp = Preconsolidation Pressure (kg/cm<sup>2</sup>)  
 Cc = Compression Index  
 Cv = Compression of Consolidation (cm<sup>2</sup>/sec)  
 \* = Not test

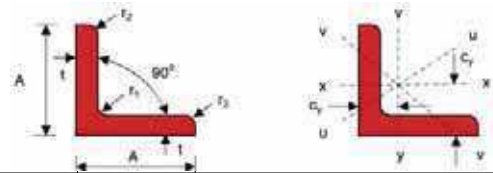
# Square



Designation Size	Thickness	Mass Per Metre	Area Of Section A	Second Moment Of Area I	Radius Of Gyration r	Elastic Modulus Z	Plastic Modulus S	Torsional Constants J	C	Surface Area Per Metre
DxD	t									
mm	mm	kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> /m
400x400	8	97.90	125	31860	16.0	1593	1830	48700	2363	1.58
	10	122.00	155	39130	15.9	1956	2260	60090	2895	1.57
	12	145.00	185	46130	15.8	2306	2679	71180	3405	1.57
	12.5	152.00	192	47840	15.8	2392	2782	73910	3530	1.57
	14	168.00	214	52870	15.7	2643	3087	81960	3894	1.56
	14.2	170.00	217	53530	15.7	2676	3127	83030	3942	1.56
	16	192.00	243	59340	15.6	2967	3484	92440	4362	1.56
	20	# 237.00	300	71540	15.4	3577	4247	112500	5237	1.55
	22	251.00	327	77260	15.4	3863	4612	122100	5646	1.54
25	282.00	368	85380	15.2	4269	5141	135900	6223	1.54	
450x450	12	162.00	209	66460	17.8	2954	3419	102200	4368	1.77
	16	213.00	275	85860	17.7	3816	4459	133200	5620	1.76
	19	250.00	324	99540	17.5	4424	5208	155400	6497	1.75
	22	286.00	371	112500	17.4	5000	5929	176700	7324	1.74
	25	321.00	418	124700	17.3	5544	6624	197200	8101	1.74
	28	△ 355.00	464	136300	17.1	6058	7292	216800	8832	1.73
	32	△ 399.00	524	150700	17.0	6696	8143	241700	9735	1.72
500x500	12	181.00	233	92030	19.89	3681	4248	141200	5451	1.97
	16	238.00	307	119300	19.71	4771	5554	184400	7038	1.96
	19	280.00	362	138600	19.58	5545	6498	215500	8159	1.95
	22	320.00	415	157100	19.44	6283	7411	245600	9222	1.94
	25	360.00	468	174600	19.31	6986	8295	274600	10230	1.94
	28	△ 399.00	520	191300	19.18	7653	9149	302600	11180	1.93
	32	△ 450.00	588	212300	19.00	8491	10242	338200	12370	1.92
	36	△ 498.00	654	231700	18.82	9269	11283	372000	13470	1.91
550x550	16	263.00	339	160400	21.75	5833	6769	247300	8616	2.16
	19	309.00	400	186800	21.62	6793	7930	289500	10010	2.15
	22	355.00	459	212100	21.49	7714	9058	330400	11340	2.14
	25	399.00	518	236300	21.35	8594	10150	370100	12610	2.14
	28	△ 443.00	576	259500	21.22	9436	11220	408400	13810	2.13
	32	△ 500.00	652	288700	21.04	10500	12580	457500	15330	2.12
	36	△ 555.00	726	316100	20.86	11500	13890	504400	16740	2.11
	40	△ 608.00	799	341800	20.68	12430	15140	549000	18060	2.10
600x600	25	△ 439.00	568	311100	23.40	10370	12200	485300	15230	2.34
	28	△ 487.00	632	342100	23.26	11410	13490	536300	16720	2.33
	32	△ 550.00	716	381600	23.08	12720	15160	601900	18600	2.32
	36	△ 611.00	798	418800	22.91	13960	16770	664900	20370	2.31
	40	△ 671.00	879	453900	22.73	15130	18310	725100	22030	2.30
700x700	25	△ 517.00	668	504700	27.48	14420	16850	782900	21240	2.74
	28	△ 575.00	744	556600	27.35	15900	18670	867000	23380	2.73
	32	△ 651.00	844	623100	27.17	17800	21040	975800	26110	2.72
	36	△ 724.00	942	686500	26.99	19610	23330	1081000	28700	2.71
	40	△ 797.00	1039	746900	26.81	21340	25540	1182000	31160	2.70

# Grade S355J2H only  
 △ S.A.W process

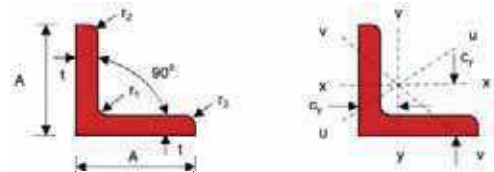
# Equal



Designation Size	Thickness	Mass Per Metre	Radius		Area Of Section	Distance Centre Of Gravity	Second Moment Of Area			Radius Of Gyration			Elastic Modulus
			Root	Toe			Axis x-x, y-y	Axis u-u	Axis v-v	Axis x-x, y-y	Axis u-u	Axis v-v	
AxA	t		r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>		C <sub>x</sub> and C <sub>y</sub>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm	cm <sup>3</sup>
mm	mm	kg/m	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm	cm <sup>3</sup>
20x20	3	0.885	3.5	2.4	1.11	0.593	0.381	0.601	0.160	0.585	0.735	0.380	0.271
25x25	3	1.12	3.5	2.4	1.41	0.718	0.784	1.24	0.326	0.745	0.938	0.481	0.440
	4	1.45	3.5	2.4	1.84	0.758	1.00	1.58	0.422	0.737	0.926	0.479	0.574
	5	1.70	3.5	2.4	2.25	0.796	1.19	1.87	0.516	0.728	0.912	0.479	0.701
30x30	3	1.36	5	2.4	1.74	0.836	1.41	2.23	0.590	0.901	1.13	0.582	0.652
	4	1.76	5	2.4	2.27	0.879	1.81	2.86	0.758	0.893	1.12	0.578	0.853
	5	2.16	5	2.4	2.78	0.919	2.17	3.42	0.921	0.884	1.11	0.576	1.04
35x35	6	1.65	5	2.4	3.87	1.08	4.13	6.51	1.76	1.03	1.30	0.674	1.71
38x38	3	1.72	6	2.4	2.24	1.03	2.99	4.72	1.25	1.15	1.45	0.748	1.08
	4	2.36	6	2.4	2.93	1.07	3.85	6.10	1.61	1.15	1.44	0.741	1.41
	5	2.79	6	2.4	3.60	1.12	4.66	7.36	1.95	1.14	1.43	0.736	1.73
	6	3.33	6	2.4	4.25	1.15	5.40	8.51	2.29	1.13	1.41	0.733	2.04
40x40	3	1.83	6	2.4	2.36	1.08	3.51	5.55	1.47	1.22	1.53	0.789	1.20
	4	2.42	6	2.4	3.09	1.12	4.53	7.18	1.89	1.21	1.52	0.782	1.58
	5	2.95	6	2.4	3.80	1.17	5.48	8.68	2.29	1.20	1.51	0.776	1.94
	6	3.52	6	2.4	4.49	1.20	6.37	10.1	2.69	1.19	1.50	0.773	2.28
45x45	4	2.74	7	2.4	3.52	1.24	6.59	10.4	2.75	1.37	1.72	0.884	2.02
	5	3.38	7	2.4	4.33	1.29	7.99	12.6	3.34	1.36	1.71	0.878	2.49
	6	3.99	7	2.4	5.12	1.33	9.31	14.7	3.90	1.35	1.69	0.873	2.93
50x50	3	2.33	7	2.4	2.99	1.32	7.06	11.1	2.97	1.54	1.93	0.997	1.92
	4	3.06	7	2.4	3.92	1.37	9.17	14.5	3.82	1.53	1.92	0.987	2.52
	4.5	3.40	7	2.4	4.38	1.39	10.2	16.1	4.23	1.52	1.92	0.984	2.82
	5	3.77	7	2.4	4.83	1.41	11.2	17.7	4.64	1.52	1.91	0.980	3.11
	6	4.43	7	2.4	5.72	1.45	13.0	20.6	5.43	1.51	1.90	0.974	3.67
	8	5.78	7	2.4	7.44	1.53	16.5	25.9	6.97	1.49	1.87	0.968	4.74
60x60	5	4.55	8	2.4	5.86	1.65	19.8	31.4	8.24	1.84	2.31	1.19	4.56
	6	5.42	8	2.4	6.95	1.70	23.2	36.8	9.65	1.83	2.30	1.18	5.40
63x63	5	4.75	8	2.4	6.16	1.73	23.1	36.6	9.58	1.93	2.44	1.25	5.05
	6	5.71	8	2.4	7.31	1.77	27.1	42.9	11.2	1.92	2.42	1.24	5.98
	8	7.42	8	2.4	9.55	1.85	34.5	54.6	14.4	1.90	2.39	1.23	7.76
65x65	5	5.00	9	2.4	6.40	1.77	25.5	40.3	10.6	2.00	2.51	1.29	5.39
	6	5.91	9	2.4	7.59	1.82	29.9	47.4	12.4	1.98	2.50	1.28	6.38
	8	7.66	9	2.4	9.91	1.90	38.2	60.4	15.9	1.96	2.47	1.27	8.29
	9	8.55	9	2.4	11.0	1.94	42.0	66.4	17.6	1.95	2.45	1.26	9.21
70x70	6	6.38	9	2.4	8.19	1.94	37.7	59.8	15.7	2.15	2.70	1.38	7.46
	7	7.38	9	2.4	9.46	1.98	43.1	68.3	17.9	2.13	2.69	1.38	8.59
	8	8.43	9	2.4	10.71	2.02	48.3	76.5	20.1	2.12	2.67	1.37	9.70
75x75	5	5.69	10	4.8	7.37	2.00	38.7	61.2	16.2	2.29	2.88	1.48	7.02
	6	6.85	10	4.8	8.76	2.04	45.7	72.4	19.0	2.28	2.88	1.47	8.38
	8	9.03	10	4.8	11.5	2.13	59.0	93.5	24.5	2.27	2.85	1.46	11.0
	9	9.96	10	4.8	12.8	2.17	65.3	103	27.2	2.26	2.84	1.46	12.3
	10	10.99	10	4.8	14.1	2.21	71.3	113	29.8	2.25	2.83	1.45	13.5
	12	13.00	10	4.8	16.7	2.29	82.7	130	35.0	2.23	2.80	1.45	15.9
80x80	6	7.34	10	4.8	9.36	2.17	56.0	88.7	23.2	2.45	3.08	1.58	9.6
	8	9.66	10	4.8	12.3	2.26	72.4	115	30.0	2.43	3.06	1.56	12.6
	10	11.8	10	4.8	15.1	2.34	87.7	139	36.5	2.41	3.03	1.55	15.5
90x90	6	8.30	11	4.8	10.6	2.41	81.0	128	33.7	2.76	3.48	1.78	12.3
	7	9.61	11	4.8	12.3	2.46	93.2	148	38.7	2.76	3.47	1.77	14.3
	8	10.90	11	4.8	13.9	2.50	105	167	43.5	2.75	3.46	1.77	16.2
	9	12.20	11	4.8	15.6	2.54	117	185	48.2	2.74	3.45	1.76	18.0
	10	13.40	11	4.8	17.2	2.58	128	202	52.9	2.73	3.43	1.76	19.9
	12	15.90	11	4.8	20.3	2.66	149	235	62.1	2.70	3.40	1.75	23.5
	13	17.00	11	4.8	21.9	2.70	159	251	66.6	2.69	3.39	1.74	25.2

ANGLES

# Equal



Designation Size	Thickness	Mass Per Metre	Radius		Area Of Section	Distance Centre Of Gravity	Second Moment Of Area			Radius Of Gyration			Elastic Modulus
			Root	Toe			Axis x-x, y-y	Axis u-u	Axis v-v	Axis x-x, y-y	Axis u-u	Axis v-v	
AxA	t		r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>		C <sub>x</sub> and C <sub>y</sub>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm	cm <sup>3</sup>
mm	mm	kg/m	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm	cm <sup>3</sup>
<b>100x100</b>	6	9.20	12	4.8	11.9	2.65	113	178	47.0	3.08	3.88	1.99	15.3
	7	10.70	12	4.8	13.7	2.70	130	206	53.9	3.08	3.87	1.98	17.8
	8	12.20	12	4.8	15.6	2.75	146	232	60.6	3.07	3.86	1.97	20.2
	10	15.00	12	4.8	19.2	2.83	178	283	73.8	3.05	3.84	1.96	24.8
	12	17.80	12	4.8	22.8	2.91	208	330	86.5	3.02	3.81	1.95	29.4
	13	19.10	12	4.8	24.5	2.95	222	352	92.8	3.01	3.79	1.95	31.5
<b>120x120</b>	15	21.90	12	4.8	28.0	3.02	250	395	105	2.99	3.76	1.94	35.8
	8	14.70	13	4.8	18.8	3.24	259	411	107	3.71	4.67	2.38	29.5
	10	18.20	13	4.8	23.3	3.32	316	502	130	3.69	4.64	2.37	36.4
	12	21.60	13	4.8	27.6	3.41	371	588	153	3.66	4.62	2.36	43.1
<b>125x125</b>	15	26.60	13	4.8	34.0	3.52	448	710	186	3.63	4.57	2.34	52.8
	8	14.90	14	4.8	19.7	3.36	294	466	122	3.87	4.87	2.49	32.2
	10	19.09	14	4.8	24.3	3.44	360	570	149	3.84	4.84	2.47	39.7
<b>130x130</b>	12	22.67	14	4.8	28.9	3.53	422	669	174	3.82	4.81	2.46	47.0
	8	15.90	14	4.8	20.5	3.48	332	527	138	4.03	5.07	2.59	34.9
	9	17.90	14	4.8	22.9	3.53	370	586	153	4.02	5.06	2.58	39.0
<b>150x150</b>	10	19.70	14	4.8	25.3	3.57	406	645	168	4.01	5.05	2.57	43.1
	12	23.50	14	4.8	30.1	3.65	477	758	197	3.98	5.02	2.56	51.1
	15	28.80	14	4.8	37.1	3.77	578	916	240	3.95	4.97	2.54	62.6
	16	30.70	14	4.8	39.4	3.81	610	966	253	3.94	4.95	2.54	66.3
	8	18.00	16	4.8	23.8	3.97	518	820	215	4.66	5.87	3.01	46.9
	10	23.00	16	4.8	29.5	4.06	635	1008	263	4.64	5.85	2.99	58.0
<b>175x175</b>	12	27.30	16	4.8	35.0	4.14	748	1187	309	4.62	5.82	2.97	68.9
	15	33.80	16	4.8	43.2	4.26	909	1442	375	4.59	5.78	2.95	84.6
	16	35.70	16	4.8	45.9	4.30	960	1523	397	4.57	5.76	2.94	89.8
	18	40.10	16	4.8	51.2	4.38	1060	1680	440	4.55	5.73	2.93	99.8
	19	41.90	16	4.8	53.8	4.42	1109	1756	462	4.54	5.71	2.93	105
	12	31.80	16	4.8	41.0	4.77	1208	1920	497	5.43	6.84	3.48	94.9
<b>200x200</b>	15	39.40	16	4.8	50.7	4.89	1474	2342	606	5.39	6.80	3.46	117
	12	36.55	18	4.8	47.2	5.38	1829	2906	753	6.23	7.85	4.00	125
	13	39.49	18	4.8	50.9	5.42	1967	3126	809	6.22	7.84	3.99	135
	15	45.30	18	4.8	58.3	5.50	2237	3555	919	6.19	7.81	3.97	154
	16	48.50	18	4.8	62.0	5.54	2369	3765	973	6.18	7.79	3.96	164
	18	54.20	18	4.8	69.4	5.62	2627	4174	1080	6.15	7.76	3.95	183
	20	59.90	18	4.8	76.6	5.70	2877	4569	1185	6.13	7.72	3.93	201
	24	71.10	18	4.8	90.8	5.85	3357	5322	1391	6.08	7.65	3.91	237
<b>250x250</b>	25	73.60	18	4.8	94.3	5.89	3472	5502	1442	6.07	7.64	3.91	246
	26	76.80	18	4.8	97.8	5.93	3586	5680	1492	6.05	7.62	3.91	255
	25	93.70	20	4.8	120	7.14	7030	11170	2891	7.67	9.67	4.92	394
	28	104.00	20	4.8	133	7.25	7741	12290	3195	7.63	9.61	4.90	436
<b>300x300</b>	32	118.00	20	4.8	151	7.40	8650	13710	3593	7.58	9.54	4.89	491
	35	128.00	20	4.8	164	7.51	9305	14720	3887	7.54	9.49	4.88	532
	35	155.00	24	18	197	8.71	16300	25900	6690	9.09	11.50	5.82	766
<b>350x350</b>	35	182.00	24	18	232	9.96	26600	42300	10800	10.70	13.50	6.83	1060

ANGLES



Products  
A325M, A490M



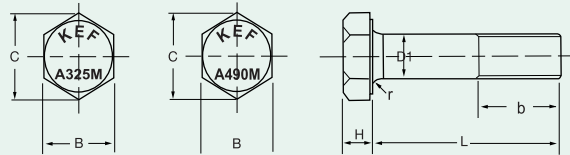
## Heavy Hex Structural Bolts (ASTM A325M, ASTM A490M)

### Mechanical Properties

Nom. Diameter (mm)	Proof load (kN)		Yield Strength (kN)		Tensile Strength (kN)				Hardness	
	A325M	A490M	A325M	A490M	A325M		A490M		A325M	A490M
					Max.	Min.	Max.	Min.		
M 16x2.0	94.2	130	104	148	-	130	188	163	25-34 HRC	33-39 HRC
M 20x2.5	147	203	162	230	-	203	294	255		
M 22x2.5	182	251	200	285	-	251	364	315		
M 24x3.0	212	293	233	332	-	293	424	367		
M 27x3.0	275	381	303	431	-	381	551	477	19-30 HRC	

Remark : Nominal size of diameter up to customer  
Reference ASTM A325M, ASTM A490M 1979

### Shape and Dimensions of Structural Bolt ASTM A325M, ASTM A490M

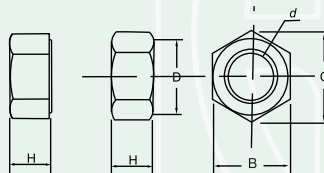


Unit : mm

Nominal size of threads(d)	Pitch	B		C		D1		Length of thread	
		Max.	Min.	Max.	Min.	Nom.	Min.	b ≤ 100	b ≥ 100
M 12	1.75	21	23.35	12.7	7.6	0.6	26	33	
M 16	2	27	29.56	16.7	10	0.6	31	38	
M 20	2.5	34	37.29	20.84	12.5	0.8	36	43	
M 22	2.5	36	39.55	22.84	14	0.8	38	45	
M 24	3	41	45.2	24.84	15	1	41	48	
M 27	3	46	50.85	27.84	17	1.2	44	51	

Reference ASTM A325M, ASTM A490M

### Shape and Dimensions of Hexagon Nut ASTM A563M



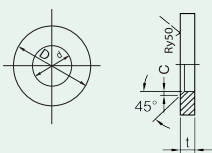
Unit : mm

Nominal size of threads(d)	B		C		H		D	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
M 12	21	20.16	24.25	22.78	12.3	11.9	-	19.2
M 16	27	26.16	31.18	29.56	17.1	16.4	-	24.9
M 20	34	33	39.26	37.29	20.7	19.4	-	31.4
M 22	36	35	41.57	39.55	23.6	22.3	-	33.3
M 24	41	40	47.34	45.2	24.2	22.9	-	38
M 27	46	45	53.12	50.85	27.6	26.3	-	42.8

Reference ASTM A563M

### Shape and Dimensions of Washer ASTM F436M

Unit : mm

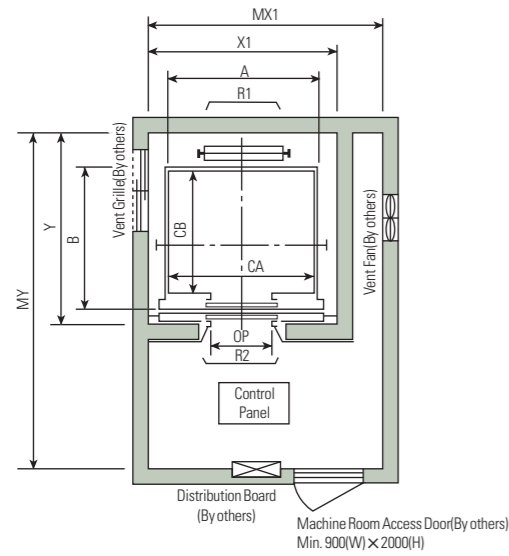


Nominal size of washer	d		D		t	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
M 12	14.4	14	27	25.7	4.6	3.1
M 16	18.4	18	34	32.4	4.6	3.1
M 20	22.5	22	42	40.4	4.6	3.1
M 22	24.5	24	44	42.4	4.6	3.4
M 24	26.5	26	50	48.4	4.6	3.4
M 27	30.5	30	56	54.1	4.6	3.4

Reference ASTM F436M

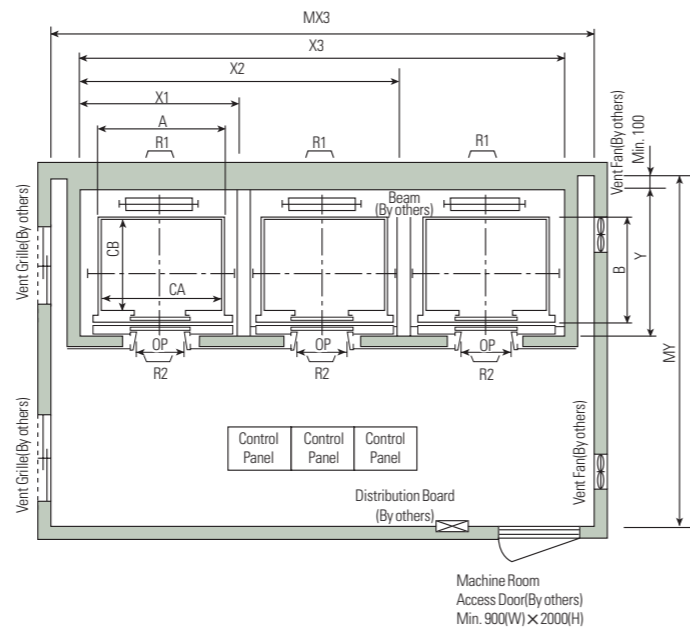
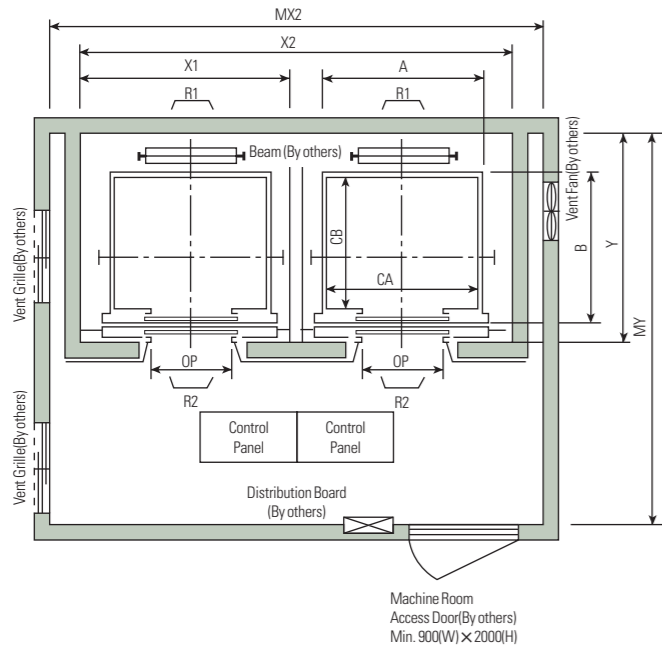
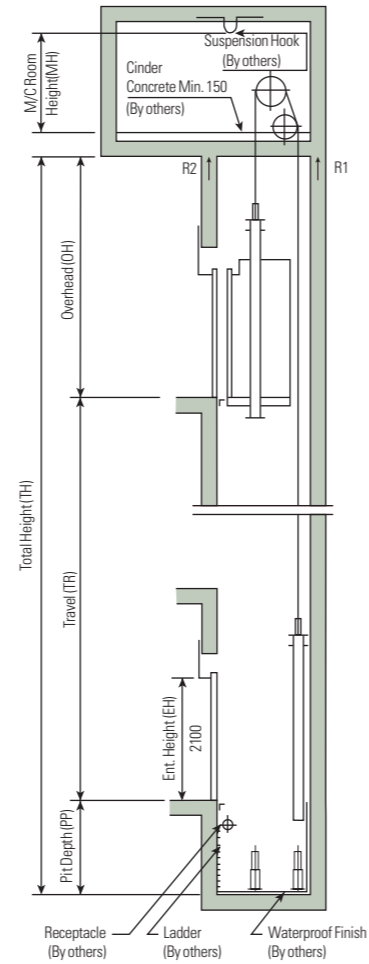
# Layout Plan – Geared Elevators 1~1.75m/sec

## Plan of Hoistway & Machine Room



**Note:** Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.

## Section of Hoistway



## Standard Dimensions & Reactions

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening OP	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)		
	Persons	kg		Internal CA × CB	External A × B	1Car X1	2Cars X2	3Cars X3	Depth Y	1Car MX1	2Cars MX2	3Cars MX3	Depth MY	R1	R2	R3	R4	
1.0	6	450	800	1400 × 850	1460 × 1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000	5200	4300	
	8	550	800	1400 × 1030	1460 × 1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250	5800	4700	
	9	600	800	800	1400 × 1100	1460 × 1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	6100	4900
	10	700	800	800	1400 × 1250	1460 × 1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	6600	5200
	11	750	800	800	1400 × 1350	1460 × 1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800	6900	5400
1.5	15	1000	900	1600 × 1500	1660 × 1655	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750	7900	6100	
	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6600	5100	10800	8500	
1.75	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200	7800	6000	11800	9100	
			1100	2000 × 1350	2100 × 1520	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	13100	9900	
			1100	2150 × 1600	2250 × 1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8700	4200					

- Notes:**
- Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.
  - Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.
  - When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.
  - The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN81=75kg/person)

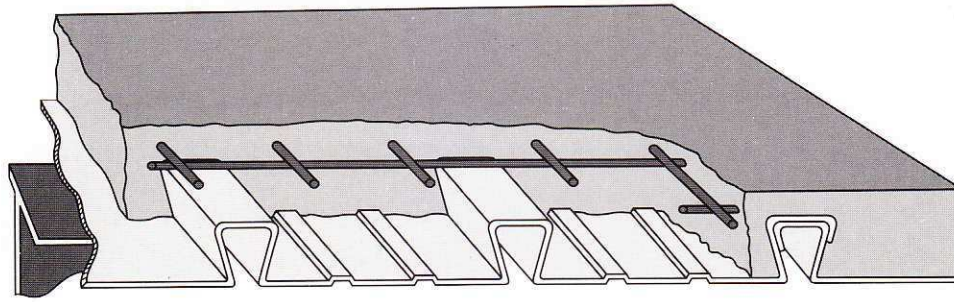
(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
1.0	4200	1400	2200
1.5	4400	1600	2400
1.75	4600	1800	2400

- Notes:**
- The minimum hoistway dimensions are shown on the above table. Therefore, some allowances should be made considering the sloping of the hoistways.
  - Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.
  - The minimum machine room height should be 2800mm in case of the traction machine with double isolation pad.

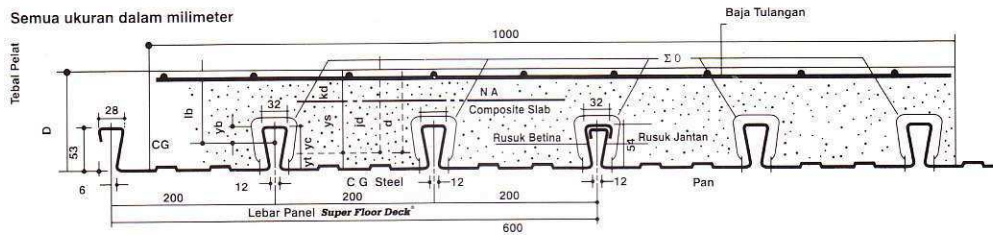


# Super Floor Deck®



## PERENCANAAN: Plat Lantai Komposit

Semua ukuran dalam milimeter



### Tabel Perencanaan Praktis

Tabel Perencanaan Praktis berikut ini bisa membantu dalam perencanaan penggunaan **Super Floor Deck®** untuk suatu bangunan antara lain:

- Menunjukkan tabel plat beton untuk bentang tunggal, bentang ganda, dan bentang menerus.
- Kebutuhan tulangan negatif, serta perhitungan luas penampangnya, pada bentang ganda atau bentang menerus.
- Ketebalan plat beton pada bentang tertentu, serta berbagai beban (Super Imposed Load)
- Tiang penyangga sementara yang dibutuhkan untuk meniadakan lendutan awal pada waktu beton dan **Super Floor Deck®** belum berfungsi.

**TABEL 1 : SIFAT PENAMPANG Super Floor Deck® PERLEBAR 1000 MM**

Tebal Pelat mm	Berat per setuan luas kg / m <sup>2</sup>	Luas penampang mm <sup>2</sup>	Penampang efektif penuh		Momen lentur positif			Momen lentur negatif			Ie 10 <sup>8</sup> x mm <sup>4</sup>	Gaya reaksi aman untuk perletakan tepi			Gaya reaksi aman untuk perletakan tengah		
			Yc mm	Yt mm	I <sub>p</sub> 10 <sup>4</sup> x mm <sup>4</sup>	Z <sub>pc</sub> 10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>	Z <sub>pt</sub> 10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>	I <sub>n</sub> 10 <sup>4</sup> x mm <sup>4</sup>	Z <sub>nc</sub> 10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>	Z <sub>nt</sub> 10 <sup>3</sup> x mm <sup>3</sup>		10 mm perletakan 10 mm O/ Bearing KN	Pertambahan per 10 mm Incrern, Per 10 mm KN	max KN	10 mm perletakan 10 mm O/ Bearing KN	Pertambahan per 10 mm Incrern, Per 10 mm KN	Max KN
0.75	10.1	1241	38.6	15.4	0.511	13.15	33.14	0.309	10.21	10.73	0.425	3.76	0.99	8.11	15.01	1.14	19.19

Catatan : I<sub>p</sub> = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif

Z<sub>nc</sub> = idem, dasar dek dalam daerah momen negatif (tegangan tekan)

Ie = momen inersia ekuivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus

Notes

I<sub>n</sub> = idem untuk daerah momen negatif

Z<sub>pc</sub> = idem, puncak rusuk, dalam daerah momen positif (tegangan tekan)

= I<sub>p</sub> (1.26 - 0.26 I<sub>p</sub>/l)

Z<sub>nt</sub> = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)

Z<sub>pt</sub> = idem, dasar dek, dalam daerah momen positif (tegangan tarik)

**TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS**

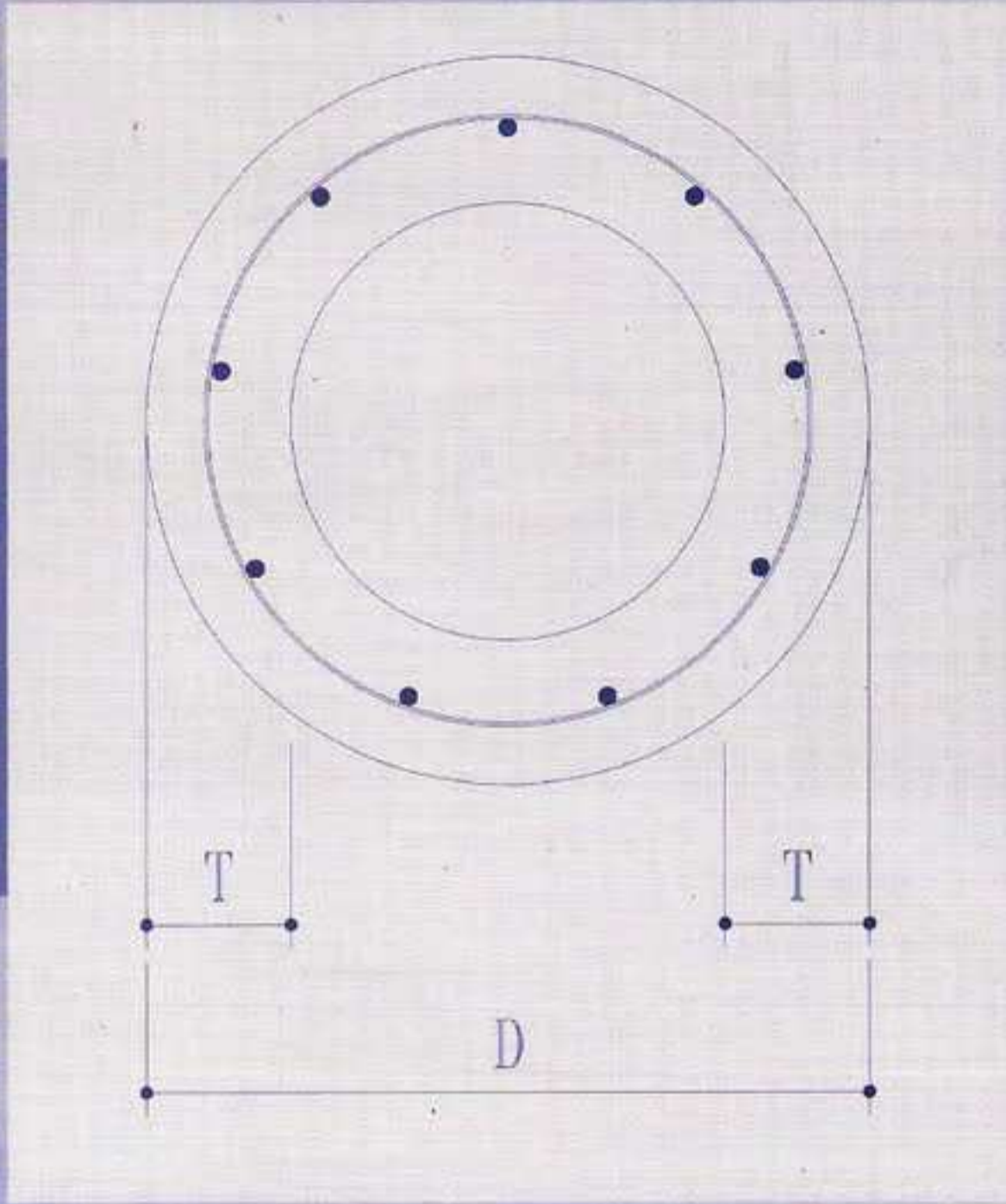
TIANG PENYANGGA PROPPING	BENTANG SPAN M	BENTANG TUNGGAL TANPA TULANGAN NEGATIF SAMPLE SPAN CONDITION WITHOUT NEGATIVE REINFORCEMENT										BENTANG GANDA DENGAN TULANGAN NEGATIF DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT										BENTANG MENERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT														
		200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	700	1000														
BEBAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD KG/M <sup>2</sup>		200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	700	1000														
TALANG PENYANGGA NO. PROPS		TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REIN. DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REIN. DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REIN. DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REIN. DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REIN. DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REIN. DEPTH CM	TEBAL PELAT SLAB DEPTH CM	TUL NEGATIF REIN. DEPTH CM													
TANPA PENYANGGA NO. PROPS	1.50	9	9	9	9	9	9	9	9	0.75	9	0.91	9	1.07	9	1.24	9	1.40	9	1.66	9	2.08	9	0.59	9	0.73	9	0.85	9	0.98	9	1.11	9	1.31	9	1.65
	1.75	9	9	9	9	9	9	10	9	1.03	9	1.25	9	1.48	9	1.71	9	1.94	9	2.29	10	2.53	9	0.81	9	0.99	9	1.17	9	1.35	9	1.53	9	1.81	10	2.00
	2.00	9	9	9	9	9	9	10	9	1.36	9	1.65	9	1.95	9	2.26	9	2.57	9	3.04	10	3.35	9	1.07	9	1.31	9	1.55	9	1.79	9	2.03	9	2.39	10	2.65
	2.25	9	9	9	9	9	10	11	9	1.73	9	2.12	9	2.50	9	2.90	9	3.29	9	3.89	11	3.85	9	1.37	9	1.68	9	1.98	9	2.30	9	2.60	9	3.08	11	3.04
SATU BARIS PENYANGGA ONE ROW PROPS	2.50	9	9	9	9	9	10	14	9	2.16	9	2.65	9	3.13	9	3.62	9	4.11	10	4.29	14	3.69	9	1.71	9	2.09	9	2.48	9	2.86	9	3.25	10	3.39	14	2.92
	2.75	10	10	10	10	11	12	15	9	2.64	9	3.24	9	3.83	10	3.94	11	4.02	12	4.29	15	4.23	9	2.09	9	2.25	9	3.02	10	3.11	11	3.18	12	3.39	15	3.33
	3.00	10	10	10	11	12	13		9	3.17	9	3.87	10	4.10	11	4.28	12	4.41	13	4.74			9	2.51	9	3.07	10	3.25	11	3.38	12	3.49	13	3.75		
	3.25	11	11	11	12	13	14		10	3.41	10	4.13	10	4.87	12	4.65	13	4.83	14	5.22			10	2.70	10	3.27	10	3.84	12	3.67	13	3.82	14	4.12		
DUA BARIS PENYANGGA TWO ROW PROPS	3.50	12	12	12	12	13	15		11	3.68	11	4.42	11	5.18	12	5.44	13	5.64	15	5.71			11	2.90	11	3.49	11	4.09	12	4.29	13	4.46	15	4.51		
	3.75	13	13	13	13	14			11	4.25	11	5.11	11	5.99	13	5.83	14	6.09			11	3.36	11	4.04	11	4.73	13	4.61	14	4.81						
	4.00	14	14	14	14	15			12	4.55	12	5.43	12	6.33	14	6.24	15	6.55			12	3.59	12	4.28	12	4.99	14	4.93	15	5.17						
	4.50								13	5.49	13	6.51	14	7.06	15	7.53					13	4.34	13	5.14	14	5.58	15	5.95								
	5.00								15	6.20	15	7.27	15	8.90							15	4.90	15	5.73	15	6.58										

Catatan : - BEBAN MATI (BERAT SENDIRI **Super Floor Deck®** DAN PELAT BETON) SUDAH DIPERHITUNGKAN

- BEBAN BERGUNA DALAM TABEL ADALAH JUMLAH BEBAN HIDUP DAN BEBAN-BEBAN FINISHING LAINNYA

- MUTU BAJA TULANGAN U - 48

## Shape and Dimension



## Classification

Outside Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Unit Weight (Kg/m)	Length (m)	Bending Moment		Allowable Axial Load (Ton)
						Crack (Ton.m)	Ultimate (Ton.m)	
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1159	290	6 - 16	10.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
		B				25.00	45.00	238.30
		C				29.00	58.00	229.50

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN  
 SEMINAR DAN LISAN  
 TUGAS AKHIR**

Pada hari ini Jum'at tanggal 18 Januari 2019 jam 09:00 WIB telah diselenggarakan UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111440000067	Lutfi Jauzie	Modifikasi Perencanaan Gedung Ibis Styles Hotel Tanah Abang Menggunakan Struktur Baja Komposit dengan Sistem Rangka Berpengaku Eksentris

1. Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

*Jurnal dan TA dibuat tidak berwarna, dicek lagi perhitungan beratnya, Perhitungan strong column weak beam di check, hal 204 perhitungan sambungan link, Gambar 13 sambungan balok anak dan balok induk diperbaiki arah panahnya, perhitungan bracingnya di check lagi.*

---

---

---

---

---

---

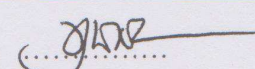


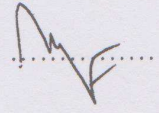
---

---

2. Rentang nilai dari hasil diskusi Tim Penguji Tugas Akhir adalah : A / **AB** / B / BC / C / D / E

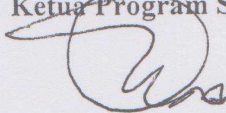
3. Dengan hasil ujian (wajib dibacakan oleh Ketua Sidang di depan Peserta Ujian dan Penguji) :

- Lulus Tanpa Perbaikan       Mengulang Ujian Seminar dan Lisan  
 Lulus Dengan Perbaikan       Mengulang Ujian Lisan

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Budi Suswanto, ST. MT. PhD (Pembimbing 1)	
Bambang Pisceca, ST. MT. PhD (Pembimbing 2)	
Data Iranata, ST. MT. PhD	
Ir. Faimun, MSc. PhD	

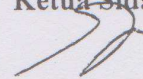
Surabaya, 18 Januari 2019

Mengetahui,  
 Ketua Program Studi S1



**Dr. techn. Umboro Lasminto, ST. MSc**  
 NIP 19721202 199802 1 001

Ketua Sidang



(*Data Iranata*)

Nama terane



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: BUDI SUSWANTO, ST. MT. Ph.D
NAMA MAHASISWA	: LUTFI JAUZIE
NRP	: 03111440000067
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG IBIS STYLES HOTEL TANAH ABANG MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA BERPENGAKU EKSENTRIS
TANGGAL PROPOSAL	: 10 SEPTEMBER 2018
NO. SP-MMTA	: 065953 / IT2.VI. 4.1 / PP.05.02.00 / 2018

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	1-10/18	Perencanaan Pelat Lantai	Perencanaan Balok Anah	
2.	4-10/18	Perencanaan Balok Anah	Perencanaan Balok Lift	
3.	8-10/18	Perencanaan Balok Lift	Perencanaan Tangga	
4.	12-10/18	Perencanaan Tangga	Permodelan Struktur	
5.	22-10/18	Permodelan Struktur	Perencanaan Struktur Primer	
6.	1-11/18	Perencanaan Struktur Primer (Link & B्रेसing)	Perencanaan Struktur Primer (Balok dan Kolom)	
7.	16-11/18	Perencanaan Struktur Primer (Balok dan Kolom)	Perencanaan Sambungan	



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukotilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	:	
NAMA MAHASISWA	:	
NRP	:	
JUDUL TUGAS AKHIR	:	
TANGGAL PROPOSAL	:	
NO. SP-MMTA	:	

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
8	29-11/18	Perencanaan sambungan	Gambar (sampai sambungan)	
9	13-12/18	Gambar (sampai sambungan)	Perencanaan Bangunan Bawah	
10	31-12/18	Perencanaan Bangunan Bawah dan Gambar Final		



Form AK/TA-04  
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukotilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: BAMBANG PISCESA, ST.MT.PHD
NAMA MAHASISWA	: LUTFI JAUZIE
NRP	: 03111440000067
JUDUL TUGAS AKHIR	: MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG IBIS STYLES HOTEL TANAH ABANG MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA BERPENGAKU EKSENTRIS
TANGGAL PROPOSAL	: 10 SEPTEMBER 2010
NO. SP-MMTA	: 065 953 / IT 2. VI. 4.1 / PP. 05. 02. 00 / 2010

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	2-10/10	Perencanaan Pelat Lantai	Perencanaan Balok Anah	
2.	5-10/10	Perencanaan Balok Anah	Perencanaan Balok Lift	
3.	9-10/10	Perencanaan Balok Lift	Perencanaan Tangga	
4.	12-10/10	Perencanaan Tangga	Permodelan Struktur	
5.	22-10/10	Permodelan Struktur	Perencanaan Struktur Primer	
6.	2-11/10	Perencanaan Struktur Primer (Link dan B्रेसing)	Perencanaan Struktur Primer (Balok dan Kolom)	
7.	16-11/10	Perencanaan Struktur Primer (Balok dan Kolom)	Perencanaan Sambungan	
8.		Perencanaan Sambungan	Gambar (sampai sambungan)	
9.		Gambar (sampai sambungan)	Perencanaan Bangunan	
8	31-12/10	Perencanaan Sambungan, Perencanaan Bangunan Bawah, dan Gambar Final	Basis	

## FORMULIR HAK CIPTA ARTIKEL

### JUDUL ARTIKEL:

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG IBIS STYLES HOTEL  
TANAH ABANG MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA KOMPOSIT DENGAN  
SISTEM RANGKA BERPENGAKU EKSENTRIS

### DAFTAR LENGKAP SEMUA PENULIS:

Nama	NRP/NIP
1. Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D	197301281998021002
2. Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D	198403182008121002
3. Lutfi Jauzie	03111440000067
4.	

### AFILIASI:

### TRANSFER HAK CIPTA

Yang bertandatangan di bawah ini **menyerahkan** hak di bawah hak cipta yang ada dalam artikel tersebut di atas kepada **Institut Teknologi Sepuluh Nopember** untuk:

- (a) diperbanyak dan
- (b) diterbitkan dalam Publikasi Ilmiah Online Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan catatan tanpa ada perubahan isi artikel tersebut.

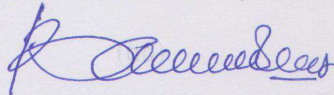
Sedangkan hak-hak lain yang ada di bawah hak cipta mengikuti ketentuan dalam Undang-Undang RI No 19 Tahun 2002 tentang Hak Cipta.



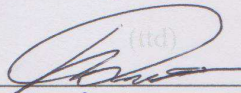
Nama 1. Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

29 Januari 2019

Tanggal



Nama 2. Bambang Piscesa, ST., MT., Ph.D



Nama 3. Lutfi Jauzie

Nama

## FORMULIR TELAHAH ARTIKEL POMITS

Nama : Lutfi Jauzie  
 NRP : 0311144 0000067  
 Judul : MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG IBIS STYLES HOTEL TANAH ABANG MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA BERPENGAKU EKSENTRIS

**Petunjuk Review :**

Telaah artikel yang ada dan berikan tanda silang pada kotak yang tersedia dan isilah titik-titik yang sudah tersedia sesuai dengan hasil telaah.

- | A. Gaya dan Penataan (berilah tanda silang pada kotak yang tersedia) | Ya                                  | Tidak                    |
|--|-------------------------------------|--------------------------|
| 1. Apakah judul sudah sesuai dengan isi artikel?                     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Apakah abstrak sudah memberikan pokok-pokok penting?              | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Apakah metodologi yang digunakan sesuai?                          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Apakah data yang ditampilkan benar dan akurat?                    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Apakah tabel dan gambar sesuai dengan kebutuhan?                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. Apakah keterangan tabel dan gambar sudah sesuai?                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. Apakah kesimpulan sudah lengkap dan jelas?                        | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8. Apakah pustaka yang digunakan terbaru dan mendukung?              | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9. Apakah artikel ditulis dengan lugas dan jelas?                    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10. Apakah penulisan sudah sesuai dengan gaya selingkung POMITS?     | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

B. Kualitas Penilaian Artikel (isilah pada kotak yg terpilih dengan silang)	C. Rekomendasi (isilah pada kotak yg terpilih dengan silang)				
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: left;">Ya</td> <td style="text-align: left;">Tidak</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table> <p><input checked="" type="checkbox"/> tidak menjiplak karya orang lain.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> tidak menggunakan perangkat lunak ilegal</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> tidak direncanakan untuk dipatenkan</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> tidak melanggar perjanjian kerjasama dengan pihak ketiga</p>	Ya	Tidak	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<p><input checked="" type="checkbox"/> tidak dipublikasikan</p> <p><input type="checkbox"/> dipublikasikan setelah perbaikan</p> <p><input type="checkbox"/> dipublikasikan</p> <p>pada: <span style="float: right;">Jurnal Teknik <input type="checkbox"/></span></p> <p style="text-align: right;">Jurnal Sains dan Seni <input type="checkbox"/></p> <p>Bidang : .....</p>
Ya	Tidak				
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

**D. Catatan atau Komentar Penelaah**

.....

.....

.....

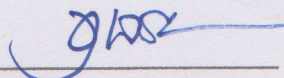
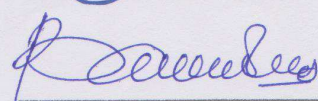
.....

.....

**Penelaah :**

Budi Suswanto, ST, MT, Ph.D  
 NIP. 19730128 1998021002

Bambang Pisceca, ST, MT, Ph.D  
 NIP. 19840310 2008121002





Form AK/TA-06  
rev01



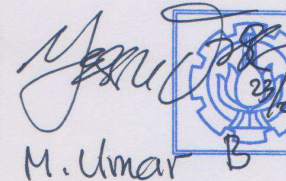

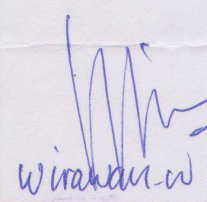


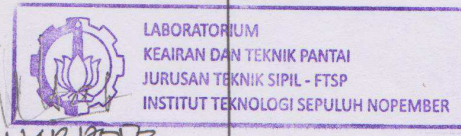
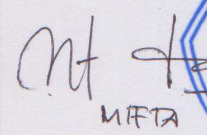

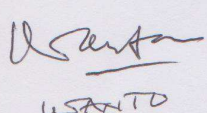

PROGRAM S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP-ITS  
**BUKTI BEBAS PINJAMAN PUSTAKA**  
Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Nama : LUTFI JAUZIE

NRP : 0311144 0000 067

Dinyatakan telah bebas pinjam dari

	Nama dan tanda tangan	Stempel
Ruang Baca	 Fauzi	
Lab.Mekanika Tanah	 M. Umar	
Lab. Perhubungan dan Bahan Jalan	 Wirawan	
Lab Hidroteknik	 Wisnu	
Lab. Struktur	 MIFTA	
Lab. Beton dan Bahan Bangunan	 WISANTO	

( Tanda tangan dan nama terang serta stempel masing-masing Ruang dan Lab )

## BIODATA PENULIS



### **Lutfi Jauzie**

Lahir di Cilacap, pada tanggal 7 Desember 1995, merupakan anak ke-3 dari pasangan Abdul H. dan Siti F. Penulis telah menempuh Pendidikan formal di SDN Mejasem Barat 03, SMPN 2 Tegal, dan SMAN 1 Tegal. Kemudian penulis meneruskan Pendidikan sarjananya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil (FTSLK-ITS) melalui program sarjana dan terdaftar dengan NRP. 3114100067. Penulis adalah mahasiswa Program Sarjana S1 dengan bidang studi struktur dengan mengambil judul tugas akhir “**MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG IBIS STYLES HOTEL TANAH ABANG MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA KOMPOSIT DENGAN SISTEM RANGKA BERPENGAKU EKSENTRIS**”

Narahubung

Email : [lutfijauzie@gmail.com](mailto:lutfijauzie@gmail.com)

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*