



**TUGAS AKHIR – RC14-1501**

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL SANTIKA BEKASI DENGAN MENGGUNAKAN  
*KING CROSS COLUMN* DAN *OCTOGONAL  
CASTELLATED BEAM***

ANDIRA SARI PURBONINGTYAS  
NRP 3114 105 020

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

Dosen Pembimbing II  
Ir. Heppy Kristijanto, MS

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**FINAL PROJECT – RC14-1501**

**PLANNING MODIFICATION OF BEKASI SANTIKA  
HOTEL BUILDING STRUCTURE BY USING *KING  
CROSS COLUMN AND OCTOGONAL CASTELLATED  
BEAM***

ANDIRA SARI PURBONINGTYAS  
NRP 3114 105 020

Supervisor I  
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

Supervisor II  
Ir. Heppy Kristijanto, MS

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2016

## LEMBAR PENGESAHAN

# MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL SANTIKA BEKASI DENGAN MENGGUNAKAN *KING CROSS COLUMN DAN OCTOGONAL CASTELLATED BEAM*

## TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

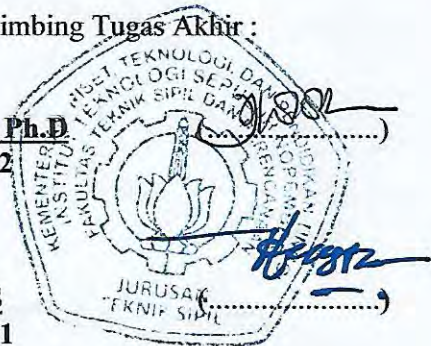
Oleh :

**ANDIRA SARI PURBONINGTYAS**  
**NRP. 3114 105 020**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

**Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D**  
**NIP : 197301281998021002**

**Ir. Heppy Kristijanto, MS**  
**NIP : 196103111987011001**



**SURABAYA**  
**JULI, 2016**

# **MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL SANTIKA BEKASI DENGAN MENGUNAKAN *KING CROSS COLUMN* DAN *OCTOGONAL CASTELLATED BEAM***

**Nama Mahasiswa** : Andira Sari Purboningtyas  
**NRP** : 3114105020  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSP-ITS  
**Dosen Pembimbing I** : Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.  
**Dosen Pembimbing II** : Ir. Heppy Kristijanto, MS.

## **Abstrak**

*Gedung Hotel Santika Bekasi adalah salah satu gedung yang terbuat dari struktur beton yang terdiri dari 10 lantai dengan tinggi 34,5 meter. Gedung Hotel Santika ini akan dimodifikasi strukturnya dari struktur beton menjadi struktur baja dan akan ditinggikan dari 10 lantai menjadi 14 lantai dengan tinggi 52,2 meter. Konstruksi baja yang akan digunakan adalah King Cross Column dan Castellated Beam karena mempunyai kelebihan daripada profil baja biasa.*

*Dalam Tugas Akhir ini, dilakukan perencanaan meliputi perencanaan pelat, balok anak, tangga, lift, balok induk, kolom dan pondasi yang mengacu pada peraturan yang berlaku diantaranya SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain, SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung, SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung yang selanjutnya dituangkan dalam bentuk gambar teknik sehingga lebih mempermudah dalam pemahaman.*

*Dari analisa dan perhitungan diperoleh hasil yaitu tebal pelat atap dan pelat lantai 9 cm. Dimensi balok induk untuk lantai atap menggunakan profil CB 495x250x8x12 dan CB 432.5x200x9x14, untuk lantai 2-5 menggunakan profil CB*

*712.5x300x11x15 dan CB 710x200x10x16, untuk lantai 6-9 menggunakan profil CB 710x200x10x16 dan CB 627.5x300x10x15, dan untuk lantai 10-13 menggunakan profil CB 627.5x300x10x15 dan CB 562.5x300x9x14. Sedangkan dimensi kolom untuk lantai 1-5 menggunakan profil KC 800x300x14x26, untuk lantai 6-9 menggunakan profil KC 700x300x13x24 dan untuk lantai 10-14 menggunakan profil KC 588x300x12x20. Dinding geser plat baja tebal 5 mm. Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang prestress yaitu Spun Piles berdiameter 600 mm.*

**Kata kunci : Modifikasi, Struktur Baja, King Cross Column, Castellated Beam**

# **PLANNING MODIFICATION OF BEKASI SANTIKA HOTEL BUILDING STRUCTURE BY USING KING CROSS COLUMN AND OCTOGONAL CASTELLATED BEAM**

**Student Name** : Andira Sari Purboningtyas  
**NRP** : 3114 105 020  
**Major** : Civil Engineering FTSP-ITS  
**Supervisor I** : Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.  
**Supervisor II** : Ir. Heppy Kristijanto, MS.

## **Abstract**

*Snatika Hotel in Bekasi is one of the building that made from concrete structures which consist of 10 floors with 34.5 meters height. This Santika Hotel will be modified from a concrete structures to steel structure and will be raised from 10 floors to 14 floors with 52.2 meters height. Steel construction that will be used are King Cross Column and Castellated Beam because its have advantages than ordinary steel profiles.*

*In this final project, the design will include plate design, joist, stair, lift, beam, column and fondation that refers to government regulation such as SNI 1727:2013 about Minimum Loads for Construction for Building and Other Structure, SNI 1729:2015 about The Specification for Steel Structural Building, SNI 1726:2012 about The Methods for Earthquake Resistance Plan for Structure Building and non-Building, SNI 2847:2013 about The Requirements of Structural Concrete for Building which then poured into engineering drawings to ease the understanding.*

*From analysis and the calculation, the results obtained are the roof and floor plate thickness is 9 cm. Dimension of main beam for roof floor using CB 495x250x8x12 and CB 432.5x200x9x14, for 2<sup>nd</sup>-5<sup>th</sup> floor using CB 712.5x300x11x15 and CB 710x200x10x16, for 6<sup>th</sup>-9<sup>th</sup> floor using CB 710x200x10x16 and CB 627.5x300x10x15, and for 10<sup>th</sup>-13<sup>rd</sup> floor using CB 627.5x300x10x15 and CB 562.5x300x9x14. While dimension of*

*column for 1<sup>st</sup>- 5<sup>th</sup> floor using KC 800x300x14x26, for 6<sup>th</sup>-9<sup>th</sup> floor using KC 700x300x13x24, and for 10<sup>th</sup>-14<sup>th</sup> floor using KC 588x300x12x20. Steel plate shear wall's thickness is 5 mm. The foundation is planning by using prestressed concrete piles that is 600 mm diameter Spun Pile.*

**Keywords :** Modification, Steel Structure, *King Cross Column, Castellated Beam*

# DAFTAR ISI

## HALAMAN JUDUL LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv

## BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat .....	5

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum.....	7
2.2 Profil <i>Castellated Beam</i> .....	7
2.2.1 Pengertian <i>Castellated Beam</i> .....	7
2.2.2 Proses Pembuatan <i>Castellated Beam</i> .....	7
2.2.3 Tipe-Tipe Pemotongan <i>Castellated Beam</i> .....	9
2.2.4 Keuntungan dan Kekurangan dari <i>Castellated Beam</i> .....	10
2.2.5 Kegagalan dalam <i>Castellated Beam</i> .....	11
2.3 Profil <i>King Cross Column</i> .....	14
2.4 Dinding Geser Pelat Baja ( <i>Steel Plate Shear Wall</i> ).....	14
2.4.1 Pengertian Dinding Geser Pelat Baja.....	14
2.4.2 Jenis Dinding Geser Pelat Baja.....	15
2.4.3 Bentuk-Bentuk Dinding Geser Pelat Baja .....	15
2.4.4 Fungsi Dinding Geser Pelat Baja.....	16
2.4.5 Keuntungan dan Kekurangan Dinding Geser Pelat Baja .....	17



### **BAB III METODOLOGI**

3.1 Bagan Alir Metodologi.....	19
3.2 Metodologi Penyelesaian.....	20
3.2.1 Pengumpulan Data .....	20
3.2.2 Studi Literatur .....	21
3.2.3 Preliminary Design .....	21
3.2.4 Pembebanan Struktur .....	22
3.2.5 Kontrol Dimensi Struktur.....	33
3.2.5.1 Perencanaan <i>Castellated Beam</i> .....	33
3.2.5.2 Perencanaan <i>King Cross Column</i> .....	36
3.2.6 Perencanaan Dinding Geser Pelat Baja ( <i>Steel Plate Shear Wall</i> ).....	41
3.2.7 Perencanaan Sambungan.....	42
3.2.7.1 Sambungan Las .....	42
3.2.7.2 Sambungan Baut .....	44
3.2.8 Perencanaan Pondasi.....	47
3.2.8.1 Tiang Pancang Tunggal.....	47
3.2.8.2 Perencanaan Poer .....	49
3.2.9 Penggambaran Hasil Perhitungan .....	50

### **BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER**

4.1 Umum.....	51
4.2 Perencanaan Pelat.....	51
4.2.1 Perencanaan Pelat Atap.....	51
4.2.2 Perencanaan Pelat Lantai .....	53
4.3 Perencanaan Balok Anak.....	54
4.3.1 Perencanaan Balok Anak Atap WF .....	54
4.3.2 Perencanaan Balok Anak Lantai WF .....	58
4.3.3 Perencanaan Balok Anak Atap <i>Castellated         Beam</i> .....	62
4.3.4 Perencanaan Balok Anak Lantai <i>Castellated         Beam</i> .....	70
4.4 Perencanaan Balok Lift .....	78
4.5 Perencanaan Tangga.....	84
4.5.1 Perencanaan Tangga .....	84

4.5.2 Perencanaan Bordes.....	90
4.5.3 Perencanaan Balok Utama Tangga.....	94
4.5.4 Perencanaan Balok Penumpu Tangga.....	103

## **BAB V PEMODELAN STRUKTUR**

5.1 Umum.....	109
5.2 Pembebanan Struktur Utama.....	109
5.2.1 Data Gedung.....	109
5.2.2 Beban Mati.....	110
5.2.3 Beban Hidup.....	111
5.3 Beban Gempa Dinamis.....	111
5.3.1 Arah Pembebanan.....	111
5.3.2 Parameter Respon Spektrum.....	112
5.4 Pemodelan 3D pada Program SAP2000.....	118
5.5 Kontrol Desain.....	124
5.5.1 Kontrol Partisipasi Massa.....	125
5.5.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental.....	126
5.5.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum.....	128
5.5.4 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai ( <i>drift</i> ).....	131

## **BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER**

6.1 Kontrol Dimensi Balok Utama.....	133
6.1.1 Kontrol Balok Induk Melintang Lantai 2-5.....	133
6.1.2 Kontrol Balok Induk Memanjang Lantai 2-5.....	140
6.2 Kontrol Dimensi Kolom Lantai 1-5.....	147
6.2.1 Kuat Nominal Tekan Kolom.....	148
6.2.2 Momen Nominal Kolom.....	148
6.2.3 Cek Kemampuan Penampang.....	149
6.2.4 Kekuatan Lentur Orde Kedua.....	150
6.2.5 Kekuatan Aksial Orde Kedua.....	152
6.2.6 Kontrol Interaksi Aksial Momen.....	152
6.3 Perhitungan Dinding Geser Plat Baja ( <i>SPSW</i> ).....	153
6.3.1 Desain Dinding Geser Plat Baja.....	153
6.3.2 Kontrol Desain Balok ( <i>HBE</i> ).....	154
6.3.3 Kontrol Desain Kolom ( <i>VBE</i> ).....	161

6.4 Perencanaan Sambungan .....	166
6.4.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk .....	166
6.4.2 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga .....	168
6.4.3 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom .....	171
6.4.4 Sambungan Antar Kolom <i>King Cross</i> 800 x 300 x 14 x 26.....	174
6.4.5 Sambungan Kolom <i>King Cross</i> 800x300x14x26 dengan Kolom <i>King Cross</i> 700x300x13x24 .....	179
6.4.6 Sambungan Dinding Geser Plat Baja ( <i>SPSW</i> ) .....	185
6.4.7 Sambungan Balok ( <i>HBE</i> ) dengan Kolom ( <i>VBE</i> ) pada Dinding Geser Plat Baja ( <i>SPSW</i> ).....	186
6.4.8 Sambungan Kolom dengan Base Plate .....	192
6.4.9 Sambungan Balok Induk dengan Kolom .....	197

## **BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH**

7.1 Umum .....	203
7.2 Data Tanah.....	203
7.3 Perencanaan Pondasi .....	203
7.4 Daya Dukung Tanah.....	204
7.4.1 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal .....	204
7.4.2 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok.....	206
7.4.3 Repetisi Beban-Beban Diatas Tiang Kelompok .....	207
7.5 Perhitungan Pondasi .....	207
7.5.1 Daya Dukung Satu Tiang Pancang .....	207
7.5.2 Perhitungan Repetisi Beban Diatas Tiang Kelompok.....	209
7.5.3 Perencanaan Poer pada Kolom .....	210
7.5.4 Kontrol Geser Pons .....	210
7.5.5 Penulangan Poer.....	214
7.7 Perencanaan Kolom Pedestal.....	217
7.8 Perencanaan Sloof Pondasi.....	219

**BAB VIII PENUTUP**

8.1 Kesimpulan..... 223  
8.2 Saran..... 224

**DAFTAR PUSTAKA  
LAMPIRAN  
GAMBAR**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa.....	24
<b>Tabel 3.2</b> Faktor Keutamaan Gempa.....	25
<b>Tabel 3.3</b> Klasifikasi Situs.....	25
<b>Tabel 3.4</b> Koefisien Situs, $F_a$ .....	27
<b>Tabel 3.5</b> Koefisien Situs, $F_v$ .....	28
<b>Tabel 3.6</b> Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada perioda pendek.....	29
<b>Tabel 3.7</b> Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada perioda 1 detik.....	29
<b>Tabel 3.8</b> Throat efektif dari Las Tumpul Penetrasi Joint Sebagian.....	42
<b>Tabel 3.9</b> Ukuran Minimum Las Sudut.....	43
<b>Tabel 5.1</b> Tabel Perhitungan N Rata-Rata.....	113
<b>Tabel 5.2</b> Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra ( $S_a$ ).....	116
<b>Tabel 5.3</b> Rasio Partisipasi Massa.....	125
<b>Tabel 5.4</b> Periode dan Frekuensi Struktur Gedung.....	127
<b>Tabel 5.5</b> Reaksi Dasar Struktur Gedung.....	128
<b>Tabel 5.6</b> Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Gedung..	129
<b>Tabel 5.7</b> Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Setelah Dikalikan dengan Faktor Skala.....	130
<b>Tabel 5.8</b> Kontrol Simpangan Arah X.....	132
<b>Tabel 5.9</b> Kontrol Simpangan Arah Y.....	132
<b>Tabel 6.1</b> Rekapitulasi Profil Kolom.....	201
<b>Tabel 6.2</b> Rekapitulasi Profil Balok Induk.....	201
<b>Tabel 7.1</b> Hasil Analisis SAP 2000 Untuk Kolom.....	209

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Proses Pembuatan Hexagonal Castellated Beam.....	8
<b>Gambar 2.2</b> Proses Pembuatan Octogonal Castellated Beam.....	8
<b>Gambar 2.3</b> Proses Pembuatan Circular Castellated Beam.....	8
<b>Gambar 2.4</b> Beam Ends Left Ragged, $U=T$ .....	9
<b>Gambar 2.5</b> Beam Ends Left Ragged, $U>T$ .....	9
<b>Gambar 2.6</b> Beam Ends Finished, $U=T$ .....	10
<b>Gambar 2.7</b> Beam Ends Finished With Infill Plates, $U>T$ ....	10
<b>Gambar 2.8</b> Jajargenjang (Parallelogram) .....	12
<b>Gambar 2.9</b> Rupture Of Welded Joint .....	13
<b>Gambar 2.10</b> King Cross Column.....	14
<b>Gambar 2.11</b> Macam-macam Bentuk Dinding Geser.....	16
<b>Gambar 3.1</b> Bagan Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir.....	20
<b>Gambar 3.2</b> Peta untuk $S_s$ .....	26
<b>Gambar 3.3</b> Peta untuk $S_1$ .....	26
<b>Gambar 3.4</b> Spektrum Respons Desain .....	29
<b>Gambar 3.5</b> Geometri Castellated Beam .....	33
<b>Gambar 4.1</b> Pelat Atap.....	51
<b>Gambar 4.2</b> Penulangan Pelat Atap .....	52
<b>Gambar 4.3</b> Pelat Lantai Hotel .....	53
<b>Gambar 4.4</b> Penulangan Pelat Lantai Hotel.....	54
<b>Gambar 4.5</b> Denah Balok Anak Atap .....	55
<b>Gambar 4.6</b> Denah Balok Anak Lantai Hotel.....	59
<b>Gambar 4.7</b> Geometri Balok <i>Octogonal Castellated</i> .....	63
<b>Gambar 4.8</b> Geometri Balok <i>Octogonal Castellated</i> .....	71
<b>Gambar 4.9</b> Denah Lift .....	78
<b>Gambar 4.10</b> Potongan Melintang Lift.....	79
<b>Gambar 4.11</b> Model Pembebanan Balok Penumpu Lift .....	80
<b>Gambar 4.12</b> Denah Tangga .....	85
<b>Gambar 4.13</b> Pelat Anak Tangga.....	85



<b>Gambar 4.14</b>	Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga.....	87
<b>Gambar 4.15</b>	Denah Bordes .....	90
<b>Gambar 4.16</b>	Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga.....	96
<b>Gambar 4.17</b>	Bidang Momen Balok Utama Tangga.....	97
<b>Gambar 4.18</b>	Gaya Lintang Balok Utama Tangga.....	98
<b>Gambar 4.19</b>	Gaya Normal Balok Utama Tangga.....	99
<b>Gambar 4.20</b>	Hasil Analisis Lendutan Balok Utama Tangga	102
<b>Gambar 4.21</b>	Pembebanan Balok Penumpu Tangga.....	103
<b>Gambar 4.22</b>	Posisi $M_A$ , $M_B$ , $M_C$ Balok Penumpu Tangga ..	106
<b>Gambar 4.23</b>	Analisa Lendutan Balok Penumpu Tangga.....	108
<b>Gambar 5.1</b>	Pemodelan Struktur Gedung yang Direnakan .....	110
<b>Gambar 5.2</b>	Hasil Grafik Spektrum Respon Desain .....	117
<b>Gambar 5.3</b>	Pemilihan Model Rangka.....	118
<b>Gambar 5.4</b>	Input Edit Grid Data.....	118
<b>Gambar 5.5</b>	Input Edit Material Data.....	119
<b>Gambar 5.6</b>	Penentuan Dimensi <i>Frame</i> .....	119
<b>Gambar 5.7</b>	Penentuan Dimensi <i>Frame</i> .....	120
<b>Gambar 5.8</b>	Input <i>Area Section</i> Pelat.....	120
<b>Gambar 5.9</b>	Input <i>Respon Spectrum</i> Gempa.....	121
<b>Gambar 5.10</b>	Input Data <i>Load Pattern</i> .....	121
<b>Gambar 5.11</b>	<i>Define Load Case</i> .....	122
<b>Gambar 5.12</b>	Input Nilai Massa .....	123
<b>Gambar 5.13</b>	<i>Deformed Shape</i> Gedung .....	124
<b>Gambar 6.1</b>	Geometri Balok <i>Octogonal Castellated</i> .....	133
<b>Gambar 6.2</b>	Geometri Balok <i>Octogonal Castellated</i> .....	140
<b>Gambar 6.3</b>	Penampang Kolom <i>King Cross</i> 800x300x14x26 .....	147
<b>Gambar 6.4</b>	Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk ...	166
<b>Gambar 6.5</b>	Detail Pelat Siku pada Gelagar .....	167
<b>Gambar 6.6</b>	Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga.....	169
<b>Gambar 6.7</b>	Detail Pelat Siku pada Gelagar .....	170
<b>Gambar 6.8</b>	Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom .....	171

<b>Gambar 6.9</b>	Detail Pelat Siku pada Gelagar .....	173
<b>Gambar 6.10</b>	Sambungan Antar Kolom <i>King Cross</i> 800x300x14x26 .....	175
<b>Gambar 6.11</b>	Arah Beban Sumbu X pada Pelat Landas .....	181
<b>Gambar 6.12</b>	Sambungan Kolom <i>King Cross</i> 800x300x14x26 Dengan Kolom <i>King Cross</i> 700x300x13x24 ...	184
<b>Gambar 6.13</b>	Sambungan <i>SPSW</i> dengan Kolom .....	186
<b>Gambar 6.14</b>	Sambungan <i>HBE</i> dan <i>VBE</i> pada <i>SPSW</i> .....	187
<b>Gambar 6.15</b>	Sambungan Kolom dengan <i>Base Plate</i> .....	193
<b>Gambar 6.16</b>	Arah Beban Sumbu X pada Pelat Landas .....	195
<b>Gambar 6.17</b>	Sambungan Balok Induk dengan Kolom .....	200
<b>Gambar 7.1</b>	Pondasi Tiang Pancang .....	208
<b>Gambar 7.2</b>	Geser Ponds Akibat Kolom.....	211
<b>Gambar 7.3</b>	Geser Ponds Akibat Tiang Pancang .....	213
<b>Gambar 7.4</b>	Analisa Poer sebagai Balok Kantilever.....	214
<b>Gambar 7.5</b>	Pembebanan Poer Kolom (Arah Sumbu X) .....	214
<b>Gambar 7.6</b>	Pembebanan Poer Kolom (Arah Sumbu Y) .....	216
<b>Gambar 7.7</b>	Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan PCA Col .....	218
<b>Gambar 7.8</b>	Penulangan Kolom Pedestal.....	219
<b>Gambar 7.9</b>	Penulangan Sloof .....	222

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dalam perkembangan konstruksi terdapat dua jenis material struktur yang paling umum digunakan, yaitu beton dan baja atau penggabungan kedua jenis material tersebut. Beton mempunyai berbagai kelemahan antara lain tidak mampu menahan gaya tarik sehingga mudah retak yang akan menimbulkan kerugian ekonomi, mempunyai bobot yang berat, pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi dan pengerjaan relatif lama. Sedangkan baja kuat terhadap gaya tarik, mempunyai bobot yang relatif ringan, dibuat secara fabrikasi (homogen) dipabrik dengan syarat standar fabrikasi sehingga memberikan keuntungan dengan mempercepat pengerjaan serta menghemat biaya konstruksi.

Salah satu gedung yang terbuat dari struktur beton adalah gedung Hotel Santika Bekasi yang terdiri dari 10 lantai. Gedung Hotel Santika ini akan dimodifikasi strukturnya dari struktur beton menjadi struktur baja dan akan ditinggikan dari 10 lantai menjadi 14 lantai. Konstruksi baja yang akan digunakan adalah *King Cross Column* dan *Castellated Beam* karena mempunyai kelebihan daripada profil baja biasa.

*King Cross Column* adalah perpaduan dua buah profil WF yang dilas penuh pada kedua sisi web nya. Profil ini memiliki kuat aksial yang cukup tinggi pada arah X dan arah Y. Maka dari itu *King Cross Column* paling baik digunakan untuk struktur kolom pada bangunan. *Castellated Beam* adalah profil baja H, I, atau U yang kemudian pada bagian badannya dipotong memanjang dengan pola zig-zag. Kemudian bentuk dasar baja diubah dengan menggeser atau membalik setengah bagian profil baja yang telah dipotong. Penyambungan setengah profil dilakukan dengan cara di las pada bagian “gigi-giginya” sehingga terbentuk profil baru dengan lubang berbentuk segi enam (*hexagonal*), segi delapan (*octogonal*), dan lingkaran (*circular*) (Grunbauer, 2001). Profil ini mempunyai tinggi (h) hampir 50%

lebih tinggi dari profil awal sehingga meningkatkan nilai lentur axial, momen inersia ( $I_x$ ) dan modulus section ( $S_x$ ) (Knowles, 1991).

*Castellated Beam* mempunyai beberapa kelebihan diantaranya adalah :

1. Dengan lebar profil yang lebih tinggi ( $d_g$ ), menghasilkan momen inersia dan modulus section yang lebih besar sehingga lebih kuat dan kaku bila dibandingkan dengan profil asalnya (Megharief 1997 dan Grunbauer 2001).
2. Mampu memikul momen lebih besar dengan tegangan ijin yang lebih kecil (Megharief 1997 dan Grunbauer 2001).
3. Bahan ringan, kuat serta mudah dipasang (Megharief 1997 dan Grunbauer 2001).
4. Profil *Castellated Beam* ini juga cocok untuk bentang panjang (untuk penggunaan *Castellated Beam* pada atap dapat mencapai 10-50 m dan bila digunakan sebagai plat 12-25 m. Sehingga dapat mengurangi jumlah kolom dan pondasi serta mengurangi biaya *erection* (pengangkatan) (Dougherty, 1993).
5. Dapat digunakan untuk gedung tingkat tinggi, bangunan perindustrian (Amayreh dan Saka, 2005).

*Castellated Beam* juga mempunyai beberapa kelemahan diantaranya adalah :

1. *Castellated Beam* kurang tahan api. Sehingga harus ditambah dengan lapisan tahan api (fire proofing) 20% lebih tebal agar mencapai ketahanan yang sama dengan profil awalnya (Grunbauer, 2001).
2. Kurang kuat menerima gaya lateral, sehingga perlu diberi satu atau lebih plat pada ujung-ujung (dekat dengan pertemuan balok-kolom) (Grunbauer, 2001).
3. Pada ujung-ujung bentang (di sudut-sudut profil) terjadi peningkatan pemusatan tegangan (*stress concentrations*) (Amayreh dan Saka, 2005).

4. Castellated Beam tidak sesuai untuk bentang pendek dengan beban yang cukup berat (Amayreh dan Saka, 2005).
5. Analisa dari defleksi lebih rumit daripada balok solid (Amayreh dan Saka, 2005).

Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Santika Bekasi dengan Menggunakan *King Cross Column* dan *Octogonal Castellated Beam* direncanakan mempunyai struktur yang awet, kuat, berat lebih ringan, *specific strength* lebih tinggi serta waktu pengerjaan lebih cepat sehingga dapat mempercepat pengerjaan konstruksi. Selain itu memiliki daya guna dan hasil guna yang seimbang.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Perumusan masalah yang dihadapi dalam Tugas Akhir ini adalah :

### **1.2.1 Perumusan Masalah Utama :**

Bagaimana merencanakan struktur gedung Hotel Santika Bekasi dengan menggunakan profil *King Cross Column* dan *Octogonal Castellated Beam* ?

### **1.2.2 Perumusan Masalah Detail :**

1. Bagaimana menentukan preliminary design penampang profil baja *king cross column* dan *octogonal castellated beam* ?
2. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi balok anak, pelat dan tangga ?
3. Bagaimana menghitung pembebanan yang bekerja pada struktur gedung ?
4. Bagaimana melakukan analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000 versi 14.2.2?
5. Bagaimana melakukan kontrol dimensi struktur ?
6. Bagaimana merencanakan sambungan yang memenuhi kriteria perancangan struktur ?
7. Bagaimana merencanakan pondasi bangunan ?
8. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan kedalam gambar teknik ?

### 1.3. Tujuan

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

#### 1.3.1 Tujuan Utama

Mampu merencanakan struktur gedung Hotel Santika Bekasi dengan menggunakan profil *King Cross Column* dan *Octogonal Castellated Beam*.

#### 1.3.2 Tujuan Detail

1. Mampu menentukan preliminary design penampang profil baja king cross column dan *octogonal castellated beam*.
2. Mampu merencanakan struktur sekunder yang meliputi balok anak, pelat dan tangga.
3. Mampu menghitung pembebanan yang bekerja pada struktur gedung.
4. Mampu melakukan analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000 versi 14.2.2.
5. Mampu melakukan kontrol dimensi struktur.
6. Mampu merencanakan sambungan yang memenuhi kriteria perancangan struktur.
7. Mampu merencanakan pondasi bangunan.
8. Mampu menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan kedalam gambar teknik.

### 1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Tidak menghitung biaya konstruksi gedung.
2. Tidak membahas metode pelaksanaan.
3. Perencanaan struktur mengacu pada SNI 1729:2015.
4. .Pembebanan dihitung berdasarkan SNI 1727:2013.
5. Beban gempa dihitung berdasarkan SNI 1726:2012.
6. Program bantu yang digunakan adalah SAP 2000 versi 14.2.2 dan AutoCAD.
7. Perencanaan dilakukan pada gedung 14 lantai, menggunakan King Cross Column dan Octogonal Castellated Beam.

### **1.5. Manfaat**

Manfaat dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

1. Mendapatkan suatu desain bangunan gedung yang mempunyai kelebihan antara lain struktur yang awet, kuat, berat lebih ringan, specific strength lebih tinggi, waktu pengerjaan lebih cepat dan memiliki daya guna yang seimbang.
2. Dari perencanaan ini bisa diketahui hal-hal apa saja yang harus diperhatikan pada saat perancangan sehingga kegagalan struktur bisa diminimalisi.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Umum**

Gedung Hotel Santika Bekasi merupakan bangunan bertingkat yang terdiri dari 10 lantai dengan tinggi 34.5 meter dan menggunakan konstruksi beton. Gedung Hotel Santika Bekasi ini akan dimodifikasi menjadi bangunan bertingkat yang terdiri dari 14 lantai dengan tinggi 52,2 meter dan menggunakan konstruksi baja. Konstruksi baja yang akan digunakan adalah *King Cross Column* dan *Castellated Beam*. Dalam perencanaan struktur gedung Hotel Santika Bekasi ini diperlukan data-data perencanaan, pengetahuan tentang konstruksi baja yang digunakan dan perhitungan struktur untuk kemudian dilakukan perhitungan.

#### **2.2. Profil *Castellated Beam***

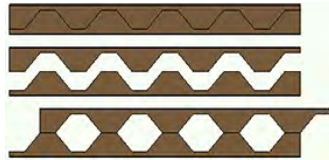
##### **2.2.1. Pengertian *Castellated Beam***

*Castellated Beam* adalah profil baja H, I, atau U yang kemudian pada bagian badannya dipotong memanjang dengan pola zig-zag. Kemudian bentuk dasar baja diubah dengan menggeser atau membalik setengah bagian profil baja yang telah dipotong. Penyambungan setengah profil dilakukan dengan cara di las pada bagian “gigi-giginya” sehingga terbentuk profil baru dengan lubang berbentuk segi enam (*hexagonal*), segi delapan (*octogonal*), dan lingkaran (*circular*) (Grunbauer, 2001). *Castellated Beam* mempunyai tinggi (h) hampir 50% lebih tinggi dari profil awal sehingga meningkatkan nilai lentur axial, momen inersia ( $I_x$ ) dan modulus section ( $S_x$ ) (Knowles, 1991). Dalam tugas akhir ini digunakan *Octogonal Castellated Beam*.

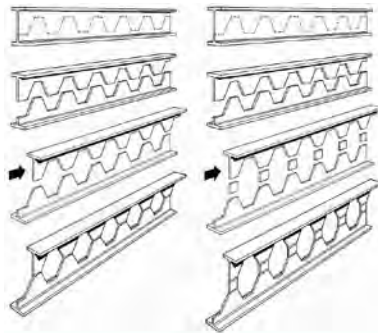
##### **2.2.2. Proses Pembuatan *Castellated Beam***

Proses fabrikasi dari *Castellated Beam* diuraikan sebagai berikut (Grunbauer, 2001) :

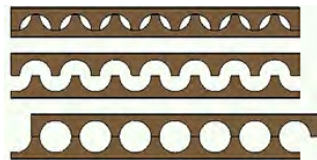
1. Badan profil dibuat dicetakkan hot-rolled (cetakan panas) berbentuk I, H atau U dengan pola pemotongan zig-zag.
2. Setengah hasil potongan digeser, ujung atas kanan dilas dengan ujung bawah kiri, dan sebaliknya. Sehingga lubang yang dihasilkan berbentuk segi enam (hexagonal) seperti pada Gambar 2.1. Untuk menghasilkan lubang berbentuk segi delapan (octagonal) maka disisipkan plat segi empat di kedua sisi seperti pada Gambar 2.2. Bila pola pemotongan berbentuk setengah lingkaran, maka lubang yang dihasilkan adalah lingkaran (circular) seperti pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.1.** Proses Pembuatan Hexagonal Castellated Beam



**Gambar 2.2.** Proses Pembuatan Octagonal Castellated Beam



**Gambar 2.3.** Proses Pembuatan Circular Castellated Beam

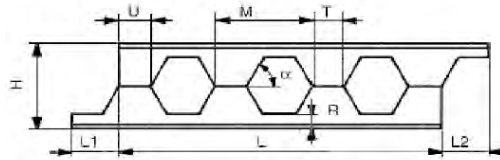
### 2.2.3. Tipe-Tipe Pemotongan *Castellated Beam*

Ada empat tipe pemotongan balok berdasarkan dimensi  $U$  dan  $T$  (Grunbauer, 2001).

1. Beam Ends Left Ragged,  $U=T$

(Simple and cheap, but not convenient to use)

Pemotongannya mudah, sederhana dan murah, tetapi kurang baik digunakan. Beam Ends Left Ragged ( $U=T$ ) seperti pada Gambar 2.4.

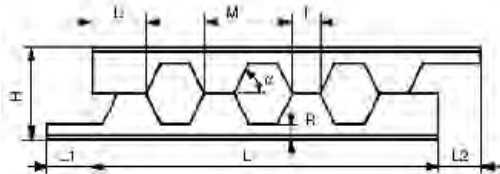


**Gambar 2.4.** Beam Ends Left Ragged,  $U=T$

2. Beam Ends Left Ragged,  $U>T$

(Longer ends, but not very effective)

Menghasilkan ujung potongan yang panjang tetapi tidak efektif. Beam Ends Left Ragged ( $U>T$ ) seperti pada Gambar 2.5.

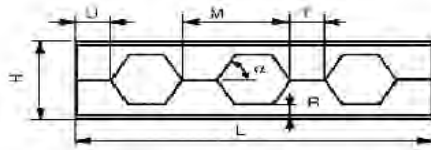


**Gambar 2.5.** Beam Ends Left Ragged,  $U>T$

3. Beam Ends Finished,  $U=T$

(Nice finish, dearer due to extra cutting operation and material waste)

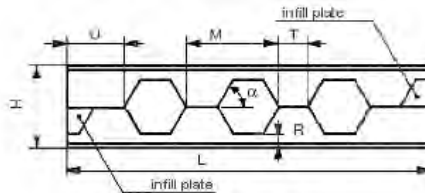
Menghasilkan potongan yang baik (rapi) serta menghemat material (tidak banyak bahan yang terbuang). Beam Ends Finished ( $U=T$ ) seperti pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6.** Beam Ends Finished,  $U=T$

4. Beam Ends Finished With Infill Plates,  $U>T$   
(Strong and rigid, but expensive)

Kuat dan kaku, tetapi mahal karena adanya penambahan plat. Beam Ends Finished With Infill Plates ( $U>T$ ) seperti pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7.** Beam Ends Finished With Infill Plates,  $U>T$

## 2.2.4. Keuntungan dan Kekurangan dari *Castellated Beam*

### 2.2.4.1. Keuntungan *Castellated Beam*

Keuntungan dari *Castellated Beam* adalah sebagai berikut :

1. Dengan lebar profil yang lebih tinggi ( $d_g$ ), menghasilkan momen inersia dan modulus section yang lebih besar sehingga lebih kuat dan kaku bila dibandingkan dengan profil asalnya (Megharief 1997 dan Grunbauer 2001).
2. Mampu memikul momen lebih besar dengan tegangan ijin yang lebih kecil (Megharief 1997 dan Grunbauer 2001).
3. Bahan ringan, kuat serta mudah dipasang (Megharief 1997 dan Grunbauer 2001).

4. Profil *Castellated Beam* ini juga cocok untuk bentang panjang (untuk penggunaan *Castellated Beam* pada atap dapat mencapai 10-50 meter dan bila digunakan sebagai plat 12-25 meter). Sehingga dapat mengurangi jumlah kolom dan pondasi, serta mengurangi biaya *erection* (pengangkatan) (Dougherty, 1993).
5. Dapat digunakan untuk gedung tingkat tinggi, bangunan perindustrian (Amayreh dan Saka, 2005).

#### **2.2.4.2. Kekurangan *Castellated Beam***

Kekurangan dari *Castellated Beam* adalah sebagai berikut :

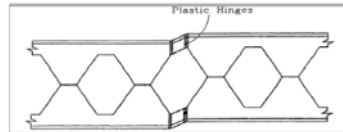
1. *Castellated Beam* kurang tahan api. Sehingga harus ditambah dengan lapisan tahan api (fire proofing) 20% lebih tebal agar mencapai ketahanan yang sama dengan profil awalnya (Grunbauer, 2001).
2. Kurang kuat menerima gaya lateral, sehingga perlu diberi satu atau lebih plat pada ujung-ujung (dekat dengan pertemuan balok-kolom) (Grunbauer, 2001).
3. Pada ujung-ujung bentang (di sudut-sudut profil) terjadi peningkatan pemusatan tegangan (*stress concentrations*) (Amayreh dan Saka, 2005).
4. *Castellated Beam* tidak sesuai untuk bentang pendek dengan beban yang cukup berat (Amayreh dan Saka, 2005).
5. Analisa dari defleksi lebih rumit daripada balok solid (Amayreh dan Saka, 2005).

#### **2.2.5. Kegagalan dalam *Castellated Beam***

Kegagalan dalam *Castellated Beam* adalah sebagai berikut :

1. Vierendeel atau Shear Mechanism (Mekanisme Geser)  
Mekanisme ini berbanding lurus dengan tegangan geser yang cukup tinggi pada balok. Sendi plastis terjadi pada ujung balok (reentrant corners) pada lubang dapat

merubah bentuk bagian T (tee section) menjadi seperti jajargenjang (parallelogram) (Altifillisch 1957, Toprac dan Cook 1959) seperti pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.8.** Jajargenjang (Parallelogram)

## 2. Flexural Mechanism (Mekanisme Lentur)

Titik leleh yang terjadi pada bagian T (tee section) bagian atas dan bawah pada ujung awal (the opening) profil *Castellated Beam* hampir sama dengan profil WF solid pada kondisi *under pure bending forces* (Toprac dan Cook, 1959).

$$M_p = Z' \times F_t$$

Dimana :

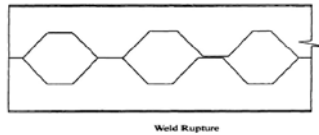
$Z'$  = modulus plastis yang diambil melalui garis tengah vertikal pada lubang

## 3. Lateral-Torsional-Buckling (Tekuk Lateral Torsi pada Pelat Badan)

Tekuk lateral torsi pada pelat badan profil solid biasanya terjadi pada balok bentang panjang yang tidak memiliki penahan lateral yang cukup untuk menahan tekan pada sayap. Kegagalan ini disebabkan oleh kurangnya kekakuan torsi pada balok, sebagai hasil dari tinggi dan kelangsingan penampang. Pada tekuk lateral torsi dari balok, efek lubang pada profil dapat diabaikan (Kerdal dan Nethercort, 1982). Sehingga tekuk lateral torsi pada *Castellated Beam* dapat direncanakan sama seperti pada pelat badan solid dengan menyesuaikan penampangnya.

#### 4. Rupture of Welded Joint (Putusnya Sambungan Las)

Las pada jarak antara lubang yang satu dengan yang lainnya ( $e$ ) dapat mengalami ruptur (putus) ketika tegangan geser horizontal melebihi kekuatan leleh dari pengelasannya (welded joint) (Husain dan Speirs, 1971) seperti pada Gambar 2.9.



**Gambar 2.9.** Rupture Of Welded Joint

Panjang horizontal pada lubang (horizontal length of the opening) berbanding lurus dengan panjang pengelasan, dan ketika panjang horizontal berkurang untuk menambah secondary moment (Vierendeel truss), maka las sepanjang badan profil menjadi lebih mudah gagal (failure). Mekanisme Vierendeel biasanya terjadi pada balok-balok yang mempunyai jarak lubang horizontal yang cukup panjang (oleh karena itu mempunyai panjang las lebih panjang) (Dougherty, 1993).

#### 5. Web Post Buckling due to Compression (Tekuk Pelat Badan Akibat Tekan)

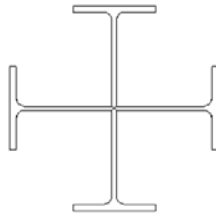
Kegagalan ini disebabkan oleh beban terpusat yang secara langsung dibebankan pada pelat badan. Kegagalan ini dapat dicegah bila penggunaan pengakunya diperkuat untuk menahan gaya tersebut (Toprack dan Cook 1959 dan Husain dan Speirs 1973).



### 2.3. Profil *King Cross Column*

Kolom adalah bagian dari struktur bangunan yang berfungsi untuk meneruskan beban di atasnya ke konstruksi pondasi bangunan. Dalam perencanaan Preliminary Design kolom, gaya-gaya dalam yang bekerja adalah gaya aksial serta momen.

Karena balok menggunakan profil *Castellated Beam* maka agar lebih mudah dalam pelaksanaan dan perhitungan digunakan kolom dengan profil *King Cross* seperti pada Gambar 2.10. *King Cross Column* adalah perpaduan dua buah profil WF yang dilas penuh pada kedua sisi web nya . Profil ini memiliki kuat aksial yang cukup tinggi pada arah X dan arah Y. Maka dari itu profil ini paling baik digunakan untuk struktur kolom pada bangunan.



Gambar 2.10. King Cross Column

### 2.4. Dinding Geser Pelat Baja (*Steel Plate Shear Wall*)

#### 2.4.1. Pengertian Dinding Geser Pelat Baja

Dinding geser pelat baja adalah sebuah sistem penahan beban lateral yang terdiri dari pelat baja vertikal berdinding tipis, menghubungkan balok dan kolom disekitarnya dan terpasang dalam satu atau lebih pelat sepanjang ketinggian struktur membentuk sebuah dinding penopang. Sebagaimana ditentukan oleh beberapa eksperimen dan penyelidikan secara analitis, deformasi inelastic siklik SPSW menunjukkan kekakuan awal tinggi, bersifat sangat daktail dan dapat menyerap sejumlah besar energy (Berman dan Bruneau, 2003).

Dinding geser pelat baja secara efektif dan ekonomis mampu menahan beban angin dan beban gempa yang terjadi. Dinding geser pelat baja ini terhubung ke sisi-sisi balok dan kolom yang bekerja bersama-sama dalam menahan beban angin dan beban gempa.

#### **2.4.2. Jenis Dinding Geser Pelat Baja**

Ada 2 jenis dinding geser pelat baja berdasarkan susunan, ukuran dan tinggi yang mempunyai keuntungan masing-masing, yaitu *core systems* dan *planar systems*.

##### **1. SPSW Core Systems**

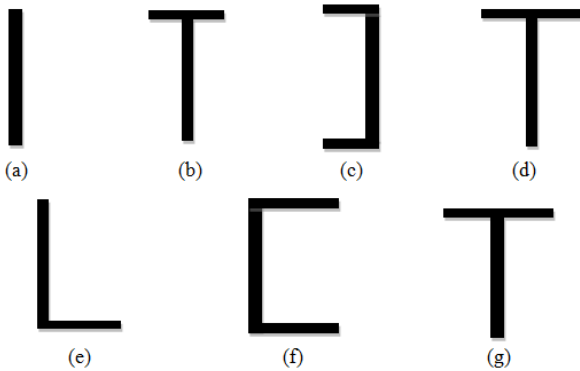
Dinding geser pelat baja (*SPSW*) ini cocok digunakan pada bangunan bertingkat menengah hingga bangunan bertingkat tinggi. Jenis dinding geser pelat baja ini memberikan kekakuan terhadap puntir dan keruntuhan lebih baik. (Seilie dan Hooper, 2005)

##### **2. Multiple Planar SPSW**

Dinding geser pelat baja (*SPSW*) ini cocok untuk bangunan bertingkat rendah dan untuk perkuatan gedung yang sudah ada. Dinding geser ini mempunyai kapasitas geser yang cukup dengan kapasitas momen yang sedikit terbatas. (Seilie dan Hooper, 2005)

#### **2.4.3. Bentuk-Bentuk Dinding Geser Pelat Baja**

Dalam struktur dinding geser pelat baja (*steel plate shear wall*) mempunyai bentuk-bentuk dan variasi yang berbeda-beda, dimana dimensi dari dinding geser dipengaruhi besarnya gaya lateral yang diterima oleh dinding geser tersebut. Bentuk-bentuk dinding geser pelat baja (*steel plate shear wall*) seperti pada Gambar 2.11.



**Gambar 2.11.** Macam-macam Bentuk Dinding Geser

#### 2.4.4. Fungsi Dinding Geser Pelat Baja

Terdapat dua fungsi dari dinding geser pelat baja yaitu :

1. Kekakuan
  - Dinding geser juga memberikan kekakuan lateral untuk mencegah atap atau lantai di atas dari sisi goyangan yang berlebihan.
  - Ketika dinding geser cukup kaku, akan mencegah mbingkai lantai dan atap dari bergerak untuk mendukungnya.
  - Bangunan yang cukup kaku biasanya kerusakan yang terjadi nonstructural.
2. Kekuatan
  - Dinding geser harus memberikan kekuatan lateral yang diperlukan untuk melawan kekuatan gempa horizontal.
  - Ketika dinding geser cukup kuat, mereka akan mentransfer gaya horizontal ini ke elemen berikutnya dalam jalur beban dibawah mereka seperti dinding geser lainnya, lantai, pondasi dan lain-lain.

## **2.4.5. Keuntungan dan Kekurangan Dinding Geser Pelat Baja**

### **2.4.5.1. Keuntungan Dinding Geser Pelat Baja**

Keuntungan dinding geser pelat baja dalam penggunaannya (Setiawan, 2008) adalah sebagai berikut :

1. Mempunyai kekuatan tinggi sehingga dapat mengurangi ukuran struktur serta mengurangi pula berat sendiri dari struktur tersebut.
2. Keseragaman dari keawetan yang tinggi, tidak seperti halnya material beton bertulang terdiri dari berbagai macam bahan penyusun.
3. Memiliki sifat yang lebih elastis.
4. Daktilitas baja cukup tinggi.
5. Kemudahan penyambungan antar elemen baja satu dengan lainnya.

### **2.4.5.2. Kekurangan Dinding Geser Pelat Baja**

Kekurangan dinding geser pelat baja dalam penggunaannya (Setiawan, 2008) adalah sebagai berikut :

1. Umumnya material baja rentan terhadap korosi jika terjadi kontak dengan udara dan air sehingga perlu dicat secara periodik.
2. Tidak tahan api karena baja suhu tinggi akan meleleh.
3. Rentan terhadap tekuk dan kekuatan baja akan menurun jika mendapat beban siklis sehingga dalam perancangan perlu dilakukan pengurangan kekuatan jika pada elemen struktur akan terjadi beban siklis.

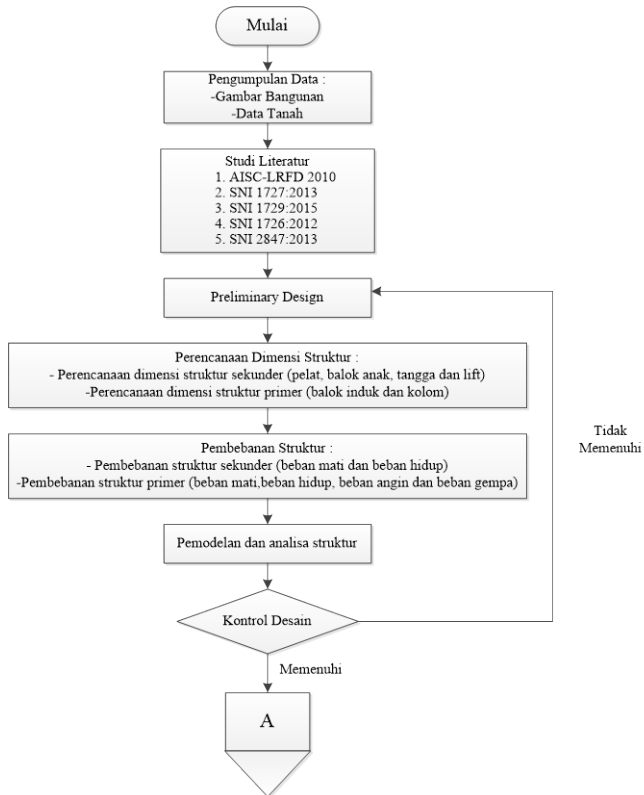
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

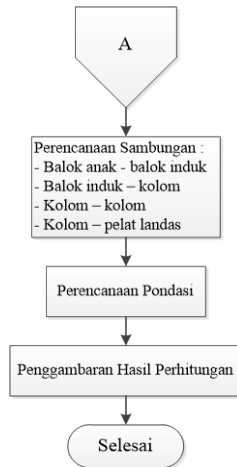
# BAB III

## METODOLOGI

### 3.1 Bagan Alir Metodologi

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini diperlukan metode dan urutan-urutan penyelesaian secara jelas dan sistematis. Oleh karena itu dibuatlah suatu metodologi yang dimaksudkan agar penyelesaian tugas akhir ini berjalan dengan baik. Urutan penyelesaian Tugas Akhir dapat dilihat pada bagan alir dibawah ini :





**Gambar 3.1** Bagan Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir

### 3.2 Metodologi Penyelesaian

Langkah-langkah dalam Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Santika Bekasi dengan Menggunakan *King Cross Column* dan *Octogonal Castellated Beam* adalah sebagai berikut :

#### 3.2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data untuk perencanaan gedung meliputi gambar struktur, gambar arsitek dan data tanah.

Data Umum Bangunan :

- Nama Gedung : Gedung Hotel Santika
- Lokasi : Bekasi, Jawa Barat
- Fungsi : Hotel
- Jumlah Lantai : 10 lantai
- Tinggi Gedung : 34,5 meter
- Struktur Utama : Beton

Data Modifikasi Bangunan :

- Nama Gedung : Gedung Hotel Santika
- Lokasi : Bekasi, Jawa Barat
- Fungsi : Hotel
- Jumlah Lantai : 14 lantai

- Tinggi Gedung : 52,2 meter
- Struktur Utama : King Cross Column dan Octogonal Castellated Beam
- Sistem Struktur : Sistem *Steel Plate Shear Wall (SPSW)*

### 3.2.2 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan antara lain mempelajari buku-buku pustaka, jurnal, studi penelitian terdahulu, maupun peraturan-peraturan yang dapat digunakan untuk perhitungan gedung seperti :

1. American Institute of Steel Construction – Load and Resistance Factor Design (AISC-LRFD) 2010.
2. Beban Minimum Untuk Perancangan Gedung Dan Struktur Lain (SNI 1727:2013).
3. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015).
4. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung (SNI 1726:2012).
5. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013).
6. Browsing penelitian terdahulu dan jurnal-jurnal tentang *castellated beam*, *king cross column*, dan *steel plate shear wall*.

### 3.2.3 Preliminary Design

Preliminary design struktur sekunder dan struktur primer yang meliputi data-data perencanaan perkiraan dimensi awal dari elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material yang digunakan. Preliminary design struktur sebagai berikut :

- a. Preliminary design struktur sekunder  
Preliminary design struktur sekunder meliputi perhitungan pelat, balok anak, tangga dan lift.
- b. Preliminary design struktur primer  
Preliminary design struktur primer meliputi :



1. Balok Induk yang direncanakan menggunakan profil baja *Octogonal Castellated Beam*.
2. Kolom yang direncanakan menggunakan profil baja *King Cross Column*.

### **3.2.4 Pembebanan Struktur**

Pembebanan pada struktur bangunan merupakan salah satu hal yang terpenting dalam perencanaan sebuah gedung. Kesalahan dalam perencanaan beban atau penerapan beban pada perhitungan akan mengakibatkan kesalahan yang fatal pada hasil desain bangunan tersebut. Untuk itu sangat penting merencanakan pembebanan pada struktur bangunan dengan sangat teliti agar bangunan yang didesain tersebut nantinya akan aman pada saat dibangun dan digunakan. Beberapa jenis beban yang ditinjau dalam perencanaan konstruksi bangunan, yaitu :

#### **1. Beban Mati**

Beban mati 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 structural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

*(SNI 1727:2013 pasal 3.1.1)*

#### **2. Beban Hidup**

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Nilai dari beban hidup itu sendiri dapat diambil dari table 4-1 SNI 1727:2013.

*(SNI 1727:2013 pasal 4.1)*

#### **3. Beban Angin**

Ketentuan mengenai beban angin dapat dilihat pada SNI 1727:2013 pasal 26 s/d pasal 31.

#### 4. Beban Gempa

Besarnya beban gempa yang terjadi pada struktur bangunan tergantung dari beberapa faktor yaitu, massa dan kekakuan struktur, waktu getar alami dan pengaruh redaman dari struktur, kondisi tanah, dan wilayah kegempaan dimana struktur bangunan tersebut didirikan. Massa dari struktur bangunan merupakan faktor yang sangat penting, karena beban gempa merupakan gaya inersia yang besarnya sangat tergantung dari besarnya massa dari struktur. Besarnya Beban Gempa Dasar Nominal horizontal akibat gempa menurut Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung (SNI 1726:2012), dinyatakan sebagai berikut :

##### a. Gempa Rencana

Tata cara ini menentukan pengaruh gempa rencana yang ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2 persen (SNI 1726:2012 Pasal 4.1.1).

##### b. Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Bangunan

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai tabel 3.1 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$  menurut tabel 3.2. Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori risiko IV.

**Tabel 3.1** Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Dedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jenis ancaman gempa saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, pertukangan, pemukiman, dan perkotaan</li> <li>- Fasilitas self-storage</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga atau struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
<p>Gedung dan struktur lain, kerucil yang termasuk dalam kategori risiko II-IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rumah sakit</li> <li>- Rumah sakit dan rumah sakit</li> <li>- Hotel</li> <li>- Gedung pemerintahan</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah sakit</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Patra</li> </ul>	II
<p>Dedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jenis ancaman gempa saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stadion</li> <li>- Gedung pertunjukan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pelayanan sosial</li> <li>- Bandara</li> <li>- Bangunan untuk orang lanjut usia</li> </ul> <p>Dedung dan non gedung, tidak termasuk ke dalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk mengalami dampak seismik yang besar ditambah gangguan insentif terhadap kehidupan masyarakat setelah-had bisa terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit tenaga biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Dedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, fasilitas manufaktur, energi, perancangan, penyimpanan, penggunaan atau tempat perlindungan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, logam berbahaya, atau bahan yang mudah meledak yang mengancam bahan berbahaya atau produksi di mana jumlah kandungan bahayanya melebihi nilai batas yang ditetapkan dan, metode yang beresong dan cukup, meminimalkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kegagalan.</p>	III
<p>Dedung dan non gedung yang dipertimbangkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tapi 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 bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan rumah sakit, serta gawat darurat darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin topan, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas layanan darurat, komunikasi, pemat-operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Struktur tambahan termasuk antara lain: restoran, tempat penyimpanan bahan bakar, tempat pendingin, struktur akses lift, tangga air pemadam kebakaran atau struktur corah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran yang dipertimbangkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</p> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi penting bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

(SNI 1726:2012 Tabel 1)

**Tabel 3.2** Faktor Keutamaan Gempa

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

(SNI 1726:2012 Tabel 2)

## c. Menentukan Klasifikasi Situs (SA-SF)

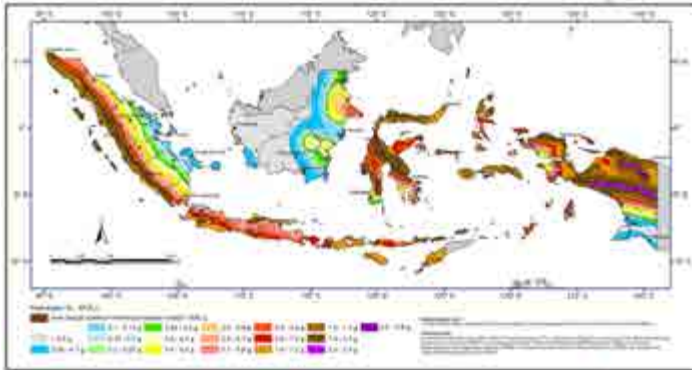
Menurut pasal 5.3 SNI 1726:2012 kelas situs disesuaikan dengan jenis tanah yang ada. Klasifikasi situs dapat dilihat pada tabel 3.3.

**Tabel 3.3** Klasifikasi Situs

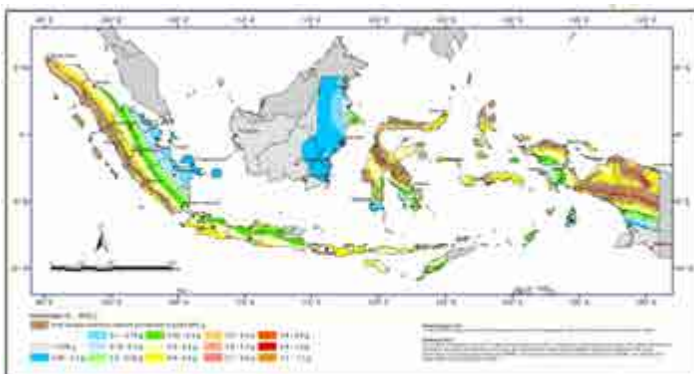
Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{60}$	$\bar{s}_v$ (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40$ persen, dan Kuat geser niralir $\bar{s}_v < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti <b>Pasal 6.9.1</b> )	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plaslisitas $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah tegu dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_v < 50$ kPa		

(SNI 1726:2012 Tabel 3)

d. Menentukan Parameter Percepatan Tanah ( $S_S$ ,  $S_1$ )



**Gambar 3.2** Peta untuk  $S_S$



**Gambar 3.3** Peta untuk  $S_1$

e. Menentukan Faktor Koefisien Situs ( $F_a$ ,  $F_v$ )

Untuk penentuan respon spektral percepatan gempa  $MCE_R$  di permukaan tanah, diperlukan suatu factor amplifikasi seismic pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. (SNI 1726:2012 Pasal 6.2). Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1

detik ( $F_v$ ). Parameter spectrum respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) ditentukan dengan rumus :

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

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

Keterangan :

$S_S$  = parameter respon spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode pendek

$S_I$  = parameter respon spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk periode 1 detik

$F_a$  = faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek

$F_v$  = faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik

**Tabel 3.4** Koefisien Situs,  $F_a$

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

CATATAN:

(a) Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier

(b)  $SS$ = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

*(SNI 1726:2012 Tabel 4)*

**Tabel 3.5** Koefisien Situs,  $F_v$ 

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

CATATAN :

(a) Untuk nilai-nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

(SNI 1726:2012 Tabel 5)

f. Menghitung Parameter Percepatan Desain ( $S_{DS}$ ,  $S_{D1}$ )

Parameter percepatan spectral desain untuk periode pendek ( $S_{DS}$ ), dan pada periode 1 detik ( $S_{D1}$ ) mengacu pada SNI 1726:2012 Pasal 6.3

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \cdot S_{MS} \quad (3.3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \cdot S_{MI} \quad (3.4)$$

Setelah menghitung parameter percepatan spektral desain, grafik respon spektrum dapat dibuat dengan ketentuan di bawah ini :

$$1. \text{ Untuk } T < T_0 \quad : S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.5)$$

$$2. \text{ Untuk } T_0 < T < T_S \quad : S_a = S_{DS} \quad (3.6)$$

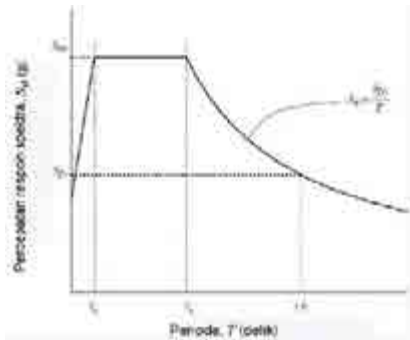
$$3. \text{ Untuk } T > T_S \quad : S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.7)$$

**Keterangan :**

$T$  = perioda getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.8)$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.9)$$



**Gambar 3.4.** Spektrum Respons Desain

g. Kategori Desain Seismik-KDS (A-F)

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismic sesuai SNI 1726:2012 Pasal 6.5 yang dapat dilihat pada tabel 3.6 dan 3.7.

**Tabel 3.6** Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada perioda pendek

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

(SNI 1726-2012, Tabel 6)

**Tabel 3.7** Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada perioda 1 detik

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

(SNI 1726-2012, Tabel 7)



#### h. Kombinasi Sistem Perangkai Dalam Arah Yang Berbeda ( $R$ , $C_d$ , $\Omega_o$ )

Sistem penahan-gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk digunakan, untuk menahan gaya gempa di masing-masing arah kedua sumbu orthogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_o$  harus dikenakan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur yang termuat dalam ***Tabel 9 (SNI 1726:2012 Pasal 7.2-2)***.

Untuk struktur yang dirancang untuk kategori desain seismic D, E, atau F, rangka pemikul momen khusus yang digunakan tapi tidak disyaratkan oleh Tabel 9, tidak boleh dihentikan dan didukung oleh sistem yang lebih kaku dengan faktor modifikasi respons,  $R$ , yang lebih rendah, kecuali jika persyaratan 7.3.3.2 dan 7.3.3.4 dipenuhi. Jika rangka pemikul momen khusus disyaratkan oleh Tabel 9, rangka tersebut harus menerus sampai fondasi (***SNI 1726:2012 Pasal 7.2.5.5***).

#### i. Kontrol Desain

Hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 03-1726-2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol Partisipasi Massa.

Menurut SNI 1726 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah.

- 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 03-1726-2012, perioda fundamental struktur harus ditentukan dari :

$$T = C_t \cdot h_n^x \quad (3.10)$$

Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atasnya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai  $S_{D1}$ .

- Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum.  
Berdasarkan SNI 1726:2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respon statik.
- Kontrol Batas Simpangan (*drift*)  
Perhitungan simpangan antar lantai ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung- defleksi didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya.  
 $\Delta_s$  dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik di atas dan di bawah tingkat yang letaknya segaris secara vertikal. Defleksi pusat massa di tingkat x ( $\delta_x$ ) ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \leq \Delta_a \quad (3.11)$$

Dimana:

$\delta_{xe}$  = defleksi pada lantai ke-x yang ditentukan dengan analisis elastis

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi (6,5)

$I_e$  = faktor keutamaan gedung (1,0)

$\Delta_a$  =  $0,020h_{sx}$

$\rho$  = Faktor redudansi (1,0)

## 5. Kombinasi Pembebanan

Konfigurasi kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 2.3.2 dapat dilihat sebagai berikut :

- $1,4D$
- $1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
- $1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
- $1,2D + 1,0E + L$
- $0,9D + 1,0W$
- $0,9D + 1,0E$

Keterangan :

$D$  = Beban Mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap.

$L$  = Beban Hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.

$E$  = Beban gempa, yang ditentukan menurut SNI 1726:2012.

$Lr$  = Beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.

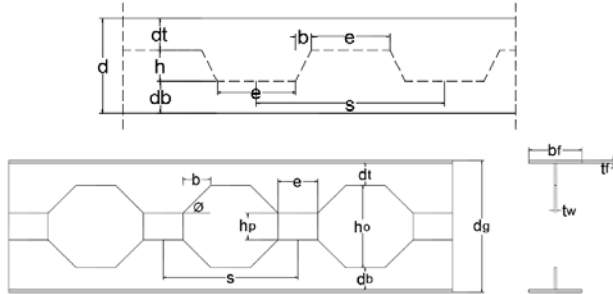
$W$  = Beban angin.

$R$  = Beban air hujan.

### 3.2.5 Kontrol Dimensi Struktur

#### 3.2.5.1. Perencanaan *Castellated Beam*

##### 1. Kontrol Penampang



**Gambar 3.5.** Geometri Castellated Beam

Syarat lubang  $h_o$  (ASCE 4.5 hal. 3320)

$$h_o \leq 0,7 d_g \quad (3.12)$$

Syarat  $d_t$  dan  $d_b$  (ASCE 4.6 hal. 3320)

$$d_t \text{ dan } d_b \geq 0,15 d_g \quad (3.13)$$

Tekuk Lokal

$$\lambda_f = \frac{b}{2.t_f} \rightarrow \text{untuk sayap} \quad (3.14)$$

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} \rightarrow \text{untuk badan} \quad (3.15)$$

Berdasarkan **SNI 1729:2015 tabel B4.1b**, syarat penampang kompak tidak boleh melebihi :

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow \text{untuk sayap} \quad (3.16)$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow \text{untuk badan} \quad (3.17)$$

Cek persyaratan :

$$\lambda_f < \lambda_p \quad (3.18)$$

$$\lambda_w < \lambda_p \quad (3.19)$$

## 2. Kontrol Tekuk Badan Profil *Castellated Beam* (ASCE 4.2 hal 3319)

a.  $\frac{d-2t_f}{t_w} < \frac{1365}{\sqrt{F_y}}$ ,  $F_y$  dalam MPa (3.20)

b.  $\frac{d-2t_f}{t_w} < \frac{1100}{\sqrt{F_y}}$ ,  $F_y$  dalam MPa (3.21)

Syarat :

$$\frac{a_o}{h_o} \leq 3 \quad (3.22)$$

untuk balok non-komposit dan balok komposit pada momen negatif :

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p \quad (3.23)$$

untuk balok komposit pada momen positif :

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p + V_c \quad (3.24)$$

c.  $\frac{1100}{\sqrt{F_y}} < \frac{d-2t_f}{t_w} < \frac{1365}{\sqrt{F_y}}$ ,  $F_y$  dalam MPa (3.25)

Syarat :

$$\frac{a_o}{h_o} \leq 2,2 \quad (3.26)$$

$$V_m \leq 0,45 V_p \quad (3.27)$$

Dimana :

$$V_p = \frac{F_y t_w d}{\sqrt{3}} \quad (3.28)$$

$$V_c = V_p \left( \frac{\mu}{v} - 1 \right) \geq 0 \text{ atau } V_{mt} (sh) - V_{pt} \quad (3.29)$$

(pilih yang terkecil)

d. Parameter lubang

Syarat lubang (ASCE 4.2 hal. 3319)

Untuk balok baja

$$p_o = \left( \frac{a_o}{h_o} \right) + \left( \frac{6 h_o}{d} \right) < 5,6 \quad (3.30)$$

Untuk balok komposit

$$p_o = \left( \frac{a_o}{h_o} \right) + \left( \frac{6 h_o}{d} \right) < 6,0 \quad (3.31)$$

### 3. Momen Lentur Nominal Balok Non Komposit (ASCE 3.2 hal. 3327)

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.32)$$

$$M_p = Z_x \cdot F_y \quad (3.33)$$

$$\Delta A_s = h_o \cdot t_w \quad (3.34)$$

$$e = 0,25 \cdot h_o \quad (3.35)$$

$$M_n = M_p - \left[ F_y \Delta A_s \left( \frac{h_o}{4} + e \right) \right] \quad (3.36)$$

Dimana :

$M_n$  = momen lentur nominal balok

$h_o$  = tinggi lubang

$t_w$  = tebal plat badan

$e$  = eksentrisitas lubang

$f_y$  = kuat leleh baja

### 4. Kontrol Kuat Geser (ASCE 3.3 hal. 3316)

Untuk tee atas dan tee bawah

$$V_{pt} = \frac{F_y t_w d}{\sqrt{3}} \quad (3.37)$$

$$av = \frac{(\sqrt{6} + \mu)}{(v + \sqrt{3})} \leq 1 \quad (3.38)$$

$$V_{mt} = \frac{(\sqrt{6} + \mu)}{(v + \sqrt{3})} V_{pt} \quad (3.39)$$

Syarat :

$$V_{mt} \leq V_{pt} \quad (3.40)$$

Dimana :

$V_{mt}$  = kuat geser satu tee

$V_{pt}$  = kuat geser plastis satu tee

$\mu$  = 0

$v$  =  $\frac{0}{dt}$

### 5. Persamaan Interaksi Lentur dan Geser (*ASCE 3.1 hal. 3316*)

$$\left(\frac{M_u}{\phi M_m}\right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_m}\right)^3 \leq 1 \quad (3.41)$$

### 6. Kontrol Jarak Antar Lubang

$$s \geq h_o \quad (3.42)$$

Dimana :

$$s = 2(b + e) \quad (3.43)$$

### 3.2.5.2. Perencanaan *King Cross Column*

#### 1. Kontrol Penampang

Tekuk lokal

$$\lambda_f = \frac{b}{2.t_f} \rightarrow \text{untuk sayap} \quad (3.44)$$

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} \rightarrow \text{untuk badan} \quad (3.45)$$

Berdasarkan *SNI 1729:2015 tabel B4.1b*, syarat penampang tidak langsing tidak boleh melebihi :

$$\lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow \text{untuk sayap} \quad (3.46)$$

$$\lambda_r = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow \text{untuk badan} \quad (3.47)$$

Cek persyaratan :

$$\lambda_f < \lambda_r \quad (3.48)$$

$$\lambda_w < \lambda_r \quad (3.49)$$

## 2. Kontrol Tekuk Lentur (SNI 1729:2015 pasal E3)

$$\phi_c = 0,90$$

Tegangan kritis,  $F_{cr}$ , yang ditentukan sebagai berikut :

$$- \text{ Bila } \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (atau } \frac{F_y}{F_e} \leq 2,25) \quad (3.50)$$

$$F_{cr} = \left[ 0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y \quad (3.51)$$

$$- \text{ Bila } \frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (atau } \frac{F_y}{F_e} > 2,25) \quad (3.52)$$

$$F_{cr} = 0,877 F_e \quad (3.53)$$

Dimana :

$F_e$  = tegangan tekuk kritis elastis (MPa)

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (3.54)$$

## 3. Amplifikasi Momen (SNI 1729:2015 pasal 8.2)

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

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \quad (3.55)$$



$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{lt} \quad (3.56)$$

Dimana :

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

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

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

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

$M_r$  = Momen lentur orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK.

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

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

$P_r$  = Kekuatan aksial orde kedua yang diperlukan menggunakan kombinasi beban DFBK

• **Pengali  $B_1$  untuk Efek  $P-\delta$**

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{el}}} \geq 1 \quad (3.57)$$

Dengan,

$\alpha = 1.00$  (DFBK)

$C_m$  = koefisien dengan asumsi tanpa translasi lateral dari portal yang ditentukan sebagai berikut :

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3.58)$$

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

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

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} \quad (3.59)$$

Dengan,

$EI^*$  = kekakuan lentur yang diperlukan yang harus digunakan dalam analisis ( $= 0.8\tau_c EI$  bila digunakan dalam metode analisis langsung dengan  $\tau_c$  adalah seperti ditetapkan pada Bab C SNI 1729:2015 untuk panjang efektif dan metode analisis orde pertama)

$E$  = Modulus elastisitas baja 200000 MPa

$I$  = Momen inersia bidang lentur, mm<sup>4</sup>

$L$  = Panjang komponen struktur, mm

$K_1$  = faktor panjang efektif dalam bidang lentur, dihitung berdasarkan asumsi translasi lateral pada ujung-ujung komponen struktur.

• **Pengali  $B_2$  untuk Efek  $P - \Delta$**

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e\_story}}} \quad (3.60)$$

Dengan,

$$\alpha = 1.00 \text{ (DFBK)}$$

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

$P_{e\_story}$  = Kekuatan tekuk kritis elastis untuk tingkat pada arah translasi yang diperhitungkan, ditentukan dengan analisis tekuk *sidesway* atau sebagai berikut:

$$P_{e\_story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} \quad (3.61)$$

Dengan,

$$R_M = 1 - 0.15 \left( \frac{P_{mf}}{P_{story}} \right)$$

$L$  = 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 mengitung  $\Delta_H$ , N

#### 4. Persamaan Interaksi Aksial-Momen (SNI 1729:2015 pasal H1.1)

$$\text{Bila } \frac{P_r}{P_c} \geq 0,2 \text{ maka } \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (3.62)$$

$$\text{Bila } \frac{P_r}{P_c} < 0,2 \text{ maka } \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (3.63)$$

Dimana :

$P_r$  = kekuatan aksial perlu menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI (N)

$P_c$  = kekuatan aksial tersedia (N)

$M_r$  = kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DFBK atau DKI (Nmm)

$M_c$  = kekuatan lentur tersedia (Nmm)

x = indeks sehubungan dengan sumbu kuat lentur

y = indeks sehubungan dengan sumbu lemah lentur

### 3.2.6 Perencanaan Dinding Geser Pelat Baja (*Steel Plate Shear Wall*)

#### 1. Syarat Panel

$$0,8 < \frac{L}{b} < 2,5 \quad (3.64)$$

#### 2. Kontrol Sudut kemiringan Tarik Plat $30^\circ < \alpha < 55^\circ$

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{t \cdot L}{2A_c}}{1 + t \cdot h_s \cdot \left( \frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 \cdot I_c \cdot L} \right)}} \quad (3.65)$$

Dimana :

$t$  = ketebalan plat

$A_c$  = luas penampang kolom

$I_c$  = momen inersia kolom

$h_s$  = tinggi tiap lantai

$A_b$  = luas penampang balok

Momen inersia kolom harus memenuhi persamaan berikut:

$$I_c \geq \frac{0.00307 \cdot t \cdot h_s^4}{L} \quad (3.66)$$

### 3. Kekuatan Geser Nominal Plat

$$V_n = 0.42 f_y t_w L_{cf} \sin 2\alpha \quad (3.67)$$

Dimana :

$t_w$  = ketebalan plat

$L_{cf}$  = jarak bersih antar kolom

### 3.2.7 Perencanaan Sambungan

#### 3.2.7.1. Sambungan Las (SNI 1729:2015 pasal J2.3.4)

##### a. Las Tumpul

Area efektif las tumpul harus diperhitungkan sebagai panjang las kali throat efektif. *Throat* efektif dari las tumpul penetrasi-joint-lengkap (PJL) harus mempunyai ketebalan sesuai dengan bagian yang tertipis di join. *Throat* efektif dari las tumpul penetrasi-joint-sebagian (PJS) harus seperti yang tertera pada tabel berikut:

**Tabel 3.8 *Throat* Efektif dari Las Tumpul Penetrasi Joint Sebagian**

Proses pengelasan	Posisi Pengelasan F (datar), H (horizontal), V (vertikal), OH (overhead)	Tipe Las Tumpul (AWS D1.1/D1.1M, Gambar 3.3)	Throat Efektif
Shielded metal arc (SMAW)	Semua	Las tumpul J atau U	Tinggi las tumpul
Gas metal arc (GMAW) Flux cored arc (FCAW)		V 60°	
Submerged arc (SAW)	F	Las tumpul J atau U	Tinggi las tumpul
Gas metal arc (GMAW) Flux cored arc (FCAW)	F, H	Miring 60° atau V	
Shielded metal arc (SMAW)	Semua	Miring 45°	Tinggi las tumpul dikurangi 1/8 in. (3 mm)
Gas metal arc (GMAW) Flux cored arc (FCAW)	V, OH		

### b. Las Sudut

Ukuran las sudut ditentukan oleh panjang kaki. Panjang kaki harus ditentukan sebagai panjang  $tw_1$ ,  $tw_2$ , dari sisi yang terletak sepanjang kaki segitiga yang terbentuk dalam penampang melintang las.

**Tabel 3.9 Ukuran Minimum Las Sudut**

Ketebalan Material dari Bagian Paling Tipis yang Tersambung, in. (mm)	Ukuran Minimum Las Sudut, <sup>[a]</sup> in. (mm)
Sampai dengan ¼ (6)	1/8 (3)
Lebih besar dari ¼ (6) sampai dengan ½ (13)	3/16 (5)
Lebih besar dari ½ (13) sampai dengan ¾ (19)	¼ (6)
Lebih besar dari ¾ (19)	5/16 (8)

<sup>[a]</sup> Dimensi kaki las sudut. Las pas tunggal harus digunakan.  
Catatan: Lihat Pasal J2.2b untuk ukuran maksimum las sudut.

- Ukuran maksimum las sudut sepanjang tepi  
Ukuran maksimum las sudut dari bagian bagian yang disambung harus :
  - Sepanjang tepi material dengan ketebalan kurang dari 6 mm, tidak lebih besar dari ketebalan material.
  - Sepanjang tepi material dengan ketebalan kurang dari 6 mm atau lebih; tidak lebih besar dari ketebalan material dikurangi 2 mm, kecuali las yang secara khusus diperlihatkan pada gambar pelaksanaan untuk

memperoleh ketebalan throat-penuh. Untuk kondisilas yang sudah jadi, jarak antara tepi logam dasar dan ujung kaki las boleh kurang dari 2 mm bila ukuran las secara jelas dapat diverifikasi.

- Panjang minimum las sudut

Panjang minimum dari las sudut yang dirancang berdasarkan kekuatan tidak boleh kurang dari empat kali ukuran las nominal, atau ukuran lain dari las harus diperhitungkan  $\frac{1}{4}$  dari panjangnya.

- Kuat las sudut

Las sudut yang memikul gaya terfaktor per satuan panjang las,  $R_u$ , harus memenuhi:

$$R_u \leq \phi R_{nw} \quad (3.68)$$

dengan,

$$R_n = f_{nBM} A_{BM} \quad (\text{logam dasar}) \quad (3.69)$$

$$R_n = f_{nw} A_{we} \quad (\text{las}) \quad (3.70)$$

Keterangan :

$f_{nBM}$  = tegangan nominal dari logam dasar, MPa

$f_{nw}$  = tegangan nominal dari logam las, MPa

$A_{BM}$  = Luas penampang logam dasar, mm<sup>2</sup>

$A_{we}$  = Luas efektif las, mm<sup>2</sup>

### 3.2.7.2. Sambungan Baut (SNI 1729:2015 pasal J3.6)

#### a. Kekuatan baut

Suatu baut yang memikul gaya terfaktor,  $R_n$  harus memenuhi

$$R_u \leq \phi R_n \quad (3.71)$$

Keterangan :

$\phi$  = faktor tahanan

$R_n$  = tahanan nominal baut

a. Baut dalam geser

$$V_d = \phi_f V_n = \phi_f r_1 f_u A_b \quad (3.72)$$

b. Baut yang memikul gaya tarik

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f 0.75 f_u^b A_b \quad (3.73)$$

c. Baut pada sambungan tipe tumpu yang memikul kombinasi geser dan tarik

$$f_{uv} = \frac{V_u}{nA_b} \leq r_1 \phi_f f_u^b m \quad (3.74)$$

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f f_t A_b \geq \frac{T_u}{n} \quad (3.75)$$

$$f_t \leq f_1 - r_2 f_{uv} \leq f_2 \quad (3.76)$$



## d. Tahanan tumpu

$$R_d = \phi_f R_n = 2.4 \phi_f d_b t_p f_u \quad (3.77)$$

Keterangan :

- $r_1$  = 0.5 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser
- $r_1$  = 0.4 untuk baut dengan ulir pada bidang geser
- $\phi_f$  = faktor tahanan untuk fraktur
- $f_u^b$  = kuat tarik baut
- $A_b$  = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir
- $n$  = jumlah baut
- $m$  = jumlah bidang geser
- $d_b$  = diameter baut nominal pada daerah tak berulir
- $t_p$  = tebal plat
- $f_u$  = kuat tarik terendah baut atau plat

## b. Tata letak baut

- Spasi minimum  
Jarak antara pusat-pusat standar, ukuran-ukuran, atau lubang-lubang slot tidak boleh kurang dari  $2\frac{2}{3}$  kali diameter nominal,  $d$ , dari sarana penyambung tersebut; jarak minimum yang umum digunakan adalah  $3d$ .
- Spasi maksimum dan jarak tepi  
Jarak dari pusat tiap pengencang ke tepi terdekat suatu bagian yang berhubungan dengan tepi yang lain tidak boleh lebih dari 12 kali tebal plat lapis luar tertipis dalam sambungan dan juga tidak boleh

melebihi 150 mm. Spasi longitudinal sarana penyambung antara elemen-elemen yang terdiri dari suatu plat dan suatu profil atau dua plat pada kontak menerus harus sebagai berikut:

- Untuk komponen struktur dicat atau komponen struktur tak dicat yang tidak menahan korosi, spasi tersebut tidak boleh melebihi 24 kali ketebalan bagian tertipis atau 305mm.
- Untuk komponen struktur tak-dicat dari baja yang berhubungan dengan cuaca yang menahan korosi atmosferic, spasi tidak boleh melebihi 14 kali ketebalan dari bagian tertipis atau 180mm.

### 3.2.8. Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan bangunan perantara untuk meneruskan beban bagian atas dan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tersebut ke tanah pendukung di bawahnya. Untuk merencanakan pondasi harus memperhatikan jenis dan struktur tanah. Karena sangat berkaitan dengan daya dukung tanah tersebut dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. Penyelidikan atas tanah tersebut sangatlah perlu dilakukan agar didapatkan pondasi yang aman.

#### 3.2.8.1. Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung ijin tanah pada tiang tunggal menggunakan metode dari Luciano De Court :

$$Q = Q_P + Q_S \quad (3.78)$$

$$Q_{ijin} \text{ I tiang} = \frac{Q}{SF} \quad (3.79)$$

Dengan :

$$Q_P = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p \quad (3.80)$$

$$Q_S = q_p \cdot A_S = (N_S/3 + I) \cdot A_S \quad (3.81)$$

Dimana :

$Q_L$  = daya dukung tanah maksimum pada pondasi

$Q_P$  = Resistance Ultimate didasar pondasi

- $Q_S$  = Resistance Ultimate akibat lekatan lateral  
 $N_p$  = harga rata-rata SPT di sekitar 4D atas sampai 4D bawah dasar tiang pondasi  
 $K$  = koefisien karakteristik tanah, untuk tanah lempung 12 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lanau berlempung 20 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lanau berpasir 25 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah pasir 40 t/m<sup>2</sup>  
 $A_p$  = luas penampang dasar tiang  
 $N_S$  = harga rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam  
 $A_S$  = luas selimut tiang

### Daya dukung tanah pada tiang kelompok

$$Q_d = Q_{d(l \text{ tiang})} n E_k \quad (3.82)$$

Dimana :

- $E_k$  = efisiensi kelompok tiang  
 $n$  = jumlah tiang

persamaan *Converse-Labarre* :

$$E_k = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \quad (3.83)$$

Dimana :

- $E_k$  = efisiensi kelompok tiang  
 $m$  = jumlah tiang dalam baris  
 $n$  = jumlah tiang dalam kolom  
 $\theta$  =  $\arctan \frac{D}{S}$   
 $D$  = dimensi tiang pancang  
 $S$  = jarak antar tiang pancang

### Perencanaan Pondasi Tiang Grup

Perhitungan jarak tiang

Untuk jarak as ke as tepi pancang

$$2,5 D \leq S < 5,0 D$$

Untuk jarak tepi ke as tiang pancang

$$1,5 D < S_l < 2 D$$

Dimana :

- D = diameter tiang pancang  
 S = jarak antar tiang pancang  
 S<sub>1</sub> = jarak as tiang pancang ke tepi

Berdasarkan buku *Analisa dan desain pondasi jilid 2 oleh Joseph E. Bowles, penerbit Erlangga tahun 1999, Jakarta :*

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin}} \quad (3.84)$$

Gaya yang dipikul tiang

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{maks}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_{maks}}{\Sigma y^2} \leq P_{ijin} \quad (3.85)$$

Kontrol tiang pancang :

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot X_{maks}}{\Sigma x^2} + \frac{M_x \cdot y_{maks}}{\Sigma y^2} < P_{ijin} \quad (3.86)$$

$$P_{min} = \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \cdot X_{maks}}{\Sigma x^2} - \frac{M_x \cdot y_{maks}}{\Sigma y^2} > 0 \quad (3.87)$$

Dimana :

- n = jumlah tiang pancang  
 M<sub>x</sub> = momen yang bekerja pada arah X  
 M<sub>y</sub> = momen yang bekerja pada arah Y  
 X<sub>maks</sub> = jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu X  
 y<sub>maks</sub> = jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu Y  
 Σx<sup>2</sup> = jumlah kuadrat jarak as tiang pancang terhadap sumbu X  
 Σy<sup>2</sup> = jumlah kuadrat jarak as tiang pancang terhadap sumbu Y

### 3.2.8.2. Perencanaan Poer

#### Kuat geser nominal

Untuk perencanaan poer, nilai  $V_c$  harus diambil sebagai nilai terkecil dari persamaan-persamaan berikut : (SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1)

$$- V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c b_o d} \quad (3.88)$$

$$- V_c = 0,083 \left(\frac{a_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'_c b_o d} \quad (3.89)$$

$$- V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c b_o d} \quad (3.90)$$

#### Kontrol geser pons pada pile cap akibat beban kolom

Kontrol geser satu arah

$$V_u \leq \phi V_n \text{ atau } V_u \leq \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3.91)$$

Kontrol geser dua arah

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.92)$$

Jika,

$V_u < \phi V_c$  tidak perlu tulangan geser

$V_u > \phi V_c$  tebal poer tidak mencukupi

#### Kontrol geser pons pada poer akibat beban aksial dari tiang pancang

Kontrol geser pons 2 arah

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.93)$$

Jika,

$V_u < \phi V_c$  tidak perlu tulangan geser

$V_u > \phi V_c$  tebal poer tidak mencukupi

### 3.2.9. Penggambaran Hasil Perhitungan

Penggambaran hasil perhitungan struktur dalam bentuk Gambar Teknik dilakukan dengan menggunakan program bantu AutoCAD.

## BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

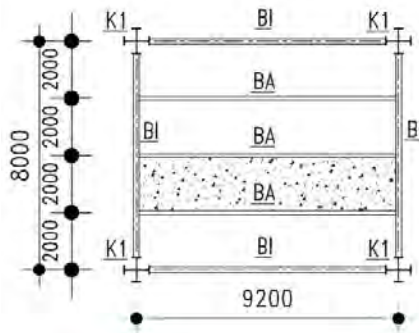
### 4.1 Umum

Pada perencanaan struktur sekunder ini, dimensi dan struktur dibuat *typical* untuk semua gedung.

### 4.2 Perencanaan Pelat

Perencanaan pelat lantai gedung direncanakan menggunakan Bondek dengan tabel perencanaan praktis dari Super Floor Deck. Struktur lantai direncanakan tanpa penyangga (*no props*) selama proses pengerasan pelat beton dengan tebal bondek 0,75 mm, mutu beton  $f_c'$  25 MPa, dan mutu baja tulangan U-48.

#### 4.2.1 Perencanaan Pelat Atap



Gambar 4.1 Pelat Atap

Beban Mati :

- Berat plafon + penggantung  $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$
  - Berat ducting dan plumbing  $= 30 \text{ kg/m}^2$
  - Berat spesi  $t=2 \text{ cm}=2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2 +$
- $$q_{Dtotal} = 90 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

- Lantai Atap 20 psf  $q_L = 97,64 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

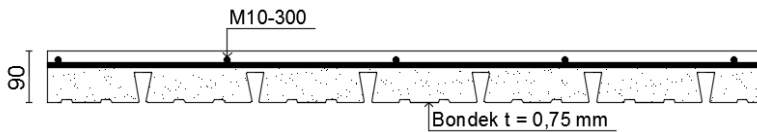
- $Q_u = q_D + q_L$   
 $= 90 + 97,64$   
 $= 187,64 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2$

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

- Bentang 2,0 m
  - Beban berguna =  $200 \text{ kg/m}^2$
  - Tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif  $1,07 \text{ cm}^2/\text{m}$
- Digunakan wiremesh M10 ( $A_s = 0,785 \text{ cm}^2$ )

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

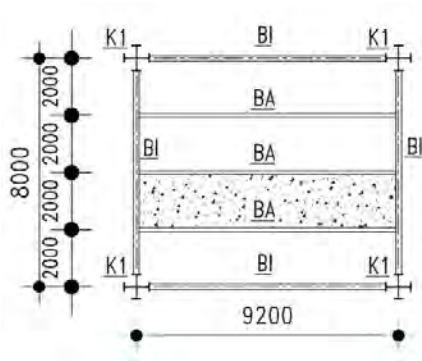
- $n = \frac{1,07}{0,785} = 1,36 \approx 2 \text{ buah}$
- Jarak antar tulangan  $s = \frac{1000}{2} = 500 \text{ mm}$
- Jadi dipasang tulangan wiremesh M10 – 300



**Gambar 4.2** Penulangan Pelat Atap



#### 4.2.2 Perencanaan Pelat Lantai



Gambar 4.3 Pelat Lantai Hotel

Beban Mati :

- Berat plafon + penggantung  $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$
  - Berat ducting dan plumbing  $= 30 \text{ kg/m}^2$
  - Berat keramik  $t=2 \text{ cm}=2 \times 24 = 48 \text{ kg/m}^2$
  - Berat spesi  $t=2 \text{ cm}=2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2$
- 
- $q_{Dtotal} = 138 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013) :

- Lantai Hotel  $40 \text{ psf } q_L = 195,28 \text{ kg/m}^2$

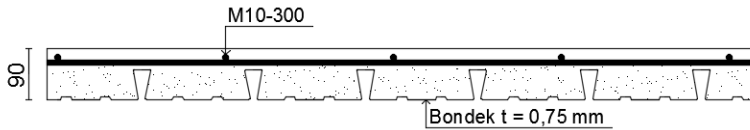
Beban Berguna :

- $Q_u = q_D + q_L$   
 $= 138 + 195,28$   
 $= 333,28 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2$

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

- Bentang  $2 \text{ m}$
- Beban berguna  $= 400 \text{ kg/m}^2$

- Tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif  $1,55\text{cm}^2/\text{m}$   
Digunakan wiremesh M10 ( $A_s = 0,785\text{ cm}^2$ )  
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :
- $n = \frac{1,55}{0,785} = 1,97\text{ buah} \approx 2\text{ buah}$
- Jarak antar tulangan  $s = \frac{1000}{2} = 500\text{ mm}$
- Jadi dipasang tulangan wiremesh M10 – 300



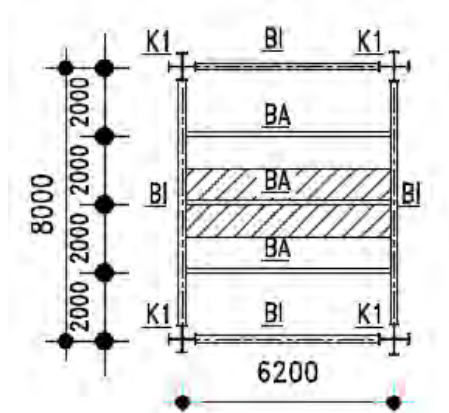
Gambar 4.4 Penulangan Pelat Lantai Hotel

### 4.3 Perencanaan Balok Anak

#### 4.3.1 Perencanaan Balok Anak Atap WF

Balok anak yang terletak pada atap direncanakan menggunakan profil WF 300 x 150 x 6.5 x 9, dengan data-data sebagai berikut:

$d$	$= 300\text{ mm}$	$i_x$	$= 12.4\text{ cm}$
$b_f$	$= 150\text{ mm}$	$i_y$	$= 3.29\text{ cm}$
$t_f$	$= 9\text{ mm}$	$Z_x$	$= 522\text{ cm}^3$
$t_w$	$= 6.5\text{ mm}$	$Z_y$	$= 104\text{ cm}^3$
$A$	$= 46.78\text{ cm}^2$	$S_x$	$= 481\text{ cm}^3$
$q$	$= 36.7\text{ kg/m}$	$S_y$	$= 68\text{ cm}^3$
$I_x$	$= 7210\text{ cm}^4$	$r$	$= 13\text{ cm}$
$I_y$	$= 508\text{ cm}^4$	$h$	$= d - 2(t_f + t_r)$
$F_y$	$= 250\text{ Mpa (BJ41)}$		$= 256\text{ mm}$



Gambar 4.5 Denah Balok Anak Atap

- **Beban- Beban Yang Bekerja**

Beban Mati :

- Beban Plat Lantai	= 90	kg/m <sup>2</sup>
- Berat Bondek	= 10,1	kg/m <sup>2</sup>
- Berat Beton 0,09 x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 216	kg/m <sup>2</sup> +
	<u>q<sub>D1</sub></u>	<u>= 316,1 kg/m<sup>2</sup></u>
q <sub>D1</sub> 316,1 x 2		= 632,2 kg/m
- Berat Profil		= 36,7 kg/m +
	<u>q<sub>Dtotal</sub></u>	<u>= 668,9 kg/m</u>

Beban hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$q_L = 2 \text{ m} \times 97,64 \text{ kg/m}^2 = 195,28 \text{ kg/m}$$

Beban berfaktor :

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\ &= 1,2 \cdot 668,9 + 1,6 \cdot 195,28 \\ &= 1115,13 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok

- Momen:

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot 1115,13 \cdot 6,2^2 \\ &= 5358.2 \text{ kg. m} \end{aligned}$$

- Gaya Geser:

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1115,13 \cdot 6,2 \\ &= 3456.9 \text{ kg} \end{aligned}$$

1. Kontrol Penampang (SNI 1729:2015 tabel B4.1) :

Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{256}{6.5} = 39.38$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{150}{2 \times 9} = 8.33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

2. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal

Penampang Kompak :

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

3. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Panjang tak terkekang adalah jarak antar *shear conector* sesuai tabel perencanaan bondex sehingga  $L_b = 40$  cm.

Jarak penahan lateral ( $L_b$ ) = 40 cm

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1.76 \cdot 3,29 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ &= 163.78 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kondisi Balok plastis termasuk dalam bentang pendek  $L_b < L_p$  dengan  $M_n$  :

$$M_n = M_p = 13050 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Kuat lentur balok ditentukan oleh kondisi leleh.

Maka *demand capacity ratio* balok adalah :

$$\begin{aligned} R &= \frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1,0 \\ &= \frac{5358.2}{0,9 \cdot 13050} \\ &= 0,46 \leq 1,0 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

4. Kontrol Kuat Geser (SNI 1729:2015 pasal G2):

$$V_n = 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad ; C_v = 1,0$$

$$\frac{256}{6.5} = 39.38 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \text{ Kondisi geser plastis}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot (30 \cdot 0,65) \cdot 1$$

$$\phi V_n = 26325 \text{ kg}$$

$$V_u = 3456.9 \text{ kg} \leq \phi V_n = 26325 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

## 5. Kontrol Lendutan :

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad f_{\text{maks}} &= \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384EI} \\
 &= \frac{5 \cdot (668,9 + 195,28) \cdot 10^{-2} \cdot 620^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 7210} \\
 &= 1,15 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad f &= \frac{L}{\frac{360}{620}} \\
 &= \frac{360}{620} \\
 &= 1,72 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

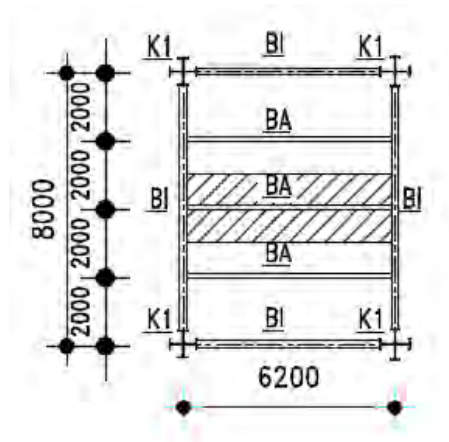
$$f_{\text{maks}} < f \rightarrow \text{Ok}$$

Jadi, Profil WF 300 x 150 x 6.5 x 9 dapat digunakan sebagai balok anak pada atap.

## 4.3.2 Perencanaan Balok Anak Lantai WF

Balok anak yang terletak pada lantai hotel direncanakan menggunakan profil WF 300 x 150 x 6.5 x 9, dengan data- data sebagai berikut:

$d$	$= 300 \text{ mm}$	$i_x$	$= 12.4 \text{ cm}$
$b_f$	$= 150 \text{ mm}$	$i_y$	$= 3.29 \text{ cm}$
$t_f$	$= 9 \text{ mm}$	$Z_x$	$= 522 \text{ cm}^3$
$t_w$	$= 6.5 \text{ mm}$	$Z_y$	$= 104 \text{ cm}^3$
$A$	$= 46.78 \text{ cm}^2$	$S_x$	$= 481 \text{ cm}^3$
$q$	$= 36.7 \text{ kg/m}$	$S_y$	$= 68 \text{ cm}^3$
$I_x$	$= 7210 \text{ cm}^4$	$r$	$= 13 \text{ cm}$
$I_y$	$= 508 \text{ cm}^4$	$h$	$= d - 2(t_f + t_r)$
$F_y$	$= 250 \text{ Mpa (BJ41)}$		$= 256 \text{ mm}$



**Gambar 4.6** Denah Balok Anak Lantai Hotel

- **Beban- Beban Yang Bekerja**

Beban Mati :

- Beban Plat Lantai	= 138	kg/m <sup>2</sup>
- Berat Bondek	= 10,1	kg/m <sup>2</sup>
- Berat Beton 0,09 x 2400 kg/m <sup>3</sup>	= 216	kg/m <sup>2</sup> +
	<u>q<sub>D1</sub></u>	<u>= 364,1</u> kg/m <sup>2</sup>
q <sub>D1</sub> 364,1 x 2		= 728,2 kg/m
- Berat Profil		= 36,7 kg/m +
	<u>q<sub>Dtotal</sub></u>	<u>= 764,9</u> kg/m

Beban hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$q_L = 2 \text{ m} \times 195,28 \text{ kg/m}^2 = 390,56 \text{ kg/m}$$

Beban berfaktor :

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\ &= 1,2 \cdot 764,9 + 1,6 \cdot 390,56 \\ &= 1542,78 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Balok

- Momen:

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot 1542.78 \cdot 6,2^2 \\ &= 7413 \text{ kg. m} \end{aligned}$$

- Gaya Geser:

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1542.78 \cdot 6,2 \\ &= 4782.6 \text{ kg} \end{aligned}$$

1. Kontrol Penampang (SNI 1729:2015 tabel B4.1) :

Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{256}{6.5} = 39.38$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{150}{2 \times 9} = 8.33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

2. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal

Penampang Kompak :

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



3. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Panjang tak terkekang adalah jarak antar *shear conector* sesuai tabel perencanaan bondex sehingga  $L_b = 40$  cm.

Jarak penahan lateral ( $L_b$ ) = 40 cm

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1.76 \cdot 3,29 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ &= 163.78 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kondisi Balok plastis termasuk dalam bentang pendek  $L_b < L_p$  dengan  $M_n$  :

$$M_n = M_p = 13050 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Kuat lentur balok ditentukan oleh kondisi leleh.

Maka *demand capacity ratio* balok adalah :

$$\begin{aligned} R &= \frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1,0 \\ &= \frac{7413}{0,9 \cdot 13050} \\ &= 0,63 \leq 1,0 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

4. Kontrol Kuat Geser (SNI 1729:2015 pasal G2):

$$V_n = 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad ; C_v = 1,0$$

$$\frac{256}{6.5} = 39.38 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \text{ Kondisi geser plastis}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot (30 \cdot 0,65) \cdot 1$$

$$\phi V_n = 26325 \text{ kg}$$

$$V_u = 4782.6 \text{ kg} \leq \phi V_n = 26325 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

## 5. Kontrol Lendutan :

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad f_{\text{maks}} &= \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384EI} \\
 &= \frac{5 \cdot (764.9 + 390.56) \cdot 10^{-2} \cdot 620^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 7210} \\
 &= 1,54 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad f &= \frac{L}{\frac{360}{620}} \\
 &= \frac{360}{620} \\
 &= 1,72 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$f_{\text{maks}} < f \rightarrow \text{Ok}$$

Jadi, Profil WF 300 x 150 x 6.5 x 9 dapat digunakan sebagai balok anak pada lantai hotel.

### 4.3.3 Perencanaan Balok Anak Atap Castellated Beam

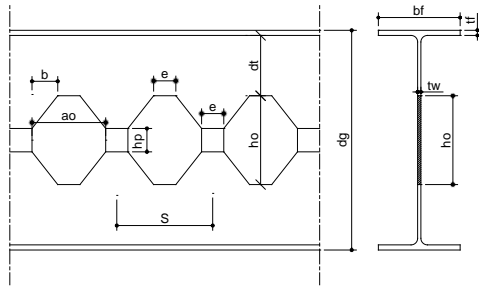
Balok anak atap direncanakan menggunakan profil asal WF 300 x 200 x 9 x 14 yang kemudian dirubah menjadi profil *octogonal castellated beam* 432.5 x 200 x 9 x 14, dengan data-data sebagai berikut:

Data profil asal WF 300 x 200 x 9 x 14

d	= 298 mm	$i_x$	= 12.6 cm
$b_f$	= 201 mm	$i_y$	= 4.77 cm
$t_f$	= 14 mm	$Z_x$	= 963 cm <sup>3</sup>
$t_w$	= 9 mm	$Z_y$	= 288 cm <sup>3</sup>
A	= 83.36 cm <sup>2</sup>	$I_x$	= 13300 cm <sup>4</sup>
q	= 65.4 kg/m	$I_y$	= 1900 cm <sup>4</sup>
r	= 18 cm		
h	= d - 2( $t_f$ +r)		
	= 234 mm		

Data profil *octogonal castellated beam* 432.5 x 200 x 9 x 14

dg	= 432.5 mm	b	= 43.01 mm
h	= 74.5 mm	e	= 149 mm
dt	= 97.75 mm	s	= 384 mm
db	= 97.75 mm	ao	= 235 mm
hp	= 60 mm	∅	= 60°
ho	= 209 mm	h	= dg - 2(t <sub>f</sub> +r)
			= 368.5 mm



**Gambar 4.7** Geometri balok *octogonal castellated*

Syarat lubang ho (ASCE 4.5 halaman 3320)

$$\begin{aligned}
 h_o &\leq 0,7 d_g \\
 209 \text{ mm} &\leq 0,7 \times 432,5 \text{ mm} \\
 209 \text{ mm} &\leq 302,75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat dt dan db (ASCE 4.6 halaman 3320)

$$\begin{aligned}
 d_t \text{ dan } d_b &\geq 0,15 d_g \\
 97,75 \text{ mm} &\geq 0,15 \times 432,5 \text{ mm} \\
 97,75 \text{ mm} &\geq 64,88 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$I_x$  dan  $Z_x$  castellated beam saat penuh (tanpa lubang) :

$$\begin{aligned}
 I_x &= \left( \frac{1}{12} x b_f x d_g^3 \right) - \left( 2x \frac{1}{12} x \left( \frac{b_f - t_w}{2} \right) x (d_g - 2t_f)^3 \right) \\
 &= \left( \frac{1}{12} x 201 x 432,5^3 \right) - \left( 2x \frac{1}{12} x \left( \frac{201 - 9}{2} \right) x (432,5 - 2x14)^3 \right) \\
 &= 296155363,09 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \left(\frac{1}{4} x b_f x d_g^2\right) - \left(2x \frac{1}{4} x \left(\frac{b_f - t_w}{2}\right) x (d_g - 2t_f)^2\right) \\
 &= \left(\frac{1}{4} x 201 x 432.5^2\right) - \left(2x \frac{1}{4} x \left(\frac{201-9}{2}\right) x (432.5 - 2x14)^2\right) \\
 &= 1545804.56 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$I_x$  dan  $Z_x$  castellated beam saat berlubang :

$$\begin{aligned}
 I_x &= I_x \text{ tanpa lubang} - \left(\frac{1}{12} x t_w x h_o^3\right) \\
 &= 296155363.09 - \left(\frac{1}{12} x 9 x 209^3\right) \\
 &= 289308366.34 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= Z_x \text{ tanpa lubang} - \left(\frac{1}{4} x t_w x h_o^2\right) \\
 &= 1545804.56 - \left(\frac{1}{4} x 9 x 209^2\right) \\
 &= 1447522.31 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$I_x$  castellated beam rata-rata :

$$\begin{aligned}
 I_x \text{ rata-rata} &= \frac{I_x \text{ tanpa lubang} + I_x \text{ saat berlubang}}{2} \\
 &= \frac{296155363.09 \text{ mm}^4 + 289308366.34 \text{ mm}^4}{2} \\
 &= 292731864.72 \text{ mm}^4 = 29273.19 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$I_y$  castellated beam saat penuh dan saat berlubang :

$$\begin{aligned}
 I_y \text{ penuh} &= 2 x \left(\frac{1}{12} x t_f x b_f^3\right) + \left(\frac{1}{12} x (d_g - 2t_f) x (t_w)^3\right) \\
 &= 2 x \left(\frac{1}{12} x 14 x 204^3\right) + \left(\frac{1}{12} x (432.5 - 2x14) x (9)^3\right) \\
 &= 18972642.38 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y \text{ lubang} &= I_y \text{ tanpa lubang} - \left(\frac{1}{12} x h_o x t_w^3\right) \\
 &= 18972642.38 - \left(\frac{1}{12} x 209 x 9^3\right) \\
 &= 18959945.63 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$I_y$  castellated beam rata-rata :

$$\begin{aligned} I_y \text{ rata-rata} &= \frac{I_y \text{ tanpa lubang} + I_y \text{ saat berlubang}}{2} \\ &= \frac{18972642.38 \text{ mm}^4 + 18959945.63 \text{ mm}^4}{2} \\ &= 18966294 \text{ mm}^4 = 1896.63 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Menghitung jari-jari girasi :

$$\begin{aligned} i_x &= \sqrt{\frac{I_x \text{ rata-rata}}{A}} = \sqrt{\frac{29273.19 \text{ cm}^4}{83.36 \text{ cm}^2}} = 18.74 \text{ cm} \\ i_y &= \sqrt{\frac{I_y \text{ rata-rata}}{A}} = \sqrt{\frac{1896.63 \text{ cm}^4}{83.36 \text{ cm}^2}} = 4.77 \text{ cm} \end{aligned}$$

1. Kontrol Penampang :

Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{368.5}{9} = 40.94$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2x10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{201}{2x14} = 7.18$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2x10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

2. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x f_y \\ &= 1545.80 \times 2500 \\ &= 3864511.41 \text{ kg.cm} \\ &= 38645.11 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

## 3. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan lateral ( $L_b$ ) = 120 cm

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1.76 \cdot 4.77 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ &= 237.45 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kondisi Balok plastis termasuk dalam bentang pendek  
 $L_b < L_p$ .

Pada saat profil berlubang :

$$\begin{aligned} \Delta A_s &= h_o \times t_w \\ &= 209 \times 9 \\ &= 1881 \text{ mm}^2 = 18.81 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p - f_y \times \Delta A_s \times \left(\frac{h_o}{4}\right) \\ &= 3864511.41 - 2500 \times 18.81 \times \left(\frac{20.9}{4}\right) \\ &= 3618805.78 \text{ kg. cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0.9 \times 3618805.78 = 3256925.2 \text{ kg. cm} \\ &= 32569.25 \text{ kg. m} \end{aligned}$$

## 4. Pembebanan:

- Beban Mati

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri profil} &= 65.4 \text{ kg/m} \\ \text{Berat lantai total} &= 316.1 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m} = 632.2 \text{ kg/m} + \\ &= 697.6 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban Hidup

$$\begin{aligned} q_L \text{ atap} &= 97.64 \text{ kg/m}^2 \\ q_L \text{ total} &= 97.64 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m} = 195.28 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned} Q_u &= 1.2 q_D + 1.6 q_L \\ &= 1.2 \cdot 697.6 \text{ kg/m} + 1.6 \cdot 195.28 \text{ kg/m} \\ &= 1149.57 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \cdot Q_u \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot 1149.57 \text{ kg/m} \cdot (9.2 \text{ m})^2 \\ &= 12162.43 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \cdot Q_u \cdot L \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1149.57 \text{ kg/m} \cdot 9.2 \text{ m} \\ &= 5288.01 \text{ kg} \end{aligned}$$

5. Kontrol Kapasitas Momen

$$\phi M_n = 32569.25 \text{ kg.m} \geq M_u = 12162.43 \text{ kg.m} \dots (\text{Ok})$$

6. Kontrol Kuat Geser :

Syarat ASCE 3.2 hal 3326-3327 :

$$\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1365}{\sqrt{fy}}$$

$$\begin{aligned} \frac{432.5-2 \times 14}{8} &\leq \frac{1365}{\sqrt{250}} \\ 44.94 &\leq 86,33 \end{aligned}$$

$$\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}}$$

$$\begin{aligned} \frac{432.5-2 \times 14}{8} &\leq \frac{1100}{\sqrt{250}} \\ 44.94 &\leq 69,57 \end{aligned}$$

Karena  $\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1365}{\sqrt{fy}}$  dan  $\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}}$  maka pelat badan termasuk plastis.

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

- Perbandingan lebar terhadap tinggi lubang

$$\frac{a_0}{h_0} \leq 3,0$$

$$\frac{235}{209} \leq 3,0$$

$$1.12 \leq 3,0 \dots \dots (\text{Ok})$$

- Kapasitas geser nominal maksimum pada lubang

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p$$

dimana :

$$V_p = \frac{f_y \times t_w \times d_g}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \times 0.9 \times 43.25}{\sqrt{3}} = 56183.40 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6} + \mu}{u + \sqrt{3}} \times V_{pt} \leq V_{pt}; \mu = 0 \text{ dan } u = \frac{a_0}{d_t} = \frac{235}{97.75} = 2.4$$

$$V_{pt} = \frac{f_y \times t_w \times d_t}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \times 0.9 \times 9.775}{\sqrt{3}} = 12698.10 \text{ kg}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6} + 0}{2.3 + \sqrt{3}} \times 12698.10 = 7519.55 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt} = 2 \times 7519.55 \text{ kg} = 15039.09 \text{ kg}$$

maka :

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p$$

$$15039.09 \text{ kg} \leq \frac{2}{3} \times 56183.40 = 37455.60 \text{ kg} \dots \dots (\text{Ok})$$

Kontrol kuat geser

$$V_u \leq \phi V_m$$

$$5288.01 \text{ kg} \leq 0.9 \times 15039.09 = 13535.19 \text{ kg} \dots \dots (\text{Ok})$$



Parameter lubang

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

$$P_o \leq 5,6$$

$$\left(\frac{a_o}{h_o}\right) + \left(\frac{6h_o}{d_g}\right) \leq 5,6$$

$$\left(\frac{235}{209}\right) + \left(\frac{6 \times 209}{432.5}\right) \leq 5,6$$

$$4.02 \leq 5,6 \dots \dots (\text{Ok})$$

Persamaan interaksi geser-lentur (syarat ASCE hal. 3316)

$$\left(\frac{M_u}{\phi M_m}\right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_m}\right)^3 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{12162.43}{0.85 \times 36188.06}\right)^3 + \left(\frac{5288.01}{0.85 \times 15039.09}\right)^3 \leq 1,0$$

$$0,13 \leq 1,0 \dots \dots (\text{Ok})$$

Kontrol jarak antar lubang

$$s \geq h_o$$

$$384 \text{ mm} \geq 209 \text{ mm} \dots \dots (\text{Ok})$$

$$s \geq a_o \frac{\left(\frac{V_u}{\phi V_p}\right)}{1 - \frac{V_u}{\phi V_p}}$$

$$384 \text{ mm} \geq 235 \times \frac{\left(\frac{5288.01}{0.9 \times 56183.40}\right)}{1 - \frac{5288.01}{0.9 \times 56183.40}}$$

$$384 \text{ mm} \geq 27.45 \text{ mm} \dots \dots (\text{Ok})$$

7. Kontrol Lentutan :

- $f = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384EI}$
- $= \frac{5 \cdot (697.6 + 195.28) \cdot 10^{-2} \cdot 920^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 29273.2}$
- $= 1.42 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad f_{ijin} &= \frac{L}{\frac{360}{920}} \\
 &= \frac{360}{920} \\
 &= 2.56 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$f < f_{ijin} \rightarrow \text{Ok}$$

Jadi, profil *Octogonal Castellated Beam* 432.5 x 200 x 9 x 14 dapat digunakan sebagai balok anak atap.

#### 4.3.4 Perencanaan Balok Anak Lantai Castellated Beam

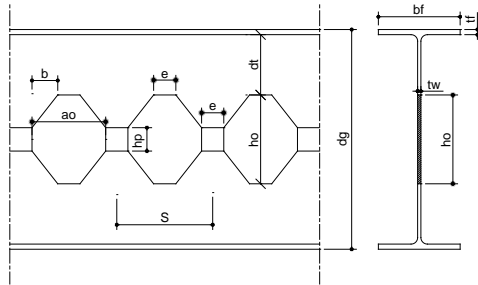
Balok anak lantai direncanakan menggunakan profil asal WF 350 x 250 x 8 x 12 yang kemudian dirubah menjadi profil *octogonal castellated beam* 495 x 250 x 8 x 12, dengan data- data sebagai berikut:

Data profil asal WF 350 x 250 x 8 x 12

d	= 336 mm	$i_x$	= 14.5 cm
$b_f$	= 249 mm	$i_y$	= 5.92 cm
$t_f$	= 12 mm	$Z_x$	= 1163 cm <sup>3</sup>
$t_w$	= 8 mm	$Z_y$	= 377 cm <sup>3</sup>
A	= 88.2 cm <sup>2</sup>	$I_x$	= 18500 cm <sup>4</sup>
q	= 69.2 kg/m	$I_y$	= 3090 cm <sup>4</sup>
r	= 20 cm		
h	= d - 2( $t_f$ +r)		
	= 272 mm		

Data profil *octogonal castellated beam* 495 x 250 x 8 x 12

dg	= 495 mm	b	= 48.5 mm
h	= 84 mm	e	= 168 mm
dt	= 114 mm	s	= 433 mm
db	= 114 mm	ao	= 265 mm
hp	= 75 mm	$\emptyset$	= 60°
ho	= 243 mm	h	= dg - 2( $t_f$ +r)
			= 431 mm



**Gambar 4.8** Geometri balok *octogonal castellated*

Syarat lubang  $h_o$  (ASCE 4.5 halaman 3320)

$$\begin{aligned} h_o &\leq 0,7 d_g \\ 243 \text{ mm} &\leq 0,7 \times 495 \text{ mm} \\ 243 \text{ mm} &\leq 346,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat  $d_t$  dan  $d_b$  (ASCE 4.6 halaman 3320)

$$\begin{aligned} d_t \text{ dan } d_b &\geq 0,15 d_g \\ 114 \text{ mm} &\geq 0,15 \times 495 \text{ mm} \\ 114 \text{ mm} &\geq 74,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$I_x$  dan  $Z_x$  castellated beam saat penuh (tanpa lubang) :

$$\begin{aligned} I_x &= \left( \frac{1}{12} x b_f x d_g^3 \right) - \left( 2x \frac{1}{12} x \left( \frac{b_f - t_w}{2} \right) x (d_g - 2t_f)^3 \right) \\ &= \left( \frac{1}{12} x 249 x 495^3 \right) - \left( 2x \frac{1}{12} x \left( \frac{249 - 8}{2} \right) x (495 - 2x12)^3 \right) \\ &= 418263552 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_x &= \left( \frac{1}{4} x b_f x d_g^2 \right) - \left( 2x \frac{1}{4} x \left( \frac{b_f - t_w}{2} \right) x (d_g - 2t_f)^2 \right) \\ &= \left( \frac{1}{4} x 249 x 495^2 \right) - \left( 2x \frac{1}{4} x \left( \frac{249 - 8}{2} \right) x (495 - 2x12)^2 \right) \\ &= 1886886 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$I_x$  dan  $Z_x$  castellated beam saat berlubang :

$$\begin{aligned} I_x &= I_x \text{ tanpa lubang} - \left( \frac{1}{12} x t_w x h_o^3 \right) \\ &= 418263552 - \left( \frac{1}{12} x 8 x 243^3 \right) \\ &= 408697614 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= Z_x \text{ tanpa lubang} - \left( \frac{1}{4} x t_w x h_o^2 \right) \\
 &= 1886886 - \left( \frac{1}{4} x 8 x 243^2 \right) \\
 &= 1768788 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$I_x$  castellated beam rata-rata :

$$\begin{aligned}
 I_x \text{ rata-rata} &= \frac{I_x \text{ tanpa lubang} + I_x \text{ saat berlubang}}{2} \\
 &= \frac{418263552 \text{ mm}^4 + 408697614 \text{ mm}^4}{2} \\
 &= 413480583 \text{ mm}^4 = 41348.06 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$I_y$  castellated beam saat penuh dan saat berlubang :

$$\begin{aligned}
 I_y \text{ penuh} &= 2 x \left( \frac{1}{12} x t_f x b_f^3 \right) + \left( \frac{1}{12} x (d_g - 2t_f) x (t_w)^3 \right) \\
 &= 2 x \left( \frac{1}{12} x 12 x 249^3 \right) + \left( \frac{1}{12} x (495 - 2x12) x (8)^3 \right) \\
 &= 30896594 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y \text{ lubang} &= I_y \text{ tanpa lubang} - \left( \frac{1}{12} x h_o x t_w^3 \right) \\
 &= 30896594 - \left( \frac{1}{12} x 243 x 8^3 \right) \\
 &= 30886226 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$I_y$  castellated beam rata-rata :

$$\begin{aligned}
 I_y \text{ rata-rata} &= \frac{I_y \text{ tanpa lubang} + I_y \text{ saat berlubang}}{2} \\
 &= \frac{30896594 \text{ mm}^4 + 30896594 \text{ mm}^4}{2} \\
 &= 30891410 \text{ mm}^4 = 3089.14 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Menghitung jari-jari girasi :

$$\begin{aligned}
 i_x &= \sqrt{\frac{I_x \text{ rata-rata}}{A}} = \sqrt{\frac{41348.06 \text{ cm}^4}{88.2 \text{ cm}^2}} = 21.66 \text{ cm} \\
 i_y &= \sqrt{\frac{I_y \text{ rata-rata}}{A}} = \sqrt{\frac{3089.14 \text{ cm}^4}{88.2 \text{ cm}^2}} = 5.92 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## 1. Kontrol Penampang :

Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{431}{8} = 53.88$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{249}{2 \times 12} = 10.38$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

## 2. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Penampang Kompak :

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x f_y \\ &= 1886.89 \times 2500 \\ &= 4717215 \text{ kg} \cdot \text{cm} \\ &= 47172.15 \text{ kg} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

## 3. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan lateral ( $L_b$ ) = 120 cm

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{fy}} \\ &= 1.76 \cdot 5.92 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ &= 294.69 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kondisi Balok plastis termasuk dalam bentang pendek

$$L_b < L_p.$$

Pada saat profil berlubang :

$$\begin{aligned}\Delta A_s &= h_o \times t_w \\ &= 243 \times 8 \\ &= 1944 \text{ mm}^2 = 19.44 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= M_p - f_y \times \Delta A_s \times \left(\frac{h_o}{4}\right) \\ &= 4717215 - 2500 \times 19.44 \times \left(\frac{24.3}{4}\right) \\ &= 4421970 \text{ kg. cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0,9 \times 4421970 &= 3979773 \text{ kg. cm} \\ & &= 39797.73 \text{ kg. m}\end{aligned}$$

#### 4. Pembebanan:

- Beban Mati

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri profil} & &= 69.2 \text{ kg/m} \\ \text{Berat lantai total} &= 364.1 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m} &= \underline{728.2 \text{ kg/m}} + \\ & & q_{D\text{total}} = 797.4 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

- Beban Hidup

$$\begin{aligned}q_L \text{ atap} &= 195.28 \text{ kg/m}^2 \\ q_L \text{ total} &= 195.28 \text{ kg/m}^2 \times 2 \text{ m} = 390.56 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

- Kombinasi Pembebanan

$$\begin{aligned}Q_u &= 1.2 q_D + 1.6 q_L \\ &= 1.2 \cdot 797.4 \text{ kg/m} + 1.6 \cdot 390.56 \text{ kg/m} \\ &= 1581.78 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_u &= \frac{1}{8} \cdot Q_u \cdot L^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot 1581.78 \text{ kg/m} \cdot (9.2 \text{ m})^2 \\ &= 16735.19 \text{ kg.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_u &= \frac{1}{2} \cdot Q_u \cdot L \\ &= \frac{1}{2} \cdot 1581.78 \text{ kg/m} \cdot 9.2 \text{ m} \\ &= 7276.17 \text{ kg}\end{aligned}$$

## 5. Kontrol Kapasitas Momen

$$\phi M_n = 39797.73 \text{ kg.m} \geq M_u = 16735.19 \text{ kg.m} \dots (\text{Ok})$$

## 6. Kontrol Kuat Geser :

Syarat ASCE 3.2 hal 3326-3327 :

$$\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1365}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{495-2 \times 12}{8} \leq \frac{1365}{\sqrt{250}}$$

$$58.88 \leq 86,33$$

$$\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{495-2 \times 12}{8} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}}$$

$$58.88 \leq 69,57$$

Karena  $\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1365}{\sqrt{fy}}$  dan  $\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}}$  maka pelat badan termasuk plastis.

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

- Perbandingan lebar terhadap tinggi lubang

$$\frac{a_0}{h_0} \leq 3,0$$

$$\frac{265}{243} \leq 3,0$$

$$1.09 \leq 3,0 \dots \dots (\text{Ok})$$

- Kapasitas geser nominal maksimum pada lubang

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p$$

dimana :

$$V_p = \frac{f_y \times t_w \times d_g}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \times 0.8 \times 49.5}{\sqrt{3}} = 57157.68 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6+\mu}}{v+\sqrt{3}} \times V_{pt} \leq V_{pt}; \mu = 0 \text{ dan } v = \frac{a_0}{d_t} = \frac{265}{114} = 2.3$$

$$V_{pt} = \frac{f_y \times t_w \times d_t}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \times 0.8 \times 11.4}{\sqrt{3}} = 13163.59 \text{ kg}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6+0}}{2.3+\sqrt{3}} \times 13163.59 = 7948.61 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt} = 2 \times 7948.61 \text{ kg} = 15897.22 \text{ kg}$$

maka :

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p$$

$$15897.22 \text{ kg} \leq \frac{2}{3} \times 57157.68 = 38105.12 \text{ kg} \dots \dots (\text{Ok})$$

Kontrol kuat geser

$$V_u \leq \phi V_m$$

$$7276.17 \text{ kg} \leq 0.9 \times 15897.22 = 14307.50 \text{ kg} \dots \dots (\text{Ok})$$

Parameter lubang

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

$$P_o \leq 5,6$$

$$\left(\frac{a_o}{h_o}\right) + \left(\frac{6h_o}{d_g}\right) \leq 5,6$$

$$\left(\frac{265}{243}\right) + \left(\frac{6 \times 243}{495}\right) \leq 5,6$$

$$4.04 \leq 5,6 \dots \dots (\text{Ok})$$

Persamaan interaksi geser-lentur (syarat ASCE hal. 3316)

$$\left(\frac{M_u}{\phi M_m}\right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_m}\right)^3 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{16735.19}{0.85 \times 44219.7}\right)^3 + \left(\frac{7276.17}{0.85 \times 15897.22}\right)^3 \leq 1,0$$

$$0,24 \leq 1,0 \dots \dots (\text{Ok})$$



Kontrol jarak antar lubang

$$s \geq h_o$$

$$433 \text{ mm} \geq 243 \text{ mm} \dots \dots (\text{Ok})$$

$$s \geq a_o \frac{\left(\frac{V_u}{\phi V_p}\right)}{1 - \frac{V_u}{\phi V_p}}$$

$$433 \text{ mm} \geq 265 \times \frac{\left(\frac{7276.17}{0,9 \times 57157.68}\right)}{1 - \frac{7276.17}{0,9 \times 57157.68}}$$

$$433 \text{ mm} \geq 43.66 \text{ mm} \dots \dots (\text{Ok})$$

7. Kontrol Lendutan :

$$\begin{aligned} \bullet \quad f &= \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384EI} \\ &= \frac{5 \cdot (797.4 + 390.56) \cdot 10^{-2} \cdot 920^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 41348.1} \\ &= 1.34 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \quad f_{ijin} &= \frac{L}{\frac{360}{920}} \\ &= \frac{360}{920} \\ &= 2.56 \text{ cm} \end{aligned}$$

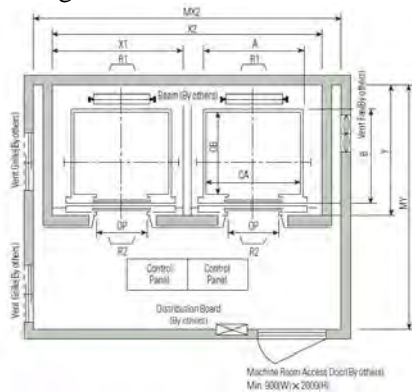
$$f < f_{ijin} \rightarrow \text{Ok}$$

Jadi, profil *Octogonal Castellated Beam* 495 x 250 x 8 x 12 dapat digunakan sebagai balok anak lantai.

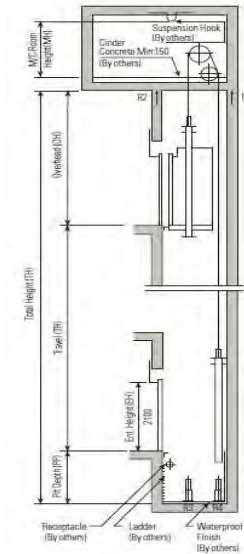
#### 4.4 Perencanaan Balok Lift

Pada perencanaan balok *lift* meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin *lift*. Pada bangunan ini menggunakan *lift* penumpang dengan data-data sebagai berikut (untuk lebih jelasnya lihat lampiran brosur *lift*) :

- Tipe lift : *Passenger Elevators*
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 215 Orang /1000 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 900 mm
- Dimensi ruang luncur (*hoistway inside*) 2 Car : 4200 x 2130 mm<sup>2</sup>
- Dimensi sangkar (*Car size*)
  - Internal : 1600 x 1500 mm<sup>2</sup>
  - Eksternal : 1660 x 1655 mm<sup>2</sup>
- Dimensi ruang mesin (2 Car) : 4400 x 3850 mm<sup>2</sup>
- Beban reaksi ruang mesin :
  - $R_1 = 5450 \text{ kg}$
  - $R_2 = 4300 \text{ kg}$



**Gambar 4.9** Denah Lift



**Gambar 4.10** Potongan Melintang Lift

Balok *lift* direncanakan menggunakan profil WF 400×300×10×16 (BJ 41) dengan data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 W &= 107 \text{ kg/m} & b_f &= 300 \text{ mm} & h_w &= 390-2(16+22) \\
 A &= 136 \text{ cm}^2 & r &= 22 \text{ mm} & &= 314 \text{ mm} \\
 t_w &= 10 \text{ mm} & Z_x &= 2116 \text{ cm}^3 & i_y &= 7.28 \text{ cm} \\
 t_f &= 16 \text{ mm} & I_x &= 38700 \text{ cm}^4 & & \\
 d &= 390 \text{ mm} & I_y &= 7210 \text{ cm}^4 & & 
 \end{aligned}$$

a. Pembebanan pada balok penumpu lift

- Beban mati

$$\text{Berat profil balok penggantung lift} = 107 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan, dll(10\%)} = \underline{10.7 \text{ kg/m}} +$$

$$q_D = 117.7 \text{ kg/m}$$

- Beban merata ultimate

$$q_U = 1.4 q_D$$

$$= 1.4 (117.7) = 164.78 \text{ kg/m}$$

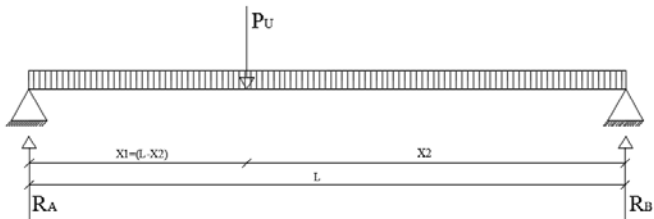
- Beban terpusat lift

Pada pasal 4.6 Impact Load SNI 1727:2013 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 50% untuk mesin yang bergerak maju dan mundur atau unit tenaga-*driven*, Semua persentase harus meningkat bila disyaratkan oleh produsen.

$$R_A = R_1 \cdot KLL = 5450 \times (1 + 50\%) = 10900 \text{ kg}$$

$$R_B = R_2 \cdot KLL = 4300 \times (1 + 50\%) = 8600 \text{ kg}$$

- Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penumpu lift



**Gambar 4.11** Model Pembebanan Balok Penumpu Lift

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A \cdot L - P_u \cdot X_2 = 0$$

$$10900 \cdot 2,4 = P_u \cdot X_2$$

$$P_u = \frac{26160}{X_2} \dots\dots\dots \text{persamaan 1}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-R_B \cdot L + P_u \cdot (L - X_2) = 0$$

$$-8600 \cdot 2,4 + \frac{26160}{X_2} (2,4 - X_2) = 0$$

$$-20640 + \frac{62784}{X_2} - 26160 = 0$$

$$\frac{62784}{X_2} = 46800$$

$$X_2 = 1,34 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} X1 &= L - X2 \\ &= 2.4 \text{ m} - 1.34 \text{ m} \\ &= 1.06 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= \frac{26160}{X2} \\ &= \frac{26160}{1.34} \\ &= 19500 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Momen Maksimum

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{P_u \cdot X1 \cdot X2}{L} + \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2 \\ &= \frac{19500 \cdot 1.06 \cdot 1.34}{2.4} + \frac{1}{8} \cdot 164,78 \cdot 2,4^2 \\ &= 11655,87 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Gaya Geser

$$\begin{aligned} V_u &= R_A + \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L \\ &= 10900 + \frac{1}{2} \cdot 164,78 \cdot 2,4 \\ &= 11097,74 \text{ kg} \end{aligned}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat Badan :

$$\frac{h}{t_w} = \frac{314}{10} = 31,4$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 16} = 9,38$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$   
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 2116 = 5290000 \text{ kgcm}$   
 $= 52900 \text{ kgm}$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral ( $L_b = 240 \text{ cm}$ ).

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1.76 \cdot 7,28 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ &= 362,40 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kondisi Balok termasuk dalam bentang pendek  $L_b < L_p$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$   
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 2116 = 5290000 \text{ kgcm}$   
 $= 52900 \text{ kgm}$

- Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 52900$$

$$= 47610 \text{ kgm} > 11655,87 \text{ kgm} \dots \text{OK}$$

Maka *demand capacity ratio* balok adalah :

$$\begin{aligned} R &= \frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1,0 \\ &= \frac{11655,87}{47610} \\ &= 0,24 \leq 1,0 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

- d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$V_n = 0,6f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad ; C_v = 1,0$$

$$\frac{314}{10} = 31,4 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \text{ Kondisi geser}$$

plastis

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 39 \cdot 1 \cdot 1$$

$$\phi V_n = 52650 \text{ kg}$$

$$V_u = 11097,74 \text{ kg} \leq \phi V_n = 52650 \text{ kg} \rightarrow \text{Oke}$$

e. Kontrol lendutan

$$L = 240 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f_{ijin} &= \frac{L}{240} \\ &= \frac{240}{240} \\ &= 1 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384EI} + \frac{P_u \cdot X_1 \cdot (L^2 - X_1^2)^{3/2}}{9\sqrt{3}LEI} \\ &= \frac{5 \cdot (164,78) \cdot 10^{-2} \cdot 240^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 38700} + \frac{19500 \cdot 106 \cdot (240^2 - 106)^{3/2}}{9\sqrt{3} \cdot 240 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 38700} \\ &= 1 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f_{ijin} \geq f \dots \text{OK}$$

Jadi, Profil WF 400 x 300 x 10 x 16 dapat digunakan sebagai balok lift.

## 4.5 Perencanaan Tangga

Pada gedung hotel ini struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan menggunakan konstruksi dari baja.

### 4.5.1 Perencanaan Tangga

- **Data Tangga**

- Tinggi antar lantai = 400 cm
- Panjang bordes = 300 cm
- Tinggi bordes = 200 cm
- Lebar bordes = 168,75 cm
- Lebar tangga = 145 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Lebar pegangan tangga = 10 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) = 17 cm

$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{(400/2)}{17} = 11.76 \text{ buah} \approx 12 \text{ buah}$$

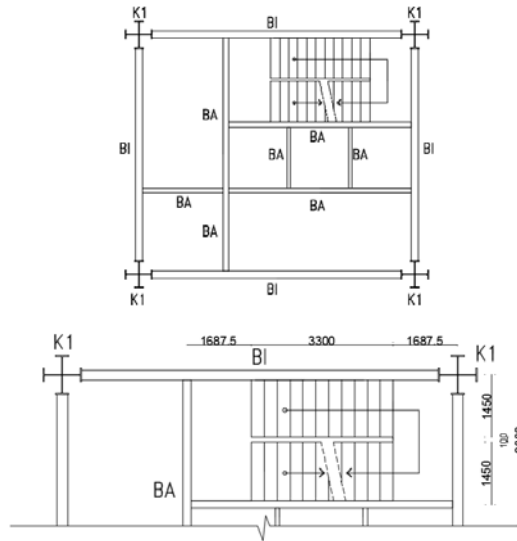
$$\text{Jumlah injakan (n)} = 12 - 1 = 11 \text{ buah}$$

$$60 \text{ cm} \leq (2 \times 17 + 30) \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} < (64) < 65 \text{ cm} \dots \text{OK}$$

$$a = \text{arc tg} \left( \frac{t}{i} \right) = \text{arc tg} \left( \frac{17}{30} \right) = 29.54^\circ$$

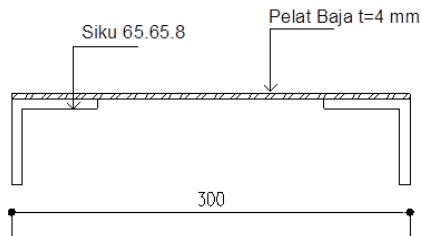




**Gambar 4.12** Denah Tangga

- **Perencanaan Anak Tangga**

- a. Perencanaan tebal pelat anak tangga



**Gambar 4.13** Pelat Anak Tangga

Tebal pelat tangga = 4 mm  
 Berat jenis baja = 7850 kg/m<sup>3</sup>  
 Mutu baja BJ 41 →  $f_y = 2500 \text{ kg/m}^2$

- Perencanaan pembebanan pelat tangga

Beban mati

$$\text{Berat pelat} = 0.004 \times 1.45 \times 7850 = 45.53 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung (10\%)} = 4.55 \text{ kg/m} +$$

$$q_D = 50.08 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$q_L = 100 \text{ psf} \times 4.882 \times 1.45 = 707.89 \text{ kg/m}$$

$$P_L = 300 \text{ lb} = 136.08 \text{ kg}$$

- Perhitungan  $M_D$  dan  $M_L$

$$M_D = 1/8 q_D l^2 = 1/8 \times 50.08 \times 0.30^2 = 0.56 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 1/8 q_L l^2 = 1/8 \times 707.89 \times 0.30^2 = 7.96 \text{ kg.m}$$

$$M_L = 1/4 P_L l = 1/4 \times 136.08 \times 0.30 = 10.21 \text{ kg.m (menentukan)}$$

- Perhitungan kombinasi pembebanan  $M_U$

$$M_U = 1,4 M_D = 1,4 \times 0,56 = 0,79 \text{ kg.m}$$

$$M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L = 1,2 \times 0,56 + 1,6 \times 10,21 = 17,01 \text{ kg.m}$$

$M_U$  dipakai 17,01 kg.m

- Kontrol momen lentur

$$Z_x = 1/4 bh^2 = 1/4 \times 145 \times 0,40^2 = 5,8 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi Z_x \times f_y = 0,9 \times 5,8 \times 2500 \\ &= 13050 \text{ kg.cm} = 130,5 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Syarat :  $\phi M_n > M_u$

$$130,5 \text{ kg.m} > 17,01 \text{ kg.m (OK)}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{30}{360} = 0,083 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} bh^3 = \frac{1}{12} \times 145 \times 0,4^3 = 0,77 \text{ cm}^4$$

$$f = \frac{5 \left( \frac{(q_{dl} + q_{ll})}{100} \right) l^4}{384 \cdot EI_x}$$

$$= \frac{5((50,08 + 707,89)/100) \cdot 30^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 0,77} = 0,052$$

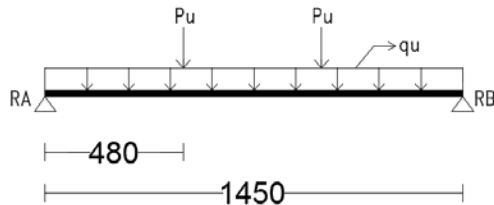
$$f < f_{ijin} \rightarrow 0,052 < 0,083 \text{ cm (OK)}$$

b. Perencanaan pengaku anak tangga

Direncanakan menggunakan profil siku  $65 \times 65 \times 8$  dengan data sebagai berikut :

$$\begin{array}{llll} b & = 65 \text{ mm} & I_x = 36,8 \text{ cm}^4 & i_y = 1,94 \text{ cm} \\ t_w & = 8 \text{ mm} & I_y = 36,8 \text{ cm}^4 & i_x = 1,94 \text{ cm} \\ W & = 7,66 \text{ kg/m} & A = 9,761 \text{ cm}^2 & Z_x = 7,97 \text{ cm} \end{array}$$

Perencanaan pembebanan



**Gambar 4.14** Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga

Beban mati (1/2 lebar injakan)

$$\text{Berat pelat} = 0,15 \times 0,004 \times 7850 = 4,71 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat baja siku } 65 \times 65 \times 8 &= 7,66 \text{ kg/m} \\ &= 12,37 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Alat penyambung (10\%)} &= 1,24 \text{ kg/m} \\ q_D &= 13,61 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban hidup (1/2 lebar injakan)

$$q_L = 488,4 \times 0,15 = 73,23 \text{ kg/m}$$

$$P_L = 136,08 \text{ kg}$$

- Perhitungan  $M_D$  dan  $M_L$

$$\begin{aligned} M_D &= 1/8 \times q_D \times L^2 \\ &= 1/8 \times 13,61 \times 1,45^2 = 3,58 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_L &= 1/8 \times q_L \times L^2 \rightarrow \text{akibat beban merata} \\ &= 1/8 \times 73,23 \times 1,45^2 = 19,25 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_L &= 1/3 \times P \times L \rightarrow \text{akibat beban terpusat} \\ &= 1/3 \times 136,08 \times 1,45 = 65,77 \text{ kg.m (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 1,2(1/2 \times q_D \times 1,45) + 1,6(1/2 \times P \times 2) \\ &= 1,2 \left( \frac{1}{2} \times 13,61 \times 1,45 \right) + 1,6 \left( \frac{1}{2} \times 136,08 \times 2 \right) \\ &= 246,14 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Perhitungan kombinasi pembebanan  $M_U$

$$\begin{aligned} M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\ &= 1,2 \times 3,58 + 1,6 \times 65,77 = 109,52 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang profil

Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{bf}{tf} = \frac{65}{8} = 8,13$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$  Profil Sayap Kompak

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_n = M_p = Z_x f_y$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi Z_x \times f_y = 0,9 \times 7,97 \times 2500 = 17932,5 \text{ kg.cm} \\ &= 179,33 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Syarat :  $\phi M_n > M_u$

$$179,33 \text{ kg.m} > 109,52 \text{ kg.m} \dots \text{OK}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{t} = \frac{(65 - 8)}{8} = 7,13 ; 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{b_f}{t_f} \leq 1,10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 7,13 \leq 69,57$$

maka  $C_v = 1,00$  ; sehingga

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 f_y A_w C_v = 0,6 \times 2500 \times (6,5 \times 0,8) \times 1,00 \\ &= 7800 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &\geq V_u \\ \emptyset V_n &= 0,9 \times 7800 \\ &= 7020 \text{ kg} > 246,14 \text{ kg} \dots \text{OK} \end{aligned}$$

- Kontrol lendutan

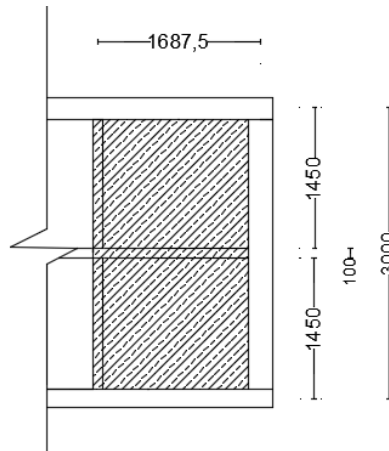
$$L = 145 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{145}{360} = 0,40 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{5 \left( \frac{qD + qL}{100} \right) L^4}{384 E I_x} + \left( \frac{23}{684} \times \frac{P \cdot L^3}{E I_x} \right) \\ &= \frac{5 \left( \frac{13,61 + 73,23}{100} \right) 145^4}{384 \cdot 2000000 \cdot 36,8} + \left( \frac{23}{684} \times \frac{136,08 \cdot 145^3}{2000000 \cdot 36,8} \right) \\ &= 0,26 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f < f_{ijin} \rightarrow 0,26 \text{ cm} < 0,40 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

#### 4.5.2 Perencanaan Bordes



**Gambar 4.15** Denah Bordes

a. Pelat bordes

$$\begin{aligned} \text{Tebal pelat bordes} &= 8 \text{ mm} \\ \text{Berat jenis baja} &= 7850 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Mutu baja BJ 41} \rightarrow f_y &= 2500 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Perencanaan pembebanan pelat bordes

Beban mati

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 0,008 \times 1,45 \times 7850 &= 91,06 \text{ kg/m} \\ \text{Alat penyambung (10\%)} & &= 9,11 \text{ kg/m} + \\ \hline q_D &= 100,17 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban hidup

$$q_L = 488,4 \text{ kg/m}^2 \times 1,45 \text{ m} = 707,89 \text{ kg/m}$$

- Perhitungan  $M_D$  dan  $M_L$

$$\begin{aligned} M_D &= 1/8 \times q_D \times l^2 \\ &= 1/8 \times 100,17 \times (1,6875)^2 &= 35,65 \text{ kg.m} \\ M_L &= 1/8 \times q_L \times l^2 \\ &= 1/8 \times 707,89 \times (1,6875)^2 &= 251,98 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kombinasi pembebanan  $M_U$

$$\begin{aligned} M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L \\ &= 1,2 \times 35,65 + 1,6 \times 251,98 = 445,95 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Kontrol momen lentur

$$\begin{aligned} Z_x &= \frac{1}{4} b h^2 = \frac{1}{4} \times 145 \times 0,8^2 = 23,2 \text{ cm}^3 \\ Mn &= Z_x \times f_y = 23,2 \times 2500 = 58000 \text{ kg.cm} \\ &= 580 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ 0,9 \times 580 &\geq 445,95 \text{ kg.m} \\ 522 \text{ kg.m} &\geq 445,95 \text{ kg.m} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 168,75 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{168,75}{360} = 0,47 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 145 \times 0,8^3 = 6,19 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{5 \left( \frac{(qdl + qll)}{100} \right) l^4}{384 \cdot EI_x} \\ &= \frac{5 \left( \frac{(100,17 + 707,89)}{100} \right) \cdot 84,375^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 6,19} = 0,43 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f < f_{ijin} \rightarrow 0,43 \text{ cm} < 0,47 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

## b. Perencanaan balok bordes

Direncanakan memakai profil WF 100 × 50 × 5 × 7

$$\begin{aligned} d &= 100 \text{ mm} & t_f &= 7 \text{ mm} & r &= 8 \text{ mm} \\ b &= 50 \text{ mm} & Z_x &= 42 \text{ cm}^3 & I_x &= 187 \text{ cm}^4 \\ t_w &= 5 \text{ mm} & W &= 9.3 \text{ kg/m} & h &= 70 \text{ mm} \end{aligned}$$

## - Perencanaan pembebanan balok bordes

Beban mati

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat} &= 0,008 \times 1,6875 \times 7850 & &= 105,975 \text{ kg/m} \\ \text{Berat profil} & & &= \underline{9,3 \text{ kg/m}} + \\ & & &= 115,275 \text{ kg/m} \\ \text{Berat sambungan dan lain-lain 10\%} & & &= \underline{11,5 \text{ kg/m}} + \\ q_D & & &= 126,8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban hidup

$$\text{Total beban hidup } (q_L) = 1,6875 \times 488,4 = 823,8375 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} V_D &= \frac{1}{2} \cdot q_D \cdot L & &= \frac{1}{2} \times 126,8 \times 1,45 \\ & & &= 91,93 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_D &= \frac{1}{8} \cdot q_D \cdot L^2 & &= \frac{1}{8} \times 126,8 \times (1,45)^2 \\ & & &= 33,33 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_L &= \frac{1}{2} \times q_L \times L = \frac{1}{2} \times 823,8375 \times 1,45 \\ & & &= 597,28 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_L &= \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 823,8375 \times (1,45)^2 \\ & & &= 216,51 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

## - Kombinasi pembebanan

$$\begin{aligned} V_U &= 1.2V_D + 1.6V_L \\ &= 1.2(91,93) + 1.6(597,28) = 1065,97 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_U &= 1.2M_D + 1.6M_L \\ &= 1.2(33,33) + 1.6(216,51) = 386,41 \text{ kg.m} \end{aligned}$$



- Kontrol penampang

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{70}{5} = 14$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{50}{2 \times 7} = 3,57$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_n = M_p = Z_x f_y$$

$$M_p = 42 \cdot 2500 = 105000 \text{ kg.cm} = 1050 \text{ kg.m}$$

- Cek kemampuan penampang

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

$$0,9 \times 1050 \geq 386,41 \text{ kg.m}$$

$$945 \text{ kg.m} \geq 386,41 \text{ kg.m} \dots \text{OK}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad ; C_v = 1,0$$

$$\frac{70}{5} = 14 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \text{ Kondisi geser plastis}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &\leq \phi V_n \\
 \phi V_n &= \phi 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v \\
 \phi V_n &= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot 1 \\
 \phi V_n &= 6750 \text{ kg} \geq V_u = 1065,97 \text{ kg} \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 145 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{145}{360} = 0,40 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{5 \left( \frac{q d l + q l l}{100} \right)^4}{384 \cdot E I_x} \\
 &= \frac{5 \left( \frac{(126,8 + 823,8375) / 100 \cdot 145^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 187} \right)}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 187} = 0,15 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$f < f_{ijin} \rightarrow 0,15 \text{ cm} < 0,40 \text{ cm}$$

### 4.5.3 Perencanaan Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata yang berasal dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 250 x 125 x 5 x 8, dengan spesifikasi sebagai berikut:

d	= 248 mm	i <sub>x</sub>	= 10,4 cm
bf	= 124 mm	i <sub>y</sub>	= 2,79 cm
tf	= 8 mm	Z <sub>x</sub>	= 305 cm <sup>3</sup>
tw	= 5 mm	Z <sub>y</sub>	= 63 cm <sup>3</sup>
A	= 32,68 cm <sup>2</sup>	S <sub>x</sub>	= 285 cm <sup>3</sup>
q	= 25,7 kg/m	S <sub>y</sub>	= 41,1 cm <sup>3</sup>
I <sub>x</sub>	= 3540 cm <sup>4</sup>	r	= 12 cm
I <sub>y</sub>	= 255 cm <sup>4</sup>	h	= d - 2(tf+r)
F <sub>y</sub>	= 250 Mpa (BJ-41)		= 208 mm

- Perencanaan Pembebanan Anak Tangga

Beban mati (anak tangga)

$$\text{Berat pelat } 0,004 \times (1,45 \times 0,5) \times 7850 = 22,77 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil siku } 7,66 \times 2 = 15,32 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil balok } 25,7/\cos(29,54) = 29,54 \text{ kg/m} +$$

$$= 67,62 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat alat penyambung } 10\% = 6,76 \text{ kg/m} +$$

$$q_{D1} = 74,39 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$q_{L1} = 488,4 \times 0,725 / \cos 29,54 = 406,82 \text{ kg/m}$$

$$q_{U1} = 1,2 q_D + 1,6 q_L$$

$$= 1,2 \times 74,39 + 1,6 \times 406,82$$

$$= 740,18 \text{ kg/m}$$

- Perencanaan Pembebanan Dan Gaya Dalam Bordes

Beban mati

$$\text{Berat profil} = 25,7 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat bordes } 0,008 \times 0,725 \times 7850 = 48,53 \text{ kg/m} +$$

$$= 71,23 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat penyambung } 10\% = 7,12 \text{ kg/m} +$$

$$q_{D2} = 78,35 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

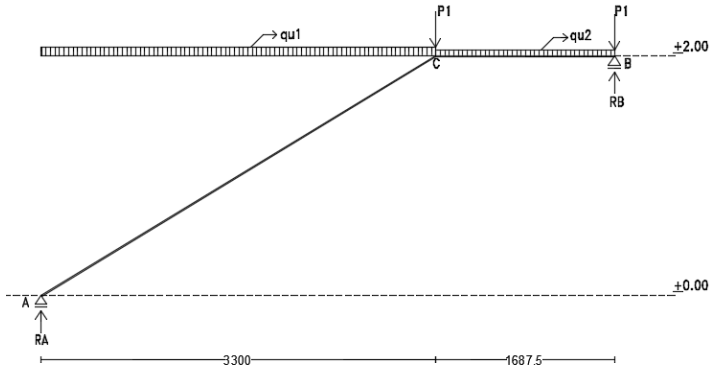
$$q_{L2} = 488,4 \times 0,725 = 353,95 \text{ kg/m}$$

$$q_{U2} = 1,2 q_{D2} + 1,6 q_{L2}$$

$$= 1,2 \times 78,35 + 1,6 \times 353,95 = 660,34 \text{ kg/m}$$

Beban terpusat akibat balok bordes

$$P_1 = 9,3 \times 0,725 = 6,74 \text{ kg}$$



**Gambar 4.16** Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga

- Perhitungan pembebanan

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-R_B \cdot 4,9875 + P_1 \cdot 3,3 + P_1 \cdot 4,9875 + qu_1 \cdot 3,3 \cdot 1,65 + qu_2 \cdot 1,6875 \cdot 4,14375 = 0$$

$$R_B = \frac{6,74 \times 3,3 + 6,74 \times 4,9875 + 740,18 \times 3,3 \times 1,65 + 660,34 \times 1,6875 \times 4,14375}{4,9875}$$

$$= 1745,09 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_A \cdot 4,9875 - P_1 \cdot 1,6875 - qu_1 \cdot 3,3 \cdot 3,3375 - qu_2 \cdot 1,6875 \cdot 0,84375 = 0$$

$$R_A = \frac{6,74 \times 1,6875 + 740,18 \times 3,3 \times 3,3375 + 660,34 \times 1,6875 \times 0,84375}{4,9875}$$

$$= 1825,31 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\Sigma V = 0$$

$$= R_A + R_B - qu_1 \cdot 3,3 - qu_2 \cdot 1,6875 - 2 \cdot P_1$$

$$= 1825,31 + 1745,09 - 740,18 \cdot 3,3 - 660,34 \cdot 1,6875 - 2 \cdot 6,74$$

$$= 0$$

Bidang M

- A – C :

$$M_x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} qu_1 \cdot x^2$$

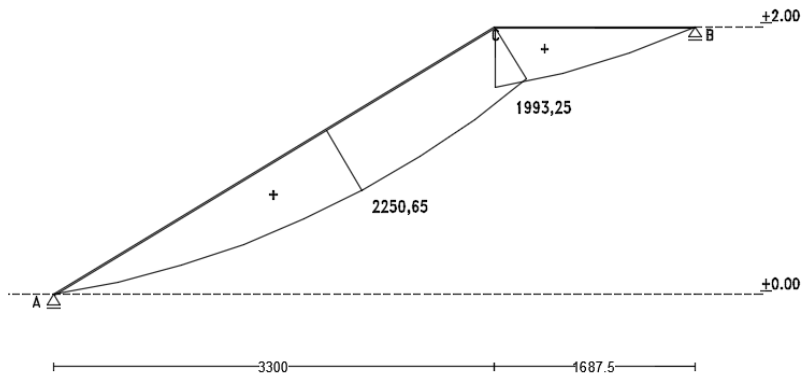
$$\begin{aligned}
 &= 1825,31 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 740,18 \cdot x^2 \\
 x &= 0 \text{ m} \\
 M_A &= 0 \text{ kg.m} \\
 x &= 3,3 \text{ m} \\
 M_C &= 1825,31 \cdot 3,3 - \frac{1}{2} \cdot 740,18 \cdot 3,3^2 = 1993,25 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 \frac{dM_x}{dx} &= 1825,31 - 740,18 \cdot x = 0 \\
 x &= 2,47 \text{ m} \\
 M_{\max} &= 1825,31 \times 2,47 - \frac{1}{2} \times 740,18 \times 2,47^2 \\
 &= 2250,65 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

• B - C :

$$\begin{aligned}
 M_x &= R_B \cdot x - \frac{1}{2} q u_2 \cdot x^2 - P_1 \cdot x \\
 &= 1686,76 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 660,34 \cdot x^2 - 6,74 \cdot x \\
 x &= 0 \text{ m} \\
 M_B &= 0 \text{ kg.m} \\
 x &= 1.6875 \text{ m} \\
 M_c &= 1686,76 \cdot 1.6875 - \frac{1}{2} \cdot 660,34 \cdot 1.6875^2 - 6,74 \cdot 1.6875 \\
 &= 1993,25 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.17** Bidang Momen Balok Utama TanggaBidang D

- A - C:

$$D_X = R_A \cdot \cos(29,54^\circ) - q_{u1} \cdot x \cdot \cos(29,54^\circ)$$

$$= 1825,31 \cdot \cos(29,54^\circ) - 740,18 \cdot x \cdot \cos(29,54^\circ)$$

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

$$D_{Aka} = 1825,31 \cdot \cos(29,54^\circ) - 740,18 \cdot 0 \cdot \cos(29,54^\circ)$$

$$= 1588,06 \text{ kg}$$

$$x = 3,30 \text{ m}$$

$$D_{Cki} = 1825,31 \cdot \cos(29,54^\circ) - 740,18 \cdot 3,3 \cdot \cos(29,54^\circ)$$

$$= -537,05 \text{ kg}$$

- B - C :

$$D_X = -R_B + q_{u2} \cdot x + P_1$$

$$= -1745,09 + 660,34 \cdot x + 6,74$$

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

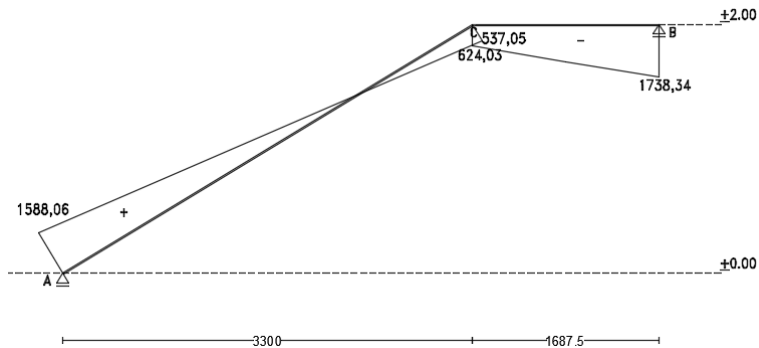
$$D_{Bki} = -1745,09 + 660,34 \cdot 0 + 6,74$$

$$= -1738,34 \text{ kg}$$

$$x = 1,6875 \text{ m}$$

$$D_{Cka} = -1745,09 + 660,34 \cdot 1,6875 + 6,74$$

$$= -624,03 \text{ kg}$$



**Gambar 4.18** Gaya Lintang Balok Utama TanggaBidang N

- A - C :

$$\begin{aligned} N_X &= - R_A \cdot \sin(29,54^\circ) + q_{ul} \cdot x \cdot \sin(29,54^\circ) \\ &= - 1825,31 \cdot \sin(29,54^\circ) + 740,18 \cdot x \cdot \sin(29,54^\circ) \end{aligned}$$

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

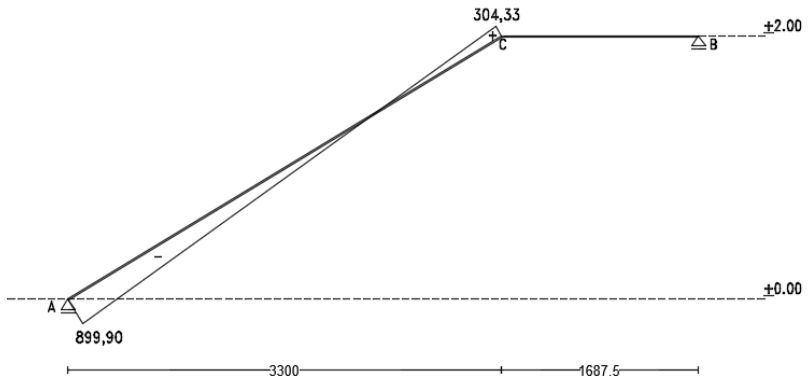
$$\begin{aligned} N_{Aka} &= - 1825,31 \cdot \sin(29,54^\circ) + 740,18 \cdot 0 \cdot \sin(29,54^\circ) \\ &= - 899,90 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$x = 3.30 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} N_{Cki} &= - 1825,31 \cdot \sin(29,54^\circ) + 740,18 \cdot 3,3 \cdot \sin(29,54^\circ) \\ &= 304,33 \text{ kg} \end{aligned}$$

- C - B :

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

**Gambar 4.19** Gaya Normal Balok Utama Tangga

- Kontrol penampang Terhadap Tekuk Lokal

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{208}{5} = 41,60$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{124}{2 \times 8} = 7,75$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_n = M_p = Z_x f_y$$

$$M_p = 305 \cdot 2500 = 762500 \text{ kg.cm} = 7625 \text{ kg.m}$$

- Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 7625$$

$$= 6862,5 \text{ kg.m} \geq 2250,65 \text{ kg.m} \dots \text{OK}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = \sqrt{30^2 + 17^2} = 34,48 \text{ cm (Pengaku anak tangga)}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \cdot 2,79 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$= 138,89 \text{ cm}$$

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

$$M_p = 305 \cdot 2500 = 762500 \text{ kg.cm} = 7625 \text{ kg.m}$$

Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 7625$$

$$= 6862,5 \text{ kg.m} \geq 2250,65 \text{ kg.m} \dots \text{OK}$$



- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad ; C_v=1,0$$

$$\frac{208}{5} = 41,60 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}$$

Kondisi geser plastis

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 24,8 \cdot 0,5 \cdot 1$$

$$\phi V_n = 16740 \text{ kg}$$

$$V_u = 1738,34 \text{ kg} \leq \phi V_n = 16740 \text{ kg} \rightarrow \text{Ok}$$

- Persamaan interaksi tekan – lentur

$$L = \sqrt{330^2 + 200^2} = 385,88 \text{ cm}$$

$$K_c = 0,70 \text{ (sendi – jepit)}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \times 10^6}{\left(\frac{0,70 \cdot 385,88}{2,79}\right)^2} = 2103,81 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_y}{F_e} = \frac{2500}{2103,81} = 1,19 \leq 2,25$$

karena  $\frac{f_y}{F_e} = 1,10 \leq 2,25$  maka  $f_{cr}$  ditentukan dengan :

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left[ 0,658 \frac{f_y}{F_e} \right] f_y \\ &= [0,658^{1,19}] 2500 \\ &= 1520,32 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= A_g \cdot F_{cr} \\ &= 32,68 \cdot 1520,32 \\ &= 49683,98 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_c &= \emptyset P_n \\
 &= 0,9 \cdot 49683,98 \\
 &= 44715,59 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

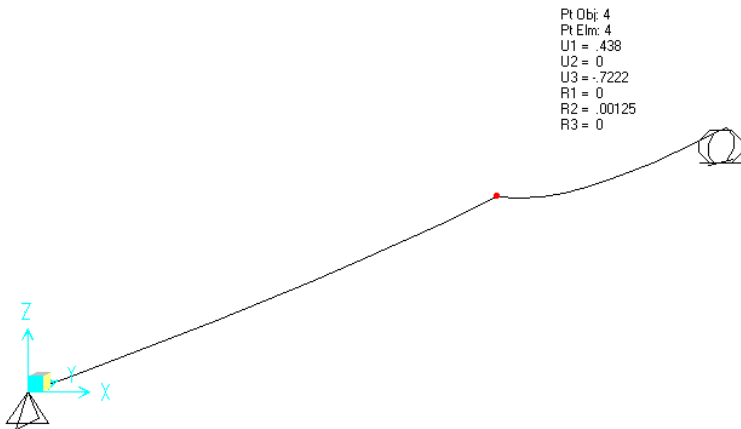
$$\begin{aligned}
 \frac{P_r}{P_c} &= \frac{899,90}{44715,59} = 0,02 < 0,2 \text{ (Persamaan interaksi 2)} \\
 &= \frac{899,90}{2 \times 44715,59} + \left( \frac{2250,65}{6862,5} + 0 \right) \\
 &= 0,34 \leq 1,0 \text{ (Ok)}
 \end{aligned}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijjin} = \frac{L}{360} = \frac{385,88}{360} = 1,1 \text{ cm}$$

$$f = 0,72 \text{ cm}$$

$$f < f_{ijjin} \rightarrow 0,72 \text{ cm} < 1,0 \text{ cm} \quad \text{OK}$$



**Gambar 4.20** Hasil Analisis Lendutan Balok Utama Tangga

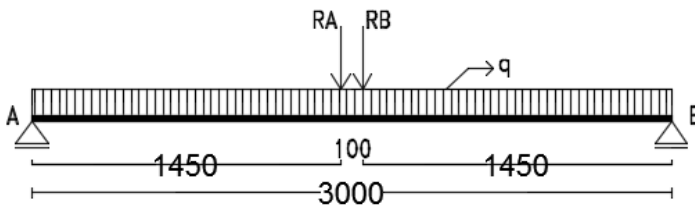
#### 4.5.4 Balok Penumpu Tangga

Balok utama penumpu tangga direncanakan memakai profil WF 250 x 125 x 5 x 8 dengan data-data sebagai berikut:

d	= 248 mm	$i_x$	= 10,4 cm
bf	= 124 mm	$i_y$	= 2,79 cm
tf	= 8 mm	$Z_x$	= 305 cm <sup>3</sup>
tw	= 5 mm	$Z_y$	= 63 cm <sup>3</sup>
A	= 32,68 cm <sup>2</sup>	$S_x$	= 285 cm <sup>3</sup>
q	= 25,7 kg/m	$S_y$	= 41,1 cm <sup>3</sup>
$I_x$	= 3540 cm <sup>4</sup>	r	= 12 cm
$I_y$	= 255 cm <sup>4</sup>	h	= d - 2(tf+r)
$F_y$	= 250 Mpa (BJ-41)		= 208 mm
$h_o$	= 240 mm		

- **Pembebanan**

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi ( $R_a$  dan  $R_b$ ) 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 4.21** Pembebanan Balok Penumpu Tangga

$$R_a = 1825,31 \text{ kg}$$

$$R_b = 1745,09 \text{ kg}$$

Beban merata (q)	
Berat profil	= 25,7 kg/m
Beban dinding 2 x 250	= $\frac{500}{2}$ kg/m +
	= 525,7 kg/m
Berat sambungan 10%	= $\frac{52,57}{2}$ kg/m +
	qD = 578,27 kg/m

- Reaksi Perletakan

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-R_{vB} \cdot 3 + R_a \cdot 1,45 + R_b \cdot 1,55 + \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot q \cdot 3 = 0$$

$$R_{vB} = \frac{1825,31 \cdot 1,45 + 1745,09 \cdot 1,55 + \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 578,27 \cdot 3}{3}$$

$$= 2651,27 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_{vA} \cdot 3 - R_b \cdot 1,45 - R_a \cdot 1,55 - \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot q \cdot 3 = 0$$

$$R_{vA} = \frac{1745,09 \cdot 1,45 + 1825,31 \cdot 1,55 + \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 578,27 \cdot 3}{3}$$

$$= 2653,94 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\Sigma V = R_{vA} + R_{vB} - R_a - R_b - q \cdot 3$$

$$= 2653,94 + 2651,27 - 1825,31 - 1745,09$$

$$- (578,27 \cdot 3)$$

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

- Momen maksimum

$$M_{max} = R_{vA} \cdot 1,5 - R_b \cdot 0,05 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x \cdot 1,5^2$$

$$= 2653,94 \cdot 1,5 - 1745,09 \cdot 0,05$$

$$- \frac{1}{2} \cdot 578,27 \cdot 1,5^2$$

$$= 3243,10 \text{ kg.m}$$

- Gaya geser

$$V_U = -R_{vB} = -2651,27 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang profil Terhadap Tekuk Lokal
  - Pelat Badan :
 
$$\frac{h}{tw} = \frac{208}{5} = 41,60$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$
  - Pelat Sayap :
 
$$\frac{bf}{2tf} = \frac{124}{2 \times 8} = 7,75$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$
- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$ 

$$M_n = M_p = Z_x f_y$$

$$M_p = 305 \cdot 2500 = 762500 \text{ kg.cm} = 7625 \text{ kg.m}$$
- Cek kemampuan penampang
 
$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 7625 \geq 3243,10 \text{ kg.m}$$

$$6862,5 \text{ kg.m} \geq 3243,10 \text{ kg.m (Ok)}$$
- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral
 
$$L_b = 145 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \cdot 2,79 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$= 138,89 \text{ cm}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 f_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 f_y}{E}\right)^2}}$$

$$C_w = \frac{1}{4} I_y h_0^2 = \frac{1}{4} \cdot 255 \cdot 24^2 = 36720 \text{ cm}^6$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} = \frac{\sqrt{255 \cdot 36720}}{285} \rightarrow r_{ts} = 3,28 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3 \rightarrow b = d - 2t_f$$

$$J = \frac{1}{3} \cdot 23,2 \cdot 0,5^3 + 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 12,4 \cdot 0,8^3 = 5,20 \text{ cm}^4$$

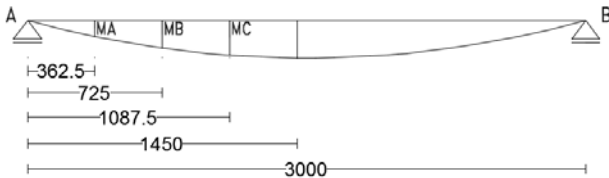
$$c = 1,0$$

$$L_r = 1,95 \cdot 3,28 \frac{2 \times 10^6}{0,7 \cdot 2500} \sqrt{\frac{5,20 \times 1}{285 \cdot 24} + \sqrt{\left(\frac{5,20 \cdot 1}{285 \cdot 24}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \cdot 2500}{2 \times 10^6}\right)^2}}$$

$$L_r = 651,21 \text{ cm}$$

Kondisi Blok inelastis termasuk dalam bentang menengah  $L_p \leq L_b \leq L_r$  dengan  $M_n$  :

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



**Gambar 4.22** Posisi  $M_A$ ,  $M_B$ ,  $M_C$  Balok Penumpu Tanga

$$\begin{aligned} M_A &= R_{vA} \times 0,3625 - \frac{1}{2} \times q \times 0,3625^2 \\ &= 2653,94 \times 0,3625 - \frac{1}{2} \times 578,27 \times 0,3625^2 \\ &= 924,06 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_B &= R_{vA} \times 0,725 - \frac{1}{2} \times q \times 0,725^2 \\ &= 2653,94 \times 0,725 - \frac{1}{2} \times 578,27 \times 0,725^2 \\ &= 1772,13 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_C &= R_{vA} \times 1,0875 - \frac{1}{2} \times q \times 1,0875^2 \\ &= 2653,94 \times 1,0875 - \frac{1}{2} \times 578,27 \times 1,0875^2 \\ &= 2544,21 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$M_{\max} = 3243,10 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\text{Max}}}{2,5M_{\text{max}} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2,27$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 3243,10}{2,5 \cdot 3243,10 + 3 \cdot 924,06 + 4 \cdot 1772,13 + 3 \cdot 2544,21} \leq 2,27$$

$$= 1,58 \leq 2,27 \rightarrow \text{Oke}$$

$$M_n = 1,58 \left[ 762500 - (762500 - 0,7 \cdot 285 \cdot 2500) \frac{145 - 138,89}{651,21 - 138,89} \right]$$

$$M_n = 1199780,079 \text{ kg} \cdot \text{cm} = 11997,80 \text{ kg} \cdot \text{m} > M_p$$

$$\text{Maka } M_n = M_p = 7625 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

- Cek kemampuan penampang

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

$$0,9 \times 7625 \geq 3243,10 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$6862,5 \text{ kg} \cdot \text{m} \geq 3243,10 \text{ kg} \cdot \text{m} \text{ (Ok)}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad ; C_v = 1,0$$

$$\frac{208}{5} = 41,60 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}$$

Kondisi geser plastis

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 24,8 \cdot 0,5 \cdot 1$$

$$\phi V_n = 16740 \text{ kg}$$

$$V_u = 2651,27 \text{ kg} \leq \phi V_n = 16740 \text{ kg} \rightarrow \text{Oke}$$

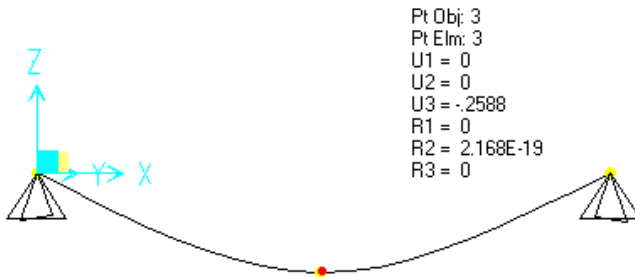
- Kontrol lendutan

$$L = 300 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{300}{360} = 0,83 \text{ cm}$$

$$f = 0,26 \text{ cm}$$

$$f < f_{ijin} \rightarrow 0,26 \text{ cm} < 0,83 \text{ cm (Ok)}$$



**Gambar 4.23** Analisa Lendutan Balok Penumpu Tangga



## **BAB V**

### **PEMODELAN STRUKTUR**

#### **5.1 Umum**

Dalam suatu perencanaan struktur gedung, perhitungan terhadap semua beban yang terjadi wajib dilakukan. Perhitungan beban harus memperhitungkan beban yang terjadi antara lain beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa. Pembebanan ini dihitung berdasarkan SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural dan SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung.

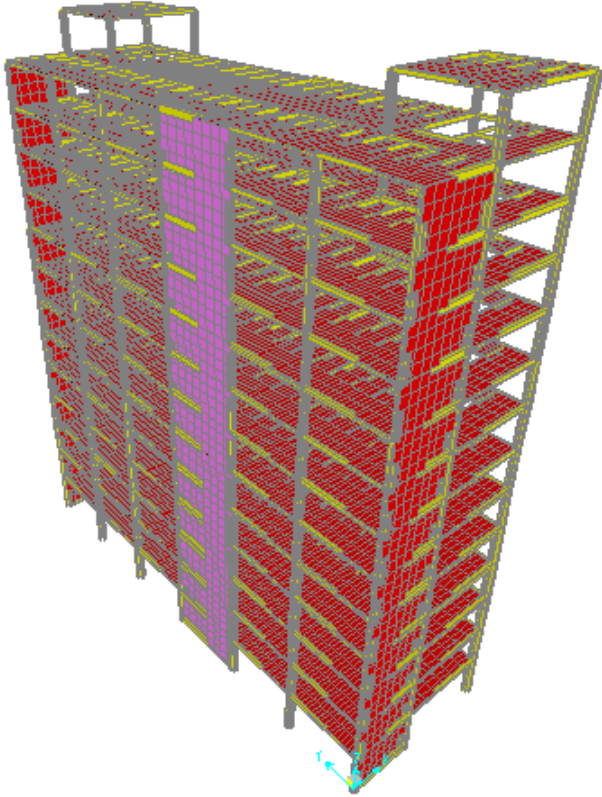
#### **5.2 Pembebanan Struktur Utama**

##### **5.2.1 Data Gedung**

Data gedung yang diperlukan dalam perhitungan antara lain:

Mutu baja	: BJ 41
	$f_y = 250 \text{ MPa}$
	$f_u = 410 \text{ MPa}$
Mutu beton ( $f_c'$ )	: 25 MPa
Tinggi tiap lantai	: 4 m
Tebal pelat atap	: 9 cm
Tebal pelat lantai	: 9 cm
Jenis tanah	: tanah lunak (SE)
Faktor keutamaan gedung (I)	: 1

Pemodelan struktur gedung Hotel Santika Bekasi ini dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut ini.



**Gambar 5.1** Pemodelan Struktur Gedung Yang Direncanakan

## 5.2.2 Beban Mati

### Pelat Atap

- Berat plafon + penggantung  $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$
  - Berat ducting dan plumbing  $= 30 \text{ kg/m}^2$
  - Berat spesi  $t=2 \text{ cm}=2 \times 21 = 42 \text{ kg/m}^2 +$
- $$q_{D\text{total}} = \frac{\quad}{\quad} = 90 \text{ kg/m}^2$$

### **Pelat Lantai**

- Berat plafon + penggantung 11 + 7	= 18	kg/m <sup>2</sup>
- Berat ducting dan plumbing	= 30	kg/m <sup>2</sup>
- Berat keramik t=2 cm=2x24	= 48	kg/m <sup>2</sup>
- Berat spesi t=2 cm=2x21	= 42	kg/m <sup>2</sup>
	<hr/>	
$q_{Dtotal}$	= 138	kg/m <sup>2</sup>

### **Berat Sendiri Profil Baja**

Berat sendiri profil baja sudah dihitung otomatis oleh program bantu SAP2000 dalam perencanaan struktur utama

### **5.2.3 Beban Hidup**

$$\text{Beban Hidup Atap (qL)} = 97,64 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Hidup Hotel (qL)} = 195,28 \text{ kg/m}^2$$

## **5.3 Beban Gempa Dinamis**

Pada perencanaan struktur ini direncanakan jumlah lantai 14 tingkat dengan ketinggian 52,2 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 1726-2012. Analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

### **5.3.1 Arah Pembebanan**

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum X :  
100% efektivitas untuk arah X dan 30% efektivitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :  
100% efektivitas untuk arah Y dan 30% efektivitas arah X

### 5.3.2 Parameter Respon Spektrum

1. Menentukan Kategori Resiko Bangunan Gedung  
Berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 1, bangunan yang dirancang masuk kedalam kategori resiko II.
2. Menentukan Faktor Keutamaan Gempa  
Berdasarkan Kategori gempa yang didapat maka dari SNI 1726:2012 Tabel 2 dapat ditentukan Faktor Keutamaan Gempanya yaitu  $I_e = 1$
3. Menentukan Parameter Percepatan Gempa  
Nilai parameter percepatan gempa didapat dari peta zonasi gempa pada untuk kota Bekasi didapat nilai  $S_s = 0,664g$  dan  $S_1 = 0,287g$ .
4. Menentukan Klasifikasi Situs  
Menurut SNI 1726:2012 pasal 5.3 untuk menentukan klasifikasi situs dapat ditentukan salah satunya dengan menentukan nilai  $N$  berdasarkan data hasil SPT.

**Tabel 5.1** Tabel Perhitungan N Rata-Rata

No	Kedalaman	Tebal (di)	N-SPT (Ni)	di/Ni
	m	m		
1	0			
2	2	2	8	0.25
3	4	2	2	1.00
4	6	2	2	1.00
5	8	2	2	1.00
6	10	2	3	0.67
7	12	2	3	0.67
8	14	2	4	0.50
9	16	2	7	0.29
10	18	2	16	0.13
11	20	2	12	0.17
12	22	2	19	0.11
13	24	2	15	0.13
14	26	2	19	0.11
15	28	2	14	0.14
16	30	2	17	0.12
Total		30		6.27
			N	4.79

Dari perhitungan nilai N rata-rata pada tabel 5.1 diperoleh jenis tanah kategori **tanah lunak**.

#### 5. Menentukan Koefisien Situs

Berdasarkan tabel 4 dan 5 pada SNI 1726:2012 dapat diketahui nilai  $F_a=1,37$  dan  $F_v=2,85$  (dari hasil interpolasi)

#### 6. Menghitung Parameter Percepatan Desain Spektral

Sebelum menentukan parameter percepatan desain spektral perlu dihitung nilai parameter respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) dan pada periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) dengan persamaan pada SNI 1726:2012 Pasal 6.2 persamaan (5) dan

(6). Selanjutnya nilai  $SDS$  dan  $SDI$  dapat dicari pada SNI 1726:2012 Pasal 6.3 persamaan (7) dan (8).

$$S_{MS} = F_a \times S_S = 1,37 \times 0,664 \text{ g} = 0,911 \text{ g}$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 2,85 \times 0,287 \text{ g} = 0,819 \text{ g}$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,911 \text{ g} = 0,607 \text{ g}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,819 \text{ g} = 0,546 \text{ g}$$

#### 7. Menentukan Kategori Desain Seismik

Berdasarkan tabel 6 dan 7 pada SNI 1726:2012 dilihat dari kategori resiko yang didapat pada tinjauan sebelumnya maka diketahui bangunan termasuk kategori desain seismic D untuk kedua parameter  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$ .

#### 8. Menentukan parameter struktur $R$ , $C_d$ , dan $\Omega_0$

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.2.2 tabel.9 didapat nilai parameter struktur bangunan untuk sistem rangka baja dengan dinding geser plat baja adalah :

$$R^a = 7,5$$

$$\Omega_0 = 2,5$$

$$C_d^b = 6$$

#### 9. Analisa model respon spectrum

Untuk grafik respons spektrum rencana, penggambarannya mengikuti ketentuan SNI 1726:2012 Pasal 6.4 berikut :

- Batasan Periode

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,546}{0,607} = 0,180 \text{ detik}$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,546}{0,607} = 0,898 \text{ detik}$$

- Respon spektrum percepatan desain saat  $T < T_0$

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

Misalkan saat  $T = 0$  detik maka  $S_a$  :

$$S_a = 0,607 \left( 0,4 + 0,6 \frac{0}{0,180} \right) = 0,243 \text{ g}$$

- Respon spektrum percepatan desain saat  $T_0 \leq T \leq T_S$

$$S_a = S_{DS} = 0,607 \text{ g}$$

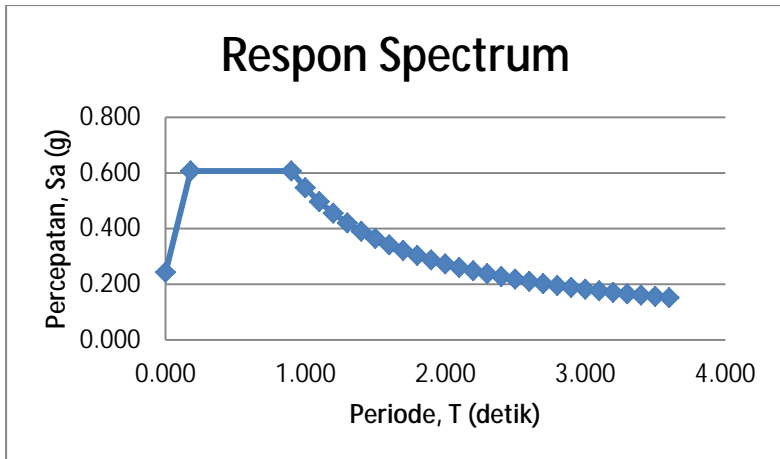
- *Respon Spektrum Percepatan Desain saat  $T \geq T_S$*

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

**Tabel 5.2** Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra ( $S_a$ ) berdasarkan ketentuan SNI 1726:2012 Pasal 6.4

Periode	$S_a$
0.000	0.243
0.180	0.607
0.898	0.607
0.998	0.547
1.098	0.497
1.198	0.455
1.298	0.420
1.398	0.390
1.498	0.364
1.598	0.341
1.698	0.321
1.798	0.303
1.898	0.287
1.998	0.273
2.098	0.260
2.198	0.248
2.298	0.237
2.398	0.228
2.498	0.218
2.598	0.210
2.698	0.202
2.798	0.195
2.898	0.188
2.998	0.182
3.098	0.176
3.198	0.171
3.298	0.165
3.398	0.161
3.498	0.156
3.598	0.152





**Gambar 5.2** Hasil Grafik Spektrum Respon Desain

Nilai spektrum respons tersebut harus dikalikan dengan suatu factor skala (*scale factor*) yang besarnya =  $g \times I_e/R$

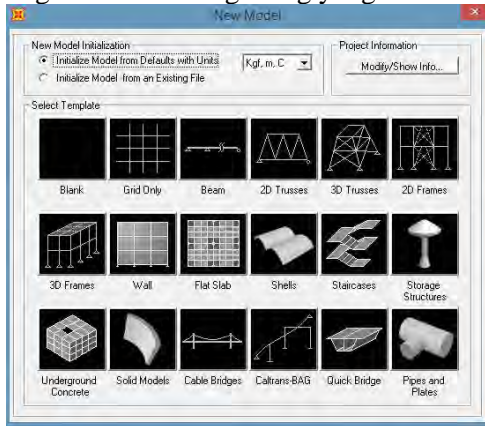
Keterangan :  $g$  = percepatan gravitasi ( $g = 9,81 \text{ m/det}$ )

$Scale\ factor = 9,81 \times 1 / 7,5 = 1,308$ , karena gempa dua arah yaitu arah x,y maka beban gempa didistribusikan 100% kearah x dan 30% kearah y jika ditinjau dari sumbu x dan sebaliknya. Sehingga scale factor arah x = 1,308 dan scale factor arah y =  $0,3 \times 1,308 = 0,3924$

## 5.4 Pemodelan 3D pada Program SAP2000

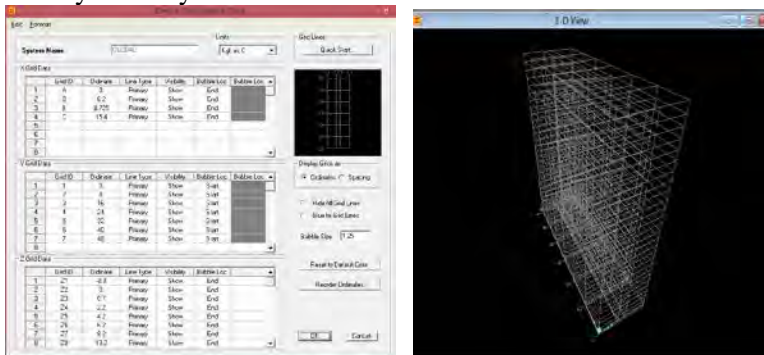
Adapun cara memodelkan struktur bangunan dengan menggunakan *castellated beam* yaitu :

1. Memodelkan struktur dalam bentuk 3D Frame dan lakukan pengeditan grid sesuai data gedung yang akan dianalisa.



Gambar 5.3 Pemilihan Model Rangka

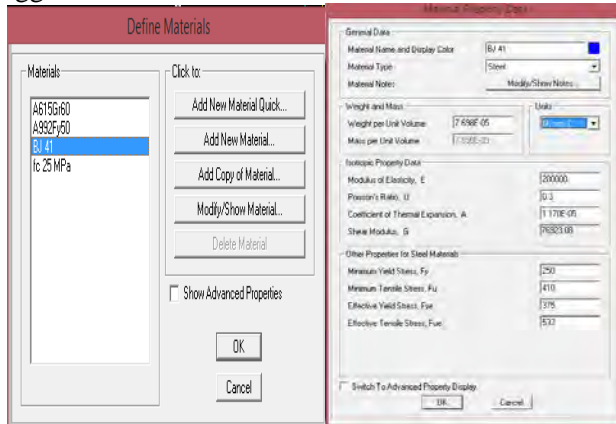
2. Klik kanan pada layar edit grid data kemudian klik modify/show system dan edit sesuai kebutuhan.



Gambar 5.4 Input Edit Grid Data

### 3. Penentuan Jenis Material

- Masukan jenis material beton dan baja sesuai perencanaan yaitu untuk mutu beton pelat lantai  $f'c$  25 dan untuk baja menggunakan BJ41.

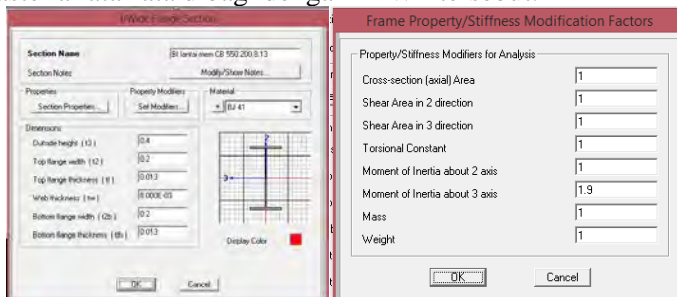


Gambar 5.5 Input Edit Material Data

### 4. Penentuan Dimensi Frame

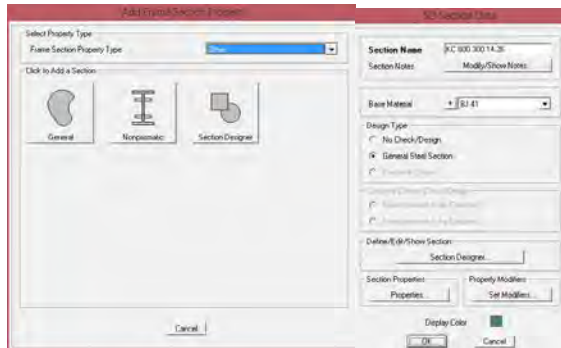
- Untuk Profil *Castellated*

Buatlah profil IWF sebelum dicastellated kemudian naikan inersia profil tersebut dengan menaikan *moment of inertia about 3 axis* pada *section modifiers* dengan perhitungan  $I_x$  Castella rata-rata dibagi dengan  $I_x$  WF tersebut.



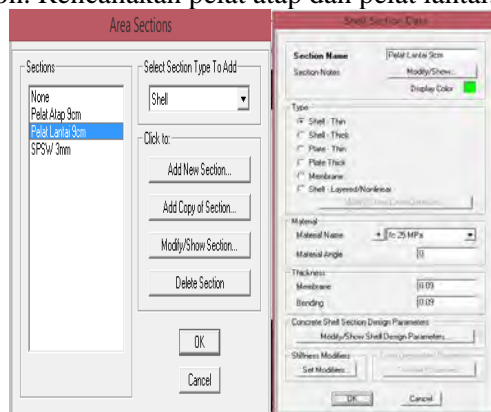
Gambar 5.6 Penentuan Dimensi Frame

- Untuk Profil *King Cross*  
Buatlah profil King Cross dengan menggunakan section designer.



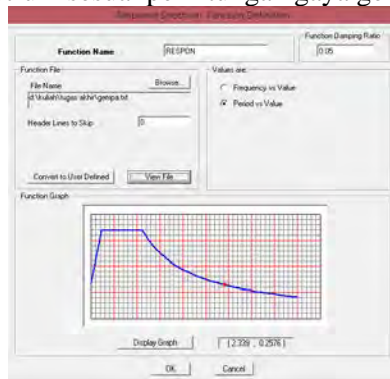
**Gambar 5.7** Penentuan Dimensi *Frame*

5. Penentuan Dimensi Area  
*Define section properties*, kemudian klik area section dan add new section. Rencanakan pelat atap dan pelat lantai.



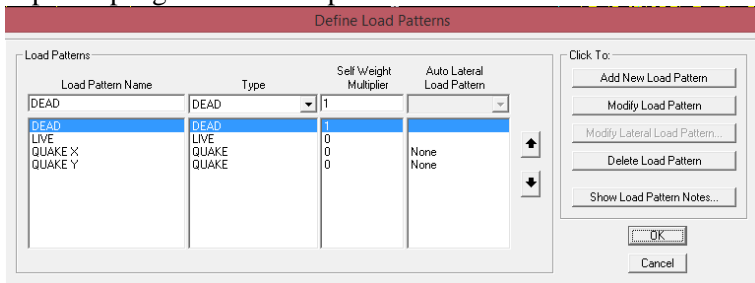
**Gambar 5.8** Input *Area Section* Pelat

6. *Define Response Spectrum Function*, memasukkan nilai Respon Spktrum sesuai perhitungan gaya gempa dinamis



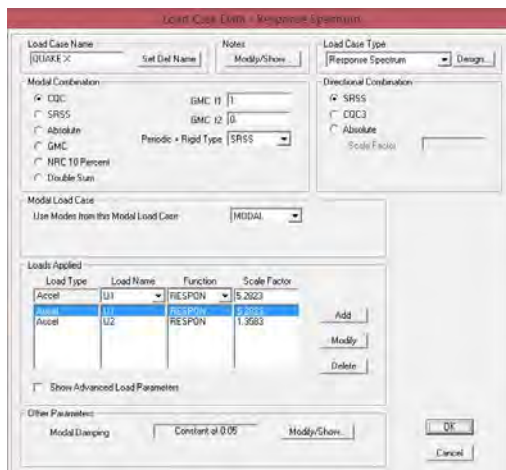
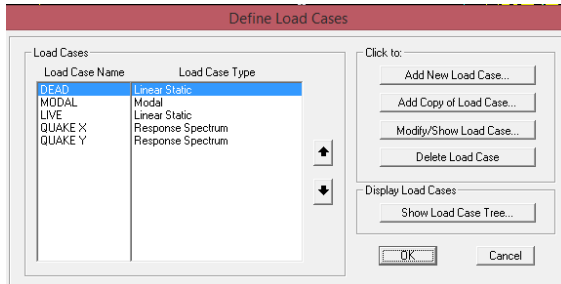
**Gambar 5.9** Input *Response Spectrum Gempa*

7. *Define Load Patterns*, program SAP 2000 akan secara otomatis akan menghitung berat sendiri struktur berdasarkan penampang elemen dan spesifikasi material.



**Gambar 5.10** Input Data *Load Pattern*

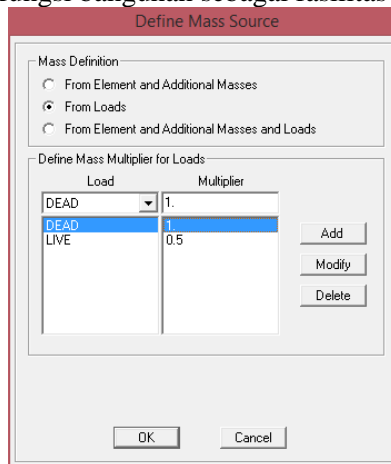
8. *Define Load Cases*, masukkan skala faktor dari beban-beban yang akan digunakan dalam analisa sesuai *load pattern* yang telah dibuat



**Gambar 5.11** *Define Load Case*

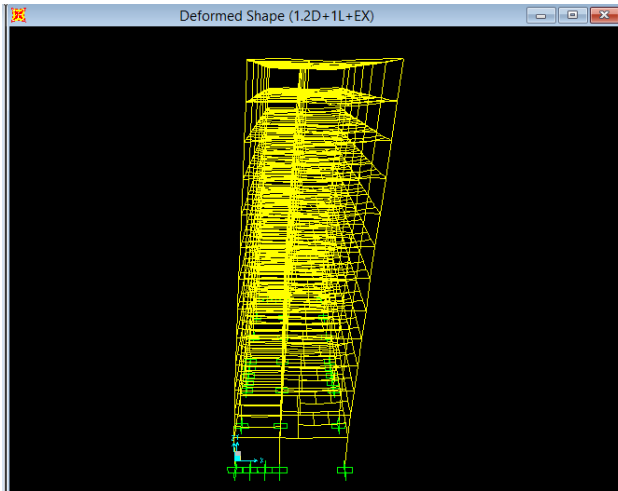
9. *Define Load Combination*, masukan kombinasi beban sesuai pasal 2.3.2 SNI 1727:2013.

10. Tentukan nilai massa, klik *define Mass Source*, masa yang berasal dari beban hidup (LL) digunakan sebagai masa gempa sebesar 50% (fungsi bangunan sebagai fasilitas perkantoran).



**Gambar 5.12** Input Nilai Massa

11. Menggambar elemen frame (balok kolom) dan *area section* untuk pelat atap dan pelat lantai.
12. Memasukan pembebanan struktur dengan memasukkan angka pembebanan yang telah dihitung sebelumnya.
13. *Restraint*, menentukan jenis perletakan pada bagian bawah struktur. Jenis perletakan yang digunakan adalah perletakan jepit.
14. *Running*, semua (DL, LL, Gempa dan Modal) di run secara linier.
15. Untuk melihat hasil gaya dalam, pilih *frame* yang ingin ditinjau kemudian *display* dan *show table* pilih output yang akan ditinjau.



Gambar 5.13 *Deformed Shape* Gedung

## 5.5 Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan-SNI 03-1726-2012 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*)

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.



### 5.5.1 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah.

Dalam hal ini digunakan bantuan program SAP 2000 untuk mengetahui hasil partisipasi massa seperti pada Tabel 5.3.

Dari tabel 5.3 didapat partisipasi massa arah X sebesar 93,2% pada moda ke 13 dan partisipasi massa arah Y sebesar 97,6% pada moda ke 14. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-03-1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

**Tabel 5.3** Rasio Partisipasi Massa

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.245493	0.709	1.106E-08
MODAL	Mode	2	1.033585	0.709	0.719
MODAL	Mode	3	0.918013	0.713	0.719
MODAL	Mode	4	0.913958	0.713	0.719
MODAL	Mode	5	0.879159	0.713	0.72
MODAL	Mode	6	0.853444	0.713	0.729
MODAL	Mode	7	0.789522	0.713	0.729
MODAL	Mode	8	0.542495	0.714	0.729
MODAL	Mode	9	0.471121	0.714	0.729
MODAL	Mode	10	0.375478	0.879	0.729
MODAL	Mode	11	0.322232	0.879	0.88
MODAL	Mode	12	0.228882	0.879	0.898
MODAL	Mode	13	0.205433	0.932	0.898
MODAL	Mode	14	0.131229	0.932	0.976
MODAL	Mode	15	0.111458	0.985	0.977

### 5.5.2 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 03-1726-2012, periode fundamental struktur harus ditentukan dari :

$$T = C_t \cdot h_n^x$$

Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atasnya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai  $S_{D1}$ . Struktur gedung memiliki tinggi 52,2 m. Pada struktur ini digunakan sistem rangka baja dengan dinding geser plat baja sehingga pada tabel 15 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai :

$$C_t = 0,0488$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = 52,2 \text{ m}$$

maka :

$$T = 0,0488 \times 52,2^{0,75} = 0,948 \text{ detik}$$

Nilai  $C_u$  didapat dari tabel 14 SNI 03-1726-2012, untuk nilai  $S_{D1} = 0,602$ , maka :

$$C_u \times T = 1,4 \times 0,948 = 1,327 \text{ detik}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan periode dan frekuensi struktur sesuai tabel 5.4.

**Tabel 5.4** Perioda dan Frekuensi Struktur Gedung

TABLE: Modal Periods And Frequencies			
OutputCase	StepType	StepNum	Period
Text	Text	Unitless	Sec
MODAL	Mode	1	1.245493
MODAL	Mode	2	1.033585
MODAL	Mode	3	0.918013
MODAL	Mode	4	0.913958
MODAL	Mode	5	0.879159
MODAL	Mode	6	0.853444
MODAL	Mode	7	0.789522
MODAL	Mode	8	0.542495
MODAL	Mode	9	0.471121
MODAL	Mode	10	0.375478
MODAL	Mode	11	0.322232
MODAL	Mode	12	0.228882
MODAL	Mode	13	0.205433
MODAL	Mode	14	0.131229
MODAL	Mode	15	0.111458

Dari tabel 5.4 didapat nilai T, berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T masih lebih kecil dari  $C_u \times T$ . Jadi analisis struktur masih memenuhi syarat SNI 1726-2012 Pasal 7.8.2.

### 5.5.3 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s \cdot W \quad (\text{SNI 1726-2012 Pasal 7.8.1})$$

Dimana :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,607}{\left(\frac{7,5}{1}\right)} = 0,081$$

Nilai  $C_s$  tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,546}{1,245\left(\frac{7,5}{1}\right)} = 0,058 < 0,081 \quad (\text{Not OK...!})$$

Maka diambil  $C_s = 0,058$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \\ &= 0,044 \times 0,607 \times 1 \\ &= 0,027 < 0,058 \quad (\text{OK...!}) \end{aligned}$$

Dari analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur gedung adalah :

**Tabel 5.5** Reaksi Dasar Struktur Gedung

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1D+1L	Combination	-1.454E-07	0.000001105	6932181.96

Dari tabel 5.5 didapat berat total struktur gedung adalah 6932181.96 kg. Maka :

$$\begin{aligned} V_{\text{statik}} &= C_s \cdot W \\ &= 0,058 \times 6932181.96 \text{ kg} \\ &= 404955.74 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) untuk gedung dapat dilihat pada tabel :

**Tabel 5.6** Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Gedung

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Text	Kgf	Kgf
QUAKE X	LinRespSpec	Max	127690.57	46332.68
QUAKE Y	LinRespSpec	Max	38352.54	154327.96

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$\begin{aligned} V_{\text{dinamik}} &\geq 85\% \times V_{\text{statik}} \\ 127690.57 \text{ kg} &> 85\% \times 404955.74 \text{ kg} \\ 127690.57 \text{ kg} &> 344212.38 \text{ kg (NOT OK)} \end{aligned}$$

- Untuk gempa arah Y :

$$\begin{aligned} V_{\text{dinamik}} &\geq 85\% \times V_{\text{statik}} \\ 154327.96 \text{ kg} &> 85\% \times 404955.74 \text{ kg} \\ 154327.96 \text{ kg} &> 344212.38 \text{ kg (NOT OK)} \end{aligned}$$

Dari kontrol di atas, analisis masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Pada Pasal 11.1.4 SNI 1726-2012 Pasal 7.9.4.2 dijelaskan apabila gaya geser dasar hasil analisis kurang dari 85%, maka harus diperbesar dengan faktor skala  $0.85 \times \frac{C_s \times W}{V}$ .

Untuk arah X :

$$0.85 \times \frac{C_s \times W}{V} = 0.85 \times \frac{0,058 \times 6932181.96}{127690.57} = 2,7$$

Untuk arah Y :

$$0.85 \times \frac{C_s \times W}{V} = 0.85 \times \frac{0,058 \times 6932181.96}{154327.96} = 2,24$$

Setelah dikali faktor skala di atas didapatkan gaya geser dasar sebagai berikut :

**Tabel 5.7** Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa  
Setelah Dikalikan dengan Faktor Skala

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Text	Kgf	Kgf
QUAKE X	LinRespSpec	Max	344763.49	103820.25
QUAKE Y	LinRespSpec	Max	103513.38	345695.58

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :
  - $V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$
  - $344763.49 \text{ kg} > 85\% \times 404955.74 \text{ kg}$
  - $344763.49 \text{ kg} > 344212.38 \text{ kg}$  (OK)
- Untuk gempa arah Y :
  - $V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$
  - $345695.58 \text{ kg} > 85\% \times 404955.74 \text{ kg}$
  - $345695.58 \text{ kg} > 344212.38$  (OK)

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur masih memenuhi persyaratan SNI 1726-2012 Pasal 7.8.

### 5.5.4 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (*drift*)

Perhitungan simpangan antar lantai ( $\Delta$ ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung defleksi didasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya.

$\Delta$ s dihitung sebagai selisih terbesar dari defleksi titik diatas dan di bawah tingkat yang letaknya segaris secara vertikal. 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 (6)

$I_e$  = faktor keutamaan gedung (1,0)

$\Delta_a$  =  $0,020h_{sx}$

$\rho$  = Faktor redudansi (1,0)

**Tabel 5.8** Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah X

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Lantai (m)	Simpangan (mm)	Simpangan diperbesar (mm)	Simpangan antar lantai (mm)	Simpangan ijin antar lantai (mm)	Ket
i	hi	hsx	$\Theta_e$	$\bar{\Theta}$	$\Delta$	$\Delta_a$	
		hi-h(i-1)		$\bar{\Theta}_e \times Cd$	$\Delta_i - \Delta(i-1)$	$0,02^* \text{hsx}$	
Ground	0	0	0	0	0	0	OK
1	4	4	2.954	17.725	17.725	80	OK
2	8	4	7.728	46.366	28.641	80	OK
3	12	4	13.540	81.239	34.873	80	OK
4	16	4	20.062	120.372	39.133	80	OK
5	20	4	27.084	162.504	42.132	80	OK
6	24	4	34.638	207.827	45.323	80	OK
7	28	4	42.480	254.880	47.053	80	OK
8	32	4	50.357	302.144	47.265	80	OK
9	36	4	58.097	348.580	46.436	80	OK
10	40	4	65.683	394.099	45.519	80	OK
11	44	4	72.873	437.237	43.137	80	OK
12	48	4	79.636	477.816	40.580	80	OK
13	52	4	86.137	516.820	39.003	80	OK

**Tabel 5.9** Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Lantai (m)	Simpangan (mm)	Simpangan diperbesar (mm)	Simpangan antar lantai (mm)	Simpangan ijin antar lantai (mm)	Ket
i	hi	hsx	$\Theta_e$	$\bar{\Theta}$	$\Delta$	$\Delta_a$	
		hi-h(i-1)		$\bar{\Theta}_e \times Cd$	$\Delta_i - \Delta(i-1)$	$0,02^* \text{hsx}$	
Ground	0	0	0	0	0	0	OK
1	4	4	2.256	13.537	13.537	80	OK
2	8	4	6.009	36.054	22.518	80	OK
3	12	4	10.279	61.671	25.617	80	OK
4	16	4	14.916	89.494	27.823	80	OK
5	20	4	19.769	118.614	29.120	80	OK
6	24	4	24.869	149.214	30.600	80	OK
7	28	4	29.954	179.723	30.509	80	OK
8	32	4	34.963	209.775	30.052	80	OK
9	36	4	39.767	238.602	28.826	80	OK
10	40	4	44.680	268.077	29.475	80	OK
11	44	4	49.352	296.110	28.033	80	OK
12	48	4	53.637	321.824	25.714	80	OK
13	52	4	57.620	345.718	23.895	80	OK

Dari hasil kontrol tabel di atas maka analisis struktur memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 1726-2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.



## BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

### 6.1 Kontrol Dimensi Balok Utama

#### 6.1.1 Kontrol Balok Induk Melintang Lantai 2-6

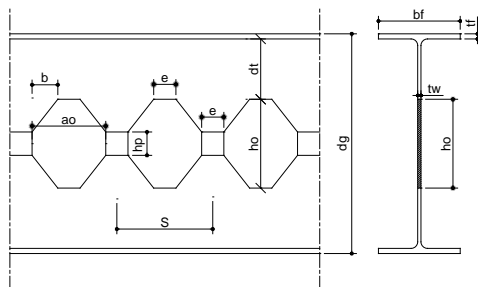
Balok induk atap direncanakan menggunakan profil asal WF 500 x 300 x 11 x 15 yang kemudian dirubah menjadi profil *octogonal castellated beam* 712.5 x 300 x 11 x 15, dengan data-data sebagai berikut:

Data profil asal WF 500 x 300 x 11 x 15

d = 482 mm	ix = 20.4 cm
bf = 300 mm	iy = 6.82 cm
tf = 15 mm	Zx = 2663 cm <sup>3</sup>
tw = 11 mm	Zy = 689 cm <sup>3</sup>
A = 145.5 cm <sup>2</sup>	q = 114 kg/m
Ix = 60400 cm <sup>4</sup>	r = 26 cm
Iy = 6760 cm <sup>4</sup>	h = 400 mm

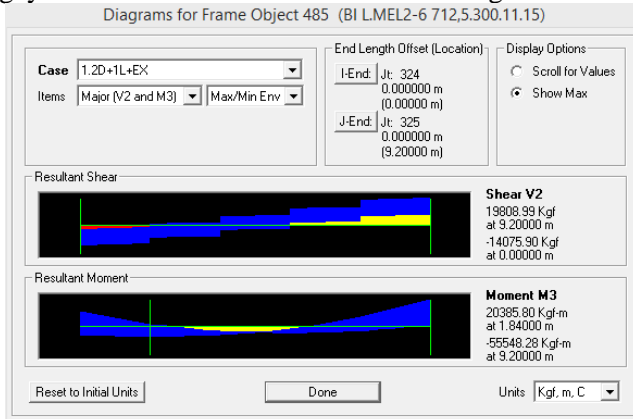
Data profil *octogonal castellated beam* 712.5 x 300 x 11 x 15

dg = 712.5 mm	b = 69.57 mm
h = 120.5 mm	e = 241 mm
dt = 165.75 mm	s = 621.14 mm
db = 165.75 mm	ao = 380.14 mm
hp = 110 mm	∅ = 60°
ho = 351 mm	h = 630.5 mm



**Gambar 6.1** Geometri balok *octogonal castellated*

Pada elemen 485 balok induk atap melintang didapat gaya-gaya dalam dan lendutan maksimum sebagai berikut:



$$\begin{aligned}
 M_u &= 55548.28 \text{ kg.m} & (1,2D+1L+EX) \\
 V_u &= 19808.99 \text{ kg} & (1,2D+1L+EX) \\
 f^s &= 0.27 \text{ cm} & (1D+1L)
 \end{aligned}$$

Syarat lubang  $h_o$  (ASCE 4.5 halaman 3320)

$$\begin{aligned}
 h_o &\leq 0,7 d_g \\
 351 \text{ mm} &\leq 0,7 \times 712,5 \text{ mm} \\
 351 \text{ mm} &\leq 498,75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat  $d_t$  dan  $d_b$  (ASCE 4.6 halaman 3320)

$$\begin{aligned}
 d_t \text{ dan } d_b &\geq 0,15 d_g \\
 165,75 \text{ mm} &\geq 0,15 \times 712,5 \text{ mm} \\
 165,75 \text{ mm} &\geq 106,875 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$I_x$  dan  $Z_x$  castellated beam saat penuh (tanpa lubang) :

$$\begin{aligned}
 I_x &= \left( \frac{1}{12} x b_f x d_g^3 \right) - \left( 2x \frac{1}{12} x \left( \frac{b_f - t_w}{2} \right) x (d_g - 2t_f)^3 \right) \\
 &= \left( \frac{1}{12} x 300 x 712,5^3 \right) - \left( 2x \frac{1}{12} x \left( \frac{300 - 11}{2} \right) x (712,5 - 2x15)^3 \right) \\
 &= 1386227847.66 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \left(\frac{1}{4} x b_f x d_g^2\right) - \left(2x \frac{1}{4} x \left(\frac{b_f - t_w}{2}\right) x (d_g - 2t_f)^2\right) \\
 &= \left(\frac{1}{4} x 300 x 712.5^2\right) - \left(2x \frac{1}{4} x \left(\frac{300 - 11}{2}\right) x (712.5 - 2x 15)^2\right) \\
 &= 4419717.19 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$I_x$  dan  $Z_x$  castellated beam saat berlubang :

$$\begin{aligned}
 I_x &= I_x \text{ tanpa lubang} - \left(\frac{1}{12} x t_w x h_o^3\right) \\
 &= 1386227847.66 - \left(\frac{1}{12} x 11 x 351^3\right) \\
 &= 1346587925.91 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= Z_x \text{ tanpa lubang} - \left(\frac{1}{4} x t_w x h_o^2\right) \\
 &= 4419717.19 - \left(\frac{1}{4} x 11 x 351^2\right) \\
 &= 4080914.44 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$I_x$  castellated beam rata-rata :

$$\begin{aligned}
 I_x \text{ rata-rata} &= \frac{I_x \text{ tanpa lubang} + I_x \text{ saat berlubang}}{2} \\
 &= \frac{1386227847.66 \text{ mm}^4 + 1346587925.91 \text{ mm}^4}{2} \\
 &= 1366407886.78 \text{ mm}^4 = 136640.79 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$I_y$  castellated beam saat penuh dan saat berlubang :

$$\begin{aligned}
 I_y \text{ penuh} &= 2x \left(\frac{1}{12} x t_f x b_f^3\right) + \left(\frac{1}{12} x (d_g - 2t_f) x (t_w)^3\right) \\
 &= 2x \left(\frac{1}{12} x 15 x 300^3\right) + \left(\frac{1}{12} x (712.5 - 2x 15) x (11)^3\right) \\
 &= 67575700.63 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y \text{ lubang} &= I_y \text{ tanpa lubang} - \left(\frac{1}{12} x h_o x t_w^3\right) \\
 &= 67575700.63 - \left(\frac{1}{12} x 351 x 11^3\right) \\
 &= 67536768.88 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$I_y$  castellated beam rata-rata :

$$\begin{aligned} I_y \text{ rata-rata} &= \frac{I_y \text{ tanpa lubang} + I_y \text{ saat berlubang}}{2} \\ &= \frac{67575700.63 \text{ mm}^4 + 67536768.88 \text{ mm}^4}{2} \\ &= 67556234.75 \text{ mm}^4 = 6755.62 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Menghitung jari-jari girasi :

$$\begin{aligned} i_x &= \sqrt{\frac{I_x \text{ rata-rata}}{A}} = \sqrt{\frac{136640.79 \text{ cm}^4}{145.5 \text{ cm}^2}} = 30.64 \text{ cm} \\ i_y &= \sqrt{\frac{I_y \text{ rata-rata}}{A}} = \sqrt{\frac{6755.62 \text{ cm}^4}{145.5 \text{ cm}^2}} = 6.81 \text{ cm} \end{aligned}$$

1. Kontrol Penampang :

Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{630.5}{11} = 57.32$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 15} = 10$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

2. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Penampang Kompak :

$$M_p = Z_x f_y$$

$$= 4419.72 \times 2500$$

$$= 11049292.97 \text{ kg.cm} = 110492.93 \text{ kg.m}$$

## 3. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan lateral ( $L_b$ ) = 120 cm

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1.76 \cdot 6.81 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ &= 339.20 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kondisi Balok plastis termasuk dalam bentang pendek  
 $L_b < L_p$ .

Pada saat profil berlubang :

$$\begin{aligned} \Delta A_s &= h_o \times t_w \\ &= 351 \times 11 \\ &= 3861 \text{ mm}^2 = 38.61 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p - f_y \times \Delta A_s \times \left(\frac{h_o}{4}\right) \\ &= 11049292.97 - 2500 \times 38.61 \times \left(\frac{35.1}{4}\right) \\ &= 10202286.09 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0.9 \times 10202286.09 = 9182057.48 \text{ kg.cm} \\ &= 91820.57 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

## 4. Kontrol Kapasitas Momen

$$\phi M_n = 91820.57 \text{ kg.m} \geq M_u = 55548.28 \text{ kg.m} \dots (\text{Ok})$$

## 5. Kontrol Kuat Geser :

Syarat ASCE 3.2 hal 3326-3327 :

$$\frac{d_g - 2t_f}{t_w} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}}$$

$$\begin{aligned} \frac{712.5 - 2 \times 15}{11} &\leq \frac{1365}{\sqrt{250}} \\ 62.05 &\leq 86.33 \end{aligned}$$

$$\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{712.5-2 \times 15}{11} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}}$$

$$62.05 \leq 69,57$$

Karena  $\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1365}{\sqrt{fy}}$  dan  $\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}}$  maka pelat badan termasuk plastis.

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

- Perbandingan lebar terhadap tinggi lubang

$$\frac{a_0}{h_0} \leq 3,0$$

$$\frac{380.14}{351} \leq 3,0$$

$$1.08 \leq 3,0 \dots \dots (\text{Ok})$$

- Kapasitas geser nominal maksimum pada lubang

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p$$

dimana :

$$V_p = \frac{f_y \times t_w \times d_g}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \times 1.1 \times 71.25}{\sqrt{3}} = 113124.57 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6+\mu}}{v+\sqrt{3}} \times V_{pt} \leq V_{pt}; \mu = 0 \text{ dan } v = \frac{a_0}{d_t} = \frac{380.14}{165.75} = 2.3$$

$$V_{pt} = \frac{f_y \times t_w \times d_t}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \times 1.1 \times 16.575}{\sqrt{3}} = 26316.35 \text{ kg}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6+0}}{2.3+\sqrt{3}} \times 26316.35 = 16013.27 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt} = 2 \times 16013.27 \text{ kg} = 32026.53 \text{ kg}$$

maka :

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p$$

$$32026.53 \text{ kg} \leq \frac{2}{3} \times 113124.57 = 75416.38 \text{ kg} \dots \dots (\text{Ok})$$

Kontrol kuat geser

$$V_u \leq \phi V_m$$

$$19808.99 \text{ kg} \leq 0,9 \times 32026.53 = 28823.88 \text{ kg} \dots \dots (\text{Ok})$$

Parameter lubang

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

$$P_o \leq 5,6$$

$$\left(\frac{a_o}{h_o}\right) + \left(\frac{6h_o}{d_g}\right) \leq 5,6$$

$$\left(\frac{380.14}{351}\right) + \left(\frac{6 \times 351}{712.5}\right) \leq 5,6$$

$$4.04 \leq 5,6 \dots \dots (\text{Ok})$$

Persamaan interaksi geser-lentur (syarat ASCE hal. 3316)

$$\left(\frac{M_u}{\phi M_m}\right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_m}\right)^3 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{55548.28}{0.85 \times 102022.86}\right)^3 + \left(\frac{19808.99}{0.85 \times 32026.53}\right)^3 \leq 1,0$$

$$0,65 \leq 1,0 \dots \dots (\text{Ok})$$

Kontrol jarak antar lubang

$$s \geq h_o$$

$$621.14 \text{ mm} \geq 351 \text{ mm} \dots \dots (\text{Ok})$$

$$s \geq a_o \frac{\left(\frac{V_u}{\phi V_p}\right)}{1 - \frac{V_u}{\phi V_p}}$$

$$621.14 \text{ mm} \geq 380.14 \times \frac{\left(\frac{19808.99}{0.9 \times 113124.57}\right)}{1 - \frac{19808.99}{0.9 \times 113124.57}}$$

$$621.14 \text{ mm} \geq 91.83 \text{ mm} \dots \dots (\text{Ok})$$

6. Kontrol Lendutan :

$$f^\circ = 0.27 \text{ cm} < f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{920}{360} = 2.56 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

Jadi, profil *Octogonal Castellated Beam* 712.5 x 300 x 11 x 15 dapat digunakan sebagai balok induk melintang lantai 2-6.

### 6.1.2 Kontrol Balok Induk Memanjang Lantai 2-6

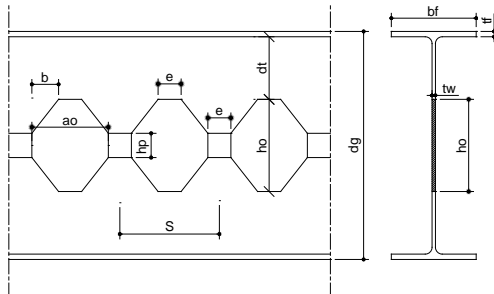
Balok induk atap direncanakan menggunakan profil asal WF 500 x 200 x 10 x 16 yang kemudian dirubah menjadi profil *octogonal castellated beam* 710 x 200 x 10 x 16, dengan data-data sebagai berikut:

Data profil asal WF 500 x 200 x 10 x 16

d	= 500 mm	$i_x$	= 20.5 cm
bf	= 200 mm	$i_y$	= 4.33 cm
tf	= 16 mm	$Z_x$	= 2096 cm <sup>3</sup>
tw	= 10 mm	$Z_y$	= 332 cm <sup>3</sup>
A	= 114.2 cm <sup>2</sup>	q	= 89.7 kg/m
$I_x$	= 47800 cm <sup>4</sup>	r	= 20 cm
$I_y$	= 2140 cm <sup>4</sup>	h	= 428 mm

Data profil *octogonal castellated beam* 710 x 200 x 10 x 16

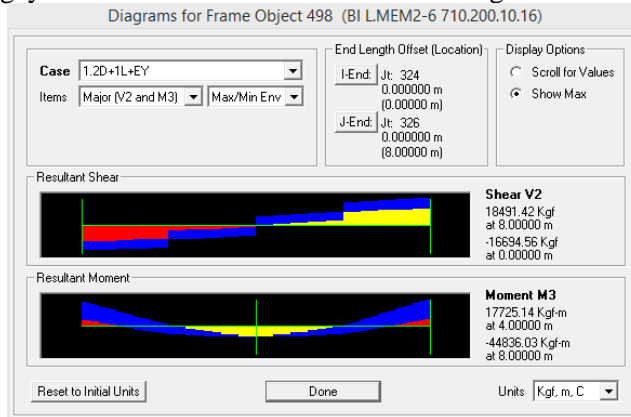
dg	= 710 mm	b	= 72.17 mm
h	= 125 mm	e	= 250 mm
dt	= 171.5 mm	s	= 644.34 mm
db	= 171.5 mm	ao	= 394.34 mm
hp	= 85 mm	$\emptyset$	= 60°
ho	= 335 mm	h	= 638 mm



**Gambar 6.2** Geometri balok *octogonal castellated*



Pada elemen 498 balok induk atap melintang didapat gaya-gaya dalam dan lendutan maksimum sebagai berikut:



$$\begin{aligned}
 M_u &= 44836.03 \text{ kg.m} && (1,2D+1L+EY) \\
 V_u &= 18491.42 \text{ kg} && (1,2D+1L+EY) \\
 f^{\circ} &= 0.35 \text{ cm} && (1D+1L)
 \end{aligned}$$

Syarat lubang ho (ASCE 4.5 halaman 3320)

$$\begin{aligned}
 h_o &\leq 0,7 d_g \\
 335 \text{ mm} &\leq 0,7 \times 710 \text{ mm} \\
 335 \text{ mm} &\leq 346.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat dt dan db (ASCE 4.6 halaman 3320)

$$\begin{aligned}
 d_t \text{ dan } d_b &\geq 0,15 d_g \\
 171.5 \text{ mm} &\geq 0,15 \times 710 \text{ mm} \\
 171.5 \text{ mm} &\geq 74.25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$I_x$  dan  $Z_x$  castellated beam saat penuh (tanpa lubang) :

$$\begin{aligned}
 I_x &= \left( \frac{1}{12} x b_f x d_g^3 \right) - \left( 2x \frac{1}{12} x \left( \frac{b_f - t_w}{2} \right) x (d_g - 2t_f)^3 \right) \\
 &= \left( \frac{1}{12} x 200 x 710^3 \right) - \left( 2x \frac{1}{12} x \left( \frac{200 - 10}{2} \right) x (710 - 2x 16)^3 \right) \\
 &= 1030475593.33 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= \left(\frac{1}{4} x b_f x d_g^2\right) - \left(2x \frac{1}{4} x \left(\frac{b_f - t_w}{2}\right) x (d_g - 2t_f)^2\right) \\
 &= \left(\frac{1}{4} x 200x 710^2\right) - \left(2x \frac{1}{4} x \left(\frac{200-10}{2}\right) x (710 - 2x16)^2\right) \\
 &= 3370010 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$I_x$  dan  $Z_x$  castellated beam saat berlubang :

$$\begin{aligned}
 I_x &= I_x \text{ tanpa lubang} - \left(\frac{1}{12} x t_w x h_o^3\right) \\
 &= 1030475593.33 - \left(\frac{1}{12} x 10x 335^3\right) \\
 &= 999146114.17 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= Z_x \text{ tanpa lubang} - \left(\frac{1}{4} x t_w x h_o^2\right) \\
 &= 3370010 - \left(\frac{1}{4} x 10x 335^2\right) \\
 &= 3089447.5 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$I_x$  castellated beam rata-rata :

$$\begin{aligned}
 I_x \text{ rata-rata} &= \frac{I_x \text{ tanpa lubang} + I_x \text{ saat berlubang}}{2} \\
 &= \frac{1030475593.33 \text{ mm}^4 + 999146114.17 \text{ mm}^4}{2} \\
 &= 1014810853.75 \text{ mm}^4 = 101481.09 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$I_y$  castellated beam saat penuh dan saat berlubang :

$$\begin{aligned}
 I_y \text{ penuh} &= 2x \left(\frac{1}{12} x t_f x b_f^3\right) + \left(\frac{1}{12} x (d_g - 2t_f) x (t_w)^3\right) \\
 &= 2x \left(\frac{1}{12} x 16x 200^3\right) + \left(\frac{1}{12} x (710 - 2x16) x (10)^3\right) \\
 &= 21389833.33 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y \text{ lubang} &= I_y \text{ tanpa lubang} - \left(\frac{1}{12} x h_o x t_w^3\right) \\
 &= 21389833.33 - \left(\frac{1}{12} x 335x 10^3\right) \\
 &= 21361916.67 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$I_y$  castellated beam rata-rata :

$$\begin{aligned} I_y \text{ rata-rata} &= \frac{I_y \text{ tanpa lubang} + I_y \text{ saat berlubang}}{2} \\ &= \frac{21389833.33 \text{ mm}^4 + 21361916.67 \text{ mm}^4}{2} \\ &= 21375875 \text{ mm}^4 = 2137.59 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Menghitung jari-jari girasi :

$$\begin{aligned} i_x &= \sqrt{\frac{I_x \text{ rata-rata}}{A}} = \sqrt{\frac{101481.09 \text{ cm}^4}{114.2 \text{ cm}^2}} = 29.81 \text{ cm} \\ i_y &= \sqrt{\frac{I_y \text{ rata-rata}}{A}} = \sqrt{\frac{2137.59 \text{ cm}^4}{114.2 \text{ cm}^2}} = 4.33 \text{ cm} \end{aligned}$$

1. Kontrol Penampang :

Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{638}{10} = 63.80$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2x10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{200}{2x16} = 6.25$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2x10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

2. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lokal :

Penampang Kompak :

$$M_p = Z_x f_y$$

$$= 3370.01 \times 2500$$

$$= 8425025 \text{ kg.cm} = 84250.25 \text{ kg.m}$$

## 3. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral :

Jarak penahan lateral ( $L_b$ ) = 200 cm

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1.76 \cdot 4,33 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ &= 215.37 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kondisi Balok plastis termasuk dalam bentang pendek

$L_b < L_p$ .

Pada saat profil berlubang :

$$\begin{aligned} \Delta A_s &= h_o \times t_w \\ &= 335 \times 10 \\ &= 3350 \text{ mm}^2 = 33.5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p - f_y \times \Delta A_s \times \left(\frac{h_o}{4}\right) \\ &= 8425025 - 2500 \times 33.5 \times \left(\frac{33.5}{4}\right) \\ &= 7723618.75 \text{ kg. cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 7723618.75 = 6951256.88 \text{ kg. cm} \\ &= 69512.57 \text{ kg. m} \end{aligned}$$

## 4. Kontrol Kapasitas Momen

$$\phi M_n = 69512.57 \text{ kg. m} \geq M_u = 44836.03 \text{ kg. m} \dots (\text{Ok})$$

## 5. Kontrol Kuat Geser :

Syarat ASCE 3.2 hal 3326-3327 :

$$\frac{dg - 2tf}{t_w} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}}$$

$$\begin{aligned} \frac{710 - 2 \times 16}{10} &\leq \frac{1365}{\sqrt{250}} \\ \mathbf{67.80} &\leq \mathbf{86,33} \end{aligned}$$

$$\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{710-2 \times 16}{10} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}}$$

$$67.80 \leq 69,57$$

Karena  $\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1365}{\sqrt{fy}}$  dan  $\frac{dg-2tf}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}}$  maka pelat badan termasuk plastis.

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

- Perbandingan lebar terhadap tinggi lubang

$$\frac{a_0}{h_0} \leq 3,0$$

$$\frac{394.34}{335} \leq 3,0$$

$$1.18 \leq 3,0 \dots \dots (\text{Ok})$$

- Kapasitas geser nominal maksimum pada lubang

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p$$

dimana :

$$V_p = \frac{f_y \times t_w \times d_g}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \times 1 \times 71}{\sqrt{3}} = 102479.67 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6+\mu}}{v+\sqrt{3}} \times V_{pt} \leq V_{pt}; \mu = 0 \text{ dan } v = \frac{a_0}{d_t} = \frac{394.34}{171.5} = 2.3$$

$$V_{pt} = \frac{f_y \times t_w \times d_t}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \times 1 \times 17.15}{\sqrt{3}} = 24753.89 \text{ kg}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6+0}}{2.3+\sqrt{3}} \times 24753.89 = 15040.55 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt} = 2 \times 15040.55 \text{ kg} = 30081.10 \text{ kg}$$

maka :

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p$$

$$30081.10 \text{ kg} \leq \frac{2}{3} \times 102479.67 = 68319.78 \text{ kg} \dots \dots (\text{Ok})$$

Kontrol kuat geser

$$V_u \leq \phi V_m$$

$$18491.42 \text{ kg} \leq 0,9 \times 30081.10 = 27072.99 \text{ kg} \dots \dots (\text{Ok})$$

Parameter lubang

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

$$P_o \leq 5,6$$

$$\left(\frac{a_o}{h_o}\right) + \left(\frac{6h_o}{d_g}\right) \leq 5,6$$

$$\left(\frac{394.34}{335}\right) + \left(\frac{6 \times 335}{710}\right) \leq 5,6$$

$$4.01 \leq 5,6 \dots \dots (\text{Ok})$$

Persamaan interaksi geser-lentur (syarat ASCE hal. 3316)

$$\left(\frac{M_u}{\phi M_m}\right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_m}\right)^3 \leq 1,0$$

$$\left(\frac{44836.03}{0.85 \times 77236.19}\right)^3 + \left(\frac{18491.42}{0.85 \times 30081.10}\right)^3 \leq 1,0$$

$$0,70 \leq 1,0 \dots \dots (\text{Ok})$$

Kontrol jarak antar lubang

$$s \geq h_o$$

$$644.34 \text{ mm} \geq 335 \text{ mm} \dots \dots (\text{Ok})$$

$$s \geq a_o \frac{\left(\frac{V_u}{\phi V_p}\right)}{1 - \frac{V_u}{\phi V_p}}$$

$$644.34 \text{ mm} \geq 394.34 \times \frac{\left(\frac{18491.42}{0,9 \times 102479.67}\right)}{1 - \frac{18491.42}{0,9 \times 102479.67}}$$

$$644.34 \text{ mm} \geq 98.89 \text{ mm} \dots \dots (\text{Ok})$$

6. Kontrol Lendutan :

$$f^\circ = 0.35 \text{ cm} < f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{800}{360} = 2.22 \text{ cm} (\text{OK})$$

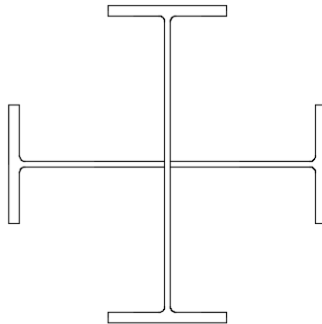
Jadi, profil *Octogonal Castellated Beam* 710 x 200 x 10 x 16 dapat digunakan sebagai balok induk memanjang lantai 2-6.

## 6.2 Kontrol Dimensi Kolom Lantai 1-6

Kolom menggunakan profil *King Cross* 800x300x14x26 dengan mutu baja BJ 41, dimana nilai  $f_y = 250$  MPa dan  $f_u = 410$  MPa. Tinggi per lantai = 4 m.

Data profil :

W	= 419,8 kg/m	$i_x$	= 23,83 cm
d	= 800 mm	$i_y$	= 24,27 cm
bf	= 300 mm	$I_x$	= 303700 cm <sup>4</sup>
tw	= 14 mm	$I_y$	= 315027 cm <sup>4</sup>
tf	= 26 mm	$S_x$	= 7592,5 cm <sup>3</sup>
h	= 339 mm	$S_y$	= 7740,2 cm <sup>3</sup>
A	= 534,8 cm <sup>2</sup>	$Z_x$	= 7995.46 cm <sup>3</sup>
r	= 28 mm	$Z_y$	= 4172.15 cm <sup>3</sup>



**Gambar 6.3** Penampang Kolom *King Cross* 800x300x14x26

Dari hasil analisa SAP2000 v.14.2.2 pada kolom frame 146 didapatkan nilai gaya dalam maksimum sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_u &= 724939.9 \text{ kg} \\
 M_{ux} &= 3270199.03 \text{ kg.cm} \\
 M_{uy} &= 2667777 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

### 6.2.1 Kuat Nominal Tekan Kolom

$$P_n = F_{Cr} \cdot A_g$$

$$K = 1$$

$$L = 400 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} F_e &= \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \\ &= \frac{\pi^2 2000000 \text{ kg/cm}^2}{\left(\frac{1 \cdot 400 \text{ cm}}{24.27 \text{ cm}}\right)^2} \\ &= 72669.02 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{F_y}{F_e} = \frac{2500 \text{ kg/cm}^2}{72669.02 \text{ kg/cm}^2} = 0.034 \leq 2.25, \text{ digunakan rumus :}$$

$$F_{Cr} = \left[ 0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] F_y = [0.658^{0.034}] \times 2400 = 2464.26 \text{ kg/cm}^2$$

Maka :

$$\begin{aligned} P_n &= F_{Cr} \cdot A_g \\ &= 2464.26 \text{ kg/cm}^2 \cdot 534,8 \text{ cm}^2 \\ &= 1317886.21 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 6.2.2 Momen Nominal Kolom

- Kontrol Penampang Kolom terhadap Tekuk Lokal

Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{(800 - 2(26 + 28) - 14) / 2}{14} = 24.21$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 26} = 5.77$$

$$\lambda_{pf} = 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,56 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 15.84$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$



Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= F_y \cdot Z_x \\ &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 7995,46 \text{ cm}^3 \\ &= 19988660 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ 0,9 \cdot 19988660 \text{ kg.cm} &\geq 3270199.03 \text{ kg.cm} \\ 17989794 \text{ kg.cm} &\geq 3270199.03 \text{ kg.cm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

- Kontrol Penampang Kolom terhadap Tekuk Lateral

Jarak penahan lateral :

$$\begin{aligned} L_b &= \text{tinggi kolom} - \text{tinggi balok} \\ &= 400 \text{ cm} - 71 \text{ cm} \\ &= 329 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1.76 \cdot 24,27 \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} \\ &= 1208.17 \text{ cm} \end{aligned}$$

Karena  $L_b \leq L_p$ , penampang termasuk dalam bentang pendek, sehingga  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= F_y \cdot Z_x \\ &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \cdot 7995,46 \text{ cm}^3 \\ &= 19988660 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

### 6.2.3 Cek Kemampuan Penampang

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ 0,9 \cdot 19988660 \text{ kg.cm} &\geq 3270199.03 \text{ kg.cm} \\ 17989794 \text{ kg.cm} &\geq 3270199.03 \text{ kg.cm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

### 6.2.4 Kekuatan Lentur Orde Kedua

$$M_{rx} = B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 \cdot P_{lt}$$

Dimana :

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_r / P_{e1}} \geq 1$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 (M_1 / M_2)$$

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

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e story}}} \geq 1$$

$$P_{e story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H}$$

$$R_M = 1 - 0,15 (P_{mf} / P_{story})$$

- Arah Sumbu X

$$\alpha_{DFBK} = 1$$

$$\alpha_{DKI} = 1,6$$

$$K1 = 1$$

- Kontrol Momen terhadap Beban Gravitasi

Dari SAP2000 diperoleh output sebagai berikut :

$$M_1 = 63208.4 \text{ kg.cm}$$

$$M_2 = 581838.25 \text{ kg.cm}$$

$$M_{nt} = 581838.25 \text{ kg.cm}$$

$$M_{lt} = 3215740.6 \text{ kg.cm}$$

$$C_m = 0.56$$

$$P_{e1} = 37467485.71 \text{ kg}$$

$$P_r = 724939.9 \text{ kg}$$

$$B_1 = 0.57 < 1.0 \text{ maka digunakan } 1.0$$

- Kontrol Momen terhadap Beban Lateral

Dari SAP2000 diperoleh output sebagai berikut :

$$P_{story} = 4042377.9 \text{ kg}$$

$$P_{mf} = 0$$

$$R_M = 1$$

$$\Delta_H = 2.81 \text{ mm}$$

$$H = 616.91 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 L &= 4000 \text{ mm} \\
 P_{e \text{ story}} &= 878156.72 \text{ kg} \\
 B_2 &= 0.28 \geq 1, \text{ maka digunakan } 1
 \end{aligned}$$

- Momen terfaktor pada sumbu X

$$\begin{aligned}
 M_{rx} &= B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt} \\
 &= 1 \cdot 581838.25 \text{ kg.cm} + 1 \cdot 3215740.6 \text{ kg.cm} \\
 &= 3797578.85 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

- Arah Sumbu Y

$$\begin{aligned}
 \alpha_{DFBK} &= 1 \\
 \alpha_{DKI} &= 1,6 \\
 KI &= 1
 \end{aligned}$$

- Kontrol Momen terhadap Beban Gravitasi

Dari SAP2000 diperoleh output sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_1 &= 6235.95 \text{ kg.cm} \\
 M_2 &= 32866.83 \text{ kg.cm} \\
 M_{nt} &= 32866.83 \text{ kg.cm} \\
 M_{lt} &= 2638699.08 \text{ kg.cm} \\
 C_m &= 0.52 \\
 P_{e1} &= 38864898.32 \text{ kg} \\
 P_r &= 724939.9 \text{ kg} \\
 B_1 &= 0.53 < 1.0 \text{ maka digunakan } 1.0
 \end{aligned}$$

- Kontrol Momen terhadap Beban Lateral

Dari SAP2000 diperoleh output sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{story}} &= 1549094.6 \text{ kg} \\
 P_{mf} &= 0 \\
 R_M &= 1 \\
 \Delta_H &= 2.3 \text{ mm} \\
 H &= 1850.72 \text{ kg} \\
 L &= 4000 \text{ mm} \\
 P_{e \text{ story}} &= 3218635.29 \text{ kg} \\
 B_2 &= 1.18 \geq 1, \text{ maka digunakan } 1.18
 \end{aligned}$$

- Momen terfaktor pada sumbu Y

$$\begin{aligned} M_{ry} &= B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt} \\ &= 1 \cdot 32866.83 \text{ kg.cm} + 1,18 \cdot 2638699.08 \text{ kg.cm} \\ &= 3146531.74 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

### 6.2.5 Kekuatan Aksial Orde Kedua

$$\begin{aligned} P_{nt} &= 724939.9 \text{ kg} \\ P_{lt} &= 29569.77 \text{ kg} \\ P_r &= P_{nt} + B_2 \cdot P_{lt} \\ &= 724939.9 \text{ kg} + 1,18 \cdot 29569.77 \text{ kg} \\ &= 759832.23 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 6.2.6 Kontrol Interaksi Aksial Momen

$$\begin{aligned} P_r &= 759832.23 \text{ kg} \\ P_c &= 0.9 \cdot P_n = 0,9 \cdot 1317886.21 \text{ kg} = 1186097.59 \text{ kg} \\ \frac{P_r}{P_c} &= \frac{759832.23 \text{ kg}}{1186097.59 \text{ kg}} \\ &= 0.64 > 0.2, \text{ maka digunakan rumus interaksi :} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) &\leq 1.0 \\ \frac{759832.23}{1186097.59} + \frac{8}{9} \left( \frac{3797578.85}{17989794} + \frac{3146531.74}{17989794} \right) &\leq 1.0 \\ 0.98 &\leq 1.0 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Jadi, profil *King Cross* 800 x 300 x 14 x 26 dapat digunakan sebagai profil kolom.

### 6.3 Perhitungan Dinding Geser Plat Baja (SPSW)

#### 6.3.1 Desain Dinding Geser Plat Baja

Dari hasil analisa SAP2000 didapatkan gaya geser pada dinding geser plat baja yaitu :

$$V_u = 74033.24 \text{ kg}$$

$$\text{BJ 37} : f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 \text{ dan } f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Dimensi} : L \times h = 4 \text{ m} \times 2 \text{ m}$$

#### a. Tebal Dinding Geser Plat Baja

Asumsi sudut tarik SPSW  $30^\circ$  dari *VBE*.

$$\emptyset V_n = 0.90 \times 0.42 \times f_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)$$

$$74033.24 = 0.90 \times 0.42 \times 2400 \times t_w \times 400 \times \sin(2 \times 30^\circ)$$

$$t_w = 0.23 \text{ cm, maka digunakan } t_{w \text{ min}} = 0.5 \text{ cm}$$

#### b. Sudut Tarik Aktual Sesuai Ketebalan SPSW

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{tL}{2A_c}}{1 + t.h \left[ \frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 I_c L} \right]}}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{0.5 \times 400}{2 \times 534.8}}{1 + 0.5 \times 200 \left[ \frac{1}{222.4} + \frac{200^3}{360 \times 303700 \times 400} \right]}}$$

$$\alpha = 43.48^\circ \text{ memenuhi syarat } 30^\circ < \alpha < 55^\circ$$

#### c. Kekuatan Geser Aktual SPSW

$$\emptyset V_n = 0.90 \times 0.42 \times f_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)$$

$$\emptyset V_n = 0.90 \times 0.42 \times 2400 \times 0.5 \times 400 \times \sin(2 \times 43.48^\circ)$$

$$\emptyset V_n = 181184.41 \text{ kg} > 74033.24 \text{ kg} \text{ (OK)}$$

### 6.3.2 Kontrol Desain Balok (*HBE*)

Balok yang digunakan untuk dinding geser plat baja direncanakan menggunakan profil WF 600 × 300 × 14 × 23.

Data Profil :

W	= 175 kg/m	ix	= 24.9 cm
d	= 594 mm	iy	= 6.9 cm
bf	= 302 mm	Ix	= 137000 cm <sup>4</sup>
tw	= 14 mm	Iy	= 10600 cm <sup>4</sup>
tf	= 23 mm	Zx	= 7995.46 cm <sup>3</sup>
h	= 492 mm	Zy	= 4172.15 cm <sup>3</sup>
r	= 28 mm	A	= 222.4 cm <sup>2</sup>

Balok perlu dikontrol akibat adanya distribusi gaya dari *SPSW*.

a. Momen Pada Balok (*HBE*) Akibat *SPSW*

$$M_u = \frac{q_u L_h^2}{8}$$

Menentukan nilai  $q_u$  :

$$q_u = R_y f_y (t_{w1} \cos^2 \alpha_1 - t_{w2} \cos^2 \alpha_2)$$

$$q_u = 1.5 \times 2400 (1.4 \times \cos^2 43.48^\circ - 1.4 \times \cos^2 43.48^\circ)$$

$$q_u = 0 \text{ kg/cm}$$

- Panjang beban terbagi merata  $q_u$  :

$$\begin{aligned} L_h &= L - 2 \left[ \frac{1}{2} (d_c + d_b) \right] \\ &= 400 - 2 \left[ \frac{1}{2} (80 + 59.4) \right] \\ &= 260.6 \text{ cm} = 2.6 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi, momen pada balok (*HBE*) akibat *SPSW* :

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{0 \times 2.6^2}{8} \\ &= 0 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen tersebut adalah momen akibat dari *SPSW* sehingga perlu ditambah dengan momen akibat beban gravitasi :

$$\begin{aligned} M_u &= 0 + 7706.05 \text{ kg.m} \\ &= 7706.05 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

b. Gaya Aksial Pada Balok (*HBE*)

$$P_{HBE} = P_{HBE(VBE)} \pm \frac{1}{2} P_{HBE(web)}$$

$$P_{HBE(VBE)} = \Sigma \frac{1}{2} R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w h_c$$

Dimana:

$$h_c = h - h_b = 200 - 59.4 = 140.6 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} P_{HBE(VBE)} &= \frac{1}{2} \times 1.5 \times 2400 \times (2 \times \sin^2(43.48^\circ) \times 0.5 \times 140.6) \\ &= 119825.83 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$P_{HBE(web)} = \frac{1}{2} R_y f_y [t_1 \sin(2\alpha_1) - t_{1+1} \sin(2\alpha_{1+1})] L_{cf}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} L_{cf} &= L - d_{kolom} = 400 - 80 = 320 \text{ cm} \\ [0.5 \sin(2 \times 43.48^\circ) - 0.5 \sin(2 \times 43.48^\circ)] &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{HBE(web)} &= \frac{1}{2} \times 1.5 \times 2400 \times 0 \times 320 \\ &= 0 \text{ kg} \end{aligned}$$

Nilai  $P_{HBE}$  pada balok akibat distribusi gaya dari *SPSW* adalah :

$$\begin{aligned} P_{HBE} &= 119825.83 \text{ kg} \pm \frac{1}{2} \times 0 \\ &= 119825.83 \text{ kg (tekan)} \end{aligned}$$

Nilai  $P_{HBE}$  pada balok merupakan aksial tekan, sehingga perlu diperhitungkan dengan analisis orde kedua pendekatan.

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_r / P_{e1}} \geq 1$$

Dimana :

$$C_m = 1$$

$$KL = 1 \times 400 = 400 \text{ cm}$$

$$P_{el} = \frac{\pi^2 EI}{(K_1 L)^2}$$

$$P_{el} = \frac{\pi^2 \times 2000000 \times 137000}{(400)^2}$$

$$P_{el} = 16901697.54 \text{ kg}$$

Jadi :

$$B_1 = \frac{1}{1 - \frac{1 \times 124818.57}{16901697.54}} \geq 1$$

$$B_1 = 1.01 \geq 1$$

Karena nilai  $B_1 = 1.01$ , maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan berikut :

$$P_r = P_u = 124818.57 \text{ kg}$$

$$M_r = B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt}$$

$$M_r = 1.01 \times 7706.05 \text{ kg.m}$$

$$M_r = 7761.07 \text{ kg.m}$$

c. Gaya Geser Pada Balok (*HBE*) akibat *SPSW*

Rumus gaya geser yang digunakan :

$$V_u = \frac{2 M_{pr}}{L_h} + V_{ug}$$

Momen lentur balok,  $M_{pr}$ , dihitung dengan berdasarkan  $V_u$  balok yang telah diperlemah (strength reduced) dengan asumsi  $2/3$  dari modulus penampang plastis balok.

$$M_{pr} = 1.1 R_y f_y Z_{RBS}$$

$$M_{pr} = 1.1 \times 1.5 \times 2400 \text{ kg/cm}^2 \times \left(\frac{2}{3}\right) \times 5017 \text{ cm}^3$$

$$M_{pr} = 13244880 \text{ kg.cm}$$

$$M_{pr} = 132448.8 \text{ kg.m}$$



Gaya aksial *HBE* pada sambungan mungkin digunakan untuk menghitung kekuatan lentur yang telah diperlemah pada sendi plastis.

$$P_y = f_y A_g$$

$$P_y = 2400 \text{ kg/cm}^2 \times 222.4 \text{ cm}^2$$

$$P_y = 533760 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{P_y} = \frac{119825.83}{533760} = 0.22 < 0.2$$

maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$M_{pr}^* = \frac{9}{8} (M_{pr}) \left[ 1 - \frac{P_u(HBE)}{P_y} \right]$$

$$M_{pr}^* = \frac{9}{8} (132448.8) \left[ 1 - \frac{119825.83}{533760} \right]$$

$$M_{pr}^* = 115554.22 \text{ kg.m}$$

$V_{ug}$  adalah gaya geser akibat beban gravitasi yang didapat dari hasil output SAP2000.

$$V_{ug} = 3316.79 \text{ kg}$$

Jadi,

$$V_u = \frac{2 \times 115554.22}{4} + 3316.79$$

$$= 61093.90 \text{ kg}$$

#### d. Kontrol Penampang Profil Terhadap Gaya Lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{492}{14} = 35.14$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 108.54$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{302}{2 \times 23} = 6.57$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 10.97$$

$$\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= F_y \cdot Z_x \\ &= 2400 \text{ kg/cm}^2 \times 5017 \text{ cm}^3 \\ &= 12040800 \text{ kg.cm} \\ &= 120408 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Penampang

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

$$0,9 \cdot 120408 \text{ kg.m} \geq 7761.07 \text{ kg.m}$$

$$108367.20 \text{ kg.m} \geq 7761.07 \text{ kg.m} \quad (\text{OK})$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$L_b$  adalah panjang tak terkekang (jarak antar balok anak)

$$L_b = 200 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1.76 \cdot 6.9 \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2400}} \\ &= 350.57 \text{ cm} \end{aligned}$$

Karena  $L_b \leq L_p$ , penampang termasuk dalam bentang pendek, sehingga  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= F_y \cdot Z_x \\ &= 2400 \text{ kg/cm}^2 \times 5017 \text{ cm}^3 \\ &= 12040800 \text{ kg.cm} \\ &= 120408 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Cek Kemampuan Penampang

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

$$0,9 \cdot 120408 \text{ kg.m} \geq 7761.07 \text{ kg.m}$$

$$108367.20 \text{ kg.m} \geq 7761.07 \text{ kg.m} \quad (\text{OK})$$

e. Kontrol Penampang profil Terhadap Gaya Geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{492}{14} = 35.14 \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2400}} = 71$$

Maka  $C_v = 1.0$ , sehingga :

$$\phi V_n = \phi 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2400 \cdot (59.4 \cdot 1.4) \cdot 1$$

$$\phi V_n = 107775.36 \text{ kg} > V_u = 61093.90 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

f. Kekuatan Tekan Balok (*HBE*)

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

$$K = 1$$

$$L = 400 \text{ cm}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

$$= \frac{\pi^2 2000000 \text{ kg/cm}^2}{\left(\frac{1 \cdot 400 \text{ cm}}{6.9 \text{ cm}}\right)^2}$$

$$= 5873.65 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{F_y}{F_e} = \frac{2400 \text{ kg/cm}^2}{5873.65 \text{ kg/cm}^2} = 0.03 \leq 2.25, \text{ digunakan rumus :}$$

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e}\right] F_y = [0.658^{0.03}] \times 2400 = 2366.088 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi :

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

$$= 2366.088 \text{ kg/cm}^2 \cdot 222.4 \text{ cm}^2$$

$$= 526218.01 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.85 \times 526218.01$$

$$= 447285.31 \text{ kg} > 119825.83 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

g. Interaksi Aksial dan Lentur Balok (*HBE*)

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{119825.83}{447285.31} = 0.25 > 0.2$$

Maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_r}{M_c} \right) &\leq 1 \\ \frac{119825.83}{447285.31} + \frac{8}{9} \left( \frac{7761.07}{108367.20} \right) &\leq 1 \\ 0.3 &\leq 1 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

h. Kontrol Momen Inersia Balok (*HBE*) terhadap *SPSW*

$$\begin{aligned} I_{HBE} &\geq 0.003 \frac{(\Delta t_w)L^4}{h} \\ &= 0.003 \frac{(0) \times 400^4}{200} \\ I_{HBE} = 137000 &\geq 0 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

i. Kontrol Ketebalan Plat Badan Balok (*HBE*)

$$\begin{aligned} t_{wHBE} &\geq \frac{t_w R_y f_y}{f_{yHBE}} \\ &\geq \frac{0.5 \times 1.5 \times 2400}{2400} \\ &\geq 0.75 \text{ cm} \\ t_w = 1.4 \text{ cm} &\geq 0.75 \text{ cm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Balok WF 600 x 300 x 14 x 23 dapat digunakan sebagai balok (*HBE*) komponen *SPSW*.

### 6.3.3 Kontrol Desain Kolom (VBE)

Kolom yang digunakan pada dinding geser plat baja direncanakan menggunakan profil *King Cross* 800×300×14×26 dengan panjang kolom 400 cm.

Data Profil :

W	= 419.8 kg/m	ix	= 23.83 cm
d	= 800 mm	iy	= 24.27 cm
bf	= 300 mm	Ix	= 303700 cm <sup>4</sup>
tw	= 14 mm	Iy	= 315027 cm <sup>4</sup>
tf	= 26 mm	Zx	= 7995.46 cm <sup>3</sup>
h	= 339 mm	Zy	= 4172.15 cm <sup>3</sup>
r	= 28 mm	A	= 534.8 cm <sup>2</sup>

#### a. Gaya Aksial Pada Kolom (VBE)

$$P_u = 386474.18 \text{ kg (akibat beban gravitasi)}$$

$$\begin{aligned} E_m &= \Sigma \frac{1}{2} R_y f_y \sin(2\alpha) t_w h + \Sigma V_u \\ &= \left( \frac{1}{2} \times 1.5 \times 2400 \times \sin(2 \times 43.48^\circ) \times 0.5 \times 400 \right) \\ &\quad + (2 \times 63501.28) \\ &= 481680.68 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{u \text{ total}} &= 386474.18 \text{ kg} + 481680.68 \text{ kg} \\ &= 868154.86 \text{ kg} \end{aligned}$$

Nilai  $P_{HBE}$  pada balok merupakan aksial tekan, sehingga perlu diperhitungkan dengan analisis orde kedua pendekatan.

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_r / P_{e1}} \geq 1$$

Dimana :

$$C_m = 1$$

$$KL = 1 \times 400 = 400 \text{ cm}$$

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

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 \times 2000000 \times 303700}{(400)^2}$$

$$P_{e1} = 37467485.71 \text{ kg}$$

Jadi :

$$B_l = \frac{1}{1 - \frac{1 \times 887948.49}{37467485.71}} \geq 1$$

$$B_l = 1.02 \geq 1$$

Karena nilai  $B_l = 1.02$ , maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan momen.

$$P_r = P_u = 868154.86 \text{ kg}$$

b. Momen Pada Kolom (*VBE*) Akibat *SPSW*

- Momen lentur akibat dari tarikan dinding geser (*SPSW*) pada sambungan

$$\begin{aligned} M_{VBE(web)} &= R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w \frac{h_c^2}{12} \\ &= 1.5 \times 2400 \times \sin^2(43.48^\circ) \times 0.5 \times \frac{400^2}{12} \\ &= 11363283.7 \text{ kg.cm} \\ &= 113632.84 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Momen lentur pada kondisi kolom (*VBE*) mengalami tekan

$$M_{VBE(HBE)} = \frac{1}{2} \Sigma M_{pb}$$

$$\begin{aligned} M_{pb} &= \frac{M_{pr}}{1.1R_y} + V_{ush} \\ &= \frac{13244880}{1.1 \times 1.5} + 61093.90 \times \left[ \frac{80}{2} + \frac{59.4}{2} \right] \\ &= 12285444.81 \text{ kg.cm} \\ &= 122854.45 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$P_u = \frac{1}{2} P_{HBE(web)} = 0$$

$$\frac{P_u}{P_y} = \frac{0}{2500 \times 534.8} = 0 < 0.2$$

maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$M_{pr}^* = \frac{9}{8} (M_{pr}) \left[ 1 - \frac{P_u(HBE)}{P_y} \right]$$

$$M_{pr}^* = \frac{9}{8} (13244880) \left[ 1 - \frac{119825.83}{533760} \right]$$

$$M_{pr}^* = 11555421.9 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned} M_{pb} &= \frac{M_{pr}}{1.1R_y} + V_{ush} \\ &= \frac{11555421.9}{1.1 \times 1.5} + 61093.90 \times \left[ \frac{80}{2} + \frac{59.4}{2} \right] \\ &= 11261530.83 \text{ kg.cm} \\ &= 112615.31 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \Sigma M_{pb} \\ &= \frac{1}{2} \times (122854.45 + 112615.31) \\ &= 117734.88 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= M_{VBE(web)} + M_{VBE(HBE)} \\ &= 113632.84 \text{ kg} + 117734.88 \text{ kg.m} \\ &= 231367.72 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Nilai  $B_1 = 1.02$ , maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan berikut :

$$M_r = B_1 \cdot M_{nt} + B_2 \cdot M_{lt}$$

$$M_r = 1.02 \times 231367.72 \text{ kg.m}$$

$$M_r = 236855.88 \text{ kg.m}$$

c. Gaya Geser Pada Kolom (VBE) Akibat SPSW

$$\begin{aligned} V_{VBE(web)} &= \frac{1}{2} R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w h_c \\ &= 1.5 \times 2400 \times \sin^2(43.48^\circ) \times 0.5 \times 400 \\ &= 170449.26 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{VBE(HBE)} &= \Sigma \frac{1}{2} \left( \frac{M_{pc}}{h_c} \right) \\
 &= \frac{1}{2} \left( \frac{117734.88 + 231367.72}{4} \right) \\
 &= 43637.82 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya geser total adalah :

$$\begin{aligned}
 V_u &= V_{VBE(web)} + V_{VBE(HBE)} \\
 &= 170449.26 \text{ kg} + 43637.82 \text{ kg} \\
 &= 214087.08 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

d. Kontrol Kekuatan Tekan Kolom

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

$$K = 1$$

$$L = 400 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 F_e &= \frac{\pi^2 E}{\left( \frac{KL}{r} \right)^2} \\
 &= \frac{\pi^2 \cdot 2000000 \text{ kg/cm}^2}{\left( \frac{1 \cdot 400 \text{ cm}}{24.27 \text{ cm}} \right)^2} \\
 &= 72669.02 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\frac{F_y}{F_e} = \frac{2400 \text{ kg/cm}^2}{72669.02 \text{ kg/cm}^2} = 0.033 \leq 2.25, \text{ digunakan rumus :}$$

$$F_{cr} = \left[ 0.658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] F_y = [0.658^{0.033}] \times 2400 = 2367.05 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi :

$$\begin{aligned}
 \phi P_n &= \phi F_{cr} \cdot A_g \\
 &= 0.85 \cdot 2367.05 \text{ kg/cm}^2 \cdot 534.8 \text{ cm}^2 \\
 &= 1076014.72 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

e. Kontrol Penampang Profil Terhadap Gaya Geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{339}{14} = 24.21 \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5 \cdot 2 \cdot 10^6}{2400}} = 71$$



Maka  $C_v = 1.0$ , sehingga :

$$\phi V_n = \phi 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2400 \cdot (80 \cdot 1,4) \cdot 1$$

$$\phi V_n = 290304 \text{ kg} > V_u = 214087,08 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

f. Interaksi Aksial dan Lentur Kolom (*VBE*)

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{868154,86}{1076014,72} = 0,81 > 0,2$$

Maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_r}{M_c} \right) \leq 1$$

$$\frac{868154,86}{1076014,72} + \frac{8}{9} \left( \frac{236855,88}{0,9 \times 2400 \times 7995,46} \right) \leq 1$$

$$0,82 \leq 1 \quad (\text{OK})$$

Jadi, digunakan Dinding Geser Pelat Baja dengan tebal 0.5 cm.

## 6.4 Perencanaan Sambungan

### 6.4.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sambungan antara balok anak lantai hotel dan balok induk direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok anak, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Data Perencanaan :

$V_u$  = 7276.17 kg (gaya geser balok anak)

Balok anak = CB 495 x 250 x 8 x 12

Balok induk = CB 562,5 x 300 x 9 x 14

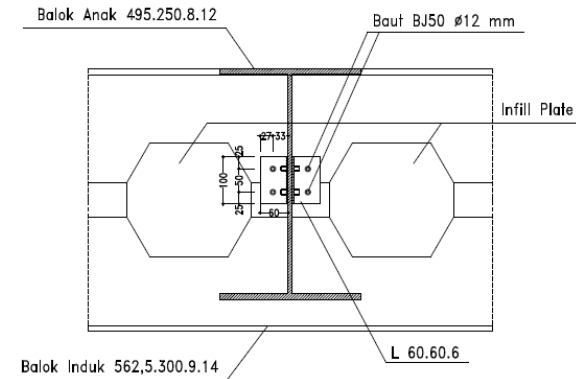
Pelat siku = 60 x 60 x 6

Diameter baut = 12 mm

Luas baut = 1.13 cm<sup>2</sup>

Profil BJ 41,  $f_u$  = 410 MPa = 4100 kg/cm<sup>2</sup>

Baut BJ 50,  $f_u$  = 500 MPa = 5000 kg/cm<sup>2</sup>



**Gambar 6.4** Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

#### a. Sambungan Pada Pelat Badan Balok Anak

- Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 5000 \times 2 \times 1.13 \\ &= 4241.15 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

- Kuat Tumpu Baut

$$\begin{aligned}\emptyset R_n &= \emptyset \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1.2 \times 0.6 \times 4100 \\ &= 5313.6 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{7276.17 \text{ kg}}{4241.15 \text{ kg}} = 1.72, \text{ dipasang 2 buah}$$

b. Sambungan Pada Pelat Badan Balok Induk

- Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned}\emptyset V_n &= \emptyset \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 5000 \times 2 \times 1.13 \\ &= 4241.15 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

- Kuat Tumpu Baut

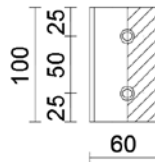
$$\begin{aligned}\emptyset R_n &= \emptyset \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1.2 \times 0.6 \times 4100 \\ &= 5313.6 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{14552.34 \text{ kg}}{4241.15 \text{ kg}} = 2.74, \text{ dipasang 4 buah}$$

c. Kontrol Kekuatan Siku Penyambung

$$\begin{aligned}\emptyset_{lubang} &= 12 \text{ mm} + 1.5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 13.5 \text{ mm} \\ &= 1.35 \text{ cm}\end{aligned}$$

- Luas bidang geser



**Gambar 6.5** Detail Pelat Siku Pada Gelagar

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \times t_{siku} \\
 &= (L - n \times \emptyset_{lubang}) \times t_1 \\
 &= (10 - 2 \times 1.35) \times 0.6 \\
 &= 4.38 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

- Kuat rencana

$$\begin{aligned}
 \emptyset R_n &= \emptyset \times 0.6 \times f_u \times A_{nv} \\
 &= 0.75 \times 0.6 \times 4100 \times 4.38 \\
 &= 8081.1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Terdapat 2 siku, sehingga

$$2\emptyset R_n = 2 \times 8081.1 \text{ kg} = 16162.2 \text{ kg}$$

Syarat :

$$V_u = 7276.17 \text{ kg} \leq 2\emptyset R_n = 16162.2 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

- Kontrol jarak baut

$$\text{Jarak ke tepi} = 1.5 d_b \text{ s.d } (4 t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 18 \text{ mm s.d } 124 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{diambil S1} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar baut} = 3 d_b \text{ s.d } 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 36 \text{ mm s.d } 90 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{diambil S} = 50 \text{ mm}$$

#### 6.4.2 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan antara balok utama tangga dan balok penumpu tangga direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok utama tangga, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Data Perencanaan :

$$V_u = 1738.34 \text{ kg}$$

$$\text{Balok utama} = \text{WF } 250 \times 125 \times 5 \times 8$$

$$\text{Balok penumpu} = \text{WF } 250 \times 125 \times 5 \times 8$$

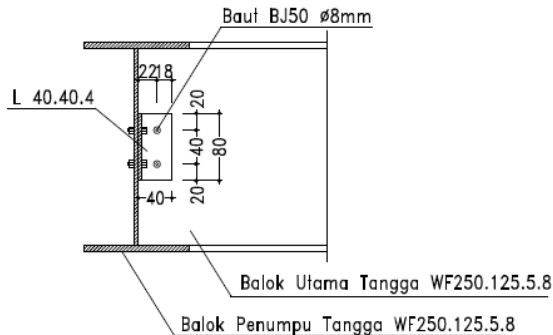
$$\text{Pelat siku} = 40 \times 40 \times 4$$

$$\text{Diameter baut} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Luas baut} = 0.5 \text{ cm}^2$$

Profil BJ 41,  $f_u = 410 \text{ MPa} = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Baut BJ 50,  $f_u = 500 \text{ MPa} = 5000 \text{ kg/cm}^2$



**Gambar 6.6** Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

a. Sambungan Balok Utama Tangga dengan Siku

- Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned}\emptyset V_n &= \emptyset \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 5000 \times 2 \times 0.5 \\ &= 1884.96 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

- Kuat Tumpu Baut

$$\begin{aligned}\emptyset R_n &= \emptyset \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 0.8 \times 0.4 \times 4100 \\ &= 2361.60 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{1738.34 \text{ kg}}{1884.96 \text{ kg}} = 0.92, \text{ dipasang 2 buah}$$

b. Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Siku

- Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned}\emptyset V_n &= \emptyset \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 5000 \times 1 \times 0.5 \\ &= 942.48 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

- Kuat Tumpu Baut

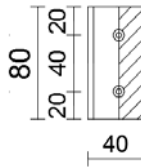
$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 0.8 \times 0.4 \times 4100 \\ &= 2361.60 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{1738.34 \text{ kg}}{942.48 \text{ kg}} = 1.84, \text{ dipasang 2 buah}$$

c. Kontrol Kekuatan Siku Penyambung

$$\begin{aligned}\phi_{lubang} &= 8 \text{ mm} + 1.5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 9.5 \text{ mm} \\ &= 0.95 \text{ cm}\end{aligned}$$

- Luas bidang geser



**Gambar 6.7** Detail Pelat Siku Pada Gelagar

$$\begin{aligned}A_{nv} &= L_{nv} \times t_{siku} \\ &= (L - n \times \phi_{lubang}) \times t_1 \\ &= (8 - 2 \times 0.95) \times 0.4 \\ &= 2.44 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

- Kuat rencana

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 0.6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0.75 \times 0.6 \times 4100 \times 2.44 \\ &= 4501.8 \text{ kg}\end{aligned}$$

Syarat :

$$V_u = 1738.34 \text{ kg} \leq \phi R_n = 4501.8 \text{ kg (OK)}$$

Kontrol jarak baut

Jarak ke tepi =  $1.5 d_b$  s.d  $(4 t_p + 100 \text{ mm})$  atau 200 mm

= 12 mm s.d 116 mm atau 200 mm

diambil S1 = 20 mm

Jarak antar baut =  $3 d_b$  s.d  $15 t_p$  atau 200 mm

= 24 mm s.d 60 mm atau 200 mm

diambil S =

= 40 mm

### 6.4.3 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

Sambungan antara balok penumpu tangga dan kolom direncanakan dengan baut yang hanya memikul beban geser dari balok utama tangga, sehingga dalam analisa dianggap sebagai sendi.

Data Perencanaan :

$V_u$  = 2651.27 kg

Balok penumpu = WF 250 x 125 x 5 x 8

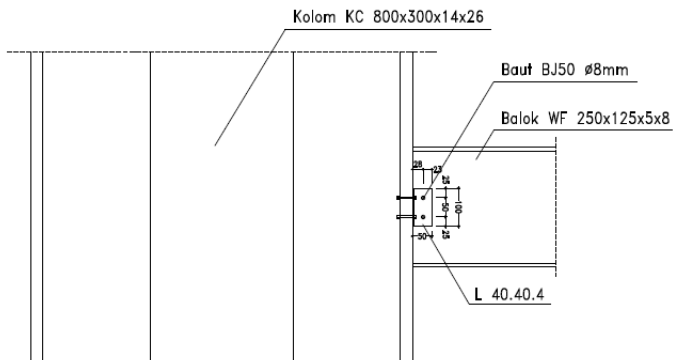
Pelat siku = 40 x 40 x 4

Diameter baut = 8 mm

Luas baut =  $0.5 \text{ cm}^2$

Profil BJ 41,  $f_u$  = 410 MPa = 4100 kg/cm<sup>2</sup>

Baut BJ 50,  $f_u$  = 500 MPa = 5000 kg/cm<sup>2</sup>



**Gambar 6.8** Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

## a. Sambungan Balok Utama Tangga dengan Siku

- Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned}\emptyset V_n &= \emptyset \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 5000 \times 2 \times 0.5 \\ &= 1884.96 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

- Kuat Tumpu Baut

$$\begin{aligned}\emptyset R_n &= \emptyset \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 0.8 \times 0.4 \times 4100 \\ &= 2361.60 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{2651.27 \text{ kg}}{1884.96 \text{ kg}} = 1.41, \text{ dipasang 2 buah}$$

## b. Sambungan Kolom Tangga dengan Siku

- Kuat Geser Baut

$$\begin{aligned}\emptyset V_n &= \emptyset \times r_1 \times f_u^b \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 5000 \times 2 \times 0.5 \\ &= 1884.96 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

- Kuat Tumpu Baut

$$\begin{aligned}\emptyset R_n &= \emptyset \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 0.8 \times 0.4 \times 4100 \\ &= 2361.60 \text{ kg}\end{aligned}$$

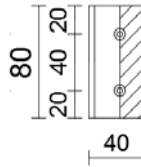
$$n = \frac{2651.27 \text{ kg}}{1884.96 \text{ kg}} = 1.41, \text{ dipasang 2 buah}$$

## c. Kontrol Kekuatan Siku Penyambung

$$\begin{aligned}\emptyset_{lubang} &= 8 \text{ mm} + 1.5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 9.5 \text{ mm} \\ &= 0.95 \text{ cm}\end{aligned}$$



- Luas bidang geser



**Gambar 6.9** Detail Pelat Siku Pada Gelagar

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \times t_{siku} \\
 &= (L - n \times \emptyset_{lubang}) \times t_1 \\
 &= (8 - 2 \times 0.95) \times 0.4 \\
 &= 2.44 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

- Kuat rencana

$$\begin{aligned}
 \emptyset R_n &= \emptyset \times 0.6 \times f_u \times A_{nv} \\
 &= 0.75 \times 0.6 \times 4100 \times 2.44 \\
 &= 4501.8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\mathbf{V_u} = 1738.34 \text{ kg} \leq \mathbf{2\emptyset R_n} = 4501.8 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

- Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak ke tepi} &= 1.5 d_b \text{ s.d } (4 t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 12 \text{ mm s.d } 116 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\
 \text{diambil S1} &= 20 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut} &= 3 d_b \text{ s.d } 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 24 \text{ mm s.d } 60 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \\
 \text{diambil S} &= 40 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

#### 6.4.4 Sambungan Antar Kolom King Cross 800x300x14x26

Dari output SAP2000 didapatkan gaya dalam sebagai berikut:

$$P_u = 723961.20 \text{ kg}$$

$$V_u = 64315.92 \text{ kg}$$

$$M_u = 8558687.35 \text{ kg.cm}$$

Data Perencanaan :

$$\text{Kolom} = \text{KC } 800 \times 300 \times 14 \times 26$$

$$d = 800 \text{ mm} \quad t_f = 26 \text{ mm}$$

$$b_f = 300 \text{ mm} \quad r = 28 \text{ mm}$$

$$t_w = 14 \text{ mm} \quad h = 389 \text{ mm}$$

$$Z_x = 7995.46 \text{ cm}^3 \quad I_x = 303700 \text{ cm}^4$$

$$A = 534.8 \text{ cm}^2$$

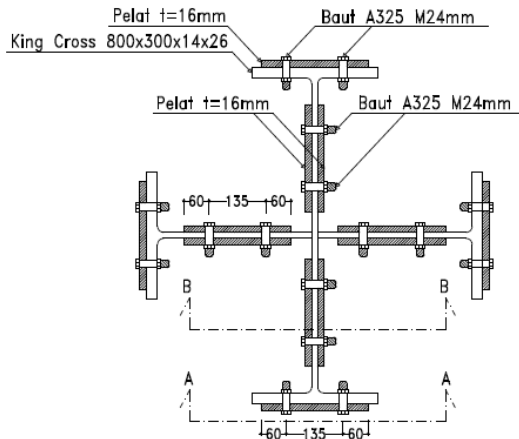
$$\text{Diameter baut} = 24 \text{ mm} = 2.4 \text{ cm}$$

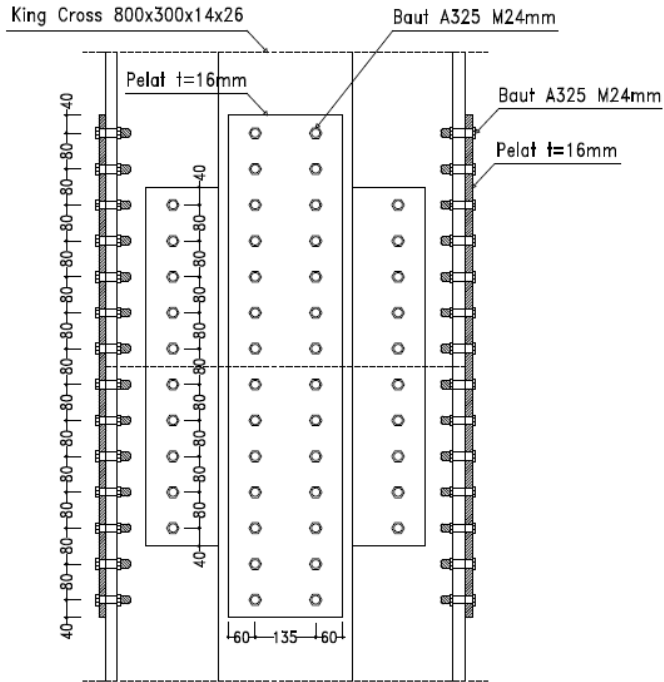
$$\text{Luas baut} = 4.52 \text{ cm}^2$$

$$\text{Tebal pelat sambung} = 16 \text{ mm} = 1.6 \text{ cm}$$

$$\text{Profil BJ 41, } f_u = 410 \text{ MPa} = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Baut A325, } f_u = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$





**Gambar 6.10** Sambungan Antar Kolom King Cross 800x300x14x26

- Pembagian beban momen

$$\begin{aligned}
 M_{u \text{ badan}} &= \frac{I_{\text{badan}}}{I_{\text{profil}}} \times M_u \\
 &= \frac{\frac{1}{12} \times 1.4 \times 80^3}{303700} \times 8558687.35 \text{ kg.cm} \\
 &= 1683368.21 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{u \text{ sayap}} &= M_u - M_{u \text{ badan}} \\
 &= 8558687.35 - 1683368.21 \\
 &= 6875319.14 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

- Pembagian beban aksial

$$\begin{aligned}
 P_{u \text{ badan}} &= \frac{A_{\text{badan}}}{A_{\text{profil}}} \times P_u \\
 &= \frac{1.4 \times 80}{534.8} \times 723961.20 \text{ kg} \\
 &= 151614.91 \text{ kg} \\
 P_{u \text{ sayap}} &= P_u - P_{u \text{ badan}} \\
 &= 723961.20 - 151614.91 \\
 &= 572346.29 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Karena ada 4 sayap, maka  $P_u$  1 sayap :

$$\frac{572346.29}{4} = 143086.57 \text{ kg}$$

- Sambungan Pada Sayap Kolom

Kontrol geser baut

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi f_u^b A_b m \\
 &= 0.75 \times 8250 \times 4.52 \times 2 \\
 &= 55983.18 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi 1.2 L_c t f_u \\
 &= 0.75 \times 1.2 \times (4 - (2.4/2)) \times 1.6 \times 4100 \\
 &= 16531.2 \text{ kg (menentukan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya pada sayap (T)} &= \frac{M_{u \text{ sayap}}}{d} \\
 &= \frac{6875319.14}{80} \\
 &= 85941.49 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jumlah gaya total pada sayap ( $T_u$ )

$$\begin{aligned}
 T_u &= T + P_{u \text{ sayap}} \\
 &= 85941.49 \text{ kg} + 143086.57 \text{ kg} \\
 &= 229028.06 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan

$$n = \frac{T_u}{\phi R_n} = \frac{229028.06}{16531.2} = 13.85 \approx 14 \text{ buah}$$

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1.5 d_b \text{ s.d } (4 t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s.d } 164 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{diambil } S1 = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3 d_b \text{ s.d } 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 72 \text{ mm s.d } 240 \text{ mm atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{diambil } S = 80 \text{ mm}$$

- Sambungan Pada Badan Kolom

Kontrol geser baut

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi f_u^b A_b \\ &= 0.75 \times 8250 \times 4.52 \times 2 \\ &= 55983.18 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol kuat tumpu baut

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi 1.2 L_c t f_u \\ &= 0.75 \times 1.2 \times (4 - (2.4/2)) \times 1.6 \times 4100 \\ &= 16531.20 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan :

$$\begin{aligned} e &= 1683368.21 \text{ kg.cm} / 723961.20 \text{ kg} \\ &= 2.33 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{u \text{ total}} &= M_{u \text{ badan}} + P_u \cdot e \\ &= 1683368.21 \text{ kg.cm} + (151614.91 \text{ kg} \times 2.33 \text{ cm}) \\ &= 2035906.05 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Beban aksial yang bekerja pada titik berat sambungan badan :

$$P_{u \text{ total}} = P_{u \text{ badan}} = 151614.91 \text{ kg}$$

Perkiraan jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{\mu \cdot R_u}}$$

Sambungan memikul beban  $M_u$  dan  $P_u$  sehingga  $R_u$  direduksi  $\phi = 0.7$ . Susunan baut lebih dari satu deret nilai  $R_u$  dinaikkan 1.2.

$$R_u = 0.7 \times 1.2 \times 16531.2 = 13886.21 \text{ kg}$$

$$n = \sqrt{\frac{6 \times 2035906.05}{10 \times 13886.21}} = 9.38 \approx 10 \text{ buah}$$

### Kontrol beban

Akibat  $P_u$

$$K_{uh1} = \frac{P_u}{n} = \frac{151614.91}{10} = 15161.49 \text{ kg}$$

Akibat  $M_u \text{ total}$

Beban maksimal pada baut dengan  $x = 6.75 \text{ cm}$  dan  $y = 16 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} \Sigma(x^2 + y^2) &= (10 \times 6.75^2) + (4 \times (8^2 + 16^2)) \\ &= 1735.63 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$K_{uv1} = \frac{M_u \text{ total} \cdot x}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{2035906.05 \times 6.75}{1735.63} = 7917.82 \text{ kg}$$

$$K_{uh2} = \frac{M_u \text{ total} \cdot y}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{2035906.05 \times 16}{1735.63} = 18768.17 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} K_u \text{ total} &= \sqrt{K_{uh1}^2 + (K_{uv1} + K_{uh2})^2} \\ &= \sqrt{15161.49^2 + (7917.82 + 18768.17)^2} \\ &= 30692.22 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena pada badan kolom dipasang baut dan pelat penyambung pada empat sisinya, maka kuat beban berfaktor :

$$\phi R_n = 4 \times 16531.2 = 66124.8 \text{ kg}$$

Syarat :

$$K_u \text{ total} \leq \phi R_n$$

$$30692.22 \text{ kg} \leq 66124.8 \text{ kg}$$

Kontrol jarak baut

Jarak ke tepi =  $1.5 d_b$  s.d  $(4 t_p + 100 \text{ mm})$  atau 200 mm

= 36 mm s.d 164 mm atau 200 mm

diambil S1 = 40 mm

Jarak antar baut =  $3 d_b$  s.d  $15 t_p$  atau 200 mm

= 72 mm s.d 240 mm atau 200 mm

diambil S = 80 mm

#### 6.4.5 Sambungan Kolom *King Cross* 800x300x14x26 dengan Kolom *King Cross* 700x300x13x24

Perencanaan sambungan antara kolom *King Cross* 800x30x14x26 dengan *King Cross* 700x300x13x24 menggunakan *fixed plate* dari PT.Gunung Garuda.

Data Perencanaan :

Part No = BMK-17

Part No = BMK-16

H = 1000 mm

H = 900 mm

B = 1000 mm

B = 900 mm

$t_p$  = 55 mm

$t_p$  = 54 mm

q = 431.75 mm

q = 343.36 mm

Beban yang bekerja pada sambungan sebagai berikut :

$P_u$  = 723961.20 kg

$V_u$  = 64315.92 kg

$M_u$  = 8558687.35 kg.cm

Data Perencanaan :

Diameter baut = 30 mm = 3 cm

Luas baut = 7.07 cm<sup>2</sup>

Mutu las  $F_{e70XX}$  = 70 x 70.3 = 4923.1

Profil BJ 41,  $f_u$  = 410 MPa = 4100 kg/cm<sup>2</sup>

Baut A325,  $f_u$  = 825 MPa = 8250 kg/cm<sup>2</sup>

- Sambungan Las Pada Pelat Landas

Direncanakan las dengan  $t_e=1$  cm pada profil *King Cross* 700x300x13x24 sehingga didapat :

$$A_{las} = ((2 \times 59.6) + (2 \times 58.3) + (4 \times 30)) \times 1 = 355.8 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 I_x = I_y &= (2((\frac{1}{12} \times 1 \times 59.6^3) + (\frac{1}{12} \times 30 \times 1^3) + (30 \times 1 \times 35^2))) \\
 &\quad + (2((\frac{1}{12} \times 58.3 \times 1^3) + (\frac{1}{12} \times 1 \times 30^3))) \\
 &= 113299.51 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$W_x = W_y = \frac{I_x}{y} = \frac{113299.51}{35} = 3237.13 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 f_{u \text{ las}} &= 0.6 F_{EXX} (1 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\
 &= 0.6 \times 4923.1 \times (1 + 0.5 \sin^{1.5} 0^\circ) \\
 &= 2953.86 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Akibat  $P_u$

$$f_p = \frac{P_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} = \frac{481305.63}{355.8} + \frac{1493616.51}{3237.13} = 1814.14 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat  $V_u$

$$f_v = \frac{V_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} = \frac{90983.23}{355.8} + \frac{1493616.51}{3237.13} = 717.12 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 f_{total} &= \sqrt{f_p^2 + f_v^2} = \sqrt{1814.14^2 + 717.12^2} \\
 &= 1950.74 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$te = \frac{f_{total}}{f_{u \text{ las}}} = \frac{1950.74}{2953.86} = 0.66 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0.707} = \frac{0.66}{0.707} = 0.93 \text{ cm} > a \text{ min} = 6 \text{ mm}$$

Syarat :

$$\text{Tebal minimum} = t_{pelat} = 54 \text{ mm}$$

$$a_{eff \text{ max}} = 1.41 \times \frac{f_u}{F_{EXX}} \times t_p = 1.41 \times \frac{4100}{4923.1} \times 5.4 = 6.34 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai las dengan  $a = 1 \text{ cm}$

- Perencanaan Tebal Pelat Landas

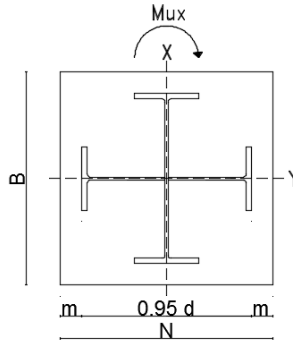
Cek eksentrisitas gaya :

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{1493616.51}{481305.63} = 3.10 \text{ cm} < \frac{1}{6} N = \frac{1}{6} \times 90 = 15 \text{ cm}$$



maka tidak terjadi gaya tarik

Perencanaan akibat beban sumbu x :



**Gambar 6.11** Arah Beban Sumbu X pada Pelat Landas

Akibat beban  $P_u$

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \cdot N} = \frac{481305.63}{90 \times 90} = 52.42 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban  $M_u$

$$f_{pb} = \frac{6 \cdot M_u}{B \cdot N^2} = \frac{6 \times 1493616.51}{90 \times 90^2} = 12.29 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan maksimal

$$f_{p \max} = f_{pa} + f_{pb} = 52.42 + 12.29 = 71.71 \text{ kg/cm}^2$$

Menentukan  $M_{upl}$  pada sejarak  $m$  setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{N - 0.95 d}{2} = \frac{90 - (0.95 \times 70)}{2} = 11.75 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} M_{upl} &= \left( f_{p \max} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left( \frac{m^2}{2} \right) + \left( 2 \cdot f_{pb} - \frac{m}{N} \right) \cdot \left( \frac{m^2}{3} \right) \\ &= \left( 71.71 - 2 \times 12.29 \times \frac{11.75}{90} \right) \left( \frac{11.75^2}{2} \right) + \left( 2 \times 12.29 - \frac{11.75}{90} \right) \left( \frac{11.75^2}{3} \right) \\ &= 5854.37 \text{ kg.cm/cm} \end{aligned}$$

Menentukan tebal base plate

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4 M_{upl}}{0.9 f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 5854.37}{0.9 \times 2500}} = 3.23 \text{ cm} < 5.4 \text{ cm (OK)}$$

- Perencanaan Pelat Pengaku Pelat Landas

Tebal pelat pengaku minimum ( $t_s$ )

$$t_s \geq 0.5 \times t_f = 0.5 \times 2.4 = 1.2 \text{ cm}$$

Dimensi pelat yang dipakai  $t_s = 1.5 \text{ cm}$

- Perencanaan Las dan Baut Pada Pelat Landas

Direncanakan las dengan  $t_e = 1 \text{ cm}$  pada daerah yang diarsir pada pelat landas.

$$A_{las} = (70 \times 4) \times 1 = 280 \text{ cm}^2$$

$$I_x = I_y = \left( 2x \left( \left( \frac{1}{12} \times 1 \times 35^2 \right) + (70 \times 1 \times 35.65^2) \right) \right) \\ = 92895.83 \text{ cm}^4$$

$$W_x = W_y = \frac{I_x}{y} = \frac{92895.83}{35} = 2654.17 \text{ cm}^3$$

$$f_{u \text{ las}} = 0.6 F_{EXX} (1 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\ = 0.6 \times 4923.1 \times (1 + 0.5 \sin^{1.5} 0^\circ) \\ = 2953.86 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat  $P_u$

$$f_p = \frac{P_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} = \frac{481305.63}{280} + \frac{1493616.51}{2654.17} = 2281.69 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat  $V_u$

$$f_v = \frac{V_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} = \frac{90983.23}{280} + \frac{1493616.51}{2654.17} = 887.68 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{f_p^2 + f_v^2} = \sqrt{2281.69^2 + 887.68^2} \\ = 2448.29 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_e = \frac{f_{total}}{f_{ulas}} = \frac{2448.29}{2953.86} = 0.83 \text{ cm}$$

$$a = \frac{t_e}{0.707} = \frac{0.83}{0.707} = 1.17 \text{ cm} > a_{\min} = 6 \text{ mm}$$

Syarat :

Tebal minimum =  $t_{pelat} = 55 \text{ mm}$

$$a_{eff \max} = 1.41 \times \frac{f_u}{F_{EXX}} \times t_p = 1.41 \times \frac{4100}{4923.1} \times 5.5 = 6.46 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai las dengan  $a = 1.2 \text{ cm}$

Gaya tarik yang terjadi pada baut

$$T = \frac{f_p \max \cdot A \cdot B}{2} - P_u = \frac{71.71 \times 90 \times 90}{2} - 481305.63$$

$$= 190865.59 \text{ kg}$$

Perhitungan Baut :

Kontrol geser baut

$$\phi V_n = \phi r_1 f_u^b A_b$$

$$= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 7.07$$

$$= 21868.43 \text{ kg}$$

Kontrol kuat tumpu baut

$$\phi R_n = 2.4 \phi d_b t_p f_u$$

$$= 2.4 \times 0.75 \times 3 \times 5.4 \times 4100$$

$$= 119556 \text{ kg}$$

Kuat rencana tarik

$$\phi R_n = \phi 0.75 f_u^b A_b$$

$$= 0.75 \times 0.75 \times 8250 \times 7.07$$

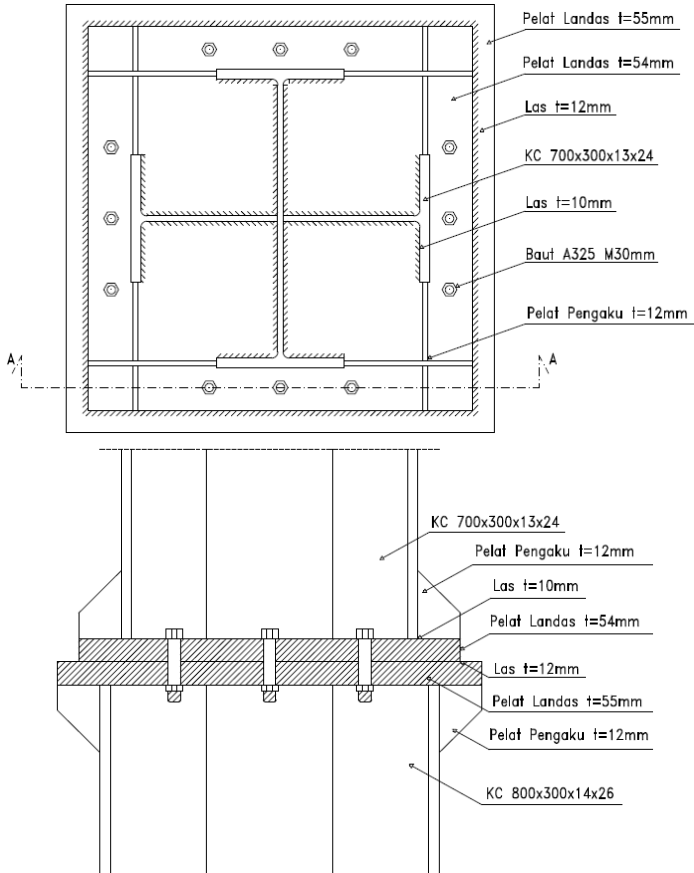
$$= 32802.65 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan (diambil jumlah yang terbesar antara gaya geser dan gaya tarik yang terjadi)

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{90983.23}{21868.43} = 4.16$$

terhadap gaya tarik

$$n = \frac{T}{\phi V_n} = \frac{190865.59}{21868.43} = 8.73 \approx 12 \text{ buah}$$



**Gambar 6.12** Sambungan Kolom *King Cross* 800x300x14x26 dengan Kolom *King Cross* 700x300x13x24

### 6.4.6 Sambungan Dinding Geser Plat Baja (SPSW)

Sambungan pada dinding geser plat baja direncanakan menggunakan las  $F_{e100XX}$ . Pengelasan dilakukan pada elemen balok (*HBE*) dan kolom (*VBE*). Tipe las yang digunakan yaitu las sudut dan las tumpul penetrasi penuh.

#### a. Sambungan las sudut pada balok (*HBE*)

Digunakan las dengan mutu  $F_{e100XX}$

$$\begin{aligned} W_{(HBE)} &= \frac{R_y f_y \cos(\alpha) t_w \sqrt{2}}{\phi 0.6 F_{EXX} [1+0.5 \cos^{1.5}(\alpha)]} \\ &= \frac{1.5 \times 2500 \times \cos(43.48) \times 0.5 \times \sqrt{2}}{0.75 \times 0.6 \times (100 \times 70.33) \times [1+0.5 \times \cos^{1.5}(43.48)]} \\ &= 0.46 \text{ cm} \\ &= 4.6 \text{ mm} \end{aligned}$$

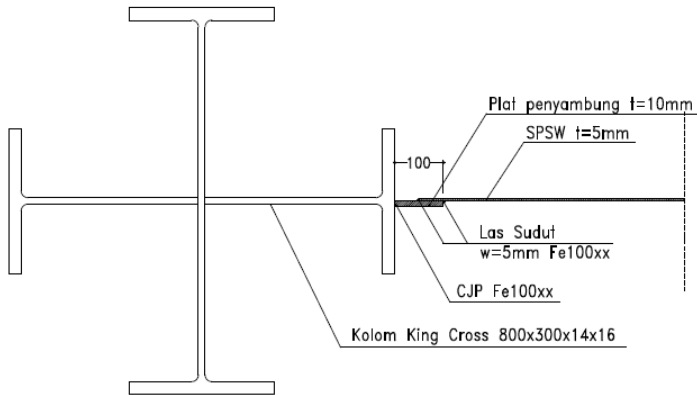
Ketebalan las minimum untuk kondisi di plat tertipis  $t = 5 \text{ mm}$  yaitu  $w = 5 \text{ mm}$ . Jadi digunakan las dengan tebal minimum  $w = 5 \text{ mm}$ .

#### b. Sambungan las sudut pada kolom (*VBE*)

Digunakan las dengan mutu  $F_{e100XX}$

$$\begin{aligned} W_{(VBE)} &= \frac{R_y f_y \sin(\alpha) t_w \sqrt{2}}{\phi 0.6 F_{EXX} [1+0.5 \sin^{1.5}(\alpha)]} \\ &= \frac{1.5 \times 2500 \times \sin(43.48) \times 0.5 \times \sqrt{2}}{0.75 \times 0.6 \times (100 \times 70.33) \times [1+0.5 \times \sin^{1.5}(43.48)]} \\ &= 0.45 \text{ cm} \\ &= 4.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ketebalan las minimum untuk kondisi di plat tertipis  $t = 5 \text{ mm}$  yaitu  $w = 5 \text{ mm}$ . Jadi digunakan las dengan tebal minimum  $w = 5 \text{ mm}$ .



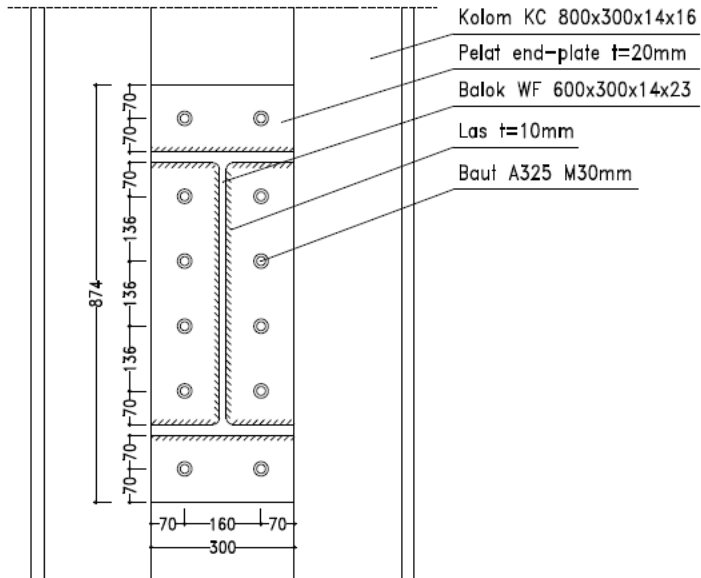
**Gambar 6.13** Sambungan SPSW dengan Kolom

#### 6.4.7 Sambungan Balok (*HBE*) dengan Kolom (*VBE*) pada Dinding Geser Plat Baja (*SPSW*)

Sambungan menghubungkan balok (*HBE*) profil WF 600x300x14x23 dengan kolom (*VBE*) profil *King Cross* 800x300x14x26 pada dinding geser plat baja (*SPSW*).

Data Perencanaan :

Kolom	=	KC 800 x 300 x 14 x 26	
Balok	=	WF 600 x 300 x 14 x 23	
Diameter baut	=	30 mm	
Luas baut	=	7.07 cm <sup>2</sup>	
Tebal pelat sambung	=	20 mm	= 2 cm
Tebal las (w)	=	10 mm	= 1 cm
Panjang pelat sambung	=	874 mm	= 87.4 cm
Profil BJ 41,	$f_y$	= 250 MPa	= 2500 kg/cm <sup>2</sup>
	$f_u$	= 410 MPa	= 4100 kg/cm <sup>2</sup>
Baut A325,	$f_y$	= 825 MPa	= 8250 kg/cm <sup>2</sup>



**Gambar 6.14** Sambungan HBE dan VBE pada SPSW

- a. Gaya geser yang bekerja pada sambungan

$$\begin{aligned} V_u &= \text{Gaya geser pada balok (HBE) akibat SPSW} \\ &= 63501.28 \text{ kg} \end{aligned}$$

- b. Gaya aksial yang bekerja pada sambungan

$$\begin{aligned} P_{HBE(VBE)} &= 124818.57 \text{ kg} \\ N_{coll} \text{ (gaya geser SPSW)} &= 74033.24 \text{ kg} / 2 \\ &= 37016.62 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya aksial yang diterima sambungan :

$$\begin{aligned} N_u &= P_{HBE(VBE)} + N_{coll} \\ &= 124818.57 \text{ kg} + 37016.62 \text{ kg} \\ &= 161835.19 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_u &= P_{HBE(VBE)} - N_{coll} \\
 &= 124818.57 \text{ kg} - 37016.62 \text{ kg} \\
 &= 87801.95 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Kontrol leleh pada plat sambung

$$\begin{aligned}
 \phi_y V_n &= 1.00 (0.6) f_y t L \\
 &= 1.00 \times 0.6 \times 2500 \times 2 \times 87.4 \\
 &= 262200 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_c N_n &= 0.9 f_y t L \\
 &= 0.9 \times 2500 \times 2 \times 87.4 \\
 &= 393300 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \left( \frac{V_u}{\phi_y V_n} \right)^2 + \left( \frac{N_u}{\phi_c N_n} \right)^2 &\leq 1 \\
 \left( \frac{63501.28}{262200} \right)^2 + \left( \frac{161835.19}{393300} \right)^2 &\leq 1 \\
 0.23 &\leq 1 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

d. Kontrol patah pada plat sambung

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= A_g - n (db + 1.5 \text{ mm}) t \\
 &= (87.4 \times 2) - 12 \times (3 + 0.15) \times 2 \\
 &= 99.2 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_y V_n &= 0.75 (0.6) f_u A_{nv} \\
 &= 0.75 \times 0.6 \times 4100 \times 99.2 \\
 &= 183024 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \left( \frac{V_u}{\phi_y V_n} \right)^2 + \left( \frac{N_u}{\phi_c N_n} \right)^2 &\leq 1 \\
 \left( \frac{63501.28}{183024} \right)^2 + \left( \frac{161835.19}{393300} \right)^2 &\leq 1 \\
 0.29 &\leq 1 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

e. Kontrol geser baut

$$\begin{aligned}
 \sqrt{V_u^2 + N_u^2} &= \sqrt{63501.28^2 + 161835.19^2} \\
 &= 173847.75 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi n f_u^b A_b \\
 &= 0.75 \times 12 \times 8250 \times 7.07 \\
 &= 524842.32 \text{ kg} > 173847.75 \text{ kg (OK)}
 \end{aligned}$$

f. Kontrol kuat tumpu baut

- Untuk komponen vertikal, baut bagian bawah,

$$1.2 L_c = 1.2 \times (7 - (3/2)) = 6.6 \text{ cm}$$

$$2.4 d_b = 2.4 \times 3 = 7.2 \text{ cm} > 6.6 \text{ cm}$$

Kontrol Kuat Tumpu

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi 1.2 L_c t f_u \\
 &= 0.75 \times 6.6 \times 2 \times 4100 \\
 &= 40590 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Untuk komponen vertikal, baut sisanya,

$$1.2 L_c = 1.2 \times (13.6 - 3) = 12.72 \text{ cm}$$

$$2.4 d_b = 2.4 \times 3 = 7.2 \text{ cm} < 12.72 \text{ cm}$$

Kontrol Kuat Tumpu

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi 2.4 d_b t f_u \\
 &= 0.75 \times 7.2 \times 2 \times 4100 \\
 &= 44280 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Untuk kelompok baut vertikal,

$$\begin{aligned}
 \phi R_{nv} &= (2 \times 40590 \text{ kg}) + (10 \times 44280 \text{ kg}) \\
 &= 523980 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Untuk komponen horizontal, semua baut  $2.4 d_b > 1.2 L_c$

$$\begin{aligned}
 \phi R_{nh} &= 12 \times 44280 \text{ kg} \\
 &= 531360 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \left( \frac{V_u}{\phi_y V_n} \right)^2 + \left( \frac{N_u}{\phi_c N_n} \right)^2 &\leq 1 \\
 \left( \frac{63501.28}{523980} \right)^2 + \left( \frac{161835.19}{531360} \right)^2 &\leq 1 \\
 0.11 &\leq 1 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

## g. Kontrol kekuatan sambungan las

Pengelasan dilakukan sepanjang profil balok (*HBE*) dengan ketebalan las  $w = 10$  mm dan mutu las  $F_{e80XX}$

- Untuk komponen vertikal

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= (0.707 \times 1) \times (2 \times (59.4 - (2 \times (2.3 + 2.8)))) \\ &= 98.4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0.6 F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\ &= 0.6 \times (80 \times 70.33) \times (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} 0^\circ) \\ &= 3375.84 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_{nv} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times 3375.84 \times 98.4 \\ &= 176139.85 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Untuk komponen horizontal

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= (0.707 \times 1) \times ((2 \times 30) + (2 \times (30 - 1.4))) \\ &= 117.2 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0.6 F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\ &= 0.6 \times (80 \times 70.33) \times (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} 90^\circ) \\ &= 5063.76 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times 5063.76 \times 117.2 \\ &= 314688.884 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \left( \frac{V_u}{\phi_y V_n} \right)^2 + \left( \frac{N_u}{\phi_c N_n} \right)^2 &\leq 1 \\ \left( \frac{63501.28}{176139.85} \right)^2 + \left( \frac{161835.19}{314688.88} \right)^2 &\leq 1 \\ 0.39 &\leq 1 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

h. Kontrol sambungan *HBE* dan *VBE* terhadap momen

$$\begin{aligned} M_u &= \text{Momen yang bekerja pada sambungan (SAP2000)} \\ &= 7310975 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Akibat adanya momen, las pada sayap balok akan menerima tarikan sebesar :

$$\begin{aligned} T_u &= \frac{M_u d_{max}}{\Sigma d^2} \\ &= \frac{7310975 \times 73.4}{2 \times (16.3^2 + 29.9^2 + 43.5^2 + 57.1^2 + 73.4^2)} \\ &= 22932.87 \text{ kg} < 524842.32 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi f_u^b A_b m \\ &= 0.75 \times 8250 \times 7.07 \times 1 \\ &= 43745.625 \text{ kg} > 22932.87 \text{ kg} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

### 6.4.8 Sambungan Kolom dengan Base Plate

Perencanaan *base plate* dibawah ini menggunakan *fixed plate* dari PT.Gunung Garuda untuk profil *King Cross* 800x300x14x26.

Gaya-gaya yang bekerja diambil dari output SAP2000:

$$\begin{aligned} P_u &= 724939.9 \text{ kg} \\ M_u &= 3270199.03 \text{ kg.cm} \\ V_u &= 11291.15 \text{ kg} \end{aligned}$$

Data perencanaan :

$$\text{Part No} = \text{BMK-17} \rightarrow H = 1000 \text{ mm}$$

$$B = 1000 \text{ mm}$$

$$t_p = 55 \text{ mm}$$

$$q = 431.75 \text{ kg}$$

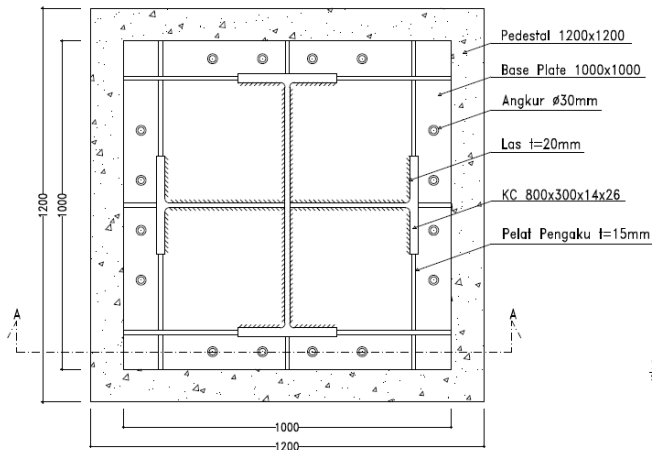
$$\text{Diameter baut} = 30 \text{ mm} = 3 \text{ cm}$$

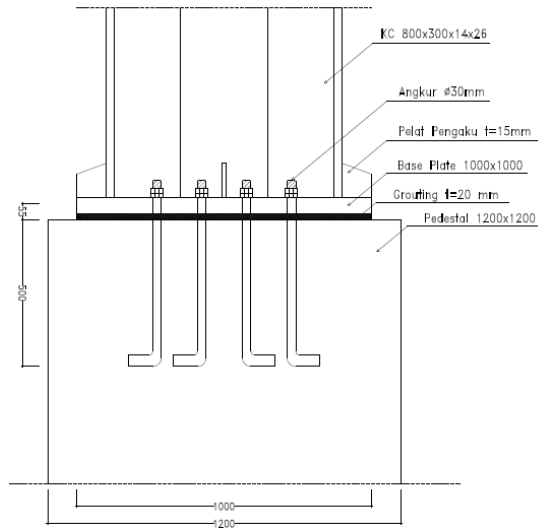
$$\text{Luas baut} = 7.07 \text{ cm}^2$$

$$\text{Mutu las } F_{e70XX} = 70 \times 70.3 = 4923.1$$

$$\text{Profil BJ 41, } f_u = 410 \text{ MPa} = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Baut A325, } f_u = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$





**Gambar 6.15** Sambungan Kolom dengan *Base Plate*

- Sambungan Las Pada Pelat Landas  
Direncanakan las dengan  $t_e=1$  cm pada profil *King Cross* 800x300x14x26 sehingga didapat :

$$A_{las} = ((2 \times 69.2) + (2 \times 67.8) + (4 \times 30)) \times 1 = 394 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} I_x = I_y &= (2 \left( \frac{1}{12} \times 1 \times 69.2^3 \right) + \left( \frac{1}{12} \times 30 \times 1^3 \right) + (30 \times 1 \times 40.7^2)) \\ &\quad + (2 \left( \frac{1}{12} \times 1 \times 67.8^3 \right) + \left( \frac{1}{12} \times 1 \times 30^3 \right)) \\ &= 159134.68 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$W_x = W_y = \frac{I_x}{y} = \frac{159134.68}{40} = 3978.37 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} f_{u \text{ las}} &= 0.6 F_{EXX} (1 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\ &= 0.6 \times 4923.1 \times (1 + 0.5 \sin^{1.5} 0^\circ) \\ &= 2953.86 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Akibat  $P_u$

$$f_p = \frac{P_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} = \frac{724939.9}{394} + \frac{3270199.03}{3978.37} = 2661.94 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat  $V_u$

$$f_v = \frac{V_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} = \frac{11291.15}{394} + \frac{3270199.03}{3978.37} = 850.65 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{total} = \sqrt{f_p^2 + f_v^2} = \sqrt{2661.94^2 + 850.65^2}$$

$$= 2794.56 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{f_{u \text{ las}}} = \frac{2794.56}{2953.86} = 0.95 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0.707} = \frac{0.95}{0.707} = 1.34 \text{ cm} > a \text{ min} = 6 \text{ mm}$$

Syarat :

Tebal minimum =  $t_{pelat} = 55 \text{ mm}$

$$a_{eff \text{ max}} = 1.41 \times \frac{f_u}{F_{EXX}} \times t_p = 1.41 \times \frac{4100}{4923.1} \times 5.5 = 6.46 \text{ cm}$$

Sehingga dipakai las dengan  $a = 2 \text{ cm}$

- Perencanaan Tebal Pelat Landas

Cek eksentrisitas gaya :

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{3270199.03}{724939.9} = 4.51 \text{ cm} < \frac{1}{6} N = \frac{1}{6} \times 100 = 16.67 \text{ cm}$$

maka tidak terjadi gaya tarik, sehingga tidak perlu memasang gaya angkur (dipasang angkur praktis).

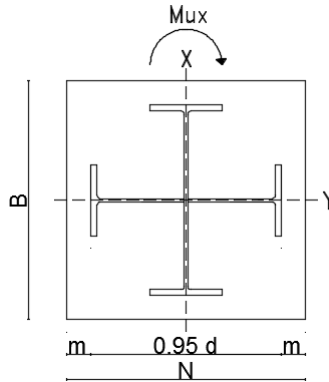
Dimensi beton :

Panjang = 1200 mm

Lebar = 1200 mm

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{1200 \times 1200}{1000 \times 1000}} = 1.2$$

Perencanaan akibat beban sumbu x :



**Gambar 6.16** Arah Beban Sumbu X pada Pelat Landas

Akibat beban  $P_u$

$$f_{pa} = \frac{P_u}{B \cdot N} = \frac{724939.9}{100 \times 100} = 72.49 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban  $M_u$

$$f_{pb} = \frac{6 \cdot M_u}{B \cdot N^2} = \frac{6 \times 3270199.03}{100 \times 100^2} = 19.62 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan maksimal

$$f_{p \max} = f_{pa} + f_{pb} = 72.49 + 19.62 = 92.12 \text{ kg/cm}^2$$

Tekanan yang dapat diterima kolom

$$f_{p \text{ avail}} = \phi 0.85 f'_c = 0.9 \times 0.85 \times 25 = 19.13 \text{ MPa}$$

$$f_{p \text{ avail}} = 191.3 \text{ kg/cm}^2 > f_{p \max} = 92.12 \text{ kg/cm}^2$$

Menentukan  $M_{upl}$  pada sejarak m setiap lebar 1 cm pelat

$$m = \frac{N - 0.95d}{2} = \frac{100 - (0.95 \times 80)}{2} = 12 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} M_{upl} &= \left( f_{p \max} - 2 \cdot f_{pb} \cdot \frac{m}{N} \right) \cdot \left( \frac{m^2}{2} \right) + \left( 2 \cdot f_{pb} - \frac{m}{N} \right) \cdot \left( \frac{m^2}{3} \right) \\ &= \left( 92.12 - 2 \times 19.62 \times \frac{12}{100} \right) \left( \frac{12^2}{2} \right) + \left( 2 \times 19.62 - \frac{12}{100} \right) \left( \frac{12^2}{3} \right) \\ &= 8171.11 \text{ kg.cm/cm} \end{aligned}$$

Menentukan tebal base plate

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \sqrt{\frac{4 M_{upl}}{0.9 f_y}} = \sqrt{\frac{4 \times 8171.11}{0.9 \times 2500}} = 3.81 \text{ cm} < 5.5 \text{ cm (OK)}$$

- Perencanaan Pelat Pengaku Pelat Landas

Tebal pelat pengaku minimum ( $t_s$ )

$$t_s \geq 0.5 \times t_f = 0.5 \times 2.6 = 1.3 \text{ cm}$$

Dimensi pelat yang dipakai  $t_s = 1.5 \text{ cm}$

- Perencanaan Baut Angkur

Gaya tarik yang terjadi pada baut

$$T = \frac{f_{p \max} \cdot A \cdot B}{2} - P_u = \frac{92.12 \times 100 \times 100}{2} - 724939.9$$

$$= 264363.98 \text{ kg}$$

Perhitungan Baut :

Kontrol geser baut

$$\phi V_n = \phi r_1 f_u^b A_b$$

$$= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 7.07$$

$$= 21868.43 \text{ kg}$$

Kontrol kuat tumpu baut

$$\phi R_n = 2.4 \phi d_b t_p f_u$$

$$= 2.4 \times 0.75 \times 3 \times 5.5 \times 4100$$

$$= 121770 \text{ kg}$$

Kuat rencana tarik

$$\phi R_n = \phi 0.75 f_u^b A_b$$

$$= 0.75 \times 0.75 \times 8250 \times 7.07$$

$$= 32802.65 \text{ kg}$$



Jumlah baut yang dibutuhkan (diambil jumlah yang terbesar antara gaya geser dan gaya tarik yang terjadi)

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{11291.15}{21868.43} = 0.52$$

terhadap gaya tarik

$$n = \frac{T}{\phi V_n} = \frac{264363.98}{21868.43} = 12.09 \approx 16 \text{ buah}$$

#### 6.4.9 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Dari hasil output SAP2000 didapatkan gaya dalam sebagai berikut :

$$V_u = 19808.99 \text{ kg}$$

$$M_u = 5554828.5 \text{ kg.m}$$

Data Perencanaan :

Kolom	=	KC 800 x 300 x 14 x 26
Balok	=	CB 712.5 x 300 x 11 x 15
Diameter baut	=	30 mm
Luas baut	=	7.07 cm <sup>2</sup>
Profil BJ 41,	$f_y$	= 250 MPa = 2500 kg/cm <sup>2</sup>
	$f_u$	= 410 MPa = 4100 kg/cm <sup>2</sup>
Baut A325,	$f_u$	= 825 MPa = 8250 kg/cm <sup>2</sup>

##### a. Perencanaan Kekuatan Sambungan Baut

Kuat geser baut

$$\phi R_n = \phi f_u^b A_b m$$

$$= 0.75 \times 8250 \times 7.07 \times 1$$

$$= 43736.86 \text{ kg}$$

Kuat tumpu baut

$$\phi R_n = \phi 2.4 d_b t f_u$$

$$= 0.75 \times 2.4 \times 3 \times 1.8 \times 4100$$

$$= 39852 \text{ kg (menentukan)}$$

Kontrol geser

$$V_u = \frac{P_u}{n} = \frac{19808.99}{14} = 1414.93 \text{ kg} < 39852 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kontrol tarik

$$f_{uv} = \frac{V_u}{A} = \frac{1414.93}{7.07} = 200.17 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_t &= (1.3 \times f_u^b - 1.5 \times f_{uv}) \\ &= (1.3 \times 8250 - 1.5 \times 200.17) \\ &= 10424.74 \text{ kg/cm}^2 > 8250 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

b. Perencanaan Kekuatan Sambungan Las

Direncanakan las dengan  $t_e = 1 \text{ cm}$

$$\begin{aligned} A_1 &= t_e \cdot (2 \cdot d_1) + (2 \cdot d_2) + (2 \cdot b_f) \\ &= 1 \times ((2 \times (71.25 - (2 \times 1.5))) + (2 \times (30 - 1.1)) + (2 \times 30)) \\ &= 254.3 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_x &= \left[ 4 \left( \frac{1}{12} \cdot \frac{30-1.1}{2} \cdot 1^3 + \frac{30-1.1}{2} \cdot 1 \cdot \left( \frac{71.25-(2 \times 1.5)}{2} \right)^2 \right) \right] \\ &\quad + \left[ 2 \left( \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot (71.25 - 2 \times 1.5)^3 \right) \right] \\ &= 120299.26 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$S_x = \frac{I_x}{Y_{max}} = \frac{120299.26}{35.625} = 3376.82 \text{ cm}^3$$

Akibat beban geser sentris

$$f_v = \frac{P_u}{A} = \frac{19808.99}{254.3} = 77.90 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban momen lentur

$$f_h = \frac{M_u}{S_x} = \frac{5554828.5}{3376.82} = 1644.99 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{total} &= \sqrt{f_v^2 + f_h^2} \\ &= \sqrt{77.90^2 + 1644.99^2} \\ &= 1646.83 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{u\ las} &= 0.6 F_{EXX}(1+0.5 \sin^{1.5} \theta) \\
 &= 0.6 \times 4923.1 \times (1+0.5 \sin^{1.5} 0^\circ) \\
 &= 2953.86 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$te = \frac{f_{total}}{f_{u\ las}} = \frac{1646.83}{2953.86} = 0.56 \text{ cm}$$

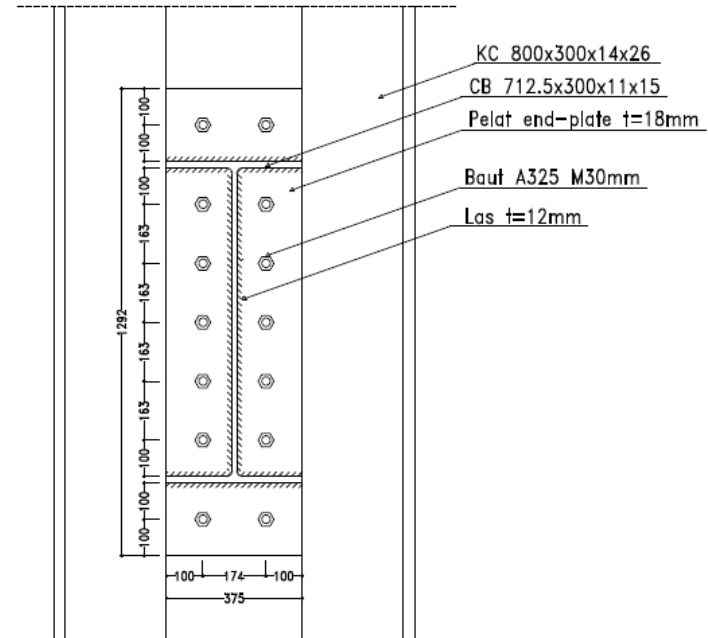
$$a = \frac{te}{0.707} = \frac{0.56}{0.707} = 0.79 \text{ cm} > (a \text{ min} = 6 \text{ mm})$$

dipakai las dengan ketebalan 1.2 cm

Kontrol sambungan

$$\begin{aligned}
 T_{u\ max} &= \frac{M_u \times Y_{max}}{\Sigma Y^2} \\
 &= \frac{5554828.5 \times 43.125}{(4 \times (8.375^2 + 25.125^2 + 43.125^2))} \\
 &= 23383.04 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_d &= \phi f_u^b A_b m \\
 &= 0.75 \times 8250 \times 7.07 \times 1 \\
 &= 43736.86 \text{ kg} > 23383.04 \text{ kg} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$



**Gambar 6.17** Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Tabel 6.1 Rekapitulasi Profil Kolom

Jenis Kolom	Profil Kolom King Cross				Analisa Struktur			Kontrol Momen Nominal			Persamaan Interaksi	
	L (m)	mm	mm	mm	Pu (kg)	Mux (kg.m)	Muy (kg.m)	ØVn	ØVn	Mu (kg.m)		
Kolom Lantai 1-6	4 KC	800	300	14	724939.90	32701.99	26671.77	179897.94	>	32701.99	<	0.983729
Kolom Lantai 7-11	4 KC	700	300	13	425058.45	29230.49	16139.17	140597.73	>	29230.49	<	0.735765
Kolom Lantai 12-14	4 KC	588	300	12	199630.13	23794.82	12740.71	96950.52	>	23794.82	<	0.673378

Tabel 6.2 Rekapitulasi Profil Balok Induk

Jenis Balok	L (m)	Profil Castlatted Beam			Kuat Momen Lentur			Kuat Geser			Lendutan			Persamaan Interaksi			
		mm	mm	mm	ØMn	Mu	ØVn	Yu	f'	f'	cm	cm	cm				
BALOK INDUK MELINTANG ATAP	9.2	CB	495.00	250	8	12	39797.73	>	24928.83	14307.50	>	10568.61	2.56	>	0.51	>	0.77
BALOK INDUK MEMANJANG ATAP	8	CB	432.5	200	9	14	32569.25	>	21745.89	13535.19	>	9144.62	2.22	>	0.68	>	0.72
Jenis Balok	L (m)	Profil Castlatted Beam			Kuat Momen Lentur			Kuat Geser			Lendutan			Persamaan Interaksi			
		mm	mm	mm	ØMn	Mu	ØVn	Yu	f'	f'	cm	cm	cm				
BALOK INDUK MELINTANG LT.12-13	9.2	CB	627.50	300	10	15	76760.28	>	51813.48	23224.12	>	19179.24	2.56	>	0.36	>	0.87
BALOK INDUK MEMANJANG LT.12-13	8.0	CB	562.50	300	9	14	62350.51	>	39419.40	18443.59	>	16048.15	2.22	>	0.46	>	0.91
BALOK INDUK MELINTANG LT.7-11	9.2	CB	710.00	200	10	16	69512.57	>	52640.34	27072.99	>	19202.05	2.56	>	0.34	>	0.94
BALOK INDUK MEMANJANG LT.7-11	8.0	CB	627.50	300	10	15	76760.28	>	45525.73	23224.12	>	18305.06	2.22	>	0.35	>	0.83
BALOK INDUK MELINTANG LT.2-6	9.2	CB	712.50	300	11	15	91820.57	>	55548.28	28823.88	>	19808.99	2.56	>	0.27	>	0.65
BALOK INDUK MEMANJANG LT.2-6	8	CB	710	200	10	16	69512.57	>	44836.03	27072.99	>	18491.42	2.22	>	0.35	>	0.70

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB VII

### PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH

#### 7.1 Umum

Pondasi merupakan bagian dari suatu struktur bangunan yang dikategorikan sebagai struktur bangunan bawah. Fungsi utama pondasi adalah menerima beban atau gaya total dari suatu bangunan dimulai dari ujung atas bangunan hingga ujung bawah bangunan hingga sampailah gaya tersebut pada pondasi yang nantinya oleh pondasi akan diterima dan disalurkan ke dalam tanah kembali. Dalam perencanaan suatu pondasi yang baik tidak hanya pondasi harus kuat dan aman namun harus ditinjau dari segi efisien dan memungkinkan pelaksanaannya di lapangan.

#### 7.2 Data Tanah

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah ditempat akan dibangunnya gedung. Dengan adanya penyelidikan tanah maka dapat diketahui dan direncanakannya kekuatan tanah dalam menahan beban yang akan disalurkan atau yang lebih dikenal dengan daya dukung tanah terhadap beban pondasi.

Data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan data penyelidikan tanah di lapangan. Data tanah yang telah tersedia dilapangan meliputi data penyelidikan tanah hasil uji Standard Penetration Test (SPT).

#### 7.3 Perencanaan Pondasi

Pondasi pada gedung hotel ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang prestress (*Prestressed Concrete Pile*) dengan penampang bulat berongga dari produk PT. WIKA Beton. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter tiang = 600 mm
- Tebal tiang = 100 mm

- Klasifikasi = A1
- *Concrete cross section* = 1570.80 cm<sup>2</sup>
- *Concrete section inertia* = 510508.81 cm<sup>4</sup>
- Berat = 393 kg/m
- *Bending moment crack* = 17 ton.m
- *Bending momen ultimate* = 25.5 ton.m
- *Allowable axial load* = 252.7 ton.m
- *Decompression Tension* = 70.52 ton

## 7.4 Daya Dukung Tanah

### 7.4.1 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 tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dengan kedalaman 26 m.

- $Q = Q_p + Q_s$
- $Q_p = q_p \cdot A_p$   
 $= (N_p \cdot K) \cdot A_p$   
 $= (16.20 \times 20) \cdot 0,283$   
 $= 91.65 \text{ ton}$



Dimana :

- $N_p$  = Harga rata-rata SPT di sekitar 4D di atas hingga 4D di bawah dasar tiang pondasi  
 $= \left( \frac{15 + 17 + 19 + 16 + 14}{5} \right) = 16.20$
- $K$  = Koefisien karakteristik tanah  
 $= 12 \text{ t/m}^2$ , untuk tanah lempung  
 $= 20 \text{ t/m}^2$ , untuk tanah lanau berlempung  
 $= 25 \text{ t/m}^2$ , untuk tanah lanau berpasir  
 $= 40 \text{ t/m}^2$ , untuk tanah pasir  
 $= 40 \text{ t/m}^2$ , untuk lempung sangat kaku (Poulos, H.G)
- $A_p$  = Luas penampang dasar tiang  
 $= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,6^2 = 0,283 \text{ m}^2$
- $q_p$  = tegangan di ujung tiang

$$\begin{aligned}
 - Q_s &= q_s \cdot A_s \\
 &= \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s \\
 &= \left( \frac{8,33}{3} + 1 \right) \cdot 49.03 = 185.22 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Dimana :

- $q_s$  = tegangan akibat lekatan lateral dalam  $\text{t/m}^2$   
 $N_s$  = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan :  $3 \leq N \leq 50$   
 $=$  Mulai dari kedalaman 3 m:  
 $= 5+2+2+2+2+2+2+3+3+3+3+4+5+7+11+16+14$   
 $+12+15+19+17+15+17+19 = 200$
- $N_s = (200 / 24) = 8,33$
- $A_s =$  keliling x panjang tiang yang terbenam  
 $= \pi \cdot 0,6 \cdot 26 = 49.03 \text{ m}^2$

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P_{ijin\ 1\ tiang} = \frac{Q}{SF} = \frac{91.65 + 185.22}{3} = 93.29\ ton$$

Dimana :

SF = safety factor = 3

N' = harga SPT di lapangan

N = harga SPT setelah dikoreksi =  $15 + [(N' - 15)/2]$

#### 7.4.2 Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok

Untuk daya dukung tiang pondasi grup harus dikalikan koefisien efisiensi  $C_e$ .

$$Q_{L\ (group)} = Q_{L\ (1\ tiang)} \times n \times C_e$$

Dimana :

n = jumlah tiang dalam group

*Perhitungan Koefisien  $C_e$*

Dengan menggunakan perumusan Converse – Laberre :

$$E_k = 1 - \theta \left[ \frac{(n - 1)m + (n - 1)m}{90mn} \right]$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

s = jarak antar tiang pancang

m = jumlah tiang pancang dalam 1 baris

n = jumlah baris tiang pancang

$\Theta$  = arc tg D/s (dalam derajat)

### 7.4.3 Repetisi Beban- Beban Diatas Tiang Kelompok

Bila diatas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (*poer*) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), maka besarnya beban vertikal ekivalen ( $P_v$ ) yang bekerja adalah :

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$$

dimana :

$P_v$  = beban vertikal ekivalen

V = beban vertikal dari kolom

N = banyaknya tiang dalam group

$M_x$  = 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

Nilai x dan y positif jika arahnya sama dengan arah e, dan negative bila berlawanan dengan arah e.

## 7.5 Perhitungan Pondasi

### 7.5.1 Daya Dukung Satu Tiang Pancang

Untuk daya dukung ini diambil nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah.

- Daya dukung bahan :

Dari spesifikasi bahan tiang pancang (tabel spesifikasi WIKA), didapat :

$$\overline{P}_{1tp} = 252.70 \text{ ton}$$

- Daya dukung tanah :

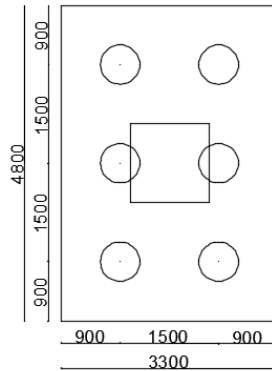
$$\overline{P}_{liang} = 93.29 \text{ ton}$$

Maka daya dukung satu tiang pondasi adalah 93.29 ton.

Perhitungan jarak tiang

$2,5D \leq S \leq 5D$	dengan $S$ = jarak antar tiang
$150 \leq S \leq 300$	dipakai $S = 150$ cm
$1,5D \leq S \leq 2D$	dengan $S$ = jarak tepi
$90 \leq S \leq 120$	dipakai $S = 90$ cm

Direncanakan pondasi tiang dengan 6 tiang pancang. Jarak dari as ke as tiang adalah 1.5 meter dengan konfigurasi sebagai berikut :



**Gambar 7.1** Pondasi Tiang Pancang

Direncanakan menggunakan tiang pancang  $\varnothing 60$  cm,

$$E_k = 1 - \left( \text{arc tgn} \frac{600}{1000} \right) \left[ \frac{(3-1)2 + (2-1)3}{90 \times 3 \times 2} \right]$$

$$= 0,6$$

Diambil tiang pancang dengan kedalaman ( $D$ ) 26 m dari perhitungan yang ditabelkan (terlampir), didapat nilai daya dukung satu tiang pancang :

$$P \text{ beban tetap} = 93.29 \text{ kg} \times 0,6 = 55.25 \text{ ton.}$$

Jadi diambil  $P$  beban tetap = 55.25 ton (dari daya dukung tanah).

### 7.5.2 Perhitungan Repetisi Beban Diatas Tiang Kelompok

Dari hasil analisis SAP 2000 pada kolom, diperoleh:

**Tabel 7.1** Hasil Analisis SAP 2000 Untuk Kolom

	(D + L)	(D + L + Ex)	(D + L + Ey)
P	554861.9	587658.1	574487.46
M <sub>x</sub>	-478.13	-35534.6	-19788.87
M <sub>y</sub>	-252.84	-16092.4	-29016.88
H <sub>x</sub>	1228.77	12006.36	7167.53
H <sub>y</sub>	72.73	4944.08	8915.72

$$P_i = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$$

$$\Sigma y^2 = 4 (1.5)^2 = 9 \text{ m}^2$$

$$\Sigma x^2 = 6 (0,75)^2 = 3.375 \text{ m}^2$$

Beban Tetap:

$$P_{D+L} = \frac{554861.9}{6} \pm \frac{252.84 \times 0,75}{3.375} \pm \frac{478.13 \times 1.5}{9}$$

$$= 92297.41 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})$$

Beban sementara:

$$P_{D+L+EX} = \frac{587658.1}{6} \pm \frac{16092.4 \times 0,75}{3.375} \pm \frac{35534.6 \times 1.5}{9}$$

$$= 85663.07 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})$$

$$P_{D+L+EY} = \frac{574487.46}{6} \pm \frac{29016.88 \times 0,75}{3.375} \pm \frac{19788.87 \times 1.5}{9}$$

$$= 80986.31 \text{ kg}$$

Kontrol beban tetap

$$P_{max} = 92297.41 \text{ kg} < Q_{ijin} = 93288.25 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

Kontrol beban sementara

$$P_{\max} = 85663.07 \text{ kg} < Q_{\text{ijin}} = 1.5 \times 93288.25 \text{ kg}$$

$$P_{\max} = 85663.07 \text{ kg} < Q_{\text{ijin}} = 139932.38 \text{ kg(OK)}$$

### 7.5.3 Perencanaan Poer pada Kolom

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

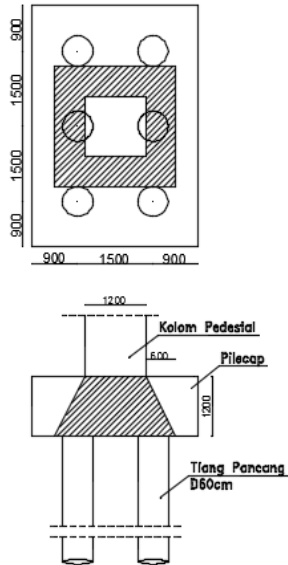
Data-data perancangan poer

- $P_{\max}$  ( 1 tiang ) = 93.28 ton
- Jumlah tiang pancang = 6 buah
- Dimensi poer = 3.3 x 4,8 x 1,2 m
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 30 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 400 MPa
- Diameter tulangan = 22 mm
- Selimut beton = 70 mm
- $\lambda$  = 1 (beton normal)
- $\alpha_s$  = 40 (kolom interior)
- Tinggi efektif ( $d$ )
- $d_x = 1200 - 70 - \frac{1}{2} 22 = 1119 \text{ mm}$
- $d_y = 1200 - 70 - 22 - \frac{1}{2}(22) = 1097 \text{ mm}$

### 7.5.4 Kontrol Geser Pons

#### - Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 03-2847-2012 Pasal 11.11.2.1.



**Gambar 7.2** Geser Ponds Akibat Kolom

Untuk pondasi tapak non- prategang ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

$$V_{c1} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d$$

$$V_{c2} = 0,333 \lambda \sqrt{f'c} b_o d$$

Dimana :

$\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek (daerah beban terpusat) =  $1200/1200 = 1$

Tebal efektif balok poer :

$$\text{Arah x (dx)} = 1200 - 70 - (1/2 \cdot 22) = 1119 \text{ mm}$$

Keliling penampang kritis :

$$b_o = 2 (b_k + d) + 2(h_k + d)$$

dimana :  $b_k$  = lebar penampang kolom

$h_k$  = tinggi penampang kolom

$d$  = tebal efektif poer

$$b_o = 2 (1200 + 1119) + 2 (1200 + 1119) = 9276 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 \cdot \sqrt{30} \times 9276 \times 1119 \\ &= 28426374 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c2} &= 0,333 \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\ &= 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \times 9276 \times 1119 \\ &= 18950916 \text{ N} \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 18950916 N

$$\begin{aligned} \emptyset V_c &= 0,6 \cdot 18950916 \text{ N} > P_u - P_{\text{mak}} \text{ kg} \\ \emptyset V_c &= 11370549 \text{ N} > 554861,9 - (93288,25) \\ &= 1137054,9 \text{ kg} > 461573,6 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

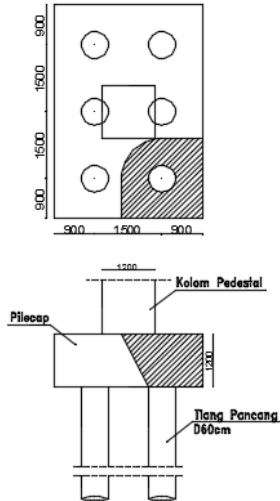
Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

- Akibat Pancang

$\beta$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek (daerah beban terpusat) =  $600/600 = 1$

$$\begin{aligned} b_o &= \pi \times (600 + 1119) \\ &= 5402,6 \text{ mm} \end{aligned}$$





**Gambar 7.3** Geser Ponds Akibat Tiang Pancang

$$\begin{aligned}
 V_{c1} &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 \cdot \sqrt{30} \times 5402,6 \times 1119 \\
 &= 16556222 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c2} &= 0,333 \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,333 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \times 5402,6 \times 1119 \\
 &= 11037481 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah 11037481 N

$$\phi V_c = 0,6 \cdot 11037481 \text{ N} > P_{\text{mak}}$$

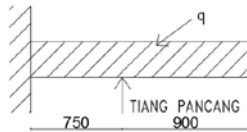
$$\phi V_c = 6622489 \text{ N} > 93288,25$$

$$= 662248,9 \text{ kg} > 93288,25 \text{ kg (OK)}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser ponds akibat pancang.

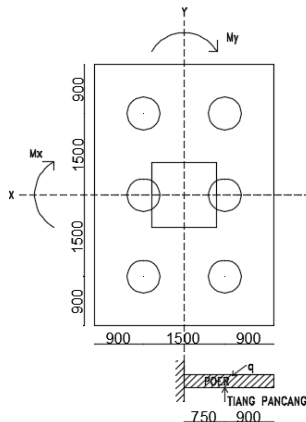
### 7.5.5. Penulangan Poer

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.



Gambar 7.4 Analisa Poer sebagai Balok Kantilever

### Penulangan Arah X



Gambar 7.5 Pembebanan Poer Kolom (Arah Sumbu X)

$$P_{\max} = 93.29 \text{ ton}$$

$$P = 3 \times 93.29 = 279.86 \text{ ton}$$

$$q = 2.4 \times 4.8 \times 1.2 = 13.82 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 13.82 \text{ ton/m} \times 1,2 = 16.59 \text{ ton/m}$$

$$M_u = 2P_{\max} a - \frac{1}{2} q_u x \cdot L^2$$

$$= (279.86 \times 0,75) - (\frac{1}{2} \times 16.59 \times (0,75+0,9)^2)$$

$$= 187.32 \text{ ton.m} = 1873170585 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}
 dx &= 1200 - 75 - \frac{1}{2} \cdot 29 = 1110.5 \text{ mm} \\
 dy &= 1200 - 75 - 29 - \frac{1}{2} \cdot 29 = 1081.5 \text{ mm} \\
 Mn &= \frac{Mu}{\phi} = \frac{1873170585}{0.9} = 2081300650 \text{ Nmm} \\
 m &= \frac{fy}{0.85 \cdot f'c} = \frac{400}{0.85 \cdot 30} = 15.69 \\
 \rho_{\min} &= 0,002 \\
 \rho_{\text{bal}} &= \frac{0.85 \cdot f'c \cdot \beta \left( \frac{600}{600+fy} \right)}{fy} \\
 &= \frac{0.85 \cdot 30 \cdot 0.85 \left( \frac{600}{600+400} \right)}{400} = 0,033 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \rho b = 0,75 \times 0,033 = 0,0244 \\
 Rn &= \frac{Mn}{bd^2} = \frac{2081300650}{1000 \times 1110.5^2} = 1.69 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{15.69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 1.69}{400}} \right) \\
 &= 0,0044
 \end{aligned}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 As &= \rho \times b \times d_x \\
 &= 0,0044 \times 1000 \times 1110.5 \\
 &= 4886.2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

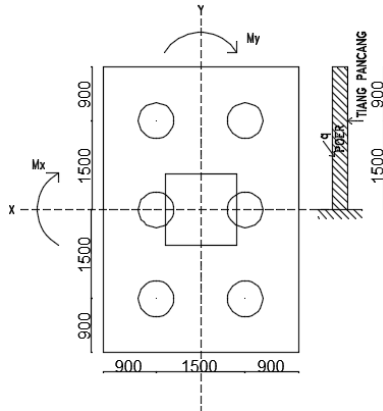
Digunakan Tulangan D29 ( $As = 660.52 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{4886.2}{660.52} = 8 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{8} = 125$$

Digunakan tulangan lentur D29–125 mm

## Penulangan Arah Y



**Gambar 7.6** Pembebanan Poer Kolom (Arah Sumbu Y)

$$P_{\max} = 93.29 \text{ ton}$$

$$P = 2 \times 93.29 = 186.58 \text{ ton}$$

$$q = 2,4 \times 3,3 \times 1,2 = 9,5 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 9,5 \text{ ton/m} \times 1,2 = 11,4 \text{ ton/m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 2P_{\max} a - \frac{1}{2} q_u y. L^2 \\ &= (186.58 \times 1.5) - \left(\frac{1}{2} \times 11.4 \times (1.5+0,9)^2\right) \\ &= 247.02 \text{ ton.m} \\ &= 2470189260 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$d_x = 1200 - 75 - \frac{1}{2} \cdot 29 = 1110.5 \text{ mm}$$

$$d_y = 1200 - 75 - 29 - \frac{1}{2} \cdot 29 = 1081.5 \text{ mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{2470189260}{0,9} = 2744654733 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,69$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{bal}} &= \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta \left( \frac{600}{600+fy} \right)}{fy} \\ &= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \left( \frac{600}{600+400} \right)}{400} = 0,033 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,033 = 0,0244$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} = \frac{2744654733}{1000 \times 1081,5^2} = 2,35$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m.Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15.69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 2.35}{400}} \right) \\ &= 0,0061\end{aligned}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0,0061 \times 1000 \times 1081.5 \\ &= 6597.15 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D29 ( $A_s = 660.52 \text{ mm}^2$ )

$$\text{Jumlah tulangan Perlu} = \frac{6597.15}{660.52} = 10 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak tulangan terpasang} = \frac{1000}{10} = 100$$

Digunakan tulangan lentur D29–100 mm

## 7.7. Perencanaan Kolom Pedestal

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil perhitungan struktur primer pada bab sebelumnya.

$$\begin{aligned}P_u &= 724939.9 \text{ kg} \\ V_u &= 11291.15 \text{ kg} \\ M_u &= 32701.99 \text{ kgm}\end{aligned}$$

- Data perencanaan kolom :

$$\begin{aligned}b &= 1200 \text{ mm} \\ h &= 1200 \text{ mm} \\ A_g &= 1440000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Mutu bahan :

$$f'_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

Selimut beton = 40 mm

Tulangan sengkang =  $\varnothing 12$  mm

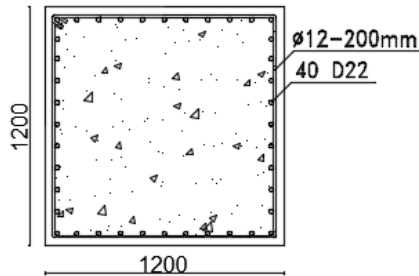
Tulangan utama =  $\varnothing 22$  mm

Tinggi efektif =  $1200 - (40 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 22) = 1137$  mm

- Penulangan Lentur pada Kolom

Dari PCACOL didapat nilai  $\rho = 1.08 \%$





**Gambar 7.8** Penulangan Kolom Pedestal

- Perhitungan Panjang Penyaluran

$$l_{dh} = (0,24 \psi_e f_y / \lambda \sqrt{f'_c}) d_b$$

Untuk kasus lainnya  $\psi_e$  dan  $\lambda$  harus diambil sebesar 1,0

$$\begin{aligned} l_{dh} &= (0,24 \times 1 \times 400 / 1 \sqrt{30}) 22 \\ &= 385,59 \text{ mm} \approx 390 \text{ mm} \end{aligned}$$

## 7.8. Perencanaan Sloof Pondasi

Struktur sloof digunakan untuk membuat penurunan secara bersamaan pada pondasi atau sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya. Adapun beban –beban yang ditimpakan ke sloof meliputi : berat sendiri sloof, berat dinding pada lantai paling bawah, beban aksial tekan atau tarik yang berasal dari 10% beban aksial kolom.

Dimensi sloof:	b	= 400 mm
	h	= 600 mm
	$A_g$	= 240000 mm <sup>2</sup>
Mutu bahan:	$f'_c$	= 30 MPa
	$f_y$	= 400 MPa
Selimut beton		= 40 mm
Tul. sengkang		= Ø12

$$\begin{aligned}
 \text{Tul. utama} &= \text{D22} \\
 \text{Tinggi efektif (d)} &= 600 - (40 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 22) \\
 &= 537 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Beban-beban yang terjadi pada sloof :
 

Beban dinding $1.2 \times 108 \times 4$	= 518.4 kg/m
Berat sloof $1.2 \times 0.40 \times 0.60 \times 2400$	= <u>691.2 kg/m</u>
<b>Qu</b>	<b>= 1209.6 kg/m</b>

Panjang sloof = 8 m

$$\begin{aligned}
 \text{Mu} &= 1/12 \times q_u \times L^2 \\
 &= 1/12 \times 1209.6 \times 8^2 \\
 &= 6451.2 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{D (Vu)} &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\
 &= \frac{1}{2} \times 1209.6 \times 8 \\
 &= 4838.4 \text{ kg} = 48384 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Penulangan tarik pada sloof
 

Mu	= 6451.2 kgm = 64512000 Nmm
D (Vu)	= 4838.4 kg = 48384 N

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{V_u}{f_y} \\
 &= \frac{48384}{400} \\
 &= 120.96 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A'_s &= 0.5 A_s \\
 &= 0.5 \times 120.96 \\
 &= 60.48 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Mn} = \frac{\text{Mu}}{\phi} = \frac{64512000}{0.8} = 80640000 \text{ Nmm}$$



$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,69$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{bal}} &= \frac{0,85 \cdot f'c \cdot \beta}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) = 0,033 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,033 = 0,0244$$

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{80640000}{400 \times 537^2} = 0,69$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 0,69}{400}} \right) \\ &= 0,0017 \end{aligned}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{s1} &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,002 \times 400 \times 537 \\ &= 429,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_{s1}' &= 0,50 \times A_s \\ &= 214,8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tarik : } A_s + A_{s1} &= 214,8 + 429,6 \\ &= 644,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan tarik 4D22 ( $A_s = 1520,53 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan tekan : } A_s' + A_{s1}' &= 60,48 + 214,8 \\ &= 275,28 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan tekan 4D22 ( $A_s = 1520,53 \text{ mm}^2$ )

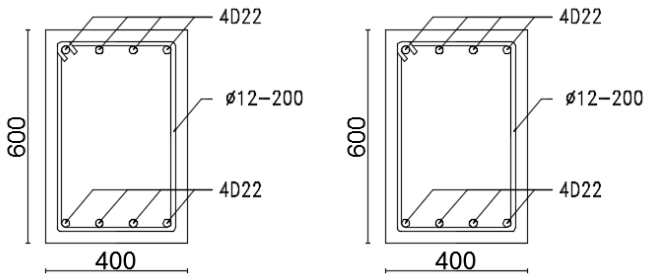
- Penulangan Geser Sloof

$$V_u = 48384 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$\begin{aligned} V_c &= 2 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d \\ &= 2 \left( 1 + \frac{7249399}{14 \cdot 240000} \right) \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 400 \times 537 \\ &= 1238297.95 \text{ N} > V_u = 48384 \text{ N} \end{aligned}$$

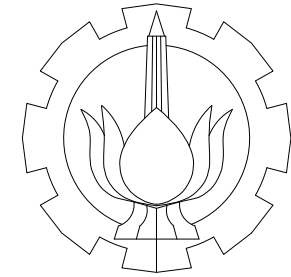
Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser  $\emptyset 12 - 200$ , sengkang 2 kaki.



**Gambar 7.9** Penulangan Sloof

# GAMBAR RENCANA

HOTEL SANTIKA



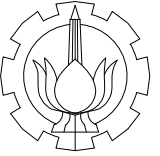
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL SANTIKA BEKASI  
DENGAN MENGGUNAKAN KING CROSS COLUMN DAN OCTOGONAL  
CASTELLATED BEAM

OLEH :  
ANDIRA SARI PURBONINGTYAS  
3114105020

DOSEN PEMBIMBING I :  
BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D

DOSEN PEMBIMBING II :  
Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2016



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
 GEDUNG HOTEL SANTIKA BEKASI DENGAN  
 MENGGUNAKAN KING CROSS COLUMN  
 DAN OCTOGONAL CASTELLATED BEAM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN PEMBIMBING I :  
 BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D

DOSEN PEMBIMBING II :  
 Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

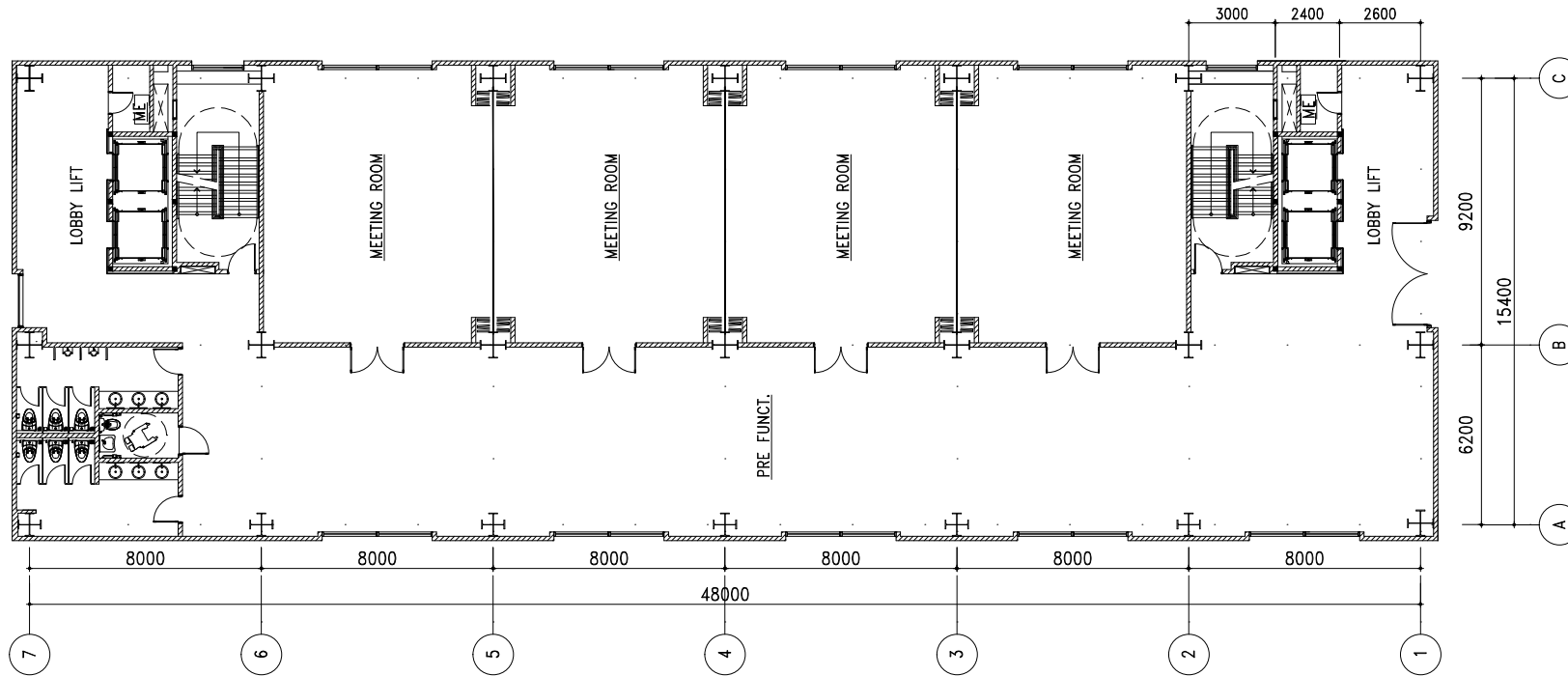
ANDIRA SARI PURBONINGTYAS  
 3114105020

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

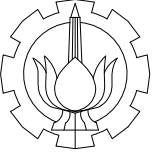
DENAH LANTAI 1

SKALA	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
1 : 250	ARS - 01	22



DENAH LANTAI 1  
 SCALE 1 : 250

LANTAI 1 = +200



JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
 GEDUNG HOTEL SANTIKA BEKASI DENGAN  
 MENGGUNAKAN KING CROSS COLUMN  
 DAN OCTOGONAL CASTELLATED BEAM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN PEMBIMBING I :  
 BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D

DOSEN PEMBIMBING II :  
 Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

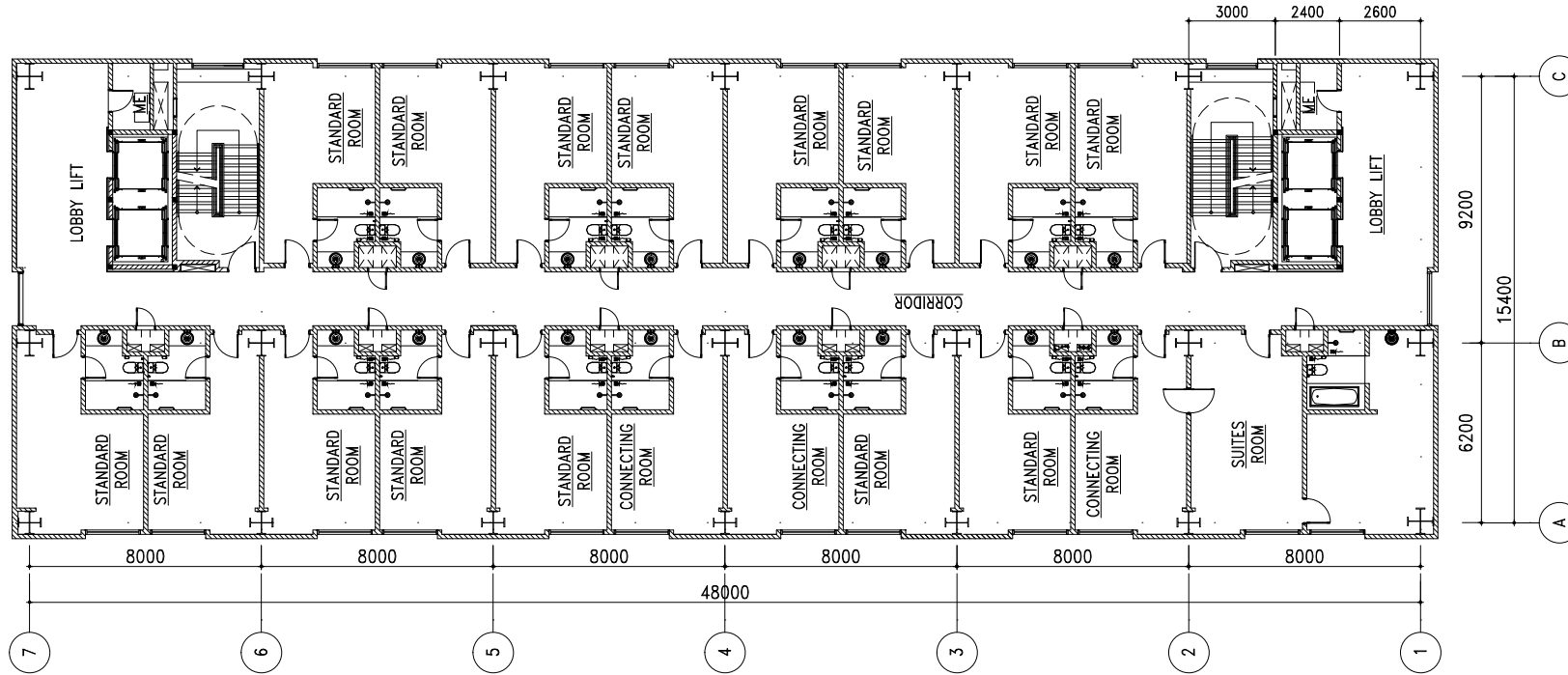
ANDIRA SARI PURBONINGTYAS  
 3114105020

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

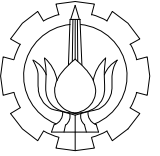
DENAH LANTAI 3-13

SKALA	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
1 : 250	ARS - 03	22



DENAH LANTAI 3-13  
 SCALE 1 : 250

- LANTAI 3 = + 8200
- LANTAI 4 = + 12200
- LANTAI 5 = + 16200
- LANTAI 6 = + 20200
- LANTAI 7 = + 24200
- LANTAI 8 = + 28200
- LANTAI 9 = + 32200
- LANTAI 10 = + 36200
- LANTAI 11 = + 40200
- LANTAI 12 = + 44200
- LANTAI 13 = + 48200
- LANTAI ATAP = + 52200



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
 GEDUNG HOTEL SANTIKA BEKASI DENGAN  
 MENGGUNAKAN *KING CROSS COLUMN*  
 DAN *OCTOGONAL CASTELLATED BEAM*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN PEMBIMBING I :  
 BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D

DOSEN PEMBIMBING II :  
 Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

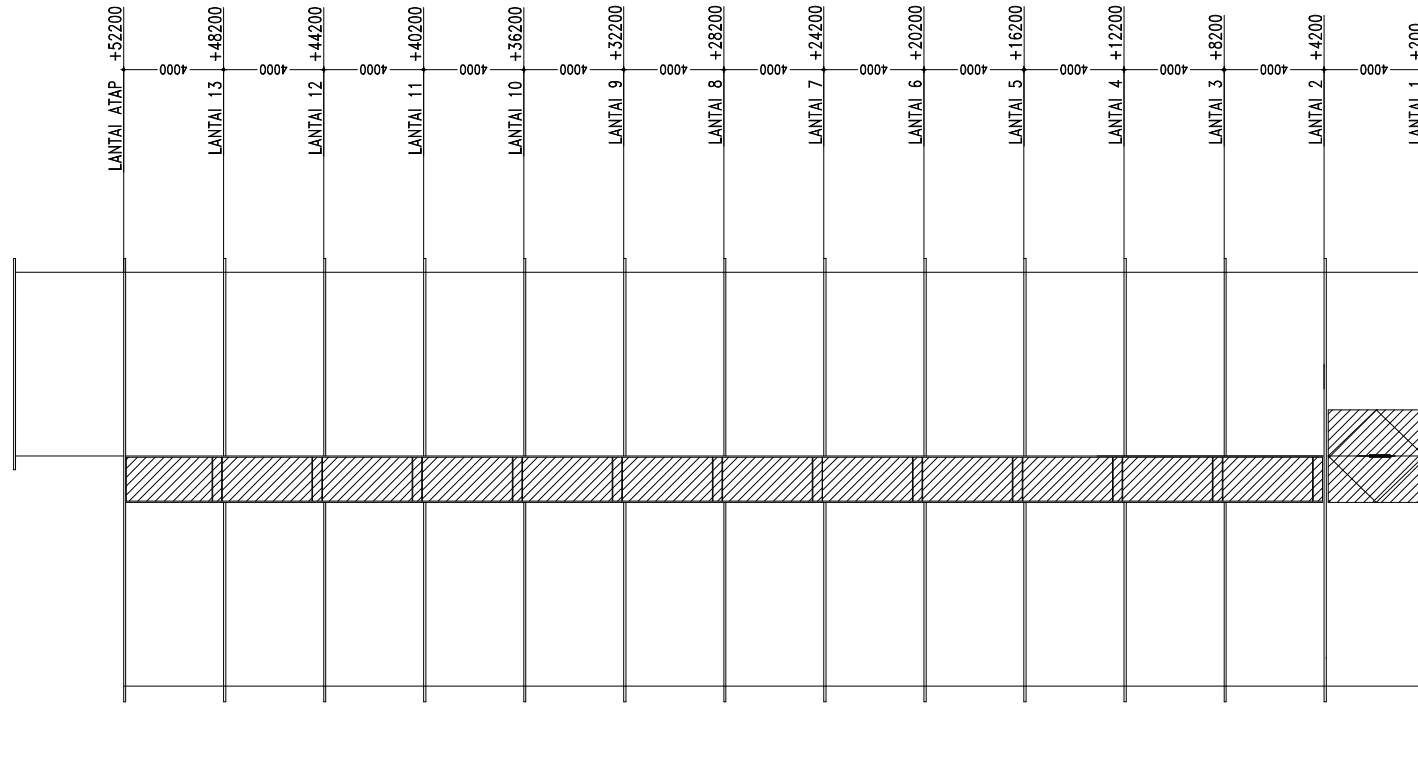
ANDIRA SARI PURBONINGTYAS  
 3114105020

REVISI	TANGGAL	CATATAN

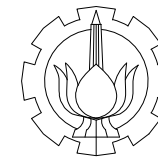
NAMA GAMBAR

TAMPAK UTARA

SKALA	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
1 : 300	ARS - 04	22



TAMPAK UTARA  
 SCALE 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
 GEDUNG HOTEL SANTIKA BEKASI DENGAN  
 MENGGUNAKAN *KING CROSS COLUMN*  
 DAN *OCTOGONAL CASTELLATED BEAM*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN PEMBIMBING I :  
 BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D

DOSEN PEMBIMBING II :  
 Ir. HEPPI KRISTIJANTO, MS

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

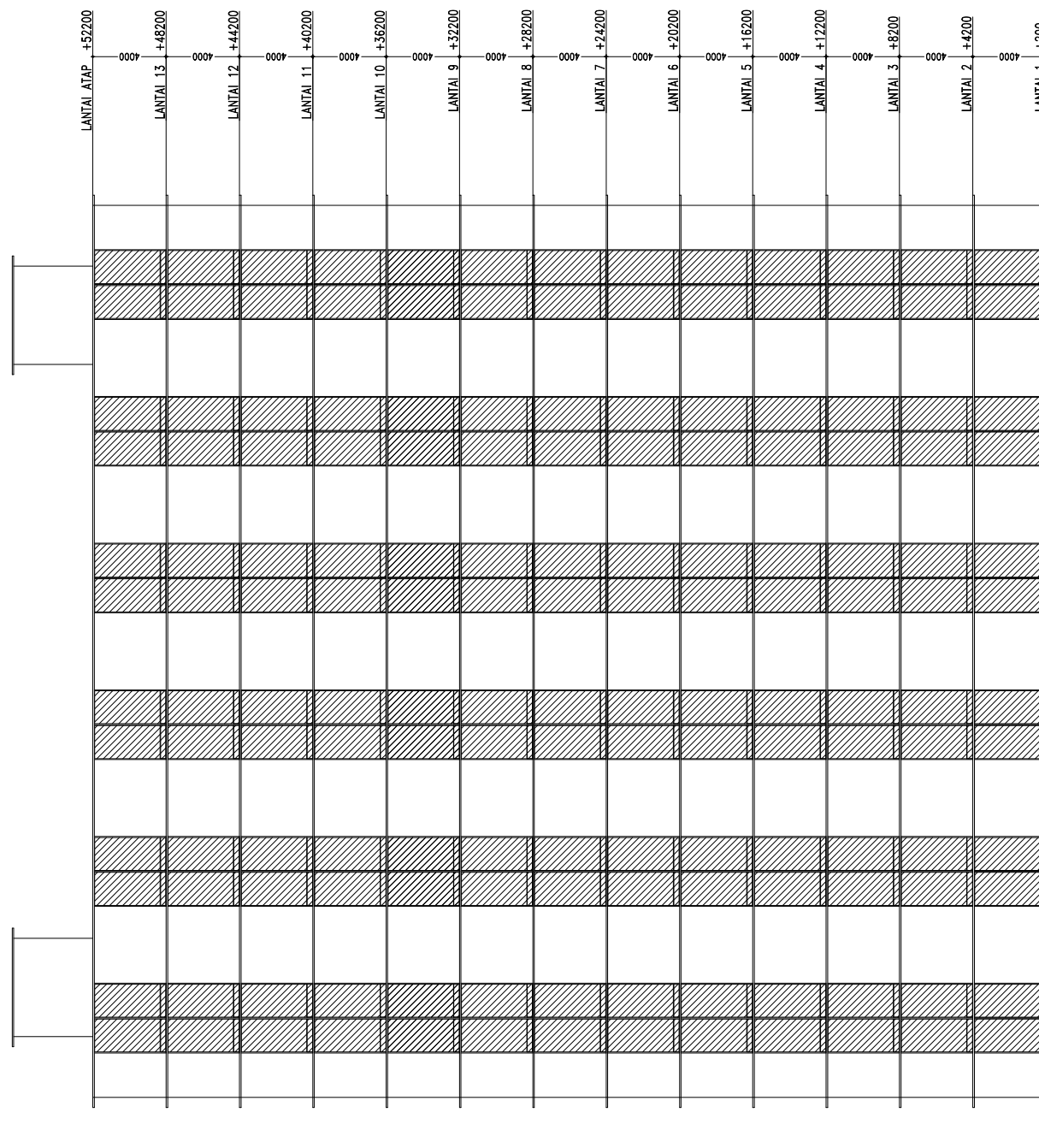
ANDIRA SARI PURBONINGTYAS  
 3114105020

REVISI	TANGGAL	CATATAN

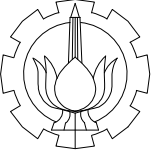
NAMA GAMBAR

TAMPAK BARAT

SKALA	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
1 : 350	ARS - 05	22



TAMPAK BARAT  
 SCALE 1 : 350



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
GEDUNG HOTEL SANTIKA BEKASI DENGAN  
MENGUNAKAN KING CROSS COLUMN  
DAN OCTOGONAL CASTELLATED BEAM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN PEMBIMBING I :  
BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D

DOSEN PEMBIMBING II :  
Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

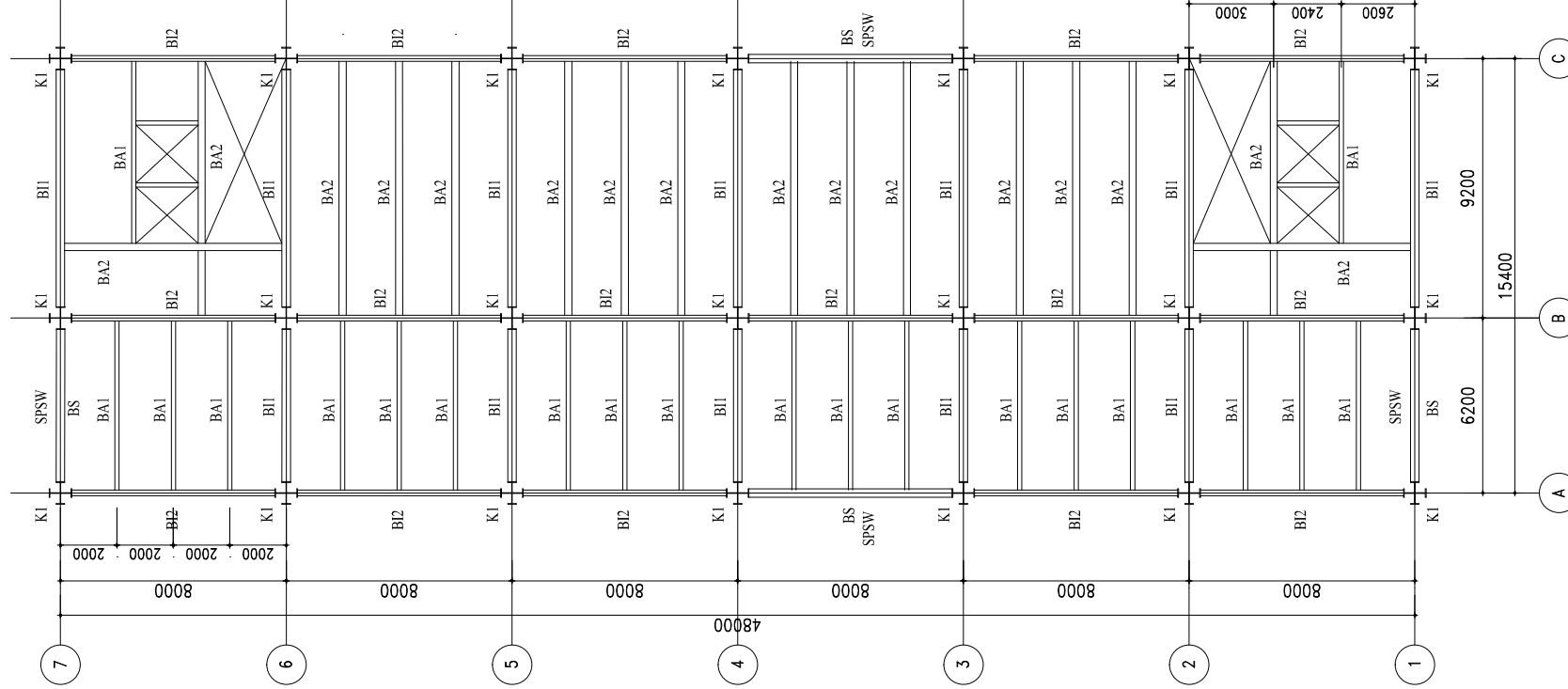
ANDIRA SARI PURBONINGTYAS  
3114105020

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN DAN KOLOM  
LANTAI 2-6

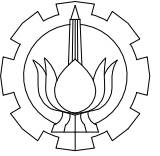
SKALA	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
1 : 250	STR - 06	22



DENAH PEMBALOKAN DAN KOLOM Lantai 2-6  
SCALE 1 : 250

- K1 = KC 800 x 300 x 14 x 26
- BI1 = CB 712.5 x 300 x 11 x 15
- BI2 = CB 710 x 200 x 10 x 16
- BA1 = WF 300 x 150 x 6.5 x 9
- BA2 = CB 495 x 250 x 8 x 12
- BS = WF 600 x 300 x 14 x 23





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
 GEDUNG HOTEL SANTIKA BEKASI DENGAN  
 MENGGUNAKAN *KING CROSS COLUMN*  
 DAN *OCTOGONAL CASTELLATED BEAM*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN PEMBIMBING I :  
 BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D

DOSEN PEMBIMBING II :  
 Ir. HEPPI KRISTIJANTO, MS

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

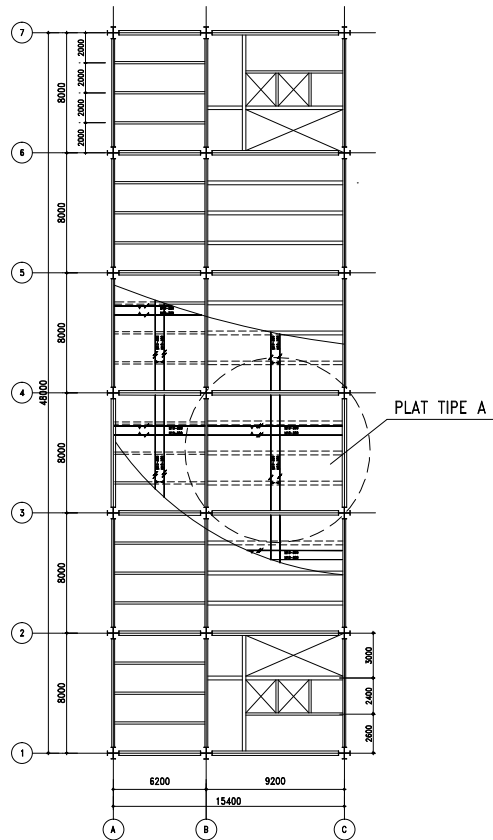
ANDIRA SARI PURBONINGTYAS  
 3114105020

REVISI	TANGGAL	CATATAN

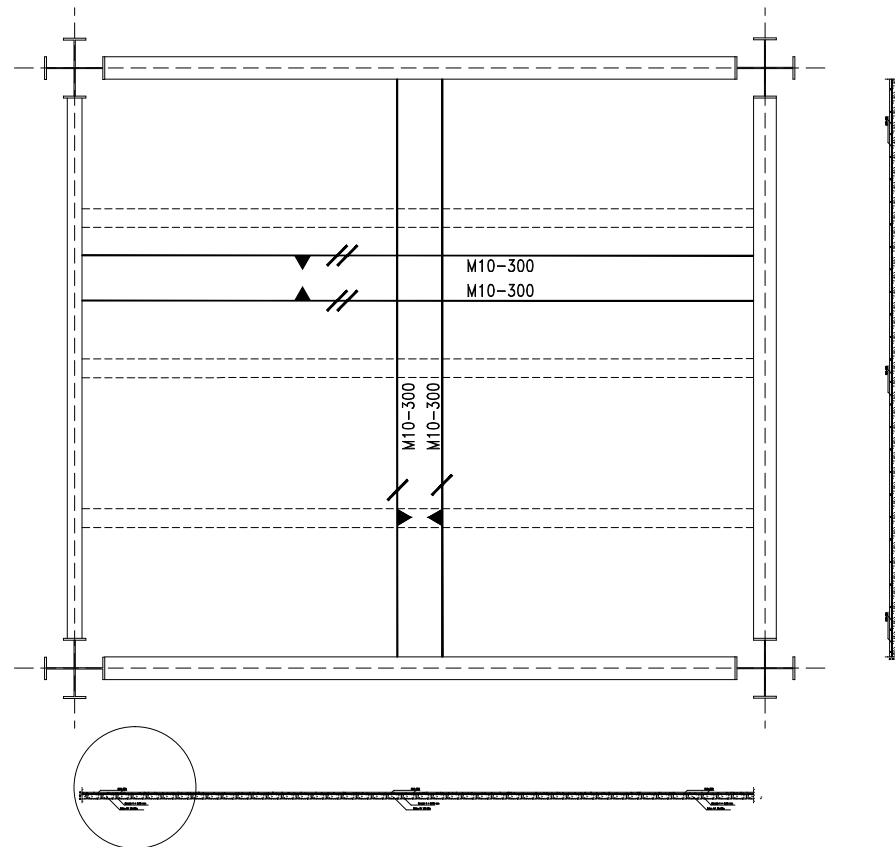
NAMA GAMBAR

DENAH PLAT LANTAI DAN ATAP  
 TIPE A

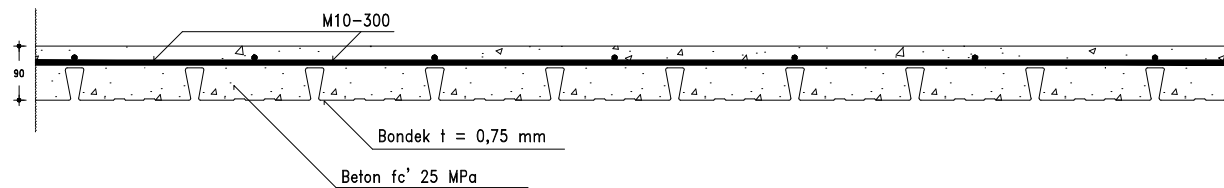
SKALA	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
	STR - 10	22



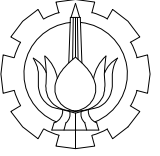
DENAH PLAT LANTAI DAN ATAP  
 SCALE 1 : 500



DETAIL A  
 SCALE 1 : 100



DETAIL A  
 SCALE 1 : 12.5



JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
GEDUNG HOTEL SANTIKA BEKASI DENGAN  
MENGUNAKAN *KING CROSS COLUMN*  
DAN *OCTOGONAL CASTELLATED BEAM*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN PEMBIMBING I :  
BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D

DOSEN PEMBIMBING II :  
Ir. HEPHY KRISTIJANTO, MS

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

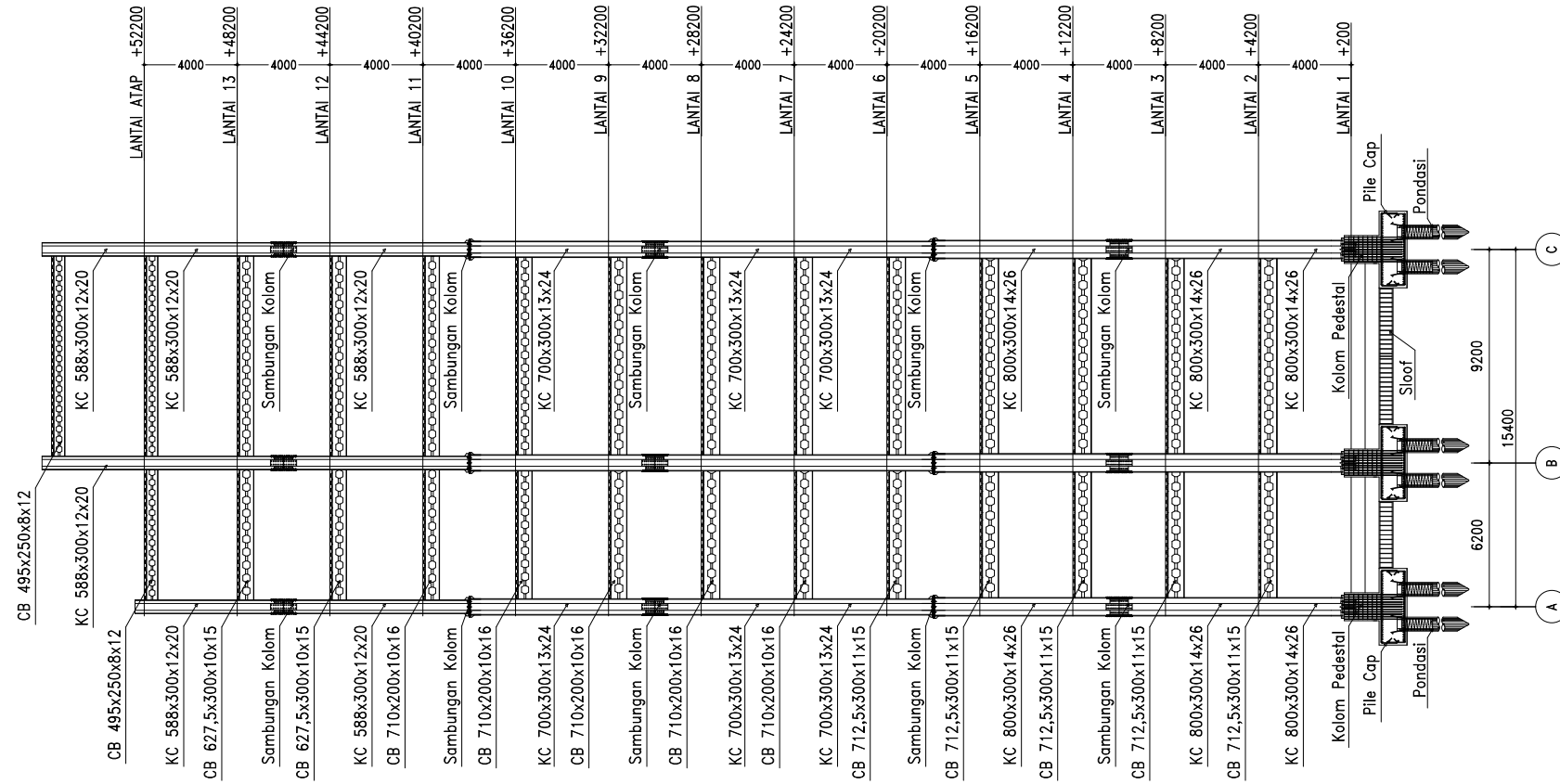
ANDIRA SARI PURBONINGTYAS  
3114105020

REVISI	TANGGAL	CATATAN

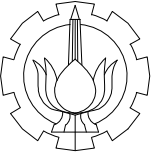
NAMA GAMBAR

POTONGAN A-A

SKALA	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
1 : 300	STR - 12	22



POTONGAN A-A  
SCALE 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
GEDUNG HOTEL SANTIKA BEKASI DENGAN  
MENGUNAKAN KING CROSS COLUMN  
DAN OCTOGONAL CASTELLATED BEAM

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN PEMBIMBING I :  
BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D

DOSEN PEMBIMBING II :  
Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

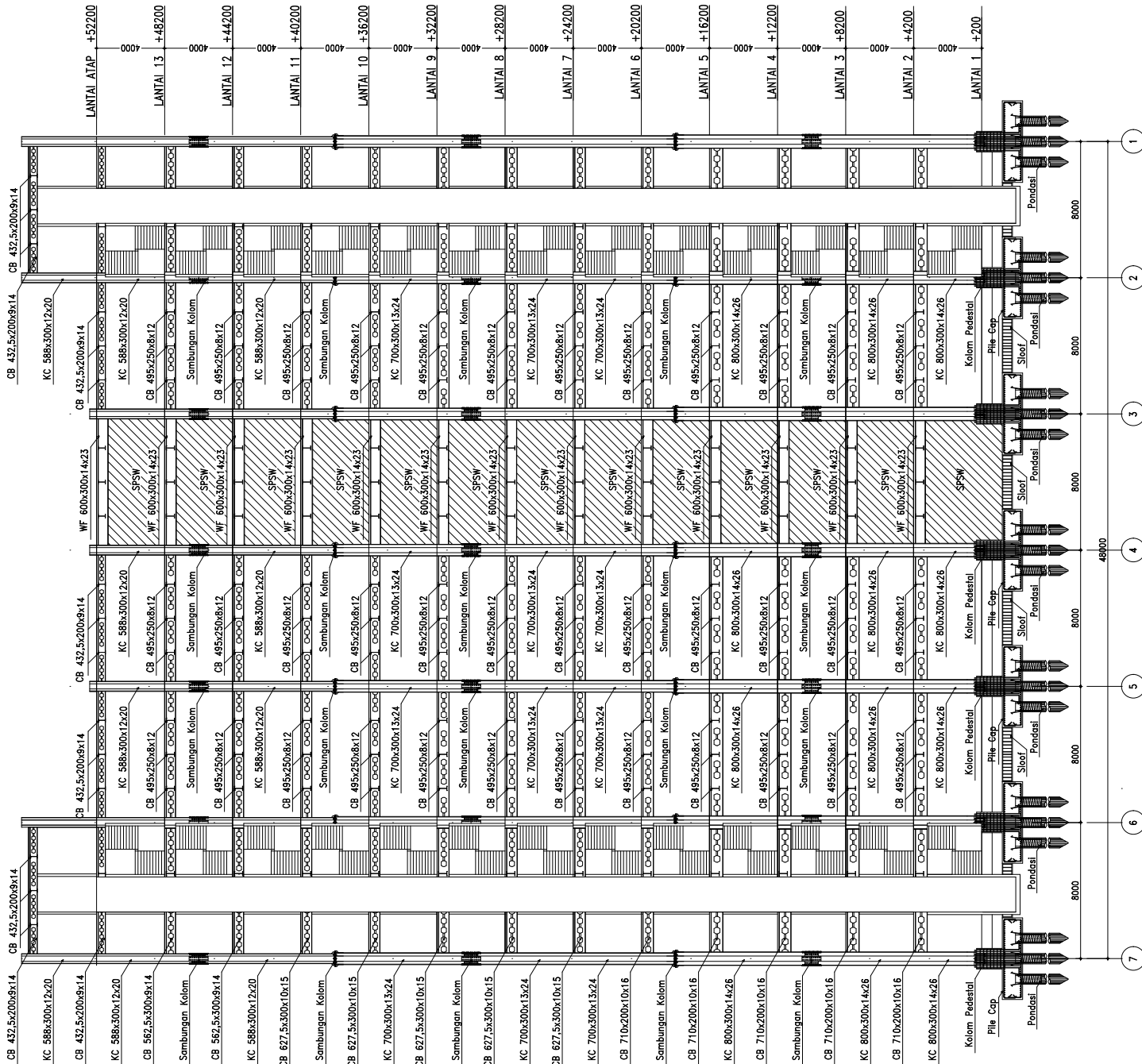
ANDIRA SARI PURBONINGTYAS  
3114105020

REVISI	TANGGAL	CATATAN

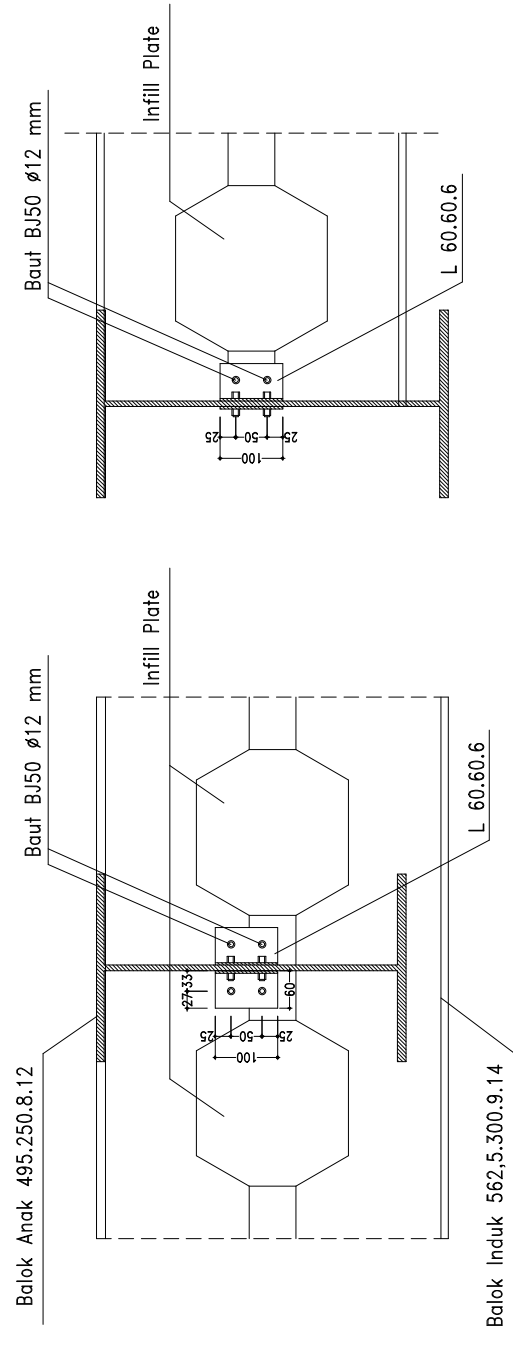
NAMA GAMBAR

POTONGAN B-B

SKALA	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
1 : 350	STR - 13	22

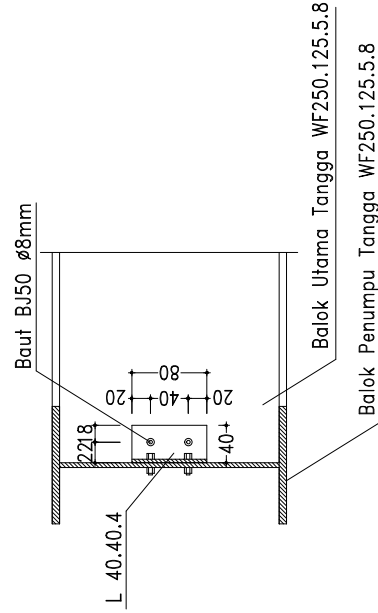


POTONGAN B-B  
SCALE 1 : 350

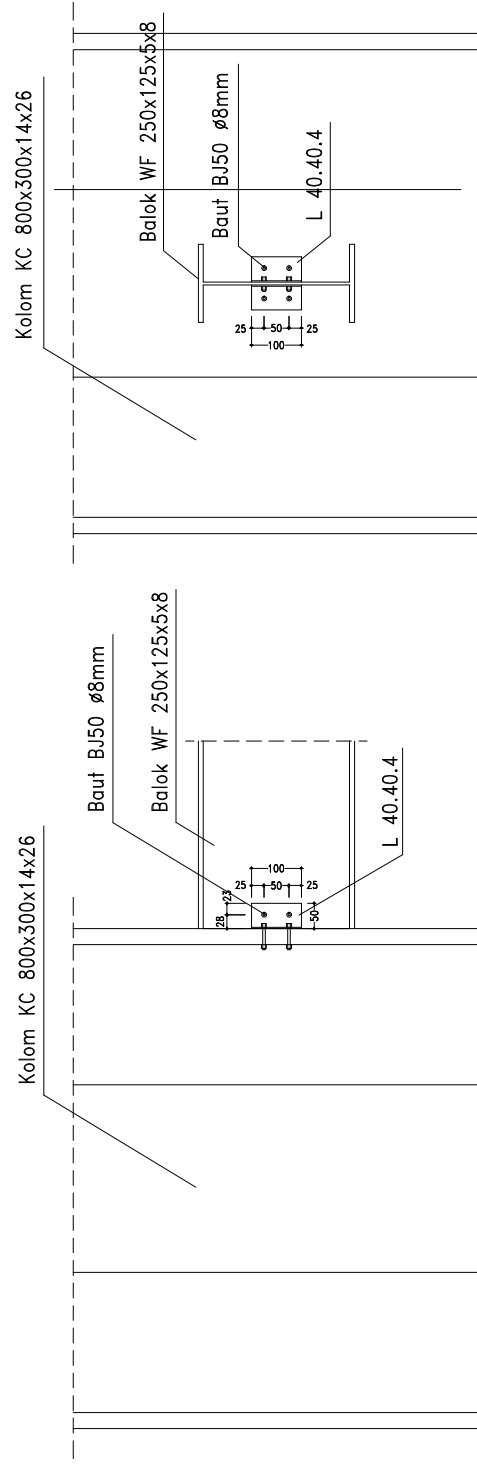


**SAMBUNGAN BALOK ANAK DENGAN BALOK INDUK**  
SCALE 1 : 15

**POTONGAN A-A**  
SCALE 1 : 15

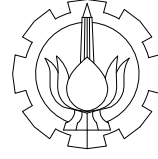


**SAMBUNGAN BALOK PENUMPU TANGGA DENGAN BALOK UTAMA TANGGA**  
SCALE 1 : 8



**SAMBUNGAN BALOK PENUMPU TANGGA DENGAN KOLOM**  
SCALE 1 : 15

**POTONGAN A-A**  
SCALE 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
GEDUNG HOTEL SANTIKA BEKASI DENGAN  
MENGUNAKAN *KING CROSS COLUMN*  
DAN *OCTOGONAL CASTELLATED BEAM*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN PEMBIMBING I :  
BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D

DOSEN PEMBIMBING II :  
Ir. HEPPY KRISTIANTO, MS

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

ANDIRA SARI PURBONINGTYAS  
3114105020

REVISI	TANGGAL	CATATAN

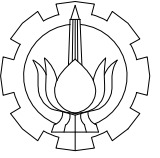
NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK

SKALA	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
	STR - 15	22

STR - 15

22



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
 GEDUNG HOTEL SANTIKA BEKASI DENGAN  
 MENGGUNAKAN *KING CROSS COLUMN*  
 DAN *OCTOGONAL CASTELLATED BEAM*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN PEMBIMBING I :  
 BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D

DOSEN PEMBIMBING II :  
 Ir. HEPHY KRISTIJANTO, MS

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

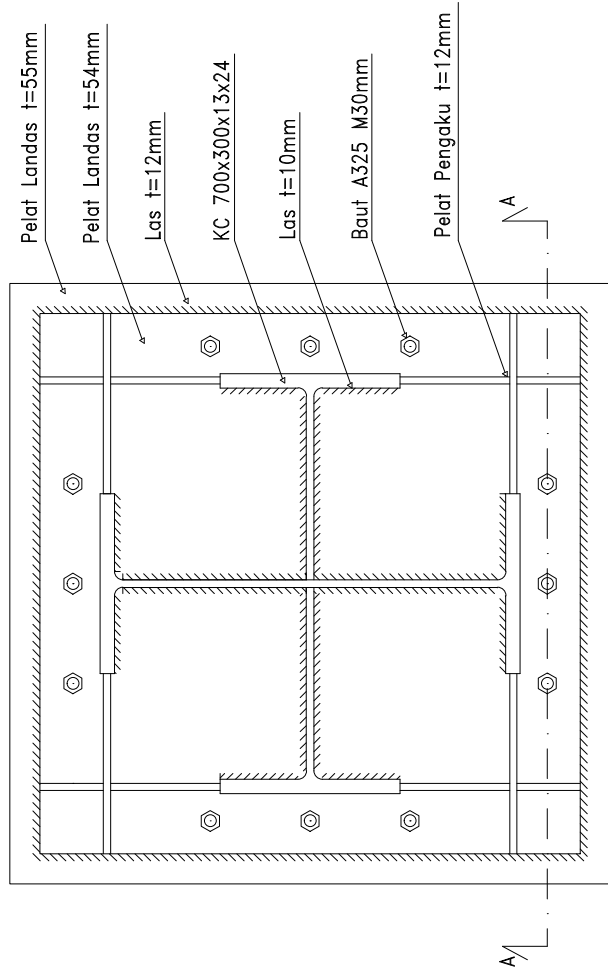
ANDIRA SARI PURBONINGTYAS  
 3114105020

REVISI	TANGGAL	CATATAN

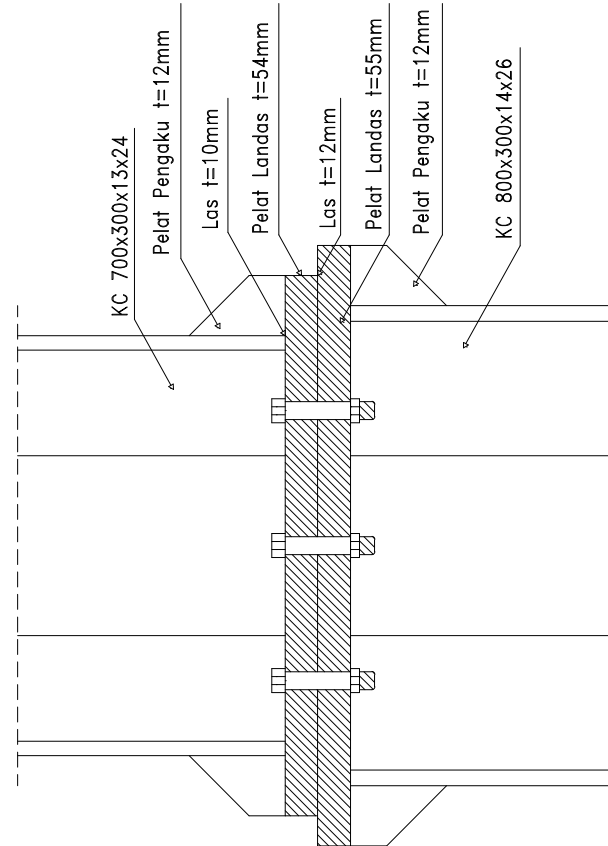
NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN KOLOM B

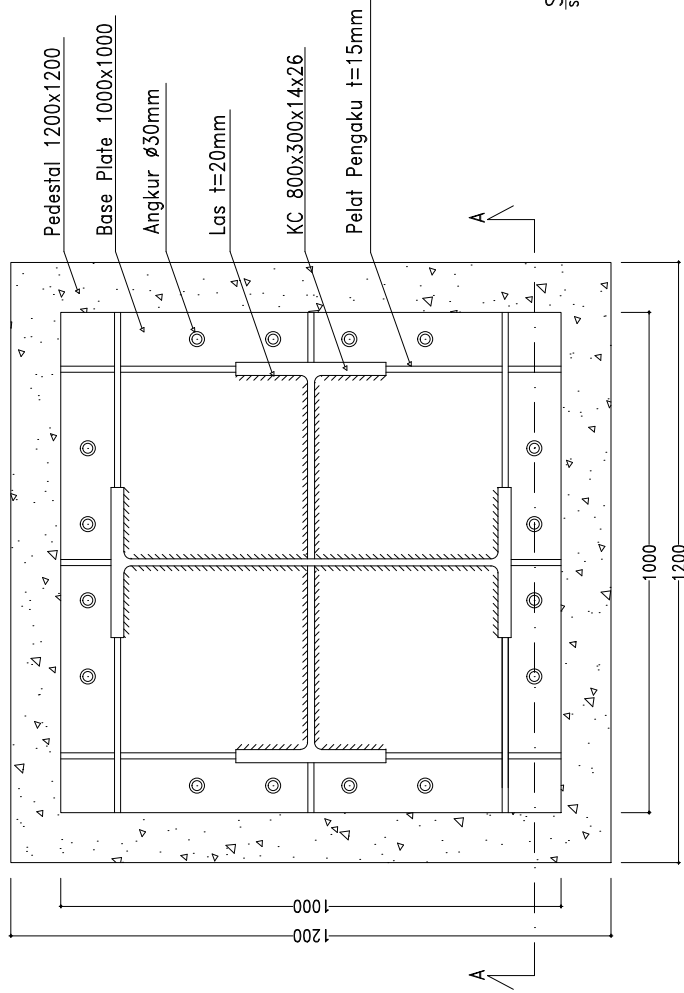
SKALA	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
1 : 12.5	STR - 17	22



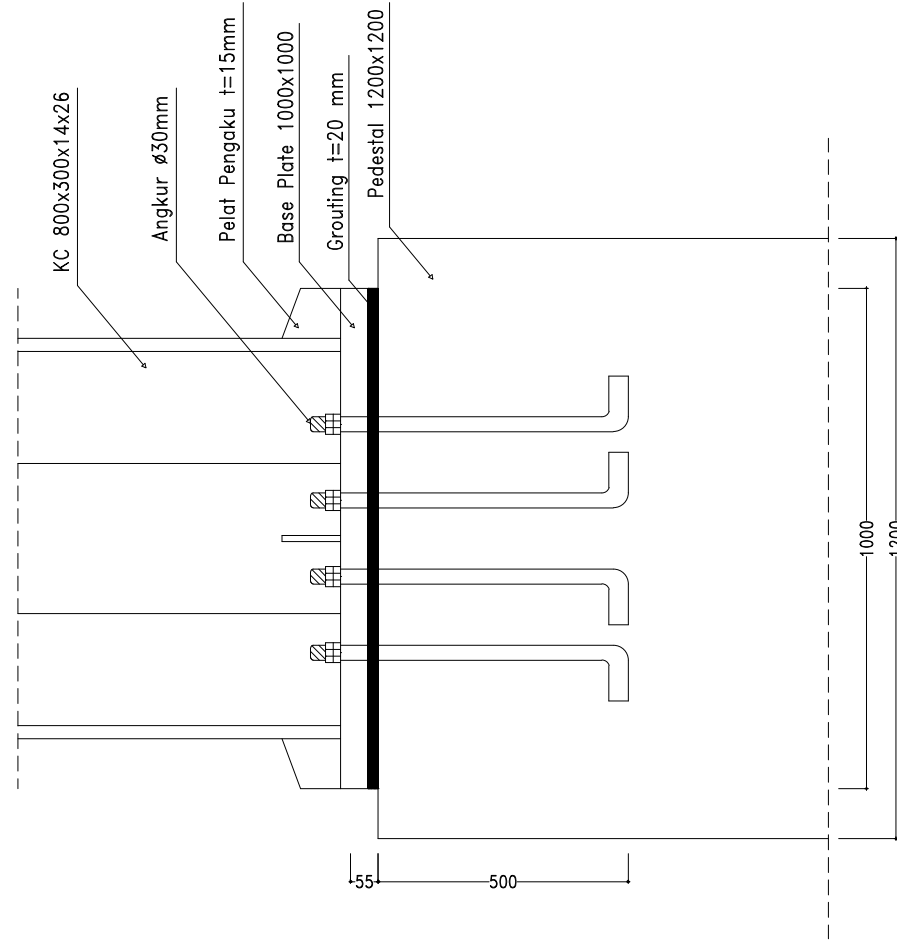
SAMBUNGAN KOLOM  
 SCALE 1 : 12.5



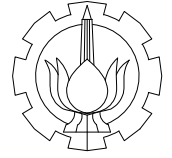
POTONGAN A-A  
 SCALE 1 : 12.5



SAMBUNGAN BASEPLATE  
SCALE 1 : 15



POTONGAN A-A  
SCALE 1 : 15



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
GEDUNG HOTEL SANTIKA BEKASI DENGAN  
MENGUNAKAN *KING CROSS COLUMN*  
DAN *OCTAGONAL CASTELLATED BEAM*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN PEMBIMBING I :  
BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D

DOSEN PEMBIMBING II :  
Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

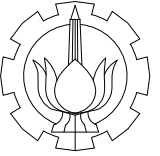
ANDIRA SARI PURBONINGTYAS  
3114105020

REVISI	TANGGAL	CATATAN

NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BASEPLATE

SKALA	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
1 : 15	STR - 18	22



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
 GEDUNG HOTEL SANTIKA BEKASI DENGAN  
 MENGGUNAKAN *KING CROSS COLUMN*  
 DAN *OCTOGONAL CASTELLATED BEAM*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN PEMBIMBING I :  
 BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D

DOSEN PEMBIMBING II :  
 Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

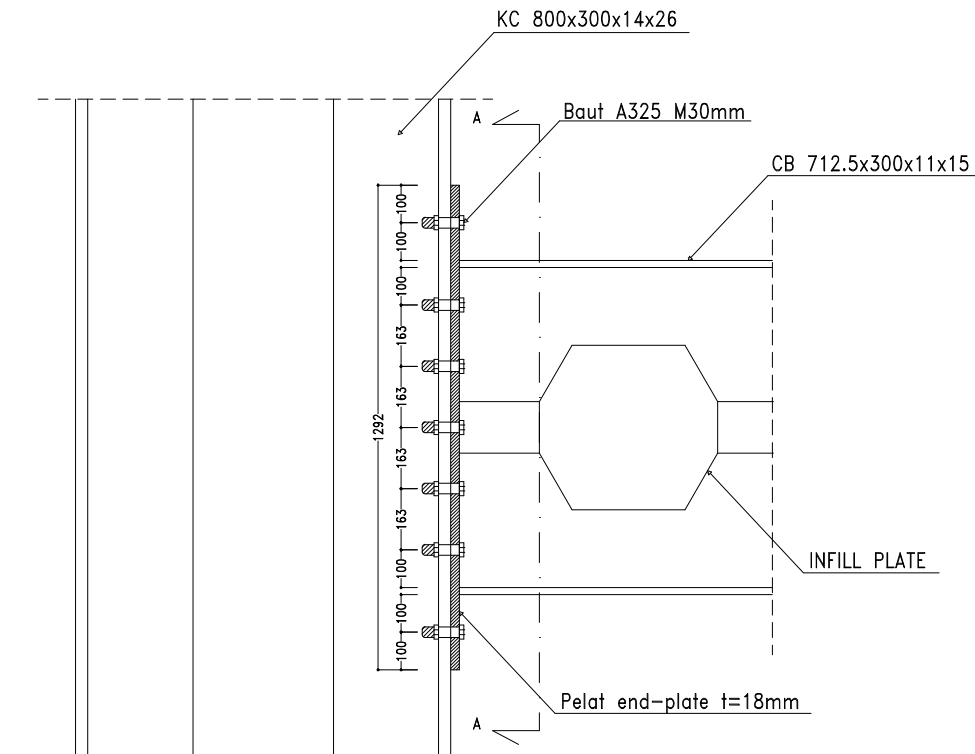
ANDIRA SARI PURBONINGTYAS  
 3114105020

REVISI	TANGGAL	CATATAN

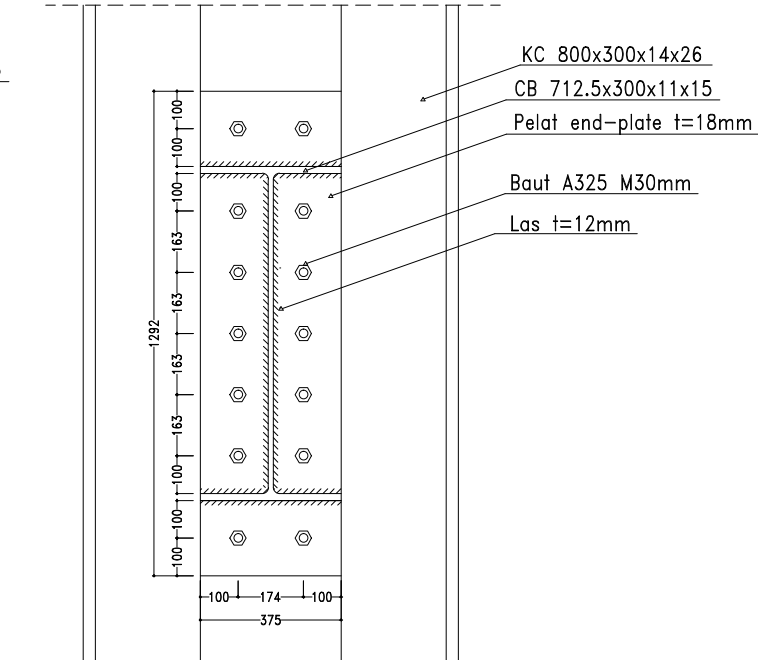
NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN KOLOM

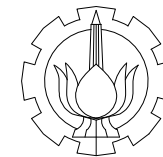
SKALA	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
1 : 20	STR - 19	22



SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN KOLOM  
 SCALE 1 : 20



POTONGAN A-A  
 SCALE 1 : 20



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
 GEDUNG HOTEL SANTIKA BEKASI DENGAN  
 MENGGUNAKAN *KING CROSS COLUMN*  
 DAN *OCTOGONAL CASTELLATED BEAM*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN PEMBIMBING I :  
 BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D

DOSEN PEMBIMBING II :  
 Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

ANDIRA SARI PURBONINGTYAS  
 3114105020

REVISI	TANGGAL	CATATAN

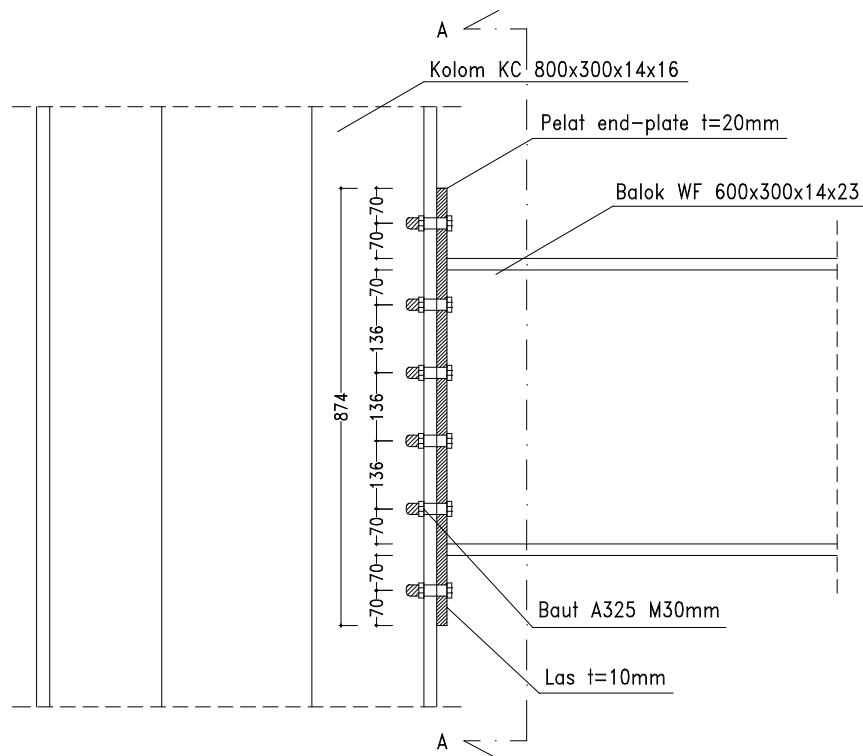
NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN SPSW

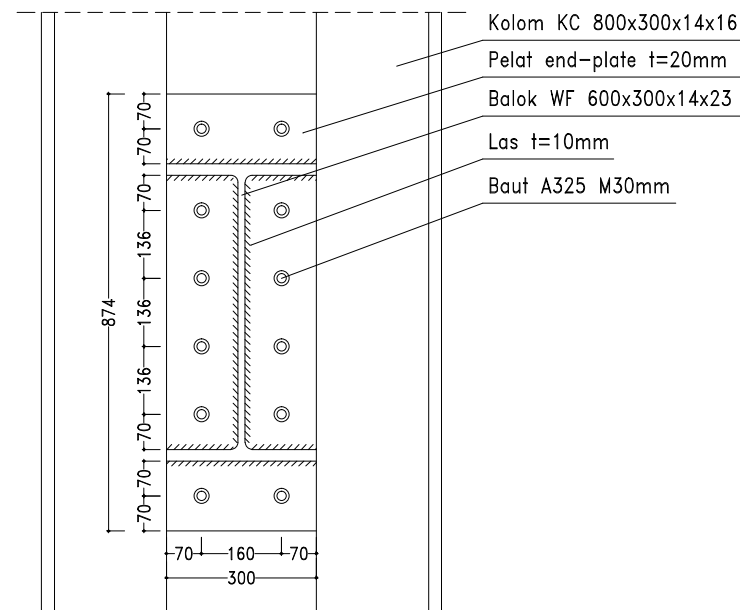
SKALA	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

STR - 20

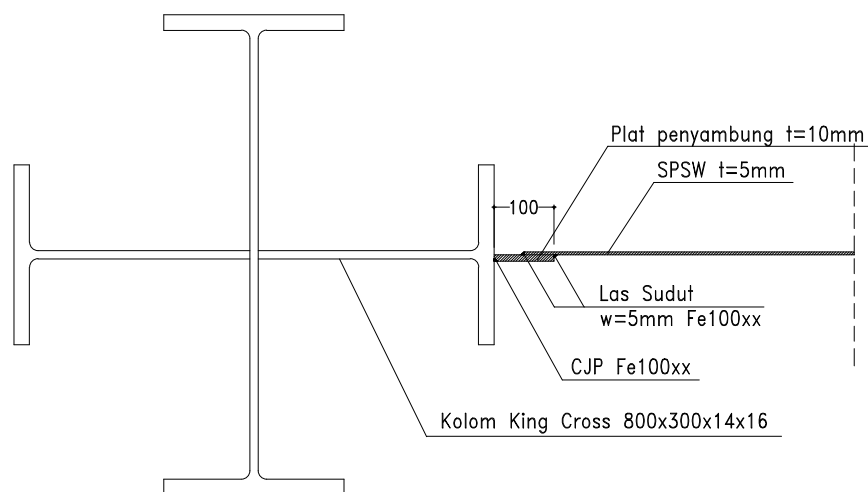
22



**SAMBUNGAN BALOK (HBE) DENGAN KOLOM (VBE)**  
 SCALE 1 : 15

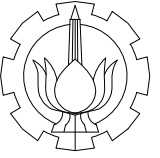


**POTONGAN A-A**  
 SCALE 1 : 15



**SAMBUNGAN SPSW DENGAN KOLOM**  
 SCALE 1 : 12.5





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
GEDUNG HOTEL SANTIKA BEKASI DENGAN  
MENGUNAKAN *KING CROSS COLUMN*  
DAN *OCTOGONAL CASTELLATED BEAM*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN PEMBIMBING I :  
BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D

DOSEN PEMBIMBING II :  
Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

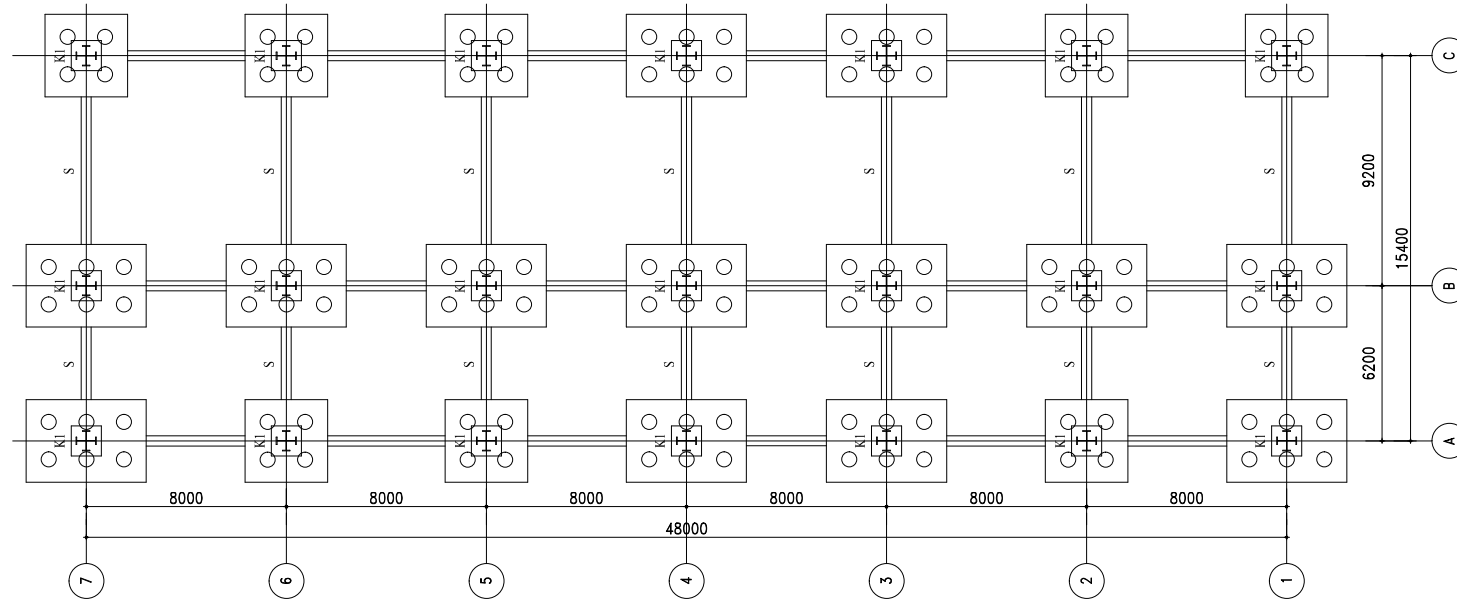
ANDIRA SARI PURBONINGTYAS  
3114105020

REVISI	TANGGAL	CATATAN

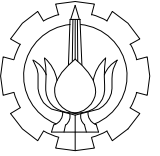
NAMA GAMBAR

DENAH PONDASI, SLOOF DAN KOLOM

SKALA	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
1 : 300	STR - 21	22



DENAH PONDASI, SLOOF DAN KOLOM  
SCALE 1 : 300



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
 GEDUNG HOTEL SANTIKA BEKASI DENGAN  
 MENGGUNAKAN *KING CROSS COLUMN*  
 DAN *OCTOGONAL CASTELLATED BEAM*

DOSEN PEMBIMBING

DOSEN PEMBIMBING I :

BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D

DOSEN PEMBIMBING II :

Ir. HEPHY KRISTIJANTO, MS

KETERANGAN

NAMA MAHASISWA

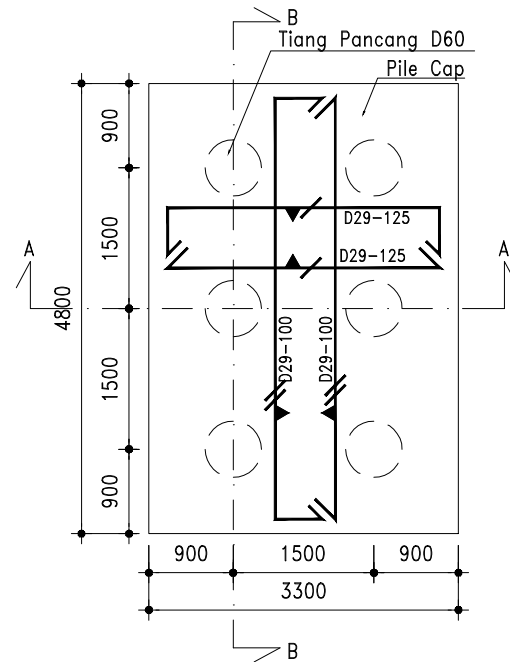
ANDIRA SARI PURBONINGTYAS  
 3114105020

REVISI	TANGGAL	CATATAN

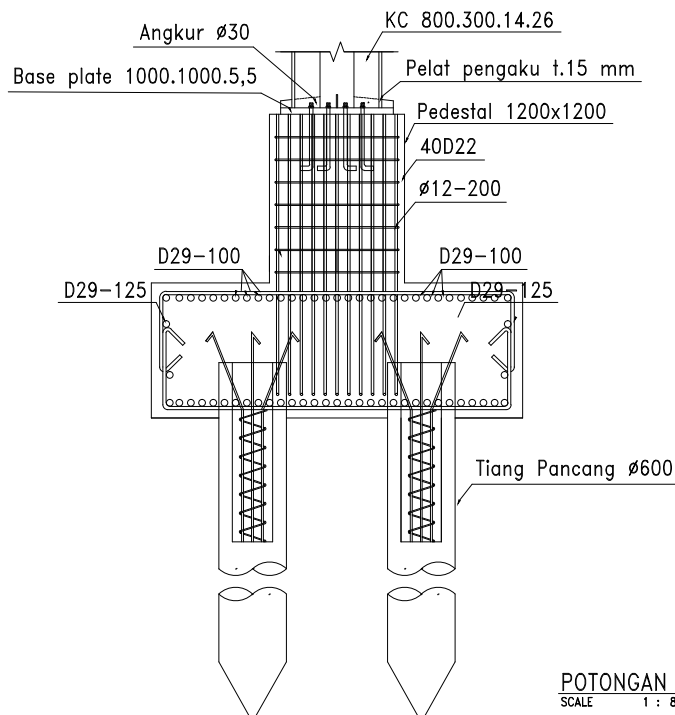
NAMA GAMBAR

DETAIL PONDASI

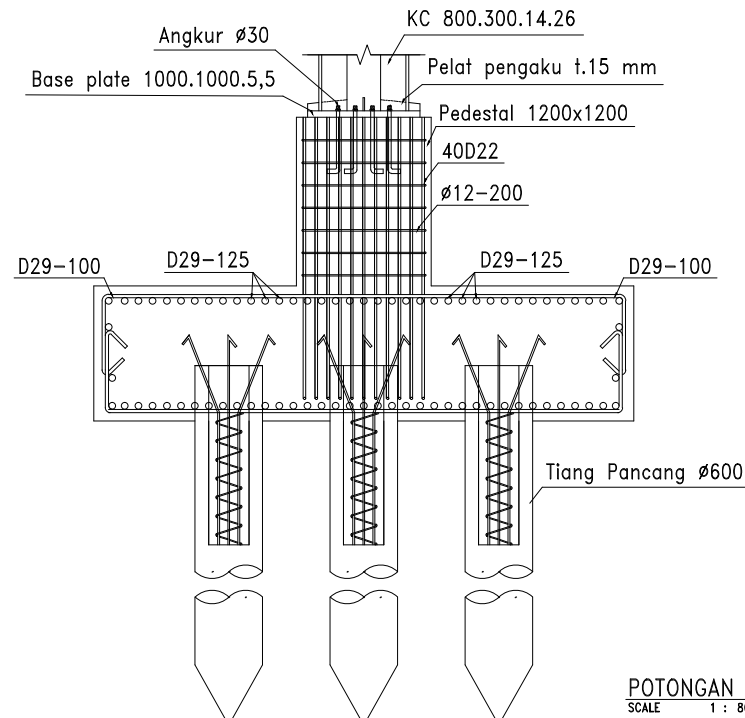
SKALA	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
1 : 80	STR - 22	22



DETAIL PONDASI  
 SCALE 1 : 80



POTONGAN A-A  
 SCALE 1 : 80



POTONGAN B-B  
 SCALE 1 : 80





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukoarjo Sukorejo 60111, Telp. 031 53422533 Fax. 031 53422531 031 53422531,  
e-mail: tanah\_ba@gmail.com

KLIEN : PT. PEMBANGKIT JAWA BALI (PJB)  
PROYEK : PEMBANGUNAN CMO PLAT  
LOKASI : PLTGU MUARA TAWAR

POINT : BH-1  
DATE : 10 JANUARI 2013  
MASTER BOR : HARNO

REKAP HASIL TEST

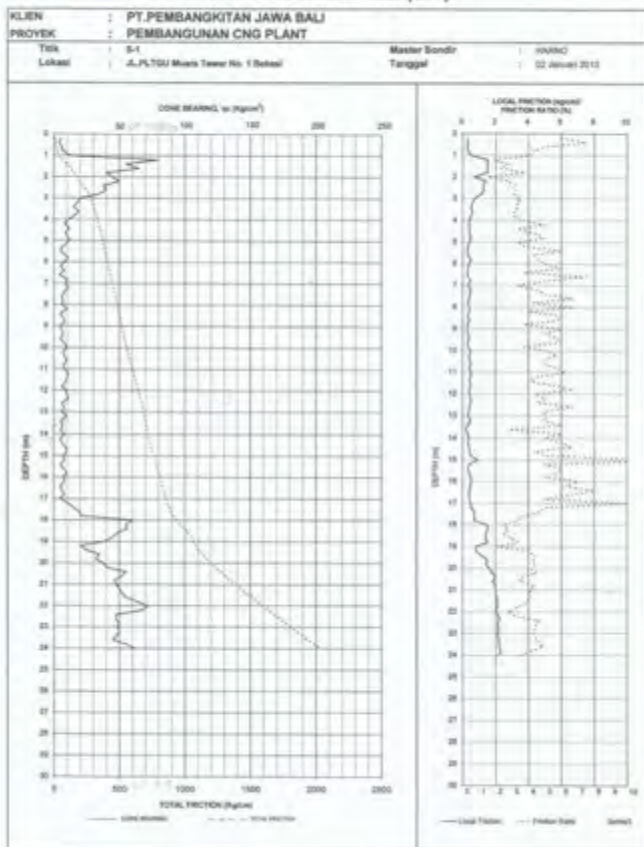
DEPTH (Meter)	VOLUMETRI + GRAVIMETRI								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Ws	w	d <sub>s</sub>	sd	seat	Pp	Cc	Cv
-3.00	2.647	1.318	76.82	38.74	26.86	1.586	1.142	1.711	-	-	-
-6.00	2.437	1.124	100.00	46.02	52.02	1.677	1.147	1.677	-	-	-
-9.00	2.597	1.297	100.00	49.34	56.46	1.699	1.131	1.699	-	-	-
-12.00	2.673	1.254	100.00	48.04	56.22	1.732	1.179	1.732	-	-	-
-15.00	2.518	1.178	100.00	46.79	54.59	1.897	1.157	1.897	-	-	-
-18.00	2.642	1.108	100.00	47.83	52.46	1.780	1.235	1.780	-	-	-
-21.00	2.688	1.218	100.00	45.40	54.03	1.759	1.215	1.759	-	-	-
-24.00	2.649	1.235	100.00	46.02	55.26	1.738	1.185	1.738	-	-	-
-27.00	2.643	1.144	100.00	43.25	53.35	1.796	1.233	1.796	-	-	-
-30.00	2.574	1.139	100.00	44.25	53.25	1.738	1.203	1.738	-	-	-

DEPTH (Meter)	SEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			STRENGTH			SWEALING TEST	
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	φ	C	Cu	σ <sub>v</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	(%)
-3.00	0.24	28.88	71.20	46.43	29.65	16.78	0	1	0.080		
-6.00	0.54	26.50	73.86	37.96	28.17	9.79	18	8	*		
-9.00	0.00	0.63	99.37	79.15	33.27	36.88	0	*	0.060		
-12.00	0.00	0.71	89.29	72.48	33.42	39.07	0	*	0.150		
-15.00	0.05	26.85	76.19	37.54	31.17	36.37	20	8	*		
-18.00	1.51	10.44	88.00	72.60	33.67	39.06	0	*	0.100		
-21.00	0.00	0.82	95.18	66.45	33.28	33.20	0	*	0.083		
-24.00	1.43	18.07	75.70	66.51	33.43	33.09	0	*	0.089		
-27.00	0.13	6.77	85.10	66.88	34.16	32.62	0	*	0.082		
-30.00	0.32	50.15	49.53	38.99	28.73	16.25	0	1	0.080		

REMARK  
 G = Gravel (%)      LL = Liquid Limit (%)      φ = Angle of Internal Friction (degree)  
 S = Sand (%)      PL = Plastic Limit (%)      C = Cohesion (kg/cm<sup>2</sup>)  
 S+Cl = Silty Clay (%)      IP = Plastic Index (%)      Cu = Cohesion Undrained (kg/cm<sup>2</sup>)  
 D<sub>s</sub> = Specific Gravity      W<sub>s</sub> = Water content (%)      γ<sub>sat</sub> = Saturated density (g/cm<sup>3</sup>)  
 e = Void ratio      n = Porosity (%)      γ<sub>d</sub> = Dry Density (g/cm<sup>3</sup>)  
 Sr = Degree of Saturation (%)      s = Wet density (g/cm<sup>3</sup>)  
 P<sub>p</sub> = Preconsolidation Pressure (kg/cm<sup>2</sup>)  
 C<sub>c</sub> = Compression Index  
 C<sub>v</sub> = Compression of Consolidation (mm<sup>2</sup>/sec)  
 \* = Not test



## Cone Penetrometer Test (CPT)







“Halaman ini sengaja dikosongkan”

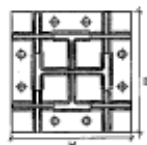
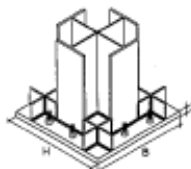


# FIXED BASE PLATES

## FOR KING CROSS

METRIC SIZE

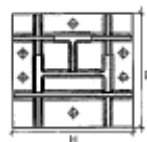
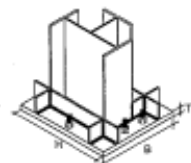
PART NO.	H (mm)	B (mm)	THICKNESS (mm)	WEIGHT (kg)	FOR COLUMN KING CROSS
BMK-01	302	302	24	17.16	K-150 x 75
BMK-02	302	302	28	27.23	K-200 x 100
BMK-03	350	350	28	35.06	K-150 x 90
BMK-04	426	426	32	49.59	K-250 x 125
BMK-05	424	424	30	42.34	K-240 x 124
BMK-06	476	476	34	60.47	K-300 x 150
BMK-07	450	450	30	47.59	K-200 x 140
BMK-08	500	500	38	92.01	K-350 x 175
BMK-09	522	522	35	74.86	K-340 x 174
BMK-10	600	600	47	132.82	K-400 x 200
BMK-11	572	572	38	97.60	K-300 x 150
BMK-12	690	690	44	149.93	K-450 x 220
BMK-13	700	700	45	170.04	K-500 x 250
BMK-14	800	800	47	236.13	K-600 x 300
BMK-15	788	788	52	253.47	K-580 x 300
BMK-16	900	900	54	343.36	K-700 x 350
BMK-17	1000	1000	55	431.70	K-800 x 300



## FOR QUEEN CROSS

METRIC SIZE

PART NO.	H (mm)	B (mm)	THICKNESS (mm)	WEIGHT (kg)	FOR COLUMN QUEEN CROSS
BMQ-01	302	285	22	13.82	Q-150 x 75
BMQ-02	376	328	27	26.88	Q-200 x 100
BMQ-03	374	325	25	23.81	Q-180 x 90
BMQ-04	450	380	31	42.49	Q-250 x 125
BMQ-05	424	380	29	34.94	Q-240 x 124
BMQ-06	500	425	34	58.72	Q-300 x 150
BMQ-07	474	400	30	44.85	Q-280 x 140
BMQ-08	580	483	37	73.90	Q-350 x 175
BMQ-09	522	438	33	58.99	Q-340 x 174
BMQ-10	600	500	41	98.95	Q-400 x 200
BMQ-11	586	488	38	88.54	Q-380 x 190
BMQ-12	690	525	43	118.59	Q-450 x 220
BMQ-13	700	550	45	134.30	Q-500 x 250
BMQ-14	800	600	47	177.40	Q-600 x 300
BMQ-15	788	644	51	203.17	Q-580 x 300
BMQ-16	900	700	54	267.56	Q-700 x 350
BMQ-17	1000	790	56	393.81	Q-800 x 300



TOLERANCE (mm)	
t	H, B
± 0.5	± 2

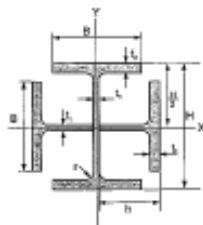
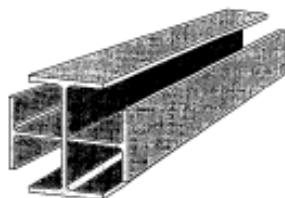
### NOTES:

Material specification as per JS G 3101 ; S5 400



PT. GUNUNG GARUDA  
Steel & Our Business

# KING CROSS



METRIC SIZE

SECTION WEIGHT	STANDARD SECTIONAL DIMENSION						SECTIONAL AREA A	NET WEIGHT	INFORMATIVE REFERENCE						
	DEPTH OF SECTION		FLANGE WIDTH		THICKNESS WEB / FLANGE				CORNER RADIUS	GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION OF AREA		MODULUS OF SECTION	
	H	B	t	l	t	r				I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	Z <sub>x</sub>	Z <sub>y</sub>
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	
K 150 x 75	150	75	5.0	7	8	35.75	28.0	7.15	767	4.45	4.58	85.4	85.1		
K 200 x 100	200	100	5.5	8	11	44.30	42.5	1.874	2.895	6.03	6.21	187.4	203.8		
K 150 x 90	150	90	4.5	7	11	48.30	38.4	1.864	1.738	6.04	6.23	171.3	175.8		
K 250 x 125	250	125	6	9	12	75.31	58.2	4.244	4.967	7.59	7.79	247.3	305.8		
K 248 x 124	248	124	5	9	12	65.36	51.4	3.765	3.834	7.59	7.75	203.8	310.2		
K 300 x 150	300	150	6.5	9	13	93.58	73.4	7.715	8.073	8.68	9.29	314.5	329.9		
K 298 x 149	298	149	5.5	8	13	81.88	64.0	6.762	7.034	8.19	8.28	403.8	402.9		
K 300 x 175	300	175	7	11	14	100.58	88.2	14.854	15.128	13.75	10.99	431.7	447.6		
K 348 x 174	348	174	6	9	14	105.38	82.8	11.862	12.321	13.62	10.62	487.4	500.0		
K 400 x 200	400	200	8	13	16	188.54	132.0	25.440	26.619	12.30	12.58	1.272.8	1.299.8		
K 398 x 199	398	199	7	11	16	144.32	113.3	21.420	22.269	12.19	12.19	1.080.3	1.108.1		
K 450 x 200	450	200	8	14	16	193.52	152.0	35.370	36.801	13.60	13.80	1.370.3	1.403.7		
K 500 x 200	500	200	10	16	20	230.40	178.2	49.840	52.109	14.79	16.17	1.667.8	2.048.6		
K 600 x 300	600	300	11	17	21	289.86	212.0	79.890	83.029	17.24	17.24	2.862.7	3.734.4		
K 598 x 300	598	300	12	20	25	305.88	202.0	127.330	130.868	18.15	18.18	4.330.4	4.418.5		
K 700 x 300	700	300	13	24	28	471.03	383.7	211.800	230.791	21.21	21.85	6.854.4	8.100.3		
K 800 x 300	800	300	14	30	38	534.82	418.8	320.700	345.027	23.83	24.27	7.893.3	7.748.2		

NOTE:

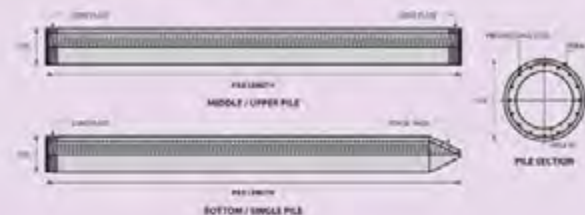
- h = H/2 = height of T-Beam.
- Tolerance, h = + 2 mm.
- Material specification refer to Wide Flange Shape.
- Welded specification as per AWS E - 6013.
- K 700 x 300 and K 800 x 300 are made from IWF import.



HEAD OFFICE  
AND FACTORY

Jalan Bonjol 4, Wungu Bonjol, Suka Damsu, Cibitung, Bekasi, West Java, INDONESIA  
Phone : 62-21-8920111, Sales Dept. 62-21-8920886, EDC Dept. 62-21-4719300  
Fax : 62-21-8920555, URL : <http://www.ggssteel.com>, E-mail : [gunung@ggssteel.com](mailto:gunung@ggssteel.com)

## PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



### PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

(Concrete Compressive Strength  $f_c = 57 \text{ MPa}$  (Cube  $\text{cm}^3$  @  $28 \text{ days}$ )

Pile Size (mm)	Thickness (mm)	Gross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Link Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (Ton)	Decompression Tension (Ton)	Length of Pile <sup>**</sup> (m)
						Crack <sup>†</sup> (ton.m)	Ultimate (ton.m)			
300	50	452.90	34,607.28	113	A2	2.50	3.75	22.60	25.11	6-12
					A3	3.00	4.50	20.75	23.86	6-13
					B	3.50	4.30	67.30	41.96	6-14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6-15
					A1	3.50	3.25	93.10	30.74	6-13
					B	4.20	6.30	89.50	37.50	6-14
350	65	581.98	62,162.74	143	A1	5.00	9.00	86.40	48.91	6-15
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6-14
					B	5.00	9.00	86.40	48.91	6-15
					C	6.00	12.00	95.00	60.87	6-16
					A1	6.50	9.75	117.60	45.51	6-15
					B	7.30	13.50	114.40	70.27	6-16
450	85	929.91	106,488.95	191	A1	9.00	18.00	111.50	80.94	6-17
					A2	5.50	8.25	121.10	38.28	6-14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6-15
					B	7.30	13.50	114.40	70.27	6-16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6-17
					A1	7.50	11.25	149.50	54.56	6-15
500	90	1,159.23	251,324.30	232	A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6-15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6-16
					B	11.00	16.80	139.10	78.84	6-17
					C	12.50	25.00	134.90	103.45	6-18
					A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6-15
					A2	12.30	18.75	181.70	68.49	6-16
600	100	1,516.80	540,588.81	293	A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6-17
					B	15.00	27.00	174.90	94.33	6-18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6-19
					A1	17.00	25.50	252.70	76.52	6-16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.66	6-17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6-18
800	120	2,563.54	1,527,869.60	441	B	21.00	45.00	218.30	131.10	6-19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6-20
					A1	40.50	60.00	415.00	119.34	6-20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.03	6-21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.19	6-22
					B	55.00	99.00	388.61	213.80	6-23
1000 <sup>***</sup>	140	3,780.48	3,589,373.20	648	C	65.00	130.00	368.17	290.82	6-24
					A1	78.00	112.50	613.52	169.81	6-22
					A2	82.00	121.00	601.27	215.18	6-23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6-24
					B	105.00	189.00	575.33	311.20	6-24
					C	120.00	240.00	555.23	383.70	6-26
1200 <sup>***</sup>	150	4,949.01	6,958,136.80	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6-24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6-28
					A3	145.00	217.50	778.66	311.00	6-24
					B	170.00	306.00	751.90	408.00	6-24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6-24

Note: <sup>†</sup> Crack Moment Based on BS A 5335-1987 (Prestressed Spin Concrete Pile)

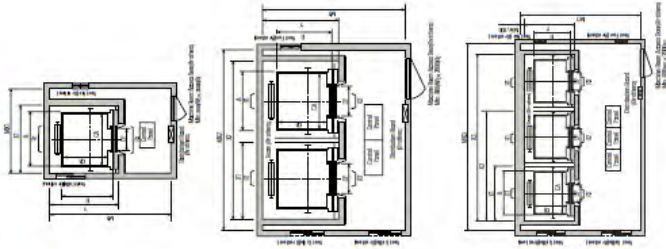
<sup>\*\*</sup> Length of pile may exceed usual standards whenever fitted in certain position

<sup>\*\*\*</sup> Type of Shore for Bottom Pile is Marina Shore

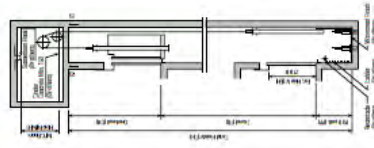
# PASSENGER ELEVATORS

Gearless Elevators | 40-180m/min

Plan of Hoistway & Machine Room



Section of Hoistway



Standard Dimensions & Reactions

Speed (m/min)	Capacity Persons	Clear Opening		Internal		External		Hoisting		M.C. Room		M.C. Room Height (mm)	
		W	D	Cx	Cy	A	B	X1	X2	Y	Z		MT
4	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1200	2000	3000	3000
6	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
8	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
10	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
12	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
15	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
18	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
20	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
25	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
30	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
35	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
40	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
45	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
50	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
55	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
60	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
65	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
70	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
75	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
80	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
85	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
90	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
95	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
100	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
105	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
110	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
115	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
120	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
125	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
130	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
135	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
140	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
145	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
150	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
155	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
160	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
165	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
170	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
175	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
180	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
185	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
190	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
195	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000
200	150	800	800	1000x1500	1600x1500	1800	1500	1500	5400	1100	2000	3000	3000

- Notes: 1. Above hoistway dimensions are based on 10-carrier ratings. See application to page 10 for carrier ratings.
- 2. Above hoistway dimensions are based on 10-carrier ratings. See application to page 10 for carrier ratings.
- 3. Above hoistway dimensions are based on 10-carrier ratings. See application to page 10 for carrier ratings.
- 4. Above hoistway dimensions are based on 10-carrier ratings. See application to page 10 for carrier ratings.
- 5. Above hoistway dimensions are based on 10-carrier ratings. See application to page 10 for carrier ratings.
- 6. Above hoistway dimensions are based on 10-carrier ratings. See application to page 10 for carrier ratings.
- 7. Above hoistway dimensions are based on 10-carrier ratings. See application to page 10 for carrier ratings.
- 8. Above hoistway dimensions are based on 10-carrier ratings. See application to page 10 for carrier ratings.

Speed (m/min)	Overhead (DPA)	PK (PP)	M.C. Room Height (mm)
40	6000	1500	2500
50	6000	1500	2500
60	6000	1500	2500
70	6000	1500	2500
80	6000	1500	2500
90	6000	1500	2500
100	6000	1500	2500
110	6000	1500	2500
120	6000	1500	2500
130	6000	1500	2500
140	6000	1500	2500
150	6000	1500	2500

Notes: 1. Above hoistway dimensions are based on 10-carrier ratings. See application to page 10 for carrier ratings.

## **BAB VIII**

### **PENUTUP**

#### **8.1 Kesimpulan**

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan struktur sekunder :
  - a. Pelat lantai atap dan lantai hotel menggunakan bondek dari Super Floor Deck tebal 0.75 mm dengan pelat beton tebal 90 mm dan dipasang tulangan negatif  $\varnothing 10-300$ .
  - b. Dimensi balok anak dengan bentang 6.2 m pada atap dan lantai hotel menggunakan profil WF 300 x 150 x 6.5 x 9.
  - c. Dimensi balok anak dengan bentang 9.2 m pada atap menggunakan profil CB 432.5 x 200 x 9 x 14 dan pada lantai hotel menggunakan profil CB 495 x 250 x 8 x 12.
  - d. Dimensi balok lift menggunakan profil WF 400 x 300 x 10 x 16.
  - e. Tebal pelat tangga yang digunakan 4 mm dan dimensi pengaku anak tangga siku 65 x 65 x 8.
  - f. Tebal pelat bordes yang digunakan 8 mm dan dimensi balok bordes menggunakan profil WF 100 x 50 x 5 x 7.
  - g. Dimensi balok utama tangga dan balok penumpu tangga menggunakan profil WF 250 x 125 x 5 x 8.
2. Hasil perhitungan struktur primer :
  - a. Dimensi balok induk atap melintang menggunakan profil CB 495 x 250 x 8 x 12 dan balok induk atap memanjang menggunakan profil 432.5 x 200 x 9 x 14.
  - b. Dimensi balok induk melintang lantai 2-6 menggunakan profil CB 712.5 x 300 x 11 x 15 dan balok induk memanjang lantai 2-6 menggunakan profil CB 710 x 200 x 10 x 16.

- c. Dimensi balok induk melintang lantai 7-11 menggunakan profil CB 710 x 200 x 10 x 16 dan balok induk memanjang lantai 7-11 menggunakan profil CB 627.5 x 300 x 10 x 15.
  - d. Dimensi balok induk melintang lantai 12-13 menggunakan profil CB 627.5 x 300 x 10 x 15 dan balok induk memanjang lantai 12-13 menggunakan profil CB 562.5 x 300 x 9 x 14.
  - e. Dimensi kolom lantai 1-6 menggunakan profil KC 800 x 300 x 14 x 26, dimensi kolom lantai 7-11 menggunakan profil KC 700 x 300 x 13 x 24, dan dimensi kolom lantai 12-14 menggunakan profil KC 588 x 300 x 12 x 20.
3. Hasil perhitungan struktur bawah :
- a. Struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang prestress (*Prestressed Concrete Pile*) dari produk PT. WIKA Beton dengan diameter 600 mm (Tipe A1).
  - b. Dimensi poer direncanakan 3.3 m x 4.8 m x 1.2 m dengan tulangan lentur arah X D29-125 mm dan tulangan lentur arah Y D29-100 mm.
  - c. Dimensi kolom pedestal direncanakan 1200 mm x 1200 mm dengan tulangan utama 40D22 dan tulangan geser  $\emptyset$ 12-200.
  - d. Dimensi sloof direncanakan 400 mm x 600 mm dengan tulangan lentur 8D22 dan tulangan geser  $\emptyset$ 12-200.

## 8.2 Saran

Diharapkan dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur *Castellated Beam* dan *King Cross Column* lebih dalam dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomis dan estetika. Sehingga perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi yang sesungguhnya di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction. 2010. *“Seismic Provisions for Structural Steel Buildings”*. Chicago: Illinois.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. **“SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung”**. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. **“SNI 1727:2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain”**. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. **“SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung”**. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. **“SNI 1729:2015 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”**. Jakarta: BSN.
- Dougherty B.K. 1993. *“Castellated Beams A State Of The Art Report”*. Transport Research Laboratory Crowthorne House, Nine Mile Ride, Wokingham, Berkshire RG40 3A, United Kingdom.
- Griinbauer, Johann. 2001. *Engineering Theories of Software Intensive Systems*. (<http://www.springerlink.com/openurl.asp?genre=book&isbn=978-1-4020-3530-2>)
- Kerdal dan Nethercot. 1982. *“Failure Modes of Castellated Beams”*. J. Construct. Steel Research 4.
- Knowles, P. R. 1991. *“Castellated Beams”*. Proc Instn Civil Engineers. Part I : 521-536

- L. Amayreh dan M. P. Saka. 2005. “*Failure Load Prediction Of Castellated Beams Using Artificial Neural Networks*”. Bahrain : Department of Civil Engineering University of Bahrain.
- Megharief, J. D. 1997. “*Behavior of Composite Castellated Beams*”. Montreal, Canada: Department of Civil Engineering and Applied Mechanics, Mc Gill University.
- Sabelli, R. dan Bruneau, M. 2006. “*Steel Plate Shear Walls*”. American Institute of Steel Construction. Inc.
- Sutrisno, Tri. 2012. “**Modifikasi Perencanaan Gedung Semen Gresik Di Tuban Dengan Menggunakan Octogonal Castellated Beam**”. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Seilie dan Hooper. 2005. “*Steel Plate Shear Walls: Practical Design and Construction*”. The Steel Conference, April 2005.
- Setiawan, Agus. 2008. “**Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD**”. Jakarta : Erlangga.



## **BIODATA PENULIS**



Andira Sari Purboningtyas,  
Penulis dilahirkan di Surabaya 29  
Nopember 1992, merupakan anak kedua  
dari 3 bersaudara. Penulis telah  
menempuh pendidikan formal di TK  
Yaminna (Mojokerto), SDN Sedati Gede  
II No.495 (Sidoarjo), SMPN 1 Sedati  
(Sidoarjo), SMAN 10 (Surabaya).  
Penulis mengikuti ujian masuk Diploma  
ITS dan diterima di Jurusan Diploma III  
Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2011  
dan terdaftar dengan NRP 3111 030 011.

Dijurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi  
Bangunan Gedung. Penulis pernah aktif dalam beberapa  
kegiatan seminar yang diselenggarakan oleh kampus ITS.  
Selain itu penulis juga aktif dalam berbagai kepanitiaan  
beberapa kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa.  
Kemudian setelah lulus dari Diploma III Teknik Sipil FTSP-  
ITS, penulis mengikuti ujian masuk Program S1 Lintas Jalur  
Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS dan diterima di Program S1  
Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2014  
dan terdaftar dengan NRP 3114 105 020.