



TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN *RECTANGULAR  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN* DAN  
*HEXAGONAL CASTELLATED BEAM***

PUTRI UTAMI AYU CAHYANI

NRP. 3115 105 011

Dosen Pembimbing I:

Ir. Heppy Kristijanto, MS.

NIP. 1961031 119807 1 001

Dosen Pembimbing II:

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

NIP. 1973028 199802 1 002

JURUSAN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017





TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN  
MENGUNAKAN *RECTANGULAR CONCRETE FILLED  
STEEL TUBE COLUMN* DAN *HEXAGONAL  
CASTELLATED BEAM***

PUTRI UTAMI AYU CAHYANI

NRP. 3115 105 011

Dosen Pembimbing I:

Ir. Heppy Kristijanto, MS.

NIP. 1961031 119807 1 001

Dosen Pembimbing II:

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

NIP. 19730128 199802 1 002

JURUSAN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017







TUGAS AKHIR

**MODIFICATION STUCTURE DESIGN OF PREMIER  
INN HOTEL SURABAYA USING *RECTANGULAR  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN  
HEXAGONAL CASTELLATED BEAM***

PUTRI UTAMI AYU CAHYANI

NRP. 3115 105 011

Supervisor I:

Ir. Heppy Kristijanto, MS.

NIP. 1961031 119807 1 001

Supervisor II:

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

NIP. 19730128 199802 1 002

DEPARTMENT OF CIVI ENGINEERING

Faculty of Civil Engineering and Planning

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN  
MENGUNAKAN *RECTANGULAR CONCRETE FILLED  
STEEL TUBE COLUMN* DAN *HEXAGONAL  
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 :

**PUTRI UTAMI AYU CAHYANI  
NRP. 3115 105 011**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

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

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

**SURABAYA  
JULI, 2017**





**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN *RECTANGULAR  
CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN* DAN  
*HEXAGONAL CASTELLATED BEAM***

**Nama Mahasiswa** : Putri Utami Ayu Cahyani  
**NRP** : 3115105011  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSP-ITS  
**Dosen Pembimbing I** : Ir. Heppy Kristijanto, MS  
**Dosen Pembimbing II** : Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

**ABSTRAK**

*Dalam konstruksi terdapat dua jenis material struktur yang umum digunakan, yaitu beton dan baja atau penggabungan kedua jenis material tersebut. Beton mempunyai kelemahan antara lain memiliki umur layanan yang terbatas, yaitu timbulnya keretakan akibat beban statis dan dinamis. Keretakan itu akan berdampak pada kegagalan konstruksi beton, yaitu timbulnya kerugian ekonomi serta dapat membahayakan jiwa manusia. Beton juga mempunyai bobot yang berat serta pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi dan pengerjaan relatif lama.*

*Sedangkan konstruksi baja kuat terhadap gaya tarik, mempunyai bobot yang relatif ringan, material dibuat secara fabrikasi (homogen) dipabrik yang syarat standar fabrikasi sesuai dengan ketentuannya ini memberikan keuntungan dengan mempercepat pengerjaan. Konstruksi baja merupakan suatu alternatif yang menguntungkan dalam pembangunan gedung dan struktur yang lainnya baik dalam skala kecil maupun besar. Hal ini dikarenakan material baja mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan bahan konstruksi yang lain.*

*Salah satu gedung yang terbuat dari struktur beton adalah gedung Hotel Premier Inn Surabaya yang terdiri dari 9 lantai + Semi Basement dengan tinggi 33,4 meter. Gedung Hotel Premier Inn ini akan dimodifikasi strukturnya menjadi struktur baja yang terdiri dari 10 lantai + Semi Basement dengan tinggi 42,4 meter. Konstruksi baja yang akan digunakan adalah Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column dan Hexagonal Castellated Beam karena mempunyai kelebihan daripada profil baja biasa.*

*Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column dipilih karena interaksi antara baja dengan beton inti, tekuk lokal profil baja direduksi oleh beton dan kekuatan beton akan menjadi tinggi karena efek pengekangan (Confinement Effect) dari baja akibat pemasangan cross tie sehingga menghasilkan kapasitas momen yang lebih besar. Hexagonal Castellated Beam dipilih karena mempunyai momen inersia dan modulus section yang tinggi, mampu memikul momen yang besar, bahan ringan, kuat serta mudah dipasang.*

*Dalam Tugas Akhir ini, dilakukan perencanaan meliputi perencanaan pelat, balok anak, tangga, lift, shear wall, balok induk, kolom dan pondasi serta hasil penggambarannya yang mengacu pada peraturan yang berlaku diantaranya PPIUG 1983 tentang Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, 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.*

*Kata kunci : Modifikasi, Struktur Baja, Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column, Hexagonal Castellated Beam*

# **MODIFICATION STUCTURE DESIGN OF PREMIER INN HOTEL SURABAYA USING *RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM***

**Student Name** : Putri Utami Ayu Cahyani  
**Registration Number** : 3115105011  
**Department** : Teknik Sipil FTSP-ITS  
**Supervisor I** : Ir. Heppy Kristijanto, MS  
**Supervisor II** : Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

## **ABSTRACT**

*In Construction there are two type of structure materials that commonly used, there are concrete and steel, or by combining both of that materials. Concrete has the disadvantage of having a limited service life, that emergence rifts due to static and dynamic loads. The crack will have an impact to the failure of concrete construction, that caused economic losses and endanger human soul. Concrete also have a heavy weight and the execution of works requires high accuracy and relatively long time.*

*While the steel construction is strong against tensile strength, has relatively light weight, the material is manufactured by fabrication (homogeneous) in the factory where the standard fabrication requirement in accordance with this provision gives advantages by accelerating the workmanship. Steel construction is an alternative that profitable for building construction and other structure in both small or large scale. This is because steel material have several advantages than the other construction material.*

*One of buildings that made of concrete structure is Premier Inn Hotel Surabaya buildings, that consist of 9 floor + half basement with 33,4m of height. The structure of this building will*

*be modified into steel structure that consist of 10 floor + half basement with 42,4m of height. Steel construction that will be used is Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column and Hexagonal Castellated Beam, because they have advantages over the ordinary steel.*

*Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column is chosen because of the interaction between the steel and the core concrete, the steel's local buckling is reduced by concrete, and the concrete strength will be raised because of the confinement effect from the steel because of the installation of cross tie, so the moment capacity is greater than before. Hexagonal Castellated Beam is chosen because it has high inertia moment and modulus section, it also can endure a great moment, has a light weight, strong, and easy to install.*

*In this final project, the writer plans including the plate design, secondary beam, stair, lift, shear wall, main beam, column and foundation, and also the drawing that referring into the applicable rules as PPIUG 1983 about Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, SNI 1729:2015 about Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 1726:2012 about Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung, SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.*

**Key Word :** *Modification, Steel Structure, Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column, Hexagonal Castellated Beam*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Premier Inn Dengan Menggunakan *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column* Dan *Hexagonal Castellated Beam*”. Tugas Akhir ini disusun sebagai persyaratan kelulusan pada Program Studi S-1 Lintas Jalur Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Tersusunnya Tugas Akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi berbagai pihak yang banyak membantu dan memberi masukan. Untuk itu ucapan terima kasih ditujukan terutama kepada :

1. Bapak Ir. Heppy Kristijanto, MS, selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Budi Suswanto., ST., MT., Ph.D, selaku dosen pembimbing 2 Tugas Akhir yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua, saudara-saudara tercinta, yang selalu memberikan dukungan dan doanya.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, masih terdapat banyak kekurangan yang jauh dari sempurna, dikarenakan keterbatasan ilmu pengetahuan dan wawasan serta pengalaman yang masih sedikit. Diharapkan segala kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga apa yang disajikan dapat memberi manfaat bagi pembaca dan semua pihak khususnya teman-teman dari bidang studi teknik sipil.

Surabaya , Juli 2017

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Profil <i>Hexagonal Castellated Beam</i> .....	5
2.2.1 Pengertian <i>Hexagonal Castellated Beam</i> .....	5
2.2.2 Terminologi.....	6
2.2.3 Proses Pembuatan Castellated Beam Hexagonal ..	7
2.2.4 Tipe-Tipe Pemotongan Hexagonal Castellated Beam .....	8
2.2.5 Keuntungan dan Kekurangan dari <i>Hexagonal                 Castellated Beam</i> .....	10
2.2.6 Kegagalan dalam Hexagonal Castellated Beam..	11

2.3 Profil <i>Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column</i> .....	14
2.4 Dinding Geser Pelat Baja ( <i>Steel Plate Shear Wall</i> ) 16	
2.5 Sambungan .....	20
2.5.1 Tipe Sambungan .....	20
2.5.2 Persyaratan Utama Desain Sambungan .....	22
2.6 Basement .....	23
2.7 Pondasi .....	28
<b>BAB III METODOLOGI</b> .....	33
3.1. Bagan Alir Metodologi.....	33
3.2. Metodologi Penyelesaian .....	34
3.2.1 Pengumpulan Data .....	34
3.2.2 Studi Literatur .....	35
3.2.3 Preliminary Design .....	36
3.2.4 Pembebanan struktur.....	36
3.2.5 Kontrol Dimensi Struktur.....	47
3.2.6 Perencanaan Dinding Geser Pelat Baja ( <i>Steel Plate Shear Wall</i> ) .....	58
3.2.7 Perencanaan Sambungan .....	59
3.2.8 Perencanaan Dinding Basement.....	75
3.2.9 Perencanaan Pondasi.....	76
3.2.10 Penggambaran Hasil Perhitungan .....	80
<b>BAB IV ANALISA STRUKTUR</b> .....	81
4.1. Perencanaan Struktur Sekunder .....	81

4.1.1. Umum .....	81
4.1.2. Perencanaan Dimensi Pelat Lantai Gedung .....	81
4.1.3. Perencanaan Balok Anak .....	88
4.1.4. Perencanaan Tangga .....	96
4.1.5. Perencanaan Balok <i>Lift</i> .....	120
4.2. Permodelan Struktur .....	129
4.2.1. Permodelan dinding Geser Plat Baja.....	130
4.2.2. Pembebanan Struktur Utama.....	135
4.3. Perencanaan Struktur Primer .....	163
4.3.1. Perencanaan Elemen Struktur Primer .....	163
4.3.2. Perencanaan Sambungan.....	200
4.4. Perencanaan Struktur Bawah .....	234
4.4.1. Umum .....	234
4.4.2. Data Tanah .....	234
4.4.3. Daya Dukung Tanah .....	234
4.4.4. Perhitungan Pondasi Bangunan.....	241
4.4.5. Perencanaan Kolom Pedestal .....	252
4.4.6. Perencanaan Sloof Pondasi .....	255
BAB V KESIMPULAN.....	259
5.1. Kesimpulan.....	259
5.2. Saran.....	260
DAFTAR PUSTAKA .....	261

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagian-bagian <i>Hexagonal Castellated Beams</i> .....	6
Gambar 2.2 Bagian-bagian Setelah Pemotongan .....	7
Gambar 2.3 Proses Pembuatan <i>Hexagonal Castellated Beam</i> .....	8
Gambar 2.4 Beam Ends Left Ragged, $U=T$ .....	8
Gambar 2.5 Beam Ends Left Ragged, $U>T$ .....	9
Gambar 2.6 Beam Ends Finished, $U=T$ .....	9
Gambar 2.7 Beam Ends Finished With Infill Plates, $U>T$ .....	10
Gambar 2.8 Jajargenjang (Parallelogram) .....	12
Gambar 2.9 <i>Rupture Of Welded Joint</i> .....	13
Gambar 2.10 Penampang kolom <i>Rectangular Concrete Filled Steel Tube</i> .....	14
Gambar 2.11 Macam-macam Bentuk Dinding Geser.....	18
Gambar 2.12 Sambungan Pada Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT Sambungan Pada Baja Wide Flange .....	21
Gambar 2.13 Sambungan Pada Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT) .....	21
Gambar 2.14 Gaya yang bekerja pada sambungan balok-kolom (Hwang dan Lee,1999) .....	23
Gambar 2.15 Tekanan Tanah Aktif Tanah Kohesif pada Dinding .....	25
Gambar 2.16 Tekanan Tanah Pasif Tanah Kohesif pada Dinding .....	26
Gambar 2.17 Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Tanah Kohesif pada Dinding.....	27
Gambar 2.18 Jenis Pondasi Dangkal .....	30
Gambar 2.19 Jenis Pondasi Dalam .....	31
Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir .	34
Gambar 3.2 Peta untuk $S_s$ .....	41

Gambar 3.3 Peta untuk $S_1$ .....	42
Gambar 3.4 Spektrum Respons Desain .....	44
Gambar 3.5 Geometri <i>Hexagonal Castellated Beam</i> .....	47
Gambar 4.1 Pelat Lantai Atap .....	82
Gambar 4.2 Penulangan Pelat Atap.....	83
Gambar 4.3 Pelat Lantai .....	84
Gambar 4.4 Penulangan Lantai .....	85
Gambar 4.5 Pelat Lantai Koridor .....	86
Gambar 4.6 Penulangan Lantai Koridor.....	87
Gambar 4.7 Denah Balok Anak Lantai Atap.....	88
Gambar 4.8 Denah Balok Anak Lantai Koridor.....	92
Gambar 4.9 Denah Tangga.....	97
Gambar 4.10 Pelat Anak Tangga.....	97
Gambar 4.11 Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga .....	99
Gambar 4.12 Denah Bordes .....	102
Gambar 4.13 Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga .....	107
Gambar 4.14 Bidang M Balok Tangga.....	109
Gambar 4.15 Bidang D Balok Tangga .....	111
Gambar 4.16 Bidang N Balok Tangga .....	112
Gambar 4.17 Hasil Analisis Lendutan Balok Utama Tangga....	115
Gambar 4.18 Pembebanan Balok Penumpu Tangga .....	116
Gambar 4.19. Denah Lift.....	120
Gambar 4.20. Potongan Melintang Lift.....	121
Gambar 4.21. Tabel Spesifikasi Lift.....	122
Gambar 4.22. Model Pembebanan Balok Penumpu Lift.....	123
Gambar 4.23. Posisi $M_A$ , $M_B$ , $M_C$ .....	127
Gambar 4.24. Denah Struktur Hotel Premier Iin Surabaya .....	129
Gambar 4.25. Kotak Dialog Area Sections .....	130
Gambar 4.26. Kotak Dialog Shell Section Data.....	131
Gambar 4.27. Kotak Dialog Properties of Object .....	131
Gambar 4.28. Kotak Dialog Assign Automatic Area Mesh .....	132



Gambar 4.29. Akitifasi Pilihan Add on Edge When Restraints / Contraints Exist at Adjacent Corner Point pada Kotak Dialog Assign Automatic Area Mesh .....	133
Gambar 4.30. Model 3 Dimensi Struktur Hotel Premier Iin Surabaya dengan Dinding Geser Plat Baja (SPSW).....	134
Gambar 4.31. Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah Surabaya .....	141
Gambar 4.32. Pemilihan Model Rangka .....	144
Gambar 4.33. Input Edit Grid Data .....	145
Gambar 4.34. Input edit material data .....	146
Gambar 4.35. Pnentuan dimensi frame balok.....	147
Gambar 4.36. Penentuan Dimensi Frame kolom.....	148
Gambar 4. 37. Input Area Section Pelat .....	149
Gambar 4.38. Input Respon Spectrum Gempa .....	150
Gambar 4.39. Input Data Load Pattern.....	151
Gambar 4.40. Define Load Case .....	151
Gambar 4.41. Input Nilai Massa.....	152
Gambar 4.42. Hasil Analisis Struktur Menggunakan Program Bantu SAP 2000 .....	154
Gambar 4.43. Geometri balok Hexagonal Castellated .....	164
Gambar 4.44. Diagram Frame Balok Melintang .....	164
Gambar 4.45. Diagram Frame Diagram Memanjang .....	172
Gambar 4.46. Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS 700 × 700 × 25 × 25 .....	181
Gambar 4.47. Struktur Dinding Geser Plat Baja .....	186
Gambar 4.48. Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk....	200
Gambar 4.49. Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga .....	204
Gambar 4.50. Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom .....	206
Gambar 4.51. Sambungan Kolom dengan Kolom.....	208

Gambar 4.52. Sambungan SPSW dengan Kolom. ....	210
Gambar 4.53. Sambungan HBE dengan VBE pada Dinding Geser .....	211
Gambar 4.54. Sambungan Balok dengan Kolom .....	217
Gambar 4.55. Letak Sambung Las pada Sambungan Balok- Kolom.....	224
Gambar 4.56. Sambungan Kolom dengan Base Plate .....	227
Gambar 4.57. Arah Beban Sumbu X pada Base Plate.....	229
Gambar 4.58. Sambungan Balok (HBE) dengan Balok .....	232
Gambar 4.59. Hasil Analisa Tiang (BorePile) dengan Program PCACol .....	239
Gambar 4.60. Jarak Absis dan Ordinat pada Tiang Bore Pile Kelompok .....	242
Gambar 4.61. Geser Ponds Akibat Kolom Pedestal .....	245
Gambar 4.62. Geser Ponds Akibat Tiang Bore .....	247
Gambar 4.63. Analisis Poer sebagai Balok Kantilever .....	249
Gambar 4.69. Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program PCA Col .....	253
Gambar 4.70. Penulangan Kolom Pedestal PD1 .....	254
Gambar 4.71. Penulangan Sloof Daerah Tumpuan dan Lapangan .....	258

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Kategori Risiko Bangunan Gedung untuk Beban Gempa .....	39
Tabel 3.2. Faktor Keutamaan Gempa.....	40
Tabel 3.3. Klasifikasi Situs.....	41
Tabel 3.4. Koefisien Situs, $F_a$ .....	43
Tabel 3.5. Koefisien Situs, $F_v$ .....	43
Tabel 3.6. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek.....	45
Tabel 3.7. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode 1 detik .....	45
Tabel 4.1. Perhitungan N Rata-rata .....	139
Tabel 4.2. Parameter Respon Gempa Wilayah Surabaya untuk Kelas Situs E (Tanah Lunak).....	141
Tabel 4.3. Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra ( $S_a$ ) berdasarkan ketentuan SNI1726:2012 Pasal 6.4...	143
Tabel 4.4. Rasio Partisipasi Massa Hotel Premier Iin Surabaya	155
Tabel 4.5. Periode dan Frekuensi Struktur .....	157
Tabel 4.6. Reaksi Dasar Struktur.....	158
Tabel 4.7. Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa .....	158
Tabel 4.8. Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Setelah Dikalikan dengan Faktor Skala .....	159
Tabel 4.9. Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah X .....	161
Tabel 4.10. Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y.....	162
Tabel 4.12. Daya dukung satu tiang (tiang bor diameter 600mm) .....	237

*“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 memiliki umur layanan yang terbatas, salah satu penentu umur layanan beton adalah timbulnya keretakan akibat beban statis dan beban dinamis. Beton akan mengalami retak apabila daya lentur dari beton terlewati. Keretakan itu akan berdampak pada kegagalan konstruksi beton, yaitu timbulnya kerugian ekonomi serta dapat membahayakan jiwa manusia. Beton juga mempunyai bobot yang berat serta pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi dan pengerjaan relatif lama.

Sedangkan pada konstruksi baja kuat terhadap gaya tarik, mempunyai bobot yang relatif ringan, material dibuat secara fabrikasi (homogen) dipabrik yang telah syarat standar fabrikasi sesuai dengan ketentuannya. Dengan ini memberikan keuntungan dengan mempercepat pengerjaan. Konstruksi baja merupakan suatu alternatif yang menguntungkan dalam pembangunan gedung dan struktur yang lainnya baik dalam skala kecil maupun besar. Hal ini dikarenakan material baja mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan bahan konstruksi yang lain. Bila dibandingkan dengan beton konvensional, baja memiliki beberapa keunggulan dalam pembangunan yang saat ini sedang berkembang pesat.

Gedung Hotel Premier Inn Surabaya merupakan bangunan bertingkat yang terdiri dari 9 lantai + semi basement dan perencanaan awalnya menggunakan konstruksi beton bertulang konvensional. karena masih tahap perencanaan dan belum memulai tahap pelaksanaan, maka Gedung Hotel Premier Inn Surabaya ini akan direncanakan lagi dengan menggunakan struktur baja.

Konstruksi baja yang akan digunakan adalah *Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT) Column* dan *Hexagonal Castellated Beam* karena mempunyai kelebihan daripada profil baja biasa.

*Hexagonal Castellated Beam* adalah profil baja I 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*) (Johann 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).

*Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column* adalah salah satu kolom profil baja komposit yang terdiri dari profil baja hollow diisi dengan beton ditengahnya. Kolom profil ini mempunyai banyak keuntungan dibandingkan dengan profil baja pada umumnya atau beton bertulang. Salah satu keuntungan utamanya adalah interaksi antara baja dengan beton inti, tekuk lokal profil baja direduksi oleh beton dan kekuatan beton akan menjadi tinggi karena efek pengekangan (*Confinement Effect*) dari baja akibat pemasangan *cross tie* sehingga menghasilkan kapasitas momen yang lebih besar. Selain itu, tabung baja juga berfungsi sebagai pelindung untuk mencegah keretakan pada beton.

Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini Memodifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Premier Inn Surabaya dengan menggunakan *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column* dan *Hexagonal Castellated Beam* yang mempunyai struktur yang kuat, berat lebih ringan, *specific strength* lebih tinggi serta waktu pengerjaan lebih cepat sehingga dapat mempercepat pengerjaan konstruksi.

## 1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang dihadapi dalam Tugas Akhir ini adalah:

### ➤ Perumusan Masalah Utama

Bagaimana merencanakan modifikasi struktur gedung menggunakan Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column dan Hexagonal Castellated Beam?

### ➤ Perumusan Masalah Detail

1. Bagaimana menentukan preliminary design struktur gedung menggunakan Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column dan Hexagonal Castellated Beam?
2. Apa saja beban-beban yang bekerja pada struktur gedung yang menggunakan Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column dan Hexagonal Castellated Beam?
3. Bagaimana menganalisa gaya-gaya yang bekerja dalam struktur gedung yang menggunakan Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column dan Hexagonal Castellated Beam dengan menggunakan program bantu SAP 2000?
4. Bagaimana mengontrol desain struktur gedung menggunakan Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column dan Hexagonal Castellated Beam?
5. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan kedalam gambar teknik?

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penyusunan Tugas akhir ini adalah:

### ➤ Tujuan Utama

Mampu merencanakan modifikasi struktur gedung menggunakan Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column dan Hexagonal Castellated Beam.

### ➤ Tujuan Detail

1. Mampu menentukan preliminary design struktur gedung menggunakan Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column dan Hexagonal Castellated Beam.

2. Mampu menghitung beban-beban yang bekerja pada struktur gedung yang menggunakan Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column dan Hexagonal Castellated Beam.
3. Mampu menganalisa gaya-gaya yang bekerja dalam struktur gedung yang menggunakan Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column dan Hexagonal Castellated Beam dengan menggunakan program bantu SAP 2000.
4. Mampu mengontrol desain struktur gedung menggunakan Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column dan Hexagonal Castellated Beam.
5. Mampu menuangkan hasil perhitungan dan perencanaan kedalam gambar teknik.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Perencanaan gedung ini hanya meninjau perhitungan struktur, tidak meninjau analisa biaya, manajemen konstruksi, maupun segi arsitektural.
2. Tidak membahas detail metode pelaksanaan.

#### **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 diminimalisasi.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Gedung Hotel Premier Inn Surabaya merupakan bangunan bertingkat yang terdiri dari 9 lantai + semi basement dengan tinggi 33,4 meter dan menggunakan konstruksi beton. Gedung Hotel Premier Inn Surabaya ini akan dimodifikasi menjadi 10 lantai + semi basement dengan tinggi 42,4 meter dan menggunakan konstruksi baja yang akan digunakan adalah *Concrete Filled Steel Tube Column* dan *Hexagonal Castellated Beam*. Dalam perencanaan struktur gedung Hotel Premier Inn Surabaya ini diperlukan data-data perencanaan, pengetahuan tentang konstruksi baja yang digunakan dan perhitungan struktur untuk kemudian dilakukan perhitungan.

#### **2.2 Profil *Hexagonal Castellated Beam***

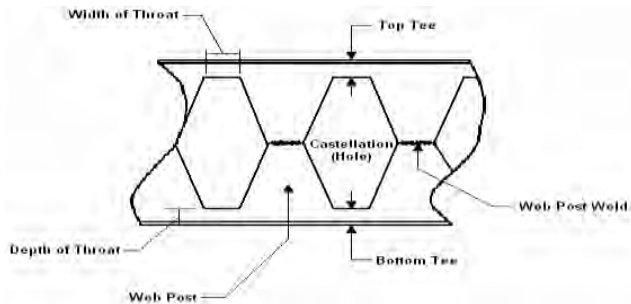
##### **2.2.1 Pengertian *Hexagonal Castellated Beam***

*Hexagonal Castellated Beam* adalah profil baja I 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*) (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).

### 2.2.2 Terminologi

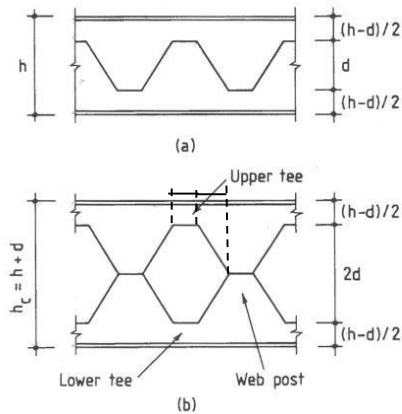
Dibawah ini merupakan ilustrasi bagian-bagian dari *Hexagonal Castellated Beam*.

- Web-Post : Luas solid dari balok baja kastella.
- Castellation : Luas yang sudah mengalami pelubangan (hole).
- Throat Width : Perpanjangan horizontal dari potongan “gigi” bawah profil.
- Throat Dept: Tinggi daerah profil potongan “gigi” bawah sampai sayap profil (Bardley, 2007).



**Gambar 2.1** Bagian-bagian *Hexagonal Castellated Beams*

*Castellation* adalah proses memotong badan profil dengan pola zig- zag yang dicetak menggunakan *hot-rolled* (cetakan panas) berbentuk H, I, atau U. Setengah bagian profil baja yang telah dipotong disambung dengan cara digeser atau dibalik (ujung kanan di las dengan ujung kiri, dan sebaliknya) sehingga membentuk lubang berbentuk *polygonal*. Hal ini mengakibatkan bertambahnya tinggi ( $h$ ) dan tinggi daerah pemotongan ( $d$ ) (Amayreh dan Saka, 2005).



**Gambar 2.2 Bagian-bagian Setelah Pemotongan**

$$\tan \varphi = \frac{d}{b} \longrightarrow b = \frac{d}{\tan \varphi} \quad (2.1)$$

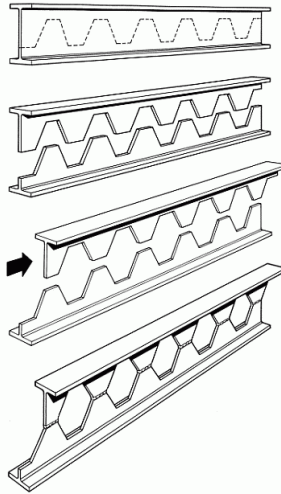
$$d_T = \frac{h-d}{2} \quad (2.2)$$

Semakin panjang  $d$ , bertambah pula tegangan tekuk (*bending stress*) pada bagian T (*tee section*) dikarenakan  $V$  (*shear force*) bertambah.

### 2.2.3 Proses Pembuatan Castellated Beam Hexagonal

Proses fabrikasi dari *Hexagonal 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*).



**Gambar 2.3** Proses Pembuatan *Hexagonal Castellated Beam*

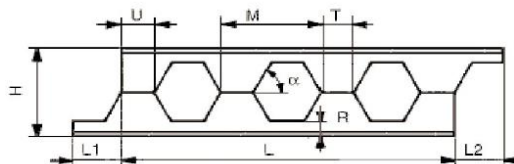
### 2.2.4 Tipe-Tipe Pemotongan Hexagonal Castellated Beam

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

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

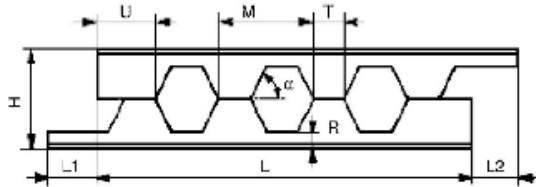
*(simple and cheap, but not convenient to use)*

Pemotongannya mudah, sederhana dan murah, tetapi kurang baik digunakan.



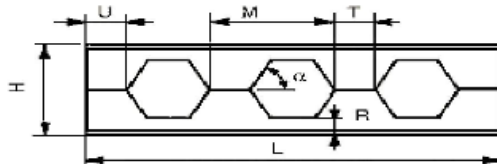
**Gambar 2.4** *Beam Ends Left Ragged*,  $U=T$

2. *Beam Ends Left Ragged,  $U > T$*   
 (Longer ends, but not very effective)  
 Menghasilkan ujung potongan yang panjang tetapi tidak efektif.



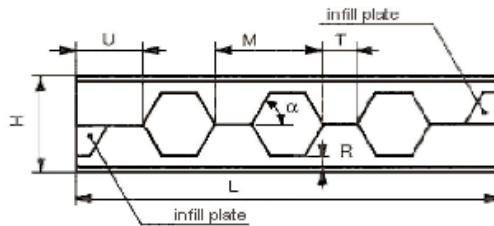
**Gambar 2.5 Beam Ends Left Ragged,  $U > T$**

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).



**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.



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

### 2.2.5 Keuntungan dan Kekurangan dari *Hexagonal Castellated Beam*

#### A. Keuntungan *Hexagonal Castellated Beam*

Keuntungan dari *Hexagonal 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).

#### **B. Kekurangan *Hexagonal Castellated Beam***

Kekurangan dari *Hexagonal Castellated Beam* adalah sebagai berikut :

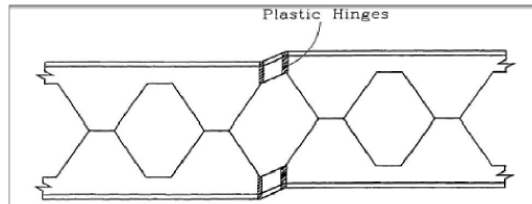
1. *Castellated Beam* kurang tahan api. Sehingga harus ditambah dengan lapisan tahan api (fire proofing) 20% lebih tebal agar mencapai ketahanan yang sama dengan profil awalnya (Grunbauer 2001).
2. Kurang kuat menerima gaya lateral, sehingga perlu diberi satu atau lebih plat pada ujung-ujung (dekat dengan 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).

#### **2.2.6 Kegagalan dalam *Hexagonal Castellated Beam***

Kegagalan dari *Hexagonal 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).



**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).

$$M_p = Z' \times F_t \quad (2.3)$$

Dimana :

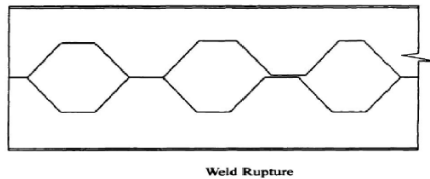
$Z'$  = modulus plastis yang diambil melalui garis tengah vertikal pada lubang

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).



**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).

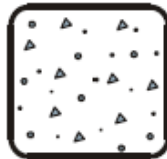
5. *Web Post Buckling due to Compression* (Tekuk Pelat Badan Akibat Tekan)  
Kegagalan ini disebabkan oleh beban terpusat yang secara langsung dibebankan pada pelat badan. Kegagalan ini dapat dicegah bila penggunaan

pengakunya diperkuat untuk menahan gaya tersebut (Toprack dan Cook 1959 dan Husain dan Speirs 1973).

## 2.3 Profil *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column*

### 2.3.1. Pengertian *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column*

*Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column* adalah salah satu kolom profil baja komposit yang terdiri dari profil baja hollow diisi dengan beton ditengahnya. Kolom profil ini mempunyai banyak keuntungan dibandingkan dengan profil baja pada umumnya atau beton bertulang. Salah satu keuntungan utamanya adalah interaksi antara baja dengan beton inti, tekuk local profil baja direduksi oleh beton dan kekuatan beton akan menjadi tinggi karena efek pengekangan (*Confinement Effect*) dari baja akibat pemasangan *cross tie* sehingga menghasilkan kapasitas momen yang lebih besar. Selain itu, tabung baja juga berfungsi sebagai pelindung untuk mencegah keretakan pada beton.



**Gambar 2.10 Penampang kolom *RCFT***

### 2.3.2. Kriteria Kolom Komposit Bagi Komponen Struktur Tekan

Kriteria untuk kolom komposit bagi komponen struktur tekan adalah sebagai berikut:

1. Luas penampang profil baja minimal sebesar 4% dari luas penampang komposit total.

2. Selubung beton untuk penampang komposit yang berintikan baja harus diberi tulangan baja longitudinal dan tulangan pengekang lateral. Tulangan baja longitudinal harus menerus pada lantai struktur portal, kecuali untuk tulangan longitudinal yang hanya berfungsi memberi kekangan pada beton. Jarak antar pengikat lateral tidak boleh melebihi  $2/3$  dari dimensi terkecil penampang kolom komposit. Luas minimum penampang tulangan transversal (atau longitudinal) terpasang. Tebal bersih selimut beton dari tepi terluar tulangan longitudinal dan transversal minimal sebesar 40 mm.
3. Mutu beton yang digunakan tidak lebih 55 Mpa dan tidak kurang dari 21 Mpa untuk beton normal dan tidak kurang dari 28 Mpa untuk beton ringan.
4. Tegangan leleh profil dan tulangan baja yang digunakan untuk perhitungan kekuatan kolom komposit tidak boleh lebih dari 380 Mpa
5. Tebal minimum dinding pipa baja atau penampang baja berongga yang diisi beton adalah  $b \sqrt{\frac{f_y}{3E}}$  untuk setiap sisi selebar  $b$  pada penampang persegi dan  $D \sqrt{\frac{f_y}{8E}}$  untuk penampang bulat yang mempunyai diameter luar  $D$ .

### **2.3.3. Keuntungan dan Kekurangan *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column***

#### **A. Keuntungan *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column***

Keuntungan dari *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column* adalah sebagai berikut:

1. Kekuatannya lebih besar dari kolom beton bertulang.

2. Peristiwa tekuk local dari pipa baja akan lambat, dan pengurangan kekuatan akibat tekuk local akan ditahan oleh beton.
3. Kekuatan beton akan bertambah akibat penggabungan dengan pipa baja.
4. Penyusutan dan retak dari beton akan jauh lebih kecil dari beton bertulang.
5. Lebih efisien karena tidak memerlukan tulangan longitudinal dan sengkang.
6. Tidak memerlukan bekisting saat pengecoran beton sehingga dapat mempercepat waktu pelaksanaan.

#### **B. Kekurangan *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column***

Kekurangan dari *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column* adalah sebagai berikut:

1. Hubungan antara baja dan beton yang kompleks membuat lebih mahal dalam pembuatan sambungan.

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

### **2.4.1 Pengertian Geser Pelat Baja (*Steel Plate Shear Wall*)**

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 (Habashi 2010).

#### **2.4.2 Jenis Geser Pelat Baja (*Steel Plate Shear Wall*)**

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*

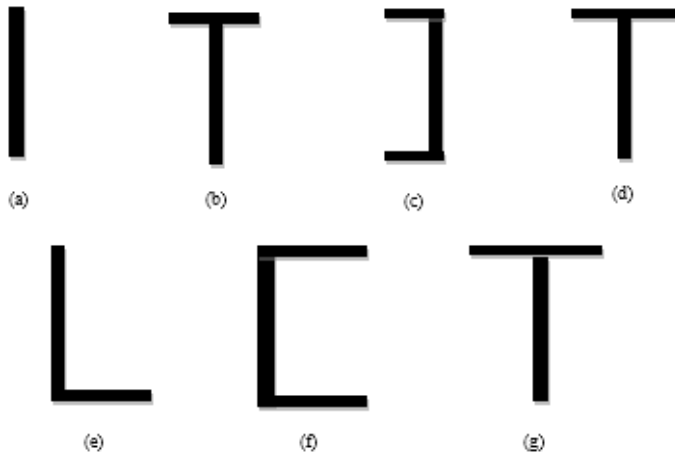
Dinding geser pelat baja (*SPSW*) ini cocok digunakan pada bangunan bertingkat menengah hingga bangunan bertingkat tinggi. Jenis dinding geser pelat baja ini memberikan kekakuan terhadap puntir dan keruntuhan lebih baik. (Seilie dan Hooper 2005)

##### 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 Geser Pelat Baja (*Steel Plate Shear Wall*)**

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 Geser Pelat Baja (*Steel Plate Shear Wall*)**

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 Geser Pelat Baja (*Steel Plate Shear Wall*)**

##### **A. Keuntungan Geser Pelat Baja (*Steel Plate Shear Wall*)**

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. Keceragaman 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.

##### **B. Kekurangan Geser Pelat Baja (*Steel Plate Shear Wall*)**

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 periodic.
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.

## 2.5 Sambungan

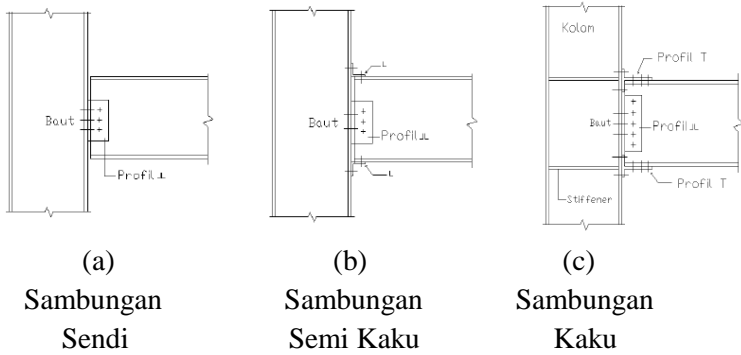
Sambungan terdiri dari beberapa komponen sambungan (pelat pengisi, pelat buhul, pelat pendukung, dan pelat penyambung) dan alat pengencang (baut dan las).

### 2.5.1 Tipe Sambungan

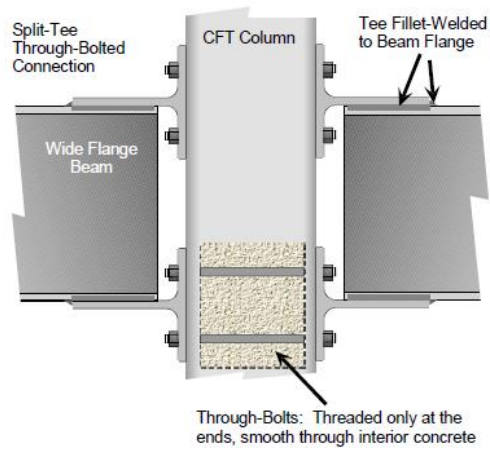
Klasifikasi Sambungan :

1. Sambungan kaku/*rigid connection* adalah sambungan yang dianggap memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut-sudut di antara komponen-komponen struktur yang akan disambung.
2. Sambungan semi kaku/*semi rigid connection* adalah sambungan yang tidak memiliki kekakuan yang cukup mempertahankan sudut-sudut diantara komponen-komponen struktur yang disambung, namun harus dianggap memiliki kapasitas yang cukup untuk memberikan kekangan yang dapat diukur terhadap perubahan sudut-sudut tersebut
3. Sambungan sendi/*simple connection* adalah sambungan yang pada kedua ujung komponen struktur dianggap bebas momen. Sambungan sendi harus dapat berubah bentuk agar memberikan rotasi yang diperlukan pada sambungan. Sambungan tidak boleh mengakibatkan momen lentur terhadap komponen struktur yang disambung.





**Gambar 2.12 Sambungan Pada Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT Sambungan Pada Baja Wide Flange**



**Gambar 2.13 Sambungan Pada Rectangular Concrete Filled Steel Tube (RCFT)**

### 2.5.2 Persyaratan Utama Desain Sambungan

Ada beberapa persyaratan utama untuk desain sambungan balok-kolom di ACI 318 Code (2005) [5]:

1. Kekuatan lentur harus memenuhi rasio  $M_R$

$$M_R = \frac{\sum M_c}{\sum M_b} \geq \frac{6}{5} \quad (2.4)$$

Di mana  $\sum M_c$  dan  $\sum M_b$  adalah jumlah kapasitas momen nominal kolom dan balok. Persyaratan ini untuk memenuhi filsafat "*strong column weak beam*".

2. Untuk pemberhentian tulangan pada sambungan exterior, sisa tulangan yang  $D_h$  pada balok tidak boleh kurang dari nilai yang terbesar antara  $8 d_b$  atau 150 mm, dan panjang  $D_h$  ditentukan oleh rumus :

$$D_h = \frac{f_y d_b}{5,4 \sqrt{f'_c}} \quad (2.5)$$

Dimana  $f_y$  adalah kuat leleh,  $d_b$  adalah diameter tulangan, dan  $f'_c$  adalah kekuatan beton (dalam MPa).

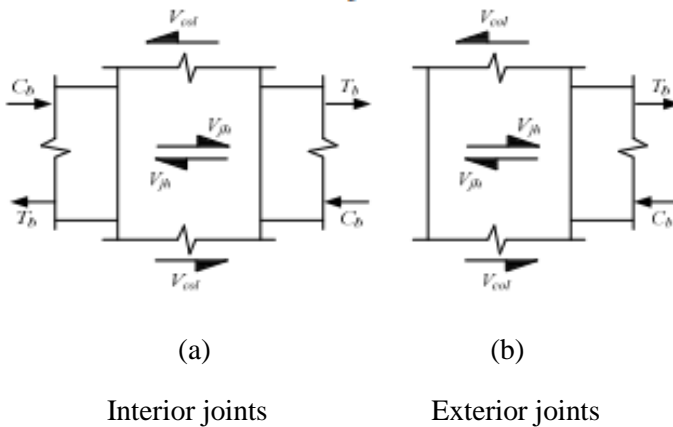
3. Desain gaya geser yang bekerja pada sambungan tidak akan melebihi batas tertentu berdasarkan geometri dan batasan sambungan. Untuk sambungan balok-kolom interior yang terkena beban gempa, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11(a), gaya geser horizontal sambungan dihitung dengan rumus :

$$V_{jh} = T_b + C_b - V_{col} \quad (2.6)$$

Sementara untuk sambungan balok-kolom eksterior yang terkena beban gempa, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8(b) dihitung dengan rumus:

$$V_{jh} = T_b - V_{col} \quad (2.7)$$

Dimana  $T_b$  adalah gaya tarik pada tulangan balok,  $C_b$  adalah gaya tekan pada beton, dan  $V_{col}$  adalah gaya geser horizontal kolom di bagian atas sambungan.



**Gambar 2.14 Gaya yang bekerja pada sambungan balok-kolom (Hwang dan Lee,1999)**

## 2.6 Basement

Basement adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan dinding pada basement berfungsi menahan tekanan tanah lateral . Bila suatu dinding tidak bergerak membatasi suatu massa tanah, maka massa tanah tersebut akan berada pada suatu keadaan keseimbangan elastis (*elastic equilibrium*), rasio antara tekanan arah vertikal dan horizontal dinamakan koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam ( $k_0$ )

$$K_o = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \quad (2.8)$$

Menurut Jaky (1944)

$$K_o = 1 - \sin \theta \quad (\text{untuk tanah berbutir}) \quad (2.9)$$

Menurut Broker dan Jreland (1965)

$$K_o = 0,95 - \sin \theta \quad (\text{untuk tanah lempung terkonsolidasi secara normal}) \quad (2.10)$$

a. Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

Namun jika suatu dinding vertikal licin yang membatasi suatu massa tanah tersebut diijinkan bergerak, maka tekanan tanah horizontal dalam elemen tanah tersebut akan berkurang secara terus menerus. Dan akhirnya dicapai suatu keseimbangan plastis. Kondisi tersebut dinamakan sebagai kondisi aktif menurut Rankine (1857) "*Rankine's active state*". Tekanan tanah yang bekerja pada dinding tersebut adalah tekanan tanah aktif ( $\sigma_a$ ).

$$\sigma_a = \sigma_v \times K_a \quad (2.11)$$

$$K_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\theta}{2} \right) \quad (2.12)$$

Dimana :

$K_a$  = koefisien tekanan tanah aktif

Sedangkan keadaan tanah pasif adalah apabila suatu dinding vertikal licin tak terhingga didorong masuk secara perlahan – lahan ke arah dalam tanah, maka tegangan horizontal ( $\sigma_h$ ) akan bertambah secara terus menerus. Pada keadaan ini, keruntuhan tanah akan terjadi yang kita kenal sebagai kondisi tanah pasif menurut Rankine (1857) "*Rankine's passive state*". Tekanan tanah yang bekerja pada dinding tersebut adalah tekanan tanah pasif ( $\sigma_p$ ).

$$\sigma_p = \sigma_v \times K_p \quad (2.13)$$

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\theta}{2} \right) \quad (2.14)$$

Dimana :

$K_p$  = koefisien tekanan tanah pasif

b. Tekanan Tanah Aktif dan Pasif untuk tanah yan berkohesi

Rankine tidak menyertakan harga kohesi tanah kedalam formula tekanan tanahnya, kemudian Bell (1915) memperbaharui formula tersebut dengan menyertakan harga kohesi tanah untuk perhitungan tekanan tanah lateral tanah berkohesi pada suatu dinding. Berikut ini persamaan tekanan tanah aktif tanah aktif untuk tanah berkohesi :

$$\sigma_a = \sigma_v \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\theta}{2} \right) - 2c \tan \left( 45^\circ - \frac{\theta}{2} \right) \quad (2.15)$$

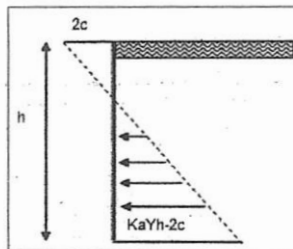
$$\sigma_a = \sigma_v K_a - 2c \sqrt{K_a} \quad (2.16)$$

Dimana :

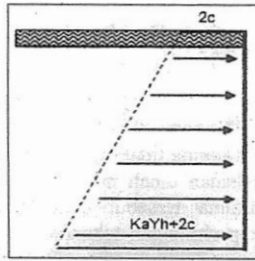
$\sigma_v$  = tegangan vertikal tanah ( $t/m^2$ )

$c$  = kohesi tanah

$\theta$  = sudut geser tanah



**Gambar 2.15 Tekanan Tanah Aktif Tanah Kohesif pada Dinding**



**Gambar 2.16 Tekanan Tanah Pasif Tanah Kohesif pada Dinding**

Sedangkan untuk tekanan tanah pasif berlaku persamaan :

$$\sigma_p = \sigma_v \tan^2 \left( 45 + \frac{\theta}{2} \right) + 2c \tan \left( 45 + \frac{\theta}{2} \right) \quad (2.17)$$

$$\sigma_p = \sigma_v Kp + 2c \sqrt{Kp} \quad (2.18)$$

Dimana :

$\sigma_v$  = tegangan vertikal tanah ( $t/m^2$ )

$c$  = kohesi tanah

$\theta$  = sudut geser tanah

c. Perhitungan Dinding Turap dengan metode *free earth support*

Asumsi dari metode ini adalah :

1. Tiang turap dianggap kaku jika dibandingkan dengan tanah sekitarnya.
2. Dinding turap dapat bergerak dengan cukup untuk menimbulkan tekanan tanah minimum aktif dan pasif.

Langkah – langkah perhitungan :

### Langkah 1

Besar kedalaman turap diwakili dengan variable  $D$ , yang kemudian akan dicari nilainya. Pada akhir perhitungan dengan metode ini, harga  $D$  akan didapatkan dalam bentuk persamaan,  $aD^3 + bD^2 + cD + d = 0$ , yang kemudian bisa diselesaikan dengan metode *trial and error*.

### Langkah 2

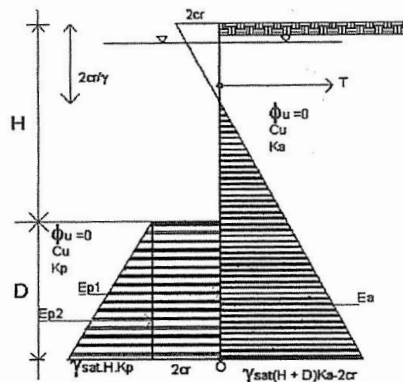
Menentukan tekanan tanah aktif dan pasif yang bekerja pada dinding turap. Dari sisi tanah pasif, dipergunakan faktor keamanan sebesar 1,5 – 2 yaitu untuk tanah *cohesionless* digunakan sudut geser  $\phi''$ .

$$\tan \phi'' = \frac{\phi'}{SF} \quad (2.19)$$

Dimana :

$\Phi'$  = Sudut geser efektif

SF = Faktor Keamanan (1,5 – 2)



**Gambar 2.17 Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Tanah Kohesif pada Dinding**

Dimana :

$$r = \text{faktor adhesi} = \sqrt{1 + \frac{C_w}{c}}$$

$C_w$  = adhesi antara lempung dan sheet pile

$$C_w = 0,56$$

$C$  = nilai kohesi tanah

$K_a$  = koefisien tanah aktif menurut Rankine

$K_p$  = koefisien tanah pasif menurut Rankine

$C_u$  = *cohesion undrained*

### Langkah 3

Menghitung kedalaman (D) turap

Dengan cara  $\Sigma M_T = 0$  , atau dengan  $\Sigma M_o = 0$  bila tanpa jangkar.

### Langkah 4

Mencari gaya angker (T)

Dengan cara  $\Sigma F_x = 0$

$$T = \Sigma E_a - \Sigma E_p \quad (2.20)$$

Dimana :

$\Sigma E_a$  = total gaya aktif yang bekerja akibat tanah maupun *surchage*

$\Sigma E_p$  = total gaya pasif yang bekerja

## **2.7 Pondasi**

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban di atasnya. Pondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat dibawah konstruksi. Pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil (*solid*).



Dalam perencanaan pondasi untuk suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan pondasi berdasarkan fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut, besarnya beban dan beratnya bangunan atas, keadaan tanah dimana bangunan tersebut didirikan dan berdasarkan tinjauan dari segi ekonomi.

Semua konstruksi yang direncanakan, keberadaan pondasi sangat penting mengingat pondasi merupakan bagian terbawah dari bangunan yang berfungsi mendukung bangunan serta seluruh beban bangunan tersebut dan meneruskan beban bangunan itu, baik beban mati, beban hidup dan beban gempa ke tanah atau batuan yang berada dibawahnya. Bentuk pondasi tergantung dari macam bangunan yang akan dibangun dan keadaan tanah tempat pondasi tersebut akan diletakkan, biasanya pondasi diletakkan pada tanah yang keras.

Pondasi bangunan biasanya dibedakan atas dua bagian yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ( $D \leq B$ ) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah.

Pondasi dapat digolongkan berdasarkan kemungkinan besar beban yang harus dipikul oleh pondasi:

1. Pondasi dangkal

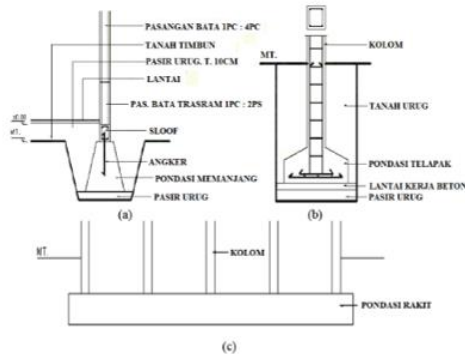
Pondasi dangkal disebut juga pondasi langsung, pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak dalam (berada relatif dekat dengan permukaan tanah). Beberapa contoh pondasi dangkal adalah sebagai berikut:

- a. Pondasi telapak

Pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal

dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit dibawah permukaan tanah. (Gambar 2.18a)

- b. **Pondasi memanjang**  
Pondasi yang digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan terhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.18b)
- c. **Pondasi rakit (raft foundation)**  
Pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila menggunakan pondasi telapak, sisi-sisinya berhimpit satu sama lainnya. (Gambar 2.18c)



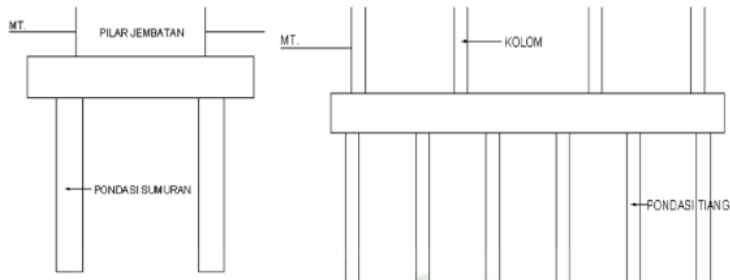
**Gambar 2.18 Jenis Pondasi Dangkal**

(Suyono Sostrodarsono, Kazua Nakazawa.1984)

2. **Pondasi dalam**  
Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan

beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan, seperti:

- a. Pondasi sumuran (*pier foundation*)  
 Pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman ( $D_f$ ) dibagi lebar ( $B$ ) lebih kecil atau sama dengan 4, sedangkan pondasi dangkal  $D_f/B \leq 1$ . (Gambar 2.19d)
- b. Pondasi tiang (*pile foundation*)  
 Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran. (Gambar 2.19e)



(d)

### Gambar 2.19 Jenis Pondasi Dalam

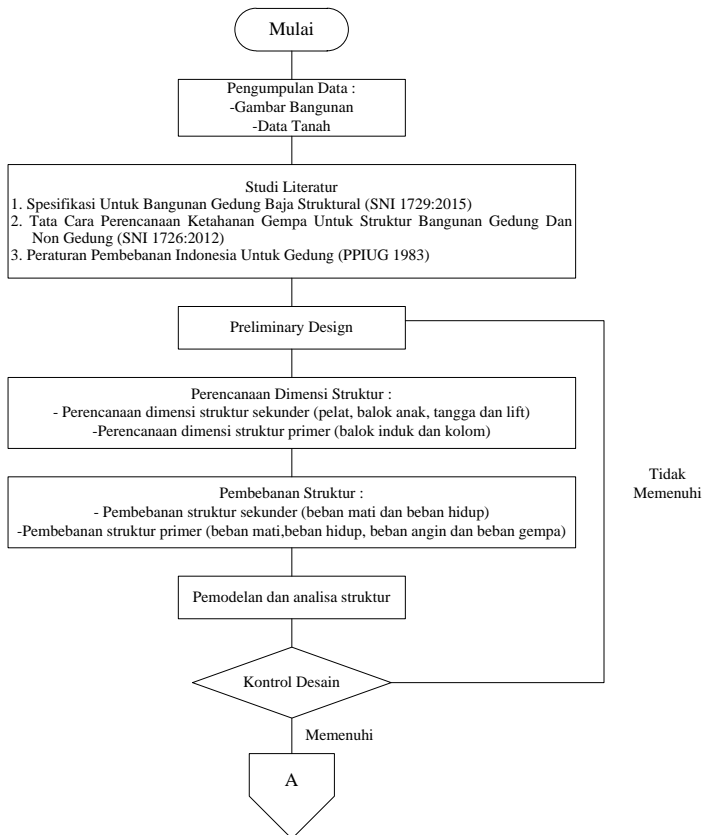
(Suyono Sostrodarsono, Kazua Nakazawa.1984)

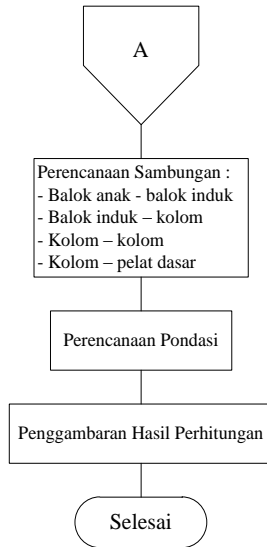
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# 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 Premier Inn Surabaya dengan menggunakan *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column* dan *Hexagonal Castellated Beam* adalah sebagai berikut:

#### 3.2.1 Pengumpulan Data

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

Data Bangunan Eksisting:

- Nama Gedung : Gedung Hotel Premier Inn
- Lokasi : Surabaya, Jawa Timur
- Fungsi : Hotel
- Jumlah Lantai : 9 Lantai + Semi Basement

- Tinggi Gedung : 33,4 m
- Struktur Utama : Beton

Data Modifikasi Bangunan:

- Nama Gedung : Gedung Hotel Premier Inn
- Lokasi : Surabaya, Jawa Timur
- Fungsi : Hotel
- Jumlah Lantai : 10 Lantai + Semi Basement
- Tinggi Gedung : 42,4 m
- Struktur Utama : *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column* dan *Hexagonal 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).
2. Browsing penelitian terdahulu dan jurnal-jurnal tentang *Hexagonal Castellated Beam*, *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column*, dan *Steel Plate Shear Wall*.
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. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983).
6. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013).

### 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  
Perencanaan dimensi 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 *Hexagonal Castellated Beam*.
  2. Kolom yang direncanakan menggunakan profil baja *Rectangular Concrete Filled Steel Tube 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 ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. (PPIUG 1983 pasal 1.01)

#### 2. Beban Hidup

Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan didalamnya



termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energy kinetic) butiran air. (PPIUG 1983 pasal 1.02)

### **3. Beban Angin**

Beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. (PPIUG 1983 pasal 1.03)

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. (PPIUG 1983 pasal 4.1)

### **4. Beban Gempa**

Perhitungan beban gempa dilakukan dengan analisa respons spectrum yang mengacu pada peraturan gempa SNI 1726:2012. Respons spectrum adalah suatu diagram hubungan antara percepatan respons maksimum suatu system satu derajat kebebasan (SDK) akibat gempa tertentu, sebagai fungsi dari faktor redaman dan waktu getar alami.

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 untuk Beban Gempa**

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

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

(SNI 1726:2012 Tabel 1)

**Tabel 3.2. Faktor Keutamaan Gempa**

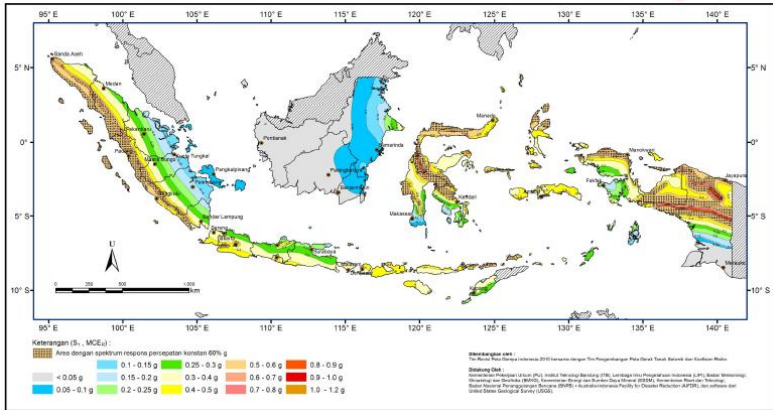
Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(SNI 1726:2012 Tabel 2)

## c. Menentukan Klasifikasi Situs

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





**Gambar 3.3 Peta untuk S<sub>1</sub>**

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

Dalam SNI 1726:2012 terdapat tahapan mendesain spektrum respon dengan menghitung persamaan-persamaan sesuai dengan periode. Dari parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar periode pendek) dan parameter  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik), didapat parameter spektrum respon dengan menggunakan persamaan berikut :

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

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

Keterangan :

$S_{MS}$  = parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek

$S_{M1}$  = parameter spektrum respons percepatan pada 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 ( $MCE_a$ ) terpetakan pada perioda 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 <sup>a</sup>				

**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 perioda 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 ( $S_{DS}$ ,  $S_{D1}$ )  
 Setelah menghitung parameter spektrum respons, dapat dilakukan perhitungan parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek ( $S_{DS}$ ) dan pada perioda 1 detik ( $S_{D1}$ ) melalui perumusan berikut ini :

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

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.4)$$

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

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

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

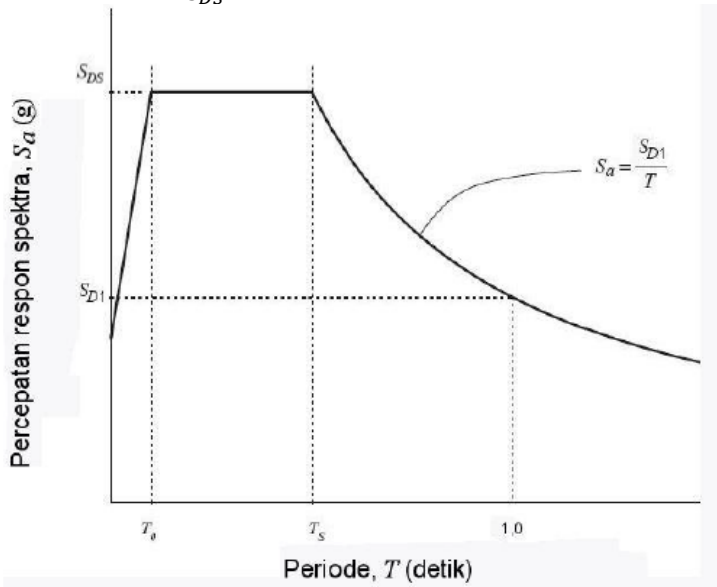
$$3. \text{ Untuk } T > T_S : S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.7)$$

**Keterangan :**

$T$  = periode 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. Menghitung Kategori Desain Seismik

Setiap struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik. Kategori desain seismik yang diklasifikasikan oleh SNI 1726-2012 dapat dilihat pada tabel 2.6 dan 2.7

**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. Sistem dan Parameter Struktur ( $R$ ,  $C_d$ ,  $\Omega_o$ )

Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai  $R$ ,  $C_d$ ,  $\Omega_o$ , harus dikenakan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur (SNI 1726:2012 Pasal 7.2-2).

- i. Menentukan prosedur analisis Gaya lateral. SNI 1726:2012 memberikan petunjuk untuk tiga prosedur analisis, yaitu :
- Analisis gaya lateral equivalent (GLE atau ELF)
  - Analisis Super posisi Ragam (MSA)
  - Analisis Riwayat Waktu (RHA)

### 5. Kombinasi Pembebanan

Konfigurasi kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726-2012 dapat dilihat sebagai berikut :

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

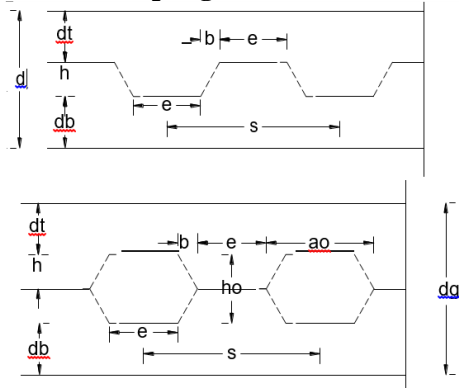
Dimana :

- D = Dead Load (Beban Mati)  
 L = Life Load (Beban Hidup)  
 E = EarthQuake Load (Beban Gempa)  
 Lr = Life Roof (Beban Atap)  
 R = Rainfall Load (Beban Hujan)  
 W = Wind Load (Beban Angin)

### 3.2.5 Kontrol Dimensi Struktur

#### A. Perencanaan *Hexagonal Castellated Beam*

##### 1. Kontrol Penampang



**Gambar 3.5 Geometri *Hexagonal Castellated Beam***

Syarat lubang  $h_o$  (ASCE 4.5 hal. 3320)  
 $h_o \leq 0,7 d_g$  (3.10)

Syarat  $d_t$  dan  $d_b$  (ASCE 4.6 hal. 3320)  
 $d_t$  dan  $d_b \geq 0,15 d_g$  (3.11)

#### Tekuk Lokal

$$\lambda_f = \frac{b}{2 \cdot t_f} \rightarrow \text{untuk sayap} \quad (3.12)$$

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} \rightarrow \text{untuk badan} \quad (3.13)$$

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

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \rightarrow \text{untuk sayap} \quad (3.14)$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \rightarrow \text{untuk badan} \quad (3.15)$$

Cek persyaratan :

$$\lambda_f < \lambda_p \quad (3.16)$$

$$\lambda_w < \lambda_p \quad (3.17)$$

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

$$\text{a. } \frac{d-2t_f}{t_w} < \frac{1365}{\sqrt{F_y}}, F_y \text{ dalam MPa} \quad (3.18)$$

$$\text{b. } \frac{d-2t_f}{t_w} < \frac{1100}{\sqrt{F_y}}, F_y \text{ dalam MPa} \quad (3.19)$$

Syarat :

$$\frac{a_o}{h_o} \leq 3 \quad (3.20)$$

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

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p \quad (3.21)$$

untuk balok komposit pada momen positif :

$$V_m \leq \frac{2}{3} V_p + V_c \quad (3.22)$$

$$\text{c. } \frac{1100}{\sqrt{F_y}} < \frac{d-2t_f}{t_w} < \frac{1365}{\sqrt{F_y}}, F_y \text{ dalam MPa} \quad (3.23)$$

Syarat :

$$\frac{a_o}{h_o} \leq 2,2 \quad (3.24)$$

$$V_m \leq 0,45 V_p \quad (3.25)$$

Dimana :

$$V_p = \frac{F_y t_w d}{\sqrt{3}} \quad (3.26)$$

$$V_c = V_p \left( \frac{\mu}{v} - 1 \right) \geq 0 \text{ atau } V_{mt} \text{ (sh)} - V_{pt} \text{ (pilih yang terkecil)} \quad (3.27)$$

d. Parameter lubang

Syarat lubang *(ASCE 4.2 hal. 3319)*

$$p_o = \left( \frac{a_o}{h_o} \right) + \left( \frac{6 h_o}{d} \right) < 5,6 \quad (3.28)$$

untuk balok baja

$$p_o = \left( \frac{a_o}{h_o} \right) + \left( \frac{6 h_o}{d} \right) < 6,0 \quad (3.29)$$

untuk balok komposit

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

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.30)$$

$$M_p = Z_x \cdot F_y \quad (3.31)$$

$$\Delta A_s = h_o \cdot t_w \quad (3.32)$$

$$e = 0,25 \cdot h_o \quad (3.33)$$

$$M_n = M_p - \left[ F_y \Delta A_s \left( \frac{h_o}{4} + e \right) \right] \quad (3.34)$$

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

$$V_{pt} = \frac{F_y t_w d}{\sqrt{3}} \quad (3.35)$$

$$av = \frac{(\sqrt{6} + \mu)}{(v + \sqrt{3})} \leq 1 \quad (3.36)$$

$$V_{nt} = \frac{(\sqrt{6} + \mu)}{(v + \sqrt{3})} V_{pt} \quad (3.37)$$

$$\text{Syarat : } V_{nt} \leq V_{pt} \quad (3.38)$$

Dimana :

$V_{nt}$  = 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)

$$\left(\frac{M_u}{\phi M_n}\right)^3 + \left(\frac{V_u}{\phi V_n}\right)^3 \leq 1 \quad (3.39)$$

#### 6. Kontrol Jarak Antar Lubang

$$s \geq h_o \quad (3.40)$$

Dimana :

$$s = 2 ( b + e ) \quad (3.41)$$

### B. Perencanaan *Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column*

Kolom komposit *Rectangular Concrete Filled Steel Tube* menerima kombinasi normal dan lentur.

#### 1. Kriteria untuk Kolom Bagi Struktur Tekan

- Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% \geq 4\% \quad (3.42)$$

- Kontrol tebal minimum penampang baja berongga yang diisi beton

$$t \geq b \sqrt{\frac{f_y}{3E}} \quad (3.43)$$

## 2. Kuat Nominal Tekan Kolom Komposit RCFT

Batasan rasio lebar terhadap ketebalan untuk elemen baja tekan harus ditentukan sebagai berikut:

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

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \quad (3.44)$$

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)} \quad (3.45)$$

$$\lambda_r = 3.00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.46)$$

$$5.00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (maksimum yang diijinkan)} \quad (3.47)$$

Untuk komponen struktur komposit yang terisi beton

- Untuk penampang kompak

$$P_{no} = P_p \quad (3.48)$$

Dengan,

$$P_p = f_y A_s + C_2 f_c' \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.49)$$

- Untuk penampang nonkompak

$$P_{no} = P_p - \frac{P_p - P_y}{(\lambda_r - \lambda_p)^2} (\lambda - \lambda_p)^2 \quad (3.50)$$

Dengan,

$$P_y = f_y A_s + 0.7 f_c' \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.51)$$

- Untuk penampang langsing

$$P_{no} = f_{cr} A_s + 0.7 f_c' \left( A_c + A_r \frac{E_s}{E_c} \right) \quad (3.52)$$

Penampang persegi diisi beton,

$$f_{cr} = \frac{9E_s}{\left( \frac{b}{t} \right)^2} \quad (3.53)$$

### 3. Amplifikasi Momen

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

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_t \quad (3.54)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t \quad (3.55)$$

Ketrangan :

$B_1$  = 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.

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

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

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

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

$P_{nr}$  = 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  $P-\delta$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha \frac{P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.56)$$

Dengan,

$\alpha = 1.00$  (DFBK)

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

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3.57)$$

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.

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 EI^*}{(K_1 L)^2} \quad (3.58)$$

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  $P - \Delta$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e\_story}}} \quad (3.59)$$

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:

$$P_{e\_story} = R_M \frac{HL}{\Delta_H} \quad (3.60)$$

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 menghitung  $\Delta_H$ , N

#### 4. Momen Nominal

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

$$M_u \leq \phi M_n \quad (3.61)$$

Keterangan:

$M_u$  = momen lentur terfaktor

$\phi$  = faktor tahanan = 0,9

$M_n$  = kuat nominal dari momen lentur penampang

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

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} \quad (3.62)$$

$$\lambda_p = 1.12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (kompak)} \quad (3.63)$$

$$\lambda_r = 1.40 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \text{ (tak kompak)} \quad (3.64)$$

Untuk komponen struktur berpenampang kotak/persegi

- Untuk penampang kompak

$$M_n = M_p = f_y Z \quad (3.65)$$

- Untuk penampang nonkompak

$$M_n = M_p - (M_p - f_y S) \left( 3.57 \frac{b}{t_f} \sqrt{\frac{f_y}{E}} - 4.0 \right) \leq M_p \quad (3.66)$$

- Untuk penampang langsing

$$M_n = f_y S_e \quad (3.67)$$

Dimana,

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

$$b_e = 1.92 t_f \sqrt{\frac{E}{f_y}} \left( 1 - \frac{0.38}{b/t_f} \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right) \leq b \quad (3.68)$$

## 5. Persamaan Interaksi Aksial momen

Interaksi beban aksial tekan dan lentur pada bidang simstris komponen struktur komposit ditentukan berdasarkan

- Untuk  $\frac{P_r}{P_c} \geq 0.2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.69)$$

- Untuk  $\frac{P_r}{P_c} < 0.2$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0 \quad (3.70)$$

Keterangan :

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

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

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

$M_c = \phi_b M_n$  = Kekuatan lentur desain, Nmm

$\phi_c$  = faktor ketahanan untuk tekan = 0.90

$\phi_b$  = faktor ketahanan untuk lentur = 0.90

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

#### 1. Syarat Panel

$$0,8 < \frac{L}{b} < 2,5 \quad (3.71)$$

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

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{t \cdot L}{2A_c}}{1 + t \cdot h_s \cdot \left( \frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360 \cdot I_c \cdot L} \right)}} \quad (3.72)$$

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:

$$I_c \geq \frac{0.00307 \cdot t \cdot h_s^4}{L} \quad (3.73)$$

### 3. Kekuatan Geser Nominal Plat

$$V_n = 0.42 f_y t_w L_{cf} \sin 2\alpha \quad (3.74)$$

Dimana :

$t_w$  = ketebalan plat, mm

$L_{cf}$  = jarak bersih antar kolom, mm

#### 3.2.7 Perencanaan Sambungan

##### 3.2.7.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sambungan balok induk dengan balok anak merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok anak. Sambungan ini direncanakan dengan profil siku.

- ❖ Sambungan siku dengan balok anak  
Rencanakan diameter dan mutu baut yang dipergunakan

Kuat geser baut

$$\emptyset \cdot V_n = \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \quad (3.75)$$

Dimana :

$V_n$  = Kuat geser nominal baut

$r_1$  = Faktor modifikasi tegangan untuk  
memperhitungkan ada atau tidak adanya ulir  
baut pada bidang geser

$f_u$  = Tegangan tarik putus pelat

$m$  = Jumlah bidang geser

$A_b$  = Luas penampang bruto baut

Kuat tumpu baut

$$\emptyset \cdot R_n = \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \quad (3.76)$$

Dimana :

$R_n$  = Kuat nominal baut

$d_b$  = Diameter baut nominal pada daerah tak berulir

$t_p$  = Tebal pelat

$f_u$  = Tegangan tarik putus pelat

Jumlah baut

$$n = \frac{\emptyset \cdot V_n}{\emptyset \cdot R_n} \quad (3.77)$$

- ❖ Sambungan balok induk dengan siku  
Rencanakan diameter dan mutu baut yang dipergunakan

Kuat geser baut

$$\emptyset \cdot V_n = \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \quad (3.78)$$

Dimana :

$V_n$  = Kuat geser nominal baut



$r_1$  = Faktor modifikasi tegangan untuk memperhitungkan ada atau tidak adanya ulir baut pada bidang geser  
 $f_u$  = Tegangan tarik putus pelat  
 $m$  = Jumlah bidang geser  
 $A_b$  = Luas penampang bruto

Kuat tumpu baut

$$\phi.R_n = \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \quad (3.79)$$

Dimana :

$R_n$  = Kuat nominal baut  
 $d_b$  = Diameter baut nominal pada daerah tak berulir  
 $t_p$  = Tebal pelat  
 $f_u$  = Tegangan tarik putus pelat

Jumlah baut

$$n = \frac{\phi.V_n}{\phi.R_n} \quad (3.80)$$

❖ Kontrol siku penyambung

Kontrol leleh

$$\phi.f_y.A_g > V_u \quad (3.81)$$

Dimana :

$f_y$  = Tegangan leleh baja  
 $A_g$  = Luas penampang bruto  
 $V_u$  = Gaya geser terfaktor

Kontrol patah

$$\phi(0,6f_u.A_{nv} + f_y.A_{gv}) > V_u \quad (3.82)$$

Dimana :

$f_u$  = Tegangan tarik putus pelat  
 $A_{nv}$  = Luas neto penahan geser

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\
 &= (L - n \cdot \varnothing_{\text{lubang}}) \cdot t_1 \\
 V_u &= \text{Gaya geser terfaktor}
 \end{aligned}$$

### 3.2.7.2 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga. Sambungan ini direncanakan dengan profil siku.

- ❖ Sambungan siku dengan balok utama tangga  
Rencanakan diameter dan mutu baut yang dipergunakan

#### Kuat geser baut

$$\varnothing \cdot V_n = \varnothing \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \quad (3.83)$$

Dimana :

$V_n$  = Kuat geser nominal baut

$r_1$  = Faktor modifikasi tegangan untuk memperhitungkan ada atau tidak adanya ulir baut pada bidang geser

$f_u$  = Tegangan tarik putus pelat

$m$  = Jumlah bidang geser

$A_b$  = Luas penampang bruto baut

#### Kuat tumpu baut

$$\varnothing \cdot R_n = \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \quad (3.84)$$

Dimana :

$R_n$  = Kuat nominal baut

$d_b$  = Diameter baut nominal pada daerah tak berulir

$t_p$  = Tebal pelat

$f_u$  = Tegangan tarik putus pelat

Jumlah baut

$$n = \frac{\emptyset.V_n}{\emptyset.R_n} \quad (3.85)$$

- ❖ Sambungan balok penumpu tangga dengan siku  
Rencanakan diameter dan mutu baut yang dipergunakan

Kuat geser baut

$$\emptyset.V_n = \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \quad (3.86)$$

Dimana :

$V_n$  = Kuat geser nominal baut

$r_1$  = Faktor modifikasi tegangan untuk  
memperhitungkan ada atau tidak adanya ulir baut  
pada bidang geser

$f_u$  = Tegangan tarik putus pelat

$m$  = Jumlah bidang geser

$A_b$  = Luas penampang bruto baut

Kuat tumpu baut

$$\emptyset.R_n = \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \quad (3.87)$$

Dimana :

$R_n$  = Kuat nominal baut

$d_b$  = Diameter baut nominal pada daerah tak berulir

$t_p$  = Tebal pelat

$f_u$  = Tegangan tarik putus pelat

Jumlah baut

$$n = \frac{\emptyset.V_n}{\emptyset.R_n} \quad (3.88)$$

- ❖ Kontrol siku penyambung

Kontrol leleh

$$\emptyset.f_y.A_g > V_u \quad (3.89)$$

Dimana :

$f_y$  = Tegangan leleh baja  
 $A_g$  = Luas penampang bruto  
 $V_u$  = Gaya geser terfaktor

#### Kontrol patah

$$\phi \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot A_{nv} > V_u \quad (3.90)$$

Dimana :

$f_u$  = Tegangan tarik putus pelat  
 $A_{nv}$  = Luas neto penahan geser  
 $A_{nv} = L_{nv} \cdot t_1$   
 $= (L - n \phi_{lubang}) \cdot t_1$   
 $V_u$  = Gaya geser terfaktor

### 3.2.7.3 Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga. Sambungan ini direncanakan dengan plat sambung.

❖ Kontrol plat sambung yang digunakan

$$t_p \leq \frac{f_u}{f_{yp}} t \quad (3.91)$$

Dimana :

$t_p$  = Tebal pelat  
 $f_u$  = Tegangan tarik putus pelat  
 $f_{yp}$  = Tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari pelat  
 $t$  = Tebal profil HSS

- ❖ Sambungan plat sambung dengan balok penumpu tangga

Rencanakan diameter dan mutu baut yang dipergunakan  
Kuat geser baut

$$\emptyset.V_n = \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \quad (3.92)$$

Dimana :

$V_n$  = Kuat geser nominal baut

$r_1$  = Faktor modifikasi tegangan untuk memperhitungkan ada atau tidak adanya ulir baut pada bidang geser

$f_u$  = Tegangan tarik putus pelat

$m$  = Jumlah bidang geser

$A_b$  = Luas penampang bruto baut

Kuat tumpu baut

$$\emptyset.R_n = \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \quad (3.93)$$

Dimana :

$R_n$  = Kuat nominal baut

$d_b$  = Diameter baut nominal pada daerah tak berulir

$t_p$  = Tebal pelat

$f_u$  = Tegangan tarik putus pelat

Jumlah baut

$$n = \frac{\emptyset.V_n}{\emptyset.R_n} \quad (3.94)$$

- ❖ Sambungan kolom dengan plat sambung

Rencanakan ketebalan dan mutu las yang dipergunakan

$$A_{we} = (0.707 \times w) \times l_{we} \quad (3.95)$$

Dimana :

$A_{we}$  = Luas efektif las  
 $w$  = Ukuran kaki las  
 $l_{we}$  = Lebar efektif las

$$F_{nw} = 0.6F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \quad (3.96)$$

Dimana :

$F_{nw}$  = Tegangan nominal logam las

$$\phi R_n = 0.75 F_{nw} A_{we} \quad (3.97)$$

Dimana :

$R_n$  = Kekuatan nominal

$A_{we}$  = Luas efektif las

$F_{nw}$  = Tegangan nominal logam las

❖ Kontrol plat penyambung

Kontrol leleh

$$\phi \cdot f_y \cdot A_g > V_u \quad (3.98)$$

Dimana :

$f_y$  = Tegangan leleh baja

$A_g$  = Luas penampang bruto

$V_u$  = Gaya geser terfaktor

Kontrol patah

$$\phi \cdot 0.6 \cdot f_u \cdot A_{nv} > V_u \quad (3.99)$$

Dimana :

$f_u$  = Tegangan tarik putus pelat

$A_{nv}$  = Luas neto penahan geser

$A_{nv} = L_{nv} \cdot t_1$

$= (L - n \cdot \phi_{lubang}) \cdot t_1$

$V_u$  = Gaya geser terfaktor

### 3.2.7.4 Sambungan Kolom dengan Kolom

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan menggunakan las penetrasi penuh. Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal. Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai.

❖ Gaya aksial pada sambungan

$$E_m = \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin(2\alpha) h_c + \sum \left[ \frac{2M_{pr}}{L_h} - \frac{q_u}{2} L_{cf} \right] \quad (3.100)$$

❖ Momen pada sambungan

$$M_u = M_{VBE(web)} + M_{VBE(HBE)} \quad (3.101)$$

❖ Gaya geser pada sambungan

$$V_{VBE(HBE)} = \sum \frac{1}{2} \left( \frac{M_{pc}}{h_c} \right) \quad (3.102)$$

❖ Sambungan las pada kolom

Kontrol tegangan las akibat  $P_u$  dan  $M_u$  :

$$T_u = \frac{M_u}{d_c} \pm P_u \quad (3.103)$$

Kekuatan las tumpul penetrasi penuh :

$$\phi R_n = 0.75 F_{nw} A_{we} \quad (3.104)$$

Dimana :

$R_n$  = Kekuatan nominal

$A_{we}$  = Luas efektif las

$F_{nw}$  = Tegangan nominal logam las

Kontrol las pada daerah sambungan kolom dengan kolom :

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1.0 \quad (3.105)$$

Dimana :

$V_u$  = Gaya geser terfaktor

$T_u$  = Gaya tarik perlu

$R_n$  = Kekuatan nominal

### 3.2.7.5 Sambungan Dinding Geser (SPSW)

Sambungan pada dinding geser direncanakan menggunakan las. Pengelasan dilakukan pada elemen balok (*HBE*) dan kolom (*VBE*). Tipe las yang digunakan yaitu las sudut dan las tumpul penetrasi penuh.

- ❖ Sambungan las sudut pada balok (*HBE*)

Rencanakan mutu las yang dipergunakan

$$W_{(HBE)} = \frac{R_y f_y \cos(\alpha) t_w \sqrt{2}}{\phi 0.6 F_{EXX} [1 + 0.5 \cos^{1.5}(\alpha)]} \quad (3.106)$$

- ❖ Sambungan las sudut pada kolom (*VBE*)

Rencanakan mutu las yang dipergunakan

$$W_{(VBE)} = \frac{R_y f_y \sin(\alpha) t_w \sqrt{2}}{\phi 0.6 F_{EXX} [1 + 0.5 \sin^{1.5}(\alpha)]} \quad (3.107)$$



### 3.2.7.6 Sambungan Balok (HBE) dengan Kolom (VBE) pada Dinding Geer Plat Baja (SPSW)

Sambungan menghubungkan balok (*HBE*) dengan kolom (*VBE*) komposit CFT pada dinding geser (*SPSW*).

- ❖ Kontrol leleh pada plat sambung

$$\left( \frac{V_u}{\phi_y V_n} \right)^2 + \left( \frac{N_u}{\phi_c N_n} \right)^2 \leq 1.0 \quad (3.108)$$

- ❖ Kontrol patah pada plat sambung

$$\left( \frac{V_u}{\phi_y V_n} \right)^2 + \left( \frac{N_u}{\phi_c N_n} \right)^2 \leq 1.0 \quad (3.109)$$

- ❖ Kontrol geser baut

$$\phi R_n = \phi n f_u^u A_b > \sqrt{V_u^2 + N_u^2} \quad (3.110)$$

- ❖ Kontrol kuat tumpu baut

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left( \frac{N_u}{\phi R_{nh}} \right)^2 \leq 1.0 \quad (3.111)$$

- ❖ Kontrol ukuran las

Rencanakan ketebalan dan mutu las yang dipergunakan

$$A_{we} = (0.707 \times w) \times l_{we} \quad (3.112)$$

Dimana :

$A_{we}$  = Luas efektif las

$w$  = Ukuran kaki las

$l_{we}$  = Lebar efektif las

$$F_{nw} = 0.6 F_{EXX} \left( 1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta \right) \quad (3.113)$$

Dimana :

$F_{nw}$  = Tegangan nominal logam las

$$\phi R_n = 0.75 F_{nw} A_{we} \quad (3.114)$$

Dimana :

$R_n$  = Kekuatan nominal

$A_{we}$  = Luas efektif las

$F_{nw}$  = Tegangan nominal logam las

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left( \frac{N_u}{\phi R_{nh}} \right)^2 \leq 1.0 \quad (3.115)$$

Kontrol sambungan *HBE* dengan *VBE* terhadap momen.

❖ Momen yang bekerja pada sambungan

$$M_u = 1.1 R_y Z_b \left( f_{yb} - \frac{P_{HBE}}{A_g} \right) \quad (3.116)$$

Akibat adanya momen, las pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$T_u = \frac{M_u d_{\max}}{\sum d^2} \quad (3.117)$$

❖ Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul miring melebar.

$$A_{we} = (0.707 \times w) \times l_{we} \quad (3.118)$$

Dimana :

$A_{we}$  = Luas efektif las  
 $w$  = Ukuran kaki las  
 $l_{we}$  = Lebar efektif las

$$F_{nw} = 0.6F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \quad (3.119)$$

Dimana :

$F_{nw}$  = Tegangan nominal logam las

Kekuatan las tumpul :

$$\phi R_n = 0.75 F_{nw} A_{we} \quad (3.120)$$

Dimana :

$R_n$  = Kekuatan nominal

$A_{we}$  = Luas efektif las

$F_{nw}$  = Tegangan nominal logam las

### 3.2.7.7 Sambungan Balok dengan Kolom

Sambungan menghubungkan balok dengan kolom komposit CFT.

- a. Sambungan pen tipe geser dipasang sebagai penumpu beban mati balok dan beban pekerja saat proses pengelasan.

- ❖ Kontrol leleh pada plat sambung  
 Rencanakan ketebalan, panjang dan mutu pelat yang dipergunakan

Kontrol panjang tekuk  $Kl/r \leq 25$ ,  $f_{cr} = f_y$

$$\phi_y V_n = 1.00(0.6)f_y tL \quad (3.121)$$

- ❖ Kontrol patah pada plat sambung

$$A_{nv} = A_g - n(d_b + 1.5 \text{ mm}) \quad (3.122)$$

$$\phi_y V_n = 0.75(0.6)f_u A_{nv} \quad (3.123)$$

- ❖ Kontrol geser baut

$$\phi R_n = \phi n f_u^u A_b \quad (3.124)$$

- ❖ Kontrol kuat tumpu baut

$$\phi R_n = \phi 1.2 L_c t f_u \quad (3.125)$$

- ❖ Kontrol ukuran las

Rencanakan ketebalan dan mutu las yang dipergunakan

$$A_{we} = (0.707 \times w) \times l_{we} \quad (3.126)$$

Dimana :

$A_{we}$  = Luas efektif las

w = Ukuran kaki las

$l_{we}$  = Lebar efektif las

$$F_{nw} = 0.6 F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \quad (3.127)$$

Dimana :

$F_{nw}$  = Tegangan nominal logam las

$$\phi R_n = 0.75 F_{nw} A_{we} \quad (3.128)$$

Dimana :

$R_n$  = Kekuatan nominal

$A_{we}$  = Luas efektif las

$F_{nw}$  = Tegangan nominal logam las

- b. Sambungan rigid dengan alat sambung las dipasang sebagai penunpu beban aktual.  
Akibat adanya momen, las pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$T_u = \frac{M_u d_{\max}}{\sum d^2} \quad (3.129)$$

❖ Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul miring melebar.

$$A_{we} = (0.707 \times w) \times l_{we} \quad (3.130)$$

Dimana :

$A_{we}$  = Luas efektif las

$w$  = Ukuran kaki las

$l_{we}$  = Lebar efektif las

$$F_{nw} = 0.6F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \quad (3.131)$$

Dimana :

$F_{nw}$  = Tegangan nominal logam las

Kekuatan las tumpul :

$$\phi R_n = 0.75 F_{nw} A_{we} \quad (3.132)$$

Dimana :

$R_n$  = Kekuatan nominal

$A_{we}$  = Luas efektif las

$F_{nw}$  = Tegangan nominal logam las

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi R_{nh}} \right)^2 \leq 1.0 \quad (3.133)$$

### 3.2.7.8 Sambungan Kolom dengan Base Plate

Perencanaan *base plate* digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom pedestal.

❖ Sambungan Las pada End Plate

Rencanakan atau asumsikan  $t_e$

$$f_{uw} = \phi 0.6 F_{e100XX} \quad (3.134)$$

Kontrol tegangan las akibat  $P_u$  :

$$f_p = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S} \quad (3.135)$$

Kontrol tegangan las akibat  $V_u$  :

$$f_v = \frac{V_u}{A} + \frac{M_u}{S} \quad (3.136)$$

Kontrol tegangan las total :

$$f_{total} = \sqrt{f_p^2 + f_v^2} \quad (3.137)$$

Kontrol tebal kaki las :

$$t_e = f_{total} / f_{uw} \quad (3.138)$$

$$w = t_e / 0.707 \quad (3.139)$$

Kontrol syarat tebal kaki las:

$$w_{eff(max)} = 1.41 \frac{f_u}{F_{e100XX}} t_p \quad (3.140)$$

❖ Perhitungan *base plate*

Termasuk dalam kategori base plate yang memikul gaya aksial, gaya geser dan juga momen lentur dengan intensitas yang cukup kecil, sehingga distribusi tegangan tidak terjadi sepanjang base plate, namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan base plate terangkat dari beton penumpu. Angkur terpasang hanya berfungsi sebagai penahan gaya geser, disamping itu angkur tersebut juga berfungsi menjaga stabilitas struktur selama masa konstruksi.

Jika  $f = 540$  mm adalah jarak baut angkur ke as kolom, maka penyelesaian untuk mencari  $Y$  adalah :

$$Y = \frac{P_u}{q_{\max}} \quad (3.141)$$

**Sisi desak :** pelat kantilever  $m = 75$  mm, maka tebal pelat dan dasar untuk memikul gaya reaksi beton adalah

$$t_p \geq 1.5m \sqrt{\frac{f_p}{f_y}} \quad (3.142)$$

Kuat rencana geser dan tumpu (1 bidang geser)

$$\phi_f \cdot V_n = V_d = \phi_f \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m \quad (3.143)$$

$$\phi_f \cdot R_n = R_d = 2,4 \cdot \phi_f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \quad (3.144)$$

Jumlah baut angkur yang dibutuhkan (diambil jumlah yang terbesar antara gaya geser  $V_{ux}$  dan  $V_{uy}$ )

$$n = \frac{V_{uy}}{\phi_f \cdot V_n} = \frac{27283}{11760.4} = 2,32 \quad (3.145)$$

### 3.2.8 Perencanaan Dinding Basement

Perencanaan struktur dinding basement direncanakan menggunakan plat beton. Dalam perencanaan struktur dinding basement yang mampu

memikul beban vertical dan lateral dapat dilakukan dengan mengikuti diagram alir dan langkah – langkah dalam merencanakan dinding basement dengan plat beton antara lain :

1. Menentukan beban – beban yang akan bekerja pada dinding basement.
2. Perencanaan kedalaman dinding basement dengan metode *free-earth support*
3. Preliminary desain dinding basement
4. Penulangan dan desain dinding basement

### 3.2.9 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.

#### A. Tiang Pancang Tunggal

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

$$Q_L = Q_P + Q_S \quad (3.146)$$

$$Q_{ijin \ 1 \ tiang} = \frac{Q_u}{SF} \quad (3.147)$$

Dengan :

$$Q_P = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p \quad (3.148)$$

$$Q_S = q_p \cdot A_S = (N_S/3 + 1) \cdot A_S \quad (3.149)$$

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

$$Q_d = Q_{d(1 \text{ tiang})} n E_k \quad (3.150)$$

Dimana :

$E_k$  = efisiensi kelompok tiang

$n$  = jumlah tiang

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

$$\text{Converse-Labarre}) \quad (3.151)$$

Dimana :

$E_k$  = efisiensi kelompok tiang

$m$  = jumlah tiang dalam baris

$n$  = jumlah tiang dalam kolom

$\theta$  =  $\arcsin \frac{D}{S}$

$D$  = dimensi tiang pancang

$S$  = jarak antar tiang pancang

### Perencanaan Pondasi Tiang Grup

Perhitungan jarak tiang

Untuk jarak as ke as tepi pancang

$$2,5 D \leq S < 3,0 D$$

Untuk jarak tepi ke as tiang pancang

$$1,5 D <$$

$$S_1 < 2 D$$

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 :*

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin}} \quad (3.152)$$

Gaya yang dipikul tiang

$$P = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{maks}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_{maks}}{\Sigma y^2} \leq P_{ijin} \quad (3.153)$$

Kontrol tiang pancang :

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot X_{maks}}{\Sigma x^2} + \frac{M_x \cdot y_{maks}}{\Sigma y^2} < P_{ijin} \quad (3.154)$$

$$P_{min} = \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \cdot X_{maks}}{\Sigma x^2} - \frac{M_x \cdot y_{maks}}{\Sigma y^2} > 0 \quad (3.155)$$

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

$\Sigma y^2$  = jumlah kuadrat jarak as tiang pancang terhadap sumbu Y

## B. 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)**

$$- V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.156)$$

$$- V_c = 0,083 \left(\frac{a_s d}{b_o} + 2\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.157)$$

$$- V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.158)$$

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

Kontrol geser satu arah

$$V_u \leq \phi V_n \text{ atau } V_u \leq \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w d \quad (3.159)$$

Kontrol geser dua arah

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.160)$$

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

$$V_u \leq \phi V_n \quad (3.167)$$

Jika,

$V_u < \phi V_c$  tidak perlu tulangan geser

$V_u > \phi V_c$  tebal poer tidak mencukupi

### **3.2.10 Penggambaran Hasil Perhitungan**

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

## **BAB IV**

### **ANALISA STRUKTUR**

#### **4.1. Perencanaan Struktur Sekunder**

##### **4.1.1. Umum**

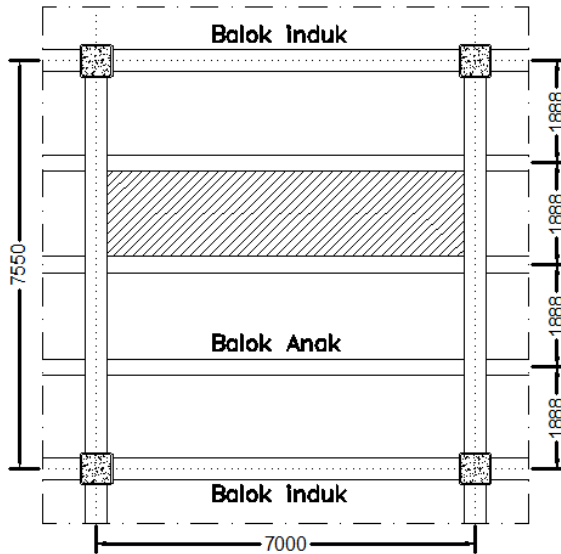
Pada perencanaan struktur sekunder ini, dimensi dan struktur dibuat typical untuk semua gedung.

##### **4.1.2. Perencanaan Dimensi Pelat Lantai Gedung**

Perencanaan pelat lantai pada gedung ini menggunakan bantuan tabel perencanaan praktis dari SUPER FLOOR DECK. Struktur lantai direncanakan tanpa penyangga (*no props*). Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Beban mati (berat sendiri bondek dan pelat beton) sudah diperhitungkan
- Berat berguna yang digunakan adalah jumlah beban hidup dan beban-beban finishing lainnya
- Beton menggunakan mutu  $f_c' = 25$  MPa
- Bondex menggunakan tebal 0.75 mm
- Mutu baja tulangan U-48

### A. Pelat Lantai Atap



**Gambar 4.1 Pelat Lantai Atap**

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai atap ini menggunakan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013.

Beban Mati :

- Berat aspal  $t=2$  cm :  $2 \times 14$  = 28 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat plafon + penggantung :  $11 + 7$  = 18 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat ducting dan plumbing = 19.528 kg/m<sup>2</sup> +
- $$q_D = 65.528 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup :

- Lantai atap  $q_L = 20$  Psf = 97.64 kg/m<sup>2</sup>

Beban Berguna :

- $Q_u = q_D + q_L = 65.528 + 97.64 = 163.168 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2$

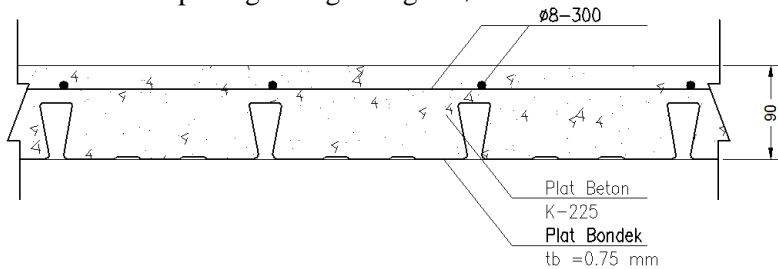
Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif tanpa penyangga didapatkan data-data sebagai berikut:

- Bentang = 1.888 m
- Beban berguna = 200 kg/m<sup>2</sup>
- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif 1.07 cm<sup>2</sup>/m

Digunakan wiremesh tulangan Ø 8 (As = 0.503 cm<sup>2</sup>)

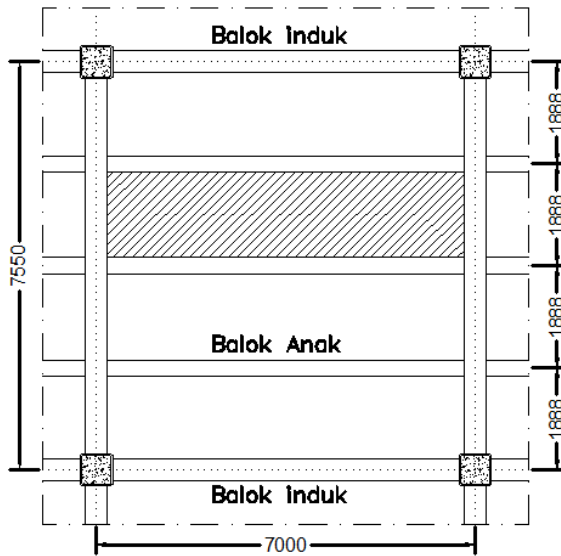
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

- $n = \frac{1.07}{0.503} = 2.129 \approx 3$  buah
- Jarak antar tulangan  $s = \frac{1000}{2.129} = 469.771$  mm
- Jadi dipasang tulangan negatif Ø 8 – 300



**Gambar 4.2 Penulangan Pelat Atap**

## B. Pelat Lantai



**Gambar 4.3 Pelat Lantai**

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai ruangan condotel ini menggunakan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013 .

Beban Mati :

- Berat spesi  $t=2$  cm :  $2 \times 21$  = 42 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat keramik 1 cm  $1 \times 24$  = 24 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat plafon + penggantung  $11 + 7$  = 18 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat *ducting* dan *plumbing* = 19.528 kg/m<sup>2</sup> +
- $$q_D = 103.528 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup :

- Lantai condotel  $q_L = 40 \text{ Psf} = 195.28 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

- $Q_u = q_D + q_L = 103.528 + 195.28 = 298.808 \text{ kg/m}^2 \approx 300 \text{ kg/m}^2$



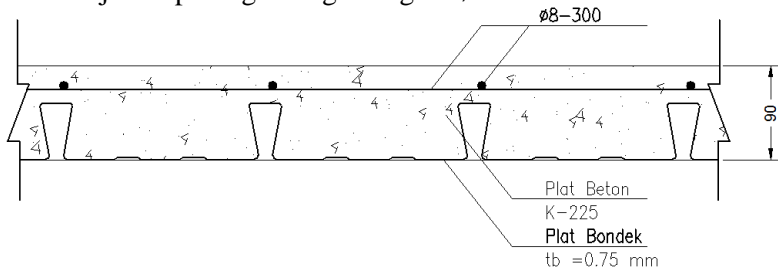
Berdasarkan tabel perencanaan praktis untuk bentang menerus dengan tulangan negatif tanpa penyangga didapatkan data-data sebagai berikut:

- Bentang = 1.888 m
- Beban berguna = 300 kg/m<sup>2</sup>
- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif 1.31 cm<sup>2</sup>/m

Digunakan wiremesh tulangan Ø 8 (As = 0.503 cm<sup>2</sup>)

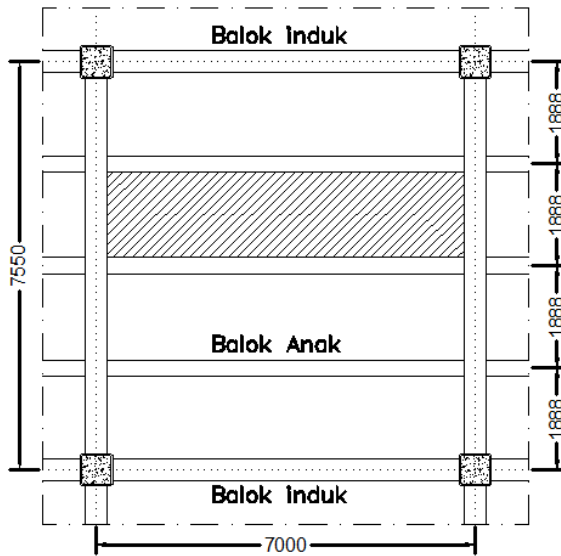
Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

- $n = \frac{1.31}{0.503} = 2.606 \approx 3$  buah
- jarak antar tulangan =  $\frac{1000}{2.606} = 386.706$  mm
- jadi dipasang tulangan negatif Ø 8 – 300



**Gambar 4.4 Penulangan Lantai**

### C. Pelat Lantai Koridor



**Gambar 4.5 Pelat Lantai Koridor**

Peraturan pembebanan pada struktur pelat lantai ruangan condotel ini menggunakan PPIUG 1983 dan SNI 1727:2013.

Beban Mati :

- Berat spesi 2 cm 2 x 21 = 42 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat keramik 1 cm 1 x 24 = 24 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat plafon + penggantung 11 +7 = 18 kg/m<sup>2</sup>
  - Berat *ducting* dan *plumbing* = 19.528 kg/m<sup>2</sup> +
- $$q_D = 103.528 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup :

- Lantai condotel  $q_L = 100 \text{ Psf} = 488.2 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

- $Q_u = q_D + q_L = 103.528 + 488.2 = 591.728 \text{ kg/m}^2 \approx 600 \text{ kg/m}^2$

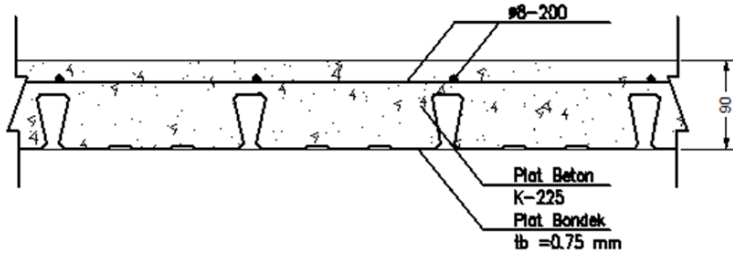
Data-data perencanaan pelat bondek:

- Bentang = 1.888 m
- Beban berguna = 600 kg/m<sup>2</sup>
- Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 9 cm, dan tulangan negatif 2.03 cm<sup>2</sup>/m

Digunakan tulangan Ø 8 (As = 0.503 cm<sup>2</sup>)

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

- $n = \frac{2.03}{0.503} = 4.039 \approx 5$  buah
- jarak antar tulangan =  $\frac{1000}{4.039} = 247.613$  mm
- jadi dipasang tulangan negatif Ø 8 – 200



**Gambar 4.6 Penulangan Lantai Koridor**

### 4.1.3. Perencanaan Balok Anak

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

#### A. Balok Anak Lantai Atap

Menggunakan profil WF 300 × 150 × 6.5 × 9

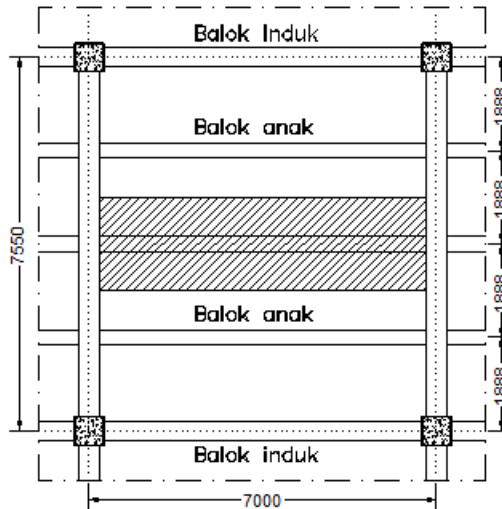
$$W = 36.70 \text{ kg/m} \quad r = 13 \text{ mm} \quad h_w = 3002(9+13)$$

$$A = 46.78 \text{ cm}^2 \quad Z_x = 522 \text{ cm}^3 \quad = 256 \text{ mm}$$

$$t_w = 6.5 \text{ mm} \quad i_y = 3.29 \text{ cm} \quad b_f = 150 \text{ mm}$$

$$t_f = 9 \text{ mm} \quad I_x = 7210 \text{ cm}^4$$

$$d = 300 \text{ mm} \quad I_y = 508 \text{ cm}^4$$



**Gambar 4.7 Denah Balok Anak Lantai Atap**

1. Pembebanan pada balok anak lantai atap
  - Beban mati
    - Berat pelat bondek = 10.10 kg/m<sup>2</sup>

Berat aspal 2 x 14	= 28	kg/m <sup>2</sup>
Berat beton 0.90 x 2400	= 216	kg/m <sup>2</sup>
Berat plafon + penggantung 11 + 7	= 18	kg/m <sup>2</sup>
Berat ducting dan plumbing	= 19.528	kg/m <sup>2</sup>
	<hr/>	
	= 291.628	kg/m <sup>2</sup>

Berat perhitungan pelat lantai

$$291,628 \text{ kg/m}^2 \times 1.888 \text{ m} = 550.448 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil} = 36.7 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 587.148 \text{ kg/m}$$

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

$$q_L = 1.888 \text{ m} \times 97.64 \text{ kg/m}^2 = 184.296 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor :

$$q_U = 1.2 q_D + 1.6 q_L$$

$$= 1.2 (587.148) + 1.6 (184.296) = 999.45 \text{ kg/m}$$

2. Gaya dalam pada balok anak lantai atap

- Momen yang terjadi

$$M_U = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times (999.45) \times (7)^2$$

$$= 6121.633 \text{ kgm}$$

- Gaya geser yang terjadi

$$V_U = \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times (999.45) \times (7)$$

$$= 3498.076 \text{ kg}$$

3. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8.333$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 8.33 \leq 10.75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{256}{6.5} = 39.38$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.34$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 39.38 \leq 106.34 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$   
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 522.077 = 1305191.25 \text{ kgcm}$   
 $= 13051.913 \text{ kgm}$
- Cek kemampuan penampang  
 $\phi_b \cdot M_n \geq M_u$   
 $\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 13051.913$   
 $= 11746.721 \text{ kgm} > 6121.633 \text{ kgm} \dots \text{OK!}$
- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral  
 Panjang tak terkekang adalah jarak *shear conector* sesuai tabel perencanaan bondex ( $L_b = 40 \text{ cm}$ ).

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 3.29 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 163.77 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 40 \text{ cm} \leq 163.77 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka  $M_n = M_p$   
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 522.077 = 1305191.25 \text{ kgcm}$   
 $= 13051.9125 \text{ kgm}$

- Cek kemampuan penampang

$$\emptyset_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\emptyset_b \cdot M_n = 0.9 \times 13051.9125$$

$$= 11746.721 \text{ kgm} > 6121.633 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

4. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{256}{6.5} = 39.38 ;$$

$$1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69.57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 39.38 \leq 69.57$$

maka  $C_v = 1.00$  ; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (30 \times 0.65) \times 1.00 = 29250 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0.9 \times 29250$$

$$= 26325 \text{ kg} > 3498.076 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

5. Kontrol lendutan

$$L = 700 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{700}{360} = 1.944 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{(qd+ql)L^4}{E I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(5.871+1.843)700^4}{2000000 \times 7210} = 1.673$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 1.673 \text{ cm} \leq 1.944 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$





$$\begin{aligned} \text{Berat profil} &= 49.6 \text{ kg/m} \\ q_D &= 471.108 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban hidup (Tabel 4-1. SNI 1727:2013)  
 $q_L = 1.888 \text{ m} \times 488.2 \text{ kg/m}^2 = 921.478 \text{ kg/m}$
- Beban berfaktor :  
 $q_U = 1.2 q_D + 1.6 q_L$   
 $= 1.2 (592.498) + 1.6 (921.478)$   
 $= 2185.361 \text{ kg/m}$

b. Gaya dalam pada balok anak lantai atap

- Momen yang terjadi  
 $M_U = \frac{1}{8} \times q_U \times L^2 = \frac{1}{8} \times 2185.361 \times (7)^2$   
 $= 13385.339 \text{ kgm}$
- Gaya geser yang terjadi  
 $V_U = \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times (2185.361) \times (7)$   
 $= 7648.765 \text{ kg}$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal  
 Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{175}{2 \times 11} = 7.955$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.75$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 7.955 \leq 10.75 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{300}{7} = 42.857$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.34$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 42.857 \leq 106.34 \rightarrow$  penampang badan kompak

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$   
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 840.85 = 2102117.5 \text{ kgcm}$   
 $= 21021.175 \text{ kgm}$

- Cek kemampuan penampang  
 $\phi_b \cdot M_n \geq M_u$   
 $\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 21021.175$   
 $= 18919.058 \text{ kgm} > 13385.339 \text{ kgm} \dots \mathbf{OK!}$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral  
 Panjang tak terkekang adalah jarak *shear conector* sesuai tabel perencanaan bondex ( $L_b = 40 \text{ cm}$ ).

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 3.95 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 196.63 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p \rightarrow 40 \text{ cm} \leq 196.63 \text{ cm} \rightarrow$  bentang pendek

- Karena bentang pendek, maka  $M_n = M_p$   
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 840.85 = 2102117.5 \text{ kgcm}$   
 $= 21021.175 \text{ kgm}$

- Cek kemampuan penampang  
 $\phi_b \cdot M_n \geq M_u$   
 $\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 21021.175$   
 $= 18919.058 \text{ kgm} > 13385.339 \text{ kgm} \dots \mathbf{OK!}$

d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{300}{7} = 42.857 ; 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69.57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 42.857 \leq 69.57$$

maka  $C_v = 1.00$  ; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (35 \times 0.7) \times 1.00 = 36750 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0.9 \times 36750$$

$$= 33075 \text{ kg} > 7648.765 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

e. Kontrol lendutan

$$L = 700 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{700}{360} = 1.944 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{(qd+ql)L^4}{E I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{(5.925+9.215)700^4}{2000000 \times 13600} = 1.74$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 1.74 \text{ cm} \leq 1.944 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

#### 4.1.4. Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Pada gedung Hotel Premier Iin Surabaya ini struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan menggunakan konstruksi dari baja.

##### A. Tangga Lantai

- Tinggi antar lantai = 400 cm
- Panjang bordes = 274 cm
- Panjang tangga = 297 cm
- Lebar bordes = 121.5 cm
- Lebar tangga = 274 cm
- Lebar injakan (i) = 27 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 :

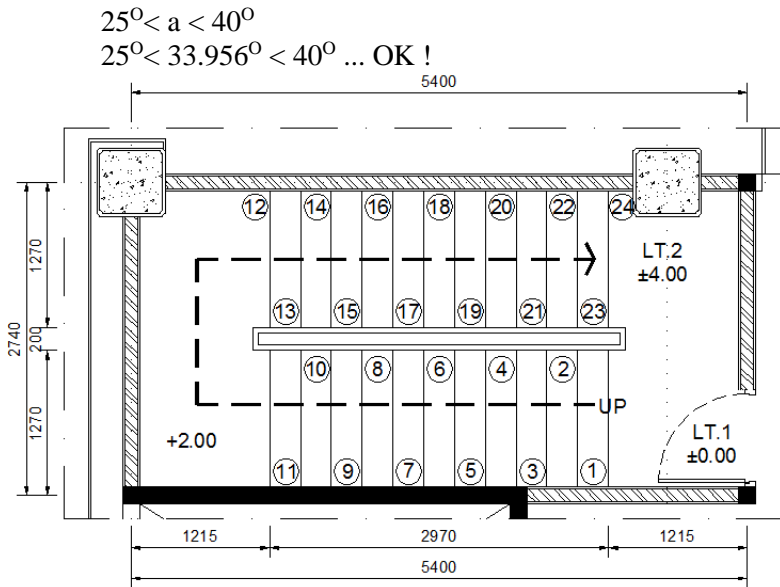
t = tinggi injakan (cm)

i = lebar injakan (cm)

a = kemiringan tangga

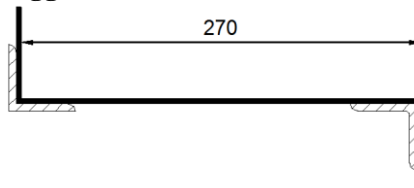
- Perhitungan jumlah injakan tangga  
 Tinggi injakan (t) = 17 cm  
 Jumlah tanjakan =  $\frac{(4000/2)}{17} = 11.765 \text{ buah} \approx 12 \text{ buah}$   
 Jumlah injakan (n) = 12 - 1 = 11 buah  
 $60 \text{ cm} \leq (2 \times 17 + 27) \leq 65 \text{ cm}$   
 $60 \text{ cm} < (61) < 65 \text{ cm} \dots \text{OK !}$

$$a = \text{arc tg} \left( \frac{400/2}{297} \right) = 33.956^\circ$$



**Gambar 4.9 Denah Tangga**

## B. Anak Tangga



**Gambar 4.10 Pelat Anak Tangga**

- Perencanaan tebal pelat anak tangga  
 Tebal pelat tangga = 6 mm  
 Berat jenis baja =  $7850 \text{ kg/m}^3$   
 Mutu baja BJ 41  $\rightarrow f_y = 2500 \text{ kg/m}^2$   
 Momen Inertia ( $I_x$ ) =  $0.486 \text{ cm}^4$

- Perencanaan pembebanan pelat tangga

Beban mati

$$\text{Berat pelat} = 0.006 \times 1.27 \times 7850 = 59.817 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung (10\%)} \quad \frac{\quad}{q_D = 65.799 \text{ kg/m}} +$$

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

$$q_L = 100 \text{ Psf} = 488.24 \text{ kg/m}^2$$

$$q_L = 488.24 \times 1.27 = 620.014 \text{ kg/m}$$

- Perhitungan  $M_D$  dan  $M_L$

$$M_D = 1/8 q_D l^2 = 1/8 \times 65.799 \times 0.27^2 = 0.6 \text{ kgm}$$

$$M_L = 1/8 q_L l^2 = 1/8 \times 620.014 \times 0.27^2 = 4.449 \text{ kgm}$$

$$M_L = 1/4 P_L l^2 = 1/4 \times 100 \times 0.27^2 = 6.75 \text{ kgm (menentukan!)}$$

- Perhitungan kombinasi pembebanan  $M_U$

$$M_U = 1.4 M_D = 1.4 \times 0.6 = 0.839 \text{ kgm}$$

$$M_U = 1.2 M_D + 1.6 M_L = (1.2 \times 0.6) + (1.6 \times 6.75) \\ = 11.52 \text{ kg.m (menentukan)}$$

- Kontrol momen lentur

$$Z_x = 1/4 bh^2 = 0.25 \times 127 \times 0.60^2 = 11.43 \text{ cm}^3$$

$$\emptyset M_n = \emptyset Z_x \times f_y = 0.9 \times 11.43 \times 2500 = 25717.5 \text{ kgcm} \\ = 257.175 \text{ kgm}$$

Syarat :  $\emptyset M_n > M_u$

$$257.175 \text{ kgm} > 12.796 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 27 \text{ cm}$$

$$f_{ijm} = \frac{L}{360} = \frac{27}{360} = 0.075 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q_u L^4}{EI_x} + \frac{P_u L^3}{48EI_x}$$

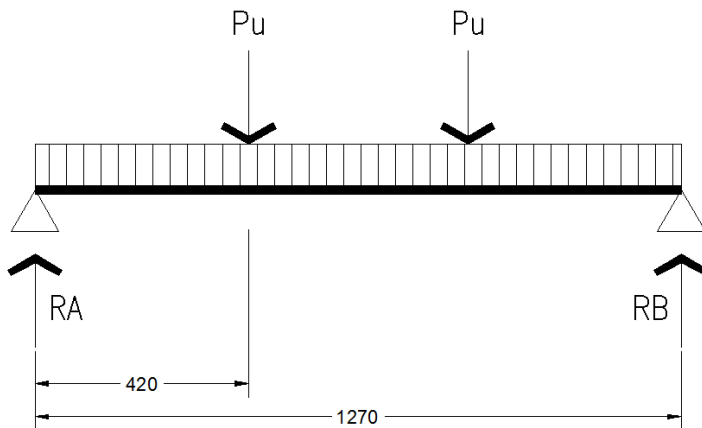
$$\begin{aligned}
 &= \frac{5}{384} \times \frac{(6.2 + 0.658) \times 27^4}{2 \times 10^6 \times 0.486} + \frac{100 \times 27^3}{48 \times 2 \times 10^6 \times 0.486} \\
 &= 0.049 \text{ cm} \\
 f &\leq f_{ijin} \rightarrow 0.049 \text{ cm} \leq 0.075 \text{ cm} \dots \text{OK !}
 \end{aligned}$$

## 2. Perencanaan pengaku anak tangga

Direncanakan menggunakan profil siku  $50 \times 50 \times 6$  dengan data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 b &= 50 \text{ mm} & I_x &= 12.6 \text{ cm}^4 & i_y &= 1.5 \text{ cm} \\
 t_w &= 6 \text{ mm} & I_y &= 12.6 \text{ cm}^4 & i_x &= 1.5 \text{ cm} \\
 W &= 4.43 \text{ kg/m} & A &= 5.644 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Perencanaan pembebanan



**Gambar 4.11 Sketsa Pembebanan Pengaku Anak Tangga**

Beban mati (1/2 lebar injakan)

$$\text{Berat pelat} = 0.135 \times 0.006 \times 7850 = 6.359 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat baja siku } 50 \times 50 \times 6 = 8.86 \text{ kg/m}$$

$$= 10.789 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung (10\%)} = 1.079 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 11.867 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (1/2 lebar injakan)

(Tabel 4-1. SNI 1727:2013)

$$q_L = 100 \text{ Psf} = 488.2 \text{ kg/m}^2$$

$$q_L = 488.2 \times 0.135 = 65.907 \text{ kg/m}$$

$$P_L = 100 \text{ kg}$$

- Perhitungan  $M_D$  dan  $M_L$

$$M_D = 1/8 \times q_D \times L^2$$

$$= 1/8 \times 11.867 \times 1.27^2 = 2.393 \text{ kgm}$$

$$M_L = 1/8 \times q_L \times L^2 \rightarrow \text{akibat beban merata}$$

$$= 1/8 \times 65.907 \times 1.27^2 = 13.288 \text{ kgm}$$

$$M_L = 1/3 \times P \times L \rightarrow \text{akibat beban terpusat}$$

$$= 1/3 \times 100 \times 1.27 = 42.333 \text{ kgm (menentukan)}$$

$$V_u = 1.2 \left( \frac{1}{2} \times q_D \times 1.40 \right) + 1.6 \left( \frac{1}{2} \times P \times 2 \right)$$

$$= 1.2 \left( \frac{1}{2} \times 11.867 \times 1.27 \right) + 1.6 \left( \frac{1}{2} \times 100 \times 2 \right)$$

$$= 169.043 \text{ kg}$$

- Perhitungan kombinasi pembebanan  $M_U$

$$M_U = 1.2 M_D + 1.6 M_L$$

$$= 1.2 \times 2.393 + 1.6 \times 42.333 = 70.604 \text{ kgm}$$

- Kontrol penampang profil

Pelat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{t_f} = \frac{50}{6} = 8.333$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 8.333 \leq 10.748 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_P$



$$\begin{aligned}
 Z_x &= (t_f \times d) \frac{1}{2} d + (t_f (b - t_f)) \frac{1}{2} t_w \\
 &= (0.6 \times 5) \frac{1}{2} \times 5 + (0.6(5 - 0.6)) \frac{1}{2} \times 0.6 \\
 &= 8.292 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset M_n &= \emptyset Z_x \times f_y = 0.9 \times 8.292 \times 2500 = 18657 \text{ kgcm} \\
 &= 186.57 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Syarat :  $\emptyset M_n > M_u$

$$186.57 \text{ kgm} > 70.604 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{b_f}{t_f} = \frac{(50 - 6)}{6} = 7.333 ;$$

$$1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{1.2 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 34.082$$

$$\text{karena } \frac{b_f}{t_f} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 7.333 \leq 34.082$$

maka  $C_v = 1.00$  ; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (5 \times 0.6) \times 1.00 = 4500 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0.9 \times 4500$$

$$= 4050 \text{ kg} > 169.043 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol lendutan

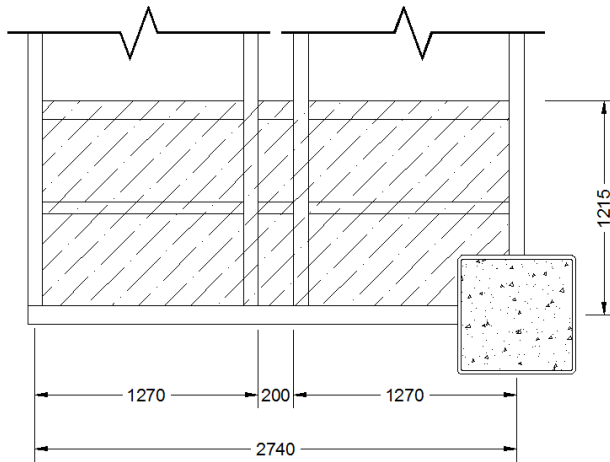
$$L = 127 \text{ cm}$$

$$f_{jin} = \frac{L}{360} = \frac{127}{360} = 0.353 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q_u L^4}{EI_x} + \frac{P_u \times a}{24 EI_x} (3L^2 - 4a^2)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5}{384} \times \frac{0.119 \times 127^4}{2 \times 10^6 \times 12.6} + \frac{100 \times 50}{24 \times 2 \times 10^6 \times 12.6} (3 \times 127^2 - 4 \times 50^2) \\
 &= 0.333 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

### C. Bordes



**Gambar 4.12 Denah Bordes**

#### 1. Pelat bordes

Tebal pelat bordes = 6 mm

Berat jenis baja = 7850 kg/m<sup>3</sup>

Mutu baja BJ 41 →  $f_y = 2500 \text{ kg/m}^2$

Momen Inertia ( $I_x$ ) = 2.34 cm<sup>4</sup>

#### - Perencanaan pembebanan pelat bordes

Beban mati

Berat pelat =  $0.006 \times 1.215 \times 7850 = 57.227 \text{ kg/m}$

Alat penyambung (10%) = 5.723 kg/m +

$q_D = 62.949 \text{ kg/m}$

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

$q_L = 100 \text{ Psf} = 488.2 \text{ kg/m}^2$

$q_L = 488.2 \text{ kg/m}^2 \times 1.215 \text{ m} = 593.163 \text{ kg/m}$

#### - Perhitungan $M_D$ dan $M_L$

$M_D = 1/8 \times q_D \times l^2$

$= 1/8 \times 62.949 \times (0.6075)^2 = 2.904 \text{ kgm}$

$$M_L = 1/8 \times q_L \times l^2$$

$$= 1/8 \times 593.163 \times (0.6075)^2 = 27.364 \text{ kgm}$$

- Kombinasi pembebanan  $M_U$

$$M_U = 1.2 M_D + 1.6 M_L$$

$$= 1.2 \times 2.904 + 1.6 \times 27.364 = 47.267 \text{ kgm}$$

- Kontrol momen lentur

$$Z_x = 1/4 bh^2 = 1/4 \times 121.5 \times 0.6^2 = 10.935 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x \times f_y = 10.935 \times 2500 = 27337.5 \text{ kgcm}$$

$$= 273.375 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 273.375$$

$$= 246.038 \text{ kgm} \geq 47.267 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 60.75 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{60.75}{360} = 0.253 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q_u L^4}{EI_x}$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{(0.63 + 5.932) \times 60.75^4}{2 \times 10^6 \times 2.34}$$

$$= 0.249 \text{ cm}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0.249 \text{ cm} \leq 0.253 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

- Perencanaan balok bordes

Direncanakan memakai profil WF 100 × 50 × 5 × 7

$$d = 100 \text{ mm} \quad t_f = 7 \text{ mm} \quad r = 8 \text{ mm}$$

$$b = 50 \text{ mm} \quad Z_x = 41.795 \text{ cm}^3 \quad I_x = 187 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 5 \text{ mm} \quad W = 9.3 \text{ kg/m}$$

- Perencanaan pembebanan balok bordes

Beban mati

$$\text{Berat pelat} = 0.006 \times 0.6075 \times 7850 = 28.613 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil} = 9.3 \text{ kg/m+}$$

$$= 37.913 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan dan lain-lain 10\%} = 3.791 \text{ kg/m+}$$

$$q_D = 41.705 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

Lantai condotel

$$(\text{Tabel 4-1. SNI 1727:2013}) = 100 \text{ Psf} = 488.2 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total beban hidup } (q_L) = 0.6075 \times 488.2 = 296.582 \text{ kg/m}$$

$$V_D = \frac{1}{2} \cdot q_D \cdot L = \frac{1}{2} \times 41.705 \times 1.215 = 25.336 \text{ kg}$$

$$M_D = \frac{1}{8} \cdot q_D \cdot L^2 = \frac{1}{8} \times 41.705 \times (1.215)^2 = 7.696 \text{ kgm}$$

$$V_L = \frac{1}{2} \times q_L \times L = \frac{1}{2} \times 296.582 \times 1.215 = 180.173 \text{ kg}$$

$$M_L = \frac{1}{8} \times q_L \times L^2 = \frac{1}{8} \times 296.582 \times (1.215)^2 = 54.728 \text{ kgm}$$

- Kombinasi pembebanan

$$V_U = 1.2V_D + 1.6V_L$$

$$= 1.2 (25.336) + 1.6 (180.173) = 318.68 \text{ kg}$$

$$M_U = 1.2 M_D + 1.6 M_L$$

$$= 1.2 (7.696) + 1.6 (54.728) = 96.799 \text{ kgm}$$

- Kontrol penampang

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{2 \times 7} = 3.571$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 3.571 \leq 10.748 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{100 - 2(8+7)}{5} = 14$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 14 \leq 106.35 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x = 2500 \times 41.795 \\ &= 104487.5 \text{ kgcm} \\ &= 1044.875 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 1044.875$$

$$= 940.388 \text{ kgm} \geq 96.799 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{70}{5} = 14 ; 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69.57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 14 \leq 69.57$$

maka  $C_v = 1.00$  ; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (15 \times 0.5) \times 1.00 = 7500 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0.9 \times 7500$$

$$= 6750 \text{ kg} > 318.68 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 121.5 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{121.5}{360} = 0.338 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{5}{384} \times \frac{q_u L^4}{EI_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{(0.417 + 2.966) \times 121.5^4}{2 \times 10^6 \times 187} \\ &= 0.026 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0.026 \text{ cm} \leq 0.338 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

#### D. Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 200 × 100 × 5.5 × 8, dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W &= 21.3 \text{ kg/m} & I_x &= 1840 \text{ cm}^4 \\ r &= 11 \text{ mm} & Z_x &= 200.15 \text{ cm}^3 \\ i_y &= 2.22 \text{ cm} & A_g &= 27.16 \text{ cm}^2 \\ h &= 200 - 2(8+11) = 162 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Perencanaan pembebanan anak tangga

Beban mati (anak tangga)

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat } 0.006 \times 0.635 \times 7850 &= 29.909 \text{ kg/m} \\ \text{Berat profil siku } 4.43 \times 2 &= 8.86 \text{ kg/m} \\ \text{Berat profil balok } 21.3 / \cos(33.956) &= 25.679 \text{ kg/m} + \\ &= 64.448 \text{ kg/m} \\ \text{Berat alat penyambung } 10\% &= 6.445 \text{ kg/m} + \\ q_{D1} &= 70.893 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

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

$$q_L = 100 \text{ Psf} = 488.2 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{L1} = 488.24 \times 0.7 = 310.007 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 q_{U1} &= 1.2 q_D + 1.6 q_L \\
 &= 1.2 \times 70.893 + 1.6 \times 310.007 \\
 &= 581.082 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Perencanaan pembebanan bordes

Beban mati

Berat profil  $= 9.3 \text{ kg/m}$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat bordes } 0.006 \times 0.6075 \times 7850 &= \frac{28.613 \text{ kg/m}}{+} \\
 &= 37.913 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat penyambung 10\%} &= \frac{3.791 \text{ kg/m}}{+} \\
 q_{D2} &= 41.705 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

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

$$q_L = 100 \text{ Psf} = 488.24 \text{ kg/m}^2$$

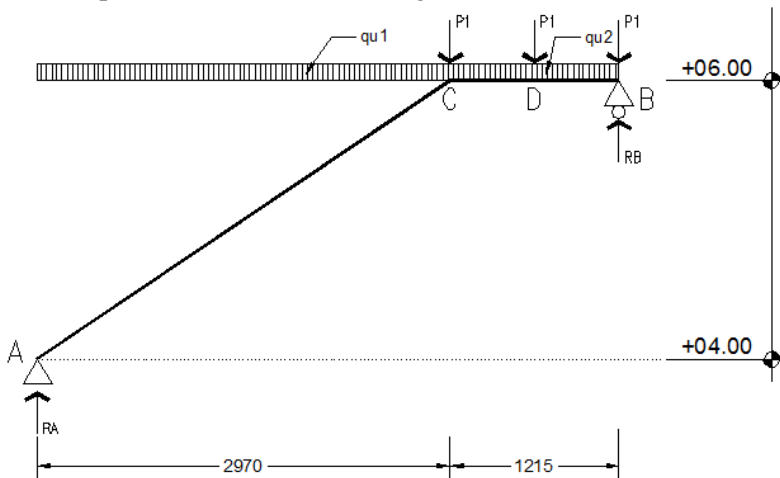
$$q_{L2} = 488.24 \times 0.6075 = 296.582 \text{ kg/m}$$

$$q_{U2} = 1.2 q_D + 1.6 q_L$$

$$= 1.2 \times 41.705 + 1.6 \times 296.582 = 524.576 \text{ kg/m}$$

Beban terpusat akibat balok bordes

$$p_1 = 9.3 \times 0.6075 = 5.65 \text{ kg}$$



**Gambar 4.13 Sketsa Pembebanan Balok Utama Tangga**

- Perhitungan pembebanan

$$\sum M_A = 0$$

$$-R_b \times 4.185 + P_1 \times 4.185 + P_1 \times 3.578 + P_1 \times 2.97 + q_{u1} \times 2.97 \times 1.485 + q_{u2} \times 1.215 \times 3.578 = 0$$

$$R_b = \frac{5.65 \times 4.185 + 5.65 \times 3.578 + 5.65 \times 2.97 + 581.082 \times 2.97 \times 1.485 + 524.576 \times 1.215 \times 3.578}{4.185}$$

$$R_b = 1171.714 \text{ kg}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_a \times 4.185 - P_1 \times 0 - P_1 \times 0.6075 - P_1 \times 1.125 - q_{u1} \times 2.97 \times 2.7 - q_{u2} \times 1.125 \times 0.6075 = 0$$

$$R_a = \frac{5.65 \times 0 + 5.65 \times 0.6075 + 5.65 \times 1.125 + 581.082 \times 2.97 \times 2.7 + 524.576 \times 1.125 \times 0.6075}{4.185}$$

$$R_a = 1208.49 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \sum V &= R_a + R_b - q_{u1} \times 2.97 - q_{u2} \times 1.125 - P_1 \times 3 \\ &= 1208.49 + 1208.49 - 581.082 \times 2.97 - 524.576 \times \\ &\quad 1.125 - 5.65 \times 3 \\ &= 0 \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Bidang M

- a - c :

$$\begin{aligned} M_X &= R_a \times X - \frac{1}{2} q_{u1} \cdot X^2 \\ &= 1403.814 \times X - \frac{1}{2} \times 581.082 \times X^2 \end{aligned}$$

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

$$M_a = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 2.97 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_c &= 1208.49 \times 2.97 - \frac{1}{2} \times 581.082 \times 2.97^2 \\ &= 1026.14 \text{ kgm} \end{aligned}$$

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

$$\frac{dM_x}{d_x} = 1208.49 - 581.082 \times X = 0$$

$$X = 2.08 \text{ m}$$



$$\begin{aligned} M_{\max} &= 1208.49 \times 2.08 - \frac{1}{2} \times 581.082 \times 2.08^2 \\ &= 1256.493 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- b - d :

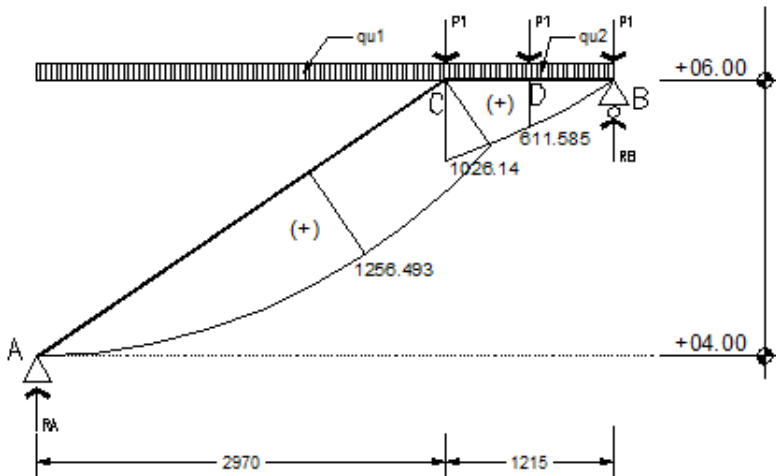
$$\begin{aligned} M_X &= R_b \times X - \frac{1}{2} q_{u2} \times X^2 - P_1 \times X \\ &= 1171.714 \times X - \frac{1}{2} \times 524.576 \times X^2 - 5.65 \times X \end{aligned}$$

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

$$M_b = 0 \text{ kgm}$$

$$X = 0.6075 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_d &= 1171.714 \times 0.6075 - \frac{1}{2} \times 524.576 \times 0.6075^2 - 5.65 \\ &\quad \times 0.6075 \\ &= 611.585 \text{ kgm} \end{aligned}$$



**Gambar 4.14 Bidang M Balok Tangga**

Bidang D

- a - c :

$$\begin{aligned} D_X &= R_a \times \cos(33.956^\circ) - q_{u1} \times X \times \cos(33.956^\circ) \\ &= 1208.49 \times \cos(33.956^\circ) - 581.082 \times X \times \cos(33.956^\circ) \end{aligned}$$

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

$$D_{a_{ka}} = 1208.49 \times \cos(33.956^\circ) - 581.082 \times 0 \times \cos(33.956^\circ)$$

$$= 1002.331 \text{ kg}$$

$$X = 2.97 \text{ m}$$

$$D_{c_{ki}} = 1208.49 \times \cos(33.956^\circ) - 581.082 \times 2.97 \times \cos(33.956^\circ)$$

$$= -429.169 \text{ kg}$$

– b - d :

$$D_X = -R_b + q_{u2} \times X + P_1$$

$$= -1171.714 + 524.576 \times X + 5.65$$

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

$$D_{b_{ki}} = -1171.714 + 524.576 \times 0 + 5.65$$

$$= -1166.065 \text{ kg}$$

$$X = 0.6075 \text{ m}$$

$$D_{d_{ka}} = -1171.714 + 524.576 \times 0.6075 + 5.65$$

$$= -847.385 \text{ kg}$$

– d - c :

$$D_X = -R_b + q_{u2} \times (X+0.6075) + P_1 + P_1$$

$$= -1171.714 + 524.576 \times (X+0.6075) + 5.65 + 5.65$$

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

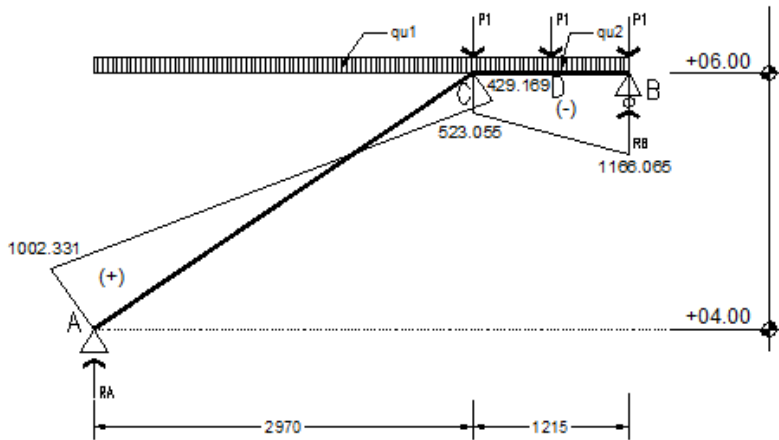
$$D_{d_{ki}} = -1171.714 + 524.576 \times (0+0.6075) + 5.65 + 5.65$$

$$= -841.735 \text{ kg}$$

$$X = 0.6075 \text{ m}$$

$$D_{c_{ka}} = -1171.714 + 524.576 \times (0.6075+0.6075) + 5.65 + 5.65$$

$$= -523.055 \text{ kg}$$



**Gambar 4.15 Bidang D Balok Tangga**

### Bidang N

– a - c :

$$\begin{aligned} N_X &= - R_a \times \sin(33.956^\circ) + q_{u1} \times X \times \sin(33.956^\circ) \\ &= - 1208.49 \times \sin(33.956^\circ) + 581.082 \times X \times \sin(33.956^\circ) \end{aligned}$$

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

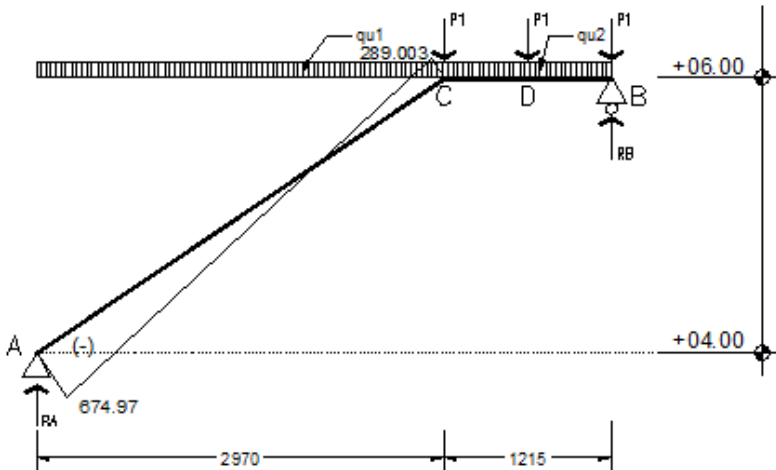
$$N_{a_{ka}} = - 1208.49 \times \sin(33.956^\circ) + 581.082 \times 0 \times \sin(33.956^\circ) = - 647.97 \text{ kg}$$

$$X = 2.97 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} N_{c_{ki}} &= - 1208.49 \times \sin(33.956^\circ) + 581.082 \times 2.97 \times \sin(33.956^\circ) \\ &= 289.003 \text{ kg} \end{aligned}$$

– c - b :

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



**Gambar 4.16 Bidang N Balok Tangga**

- Kontrol penampang profil
  - a. Kontrol penampang terhadap tekuk lokal  
Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{100}{2 \times 8} = 6.25$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.748$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 6.25 \leq 10.748 \rightarrow$  penampang sayap kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{162}{5.5} = 29.455$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 29.455 \leq 106.35 \rightarrow$  penampang badan kompak

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x = 2500 \times 200.15 \\ &= 500380 \text{ kgcm} \\ &= 5003.8 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

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

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 5003.8 \\ &= 4503.42 \text{ kgm} \geq 1442.546 \text{ kgm} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

b. Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = \sqrt{27^2 + 17^2} = 31.906 \text{ cm (pengaku anak tangga)}$$

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 2.22 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 110.512 \text{ cm}$$

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

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x = 2400 \times 200.15 \\ &= 500380 \text{ kgcm} \\ &= 5003.8 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

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

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 5003.8 \\ &= 4503.42 \text{ kgm} \geq 1442.546 \text{ kgm} \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{162}{5.5} = 29.455; 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69.57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 29.455 \leq 69.57$$

maka  $C_v = 1.00$  ; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (20 \times 0.55) \times 1.00 = 16500 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0.9 \times 16500$$

$$= 14850 \text{ kg} > 1273.538 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

- Persamaan interaksi tekan – lentur

$$L = \sqrt{297^2 + 112.5^2} = 320.89 \text{ cm}$$

$$K_c = 0.70 \text{ (sendi – jepit)}$$

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_{\min}}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{\left(\frac{0.70 \times 320.89}{2.22}\right)^2} = 1928.074 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_y}{f_e} = \frac{2500}{1928.074} = 1.297$$

karena  $\frac{f_y}{f_e} = 1.297 \leq 2.25$  maka  $f_{cr}$  ditentukan dengan :

$$f_{cr} = \left[ 0.658^{\frac{f_y}{f_e}} \right] \times f_y = \left[ 0.658^{1.297} \right] \times 2500 = 1452.935 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_n = f_{cr} \times A_g$$

$$= 1452.935 \times 27.16 = 39461.705 \text{ kg}$$

$$\emptyset P_n = 0.85 \times 39461.705$$

$$= 33542.449 \text{ kg}$$

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{784.116}{33542.449} = 0.0234 \text{ maka rumus interaksi 1}$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cr}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0$$

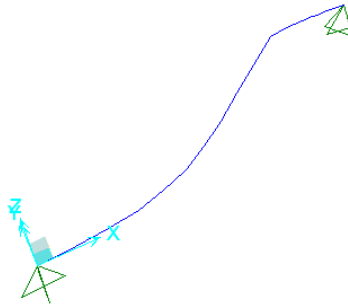
$$\frac{784.116}{33542.449} + \frac{8}{9} \left( \frac{1442.546}{4503.42} + 0 \right) = 0.308 \leq 1.0 \dots \text{OK!}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{\sqrt{297^2 + 112.5^2}}{360} = 0.891 \text{ cm}$$

$$f = 0.0327 \text{ cm}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0.0327 \text{ cm} \leq 0.891 \text{ cm} \dots \text{OK!}$$



**Gambar 4.17 Hasil Analisis Lendutan Balok Utama Tangga**

### E. Balok Penumpu Tangga

Balok utama direncanakan menggunakan profil

WF 300 × 150 × 6.5 × 9

W = 36.7 kg/m      r = 13 mm

A = 46.78 cm<sup>2</sup>      Z<sub>x</sub> = 522 cm<sup>3</sup>

S<sub>x</sub> = 481 cm<sup>3</sup>      I<sub>x</sub> = 7210 cm<sup>4</sup>

I<sub>y</sub> = 308 cm<sup>4</sup>      i<sub>x</sub> = 12.4 cm

i<sub>y</sub> = 3.29 cm      d = 300 mm

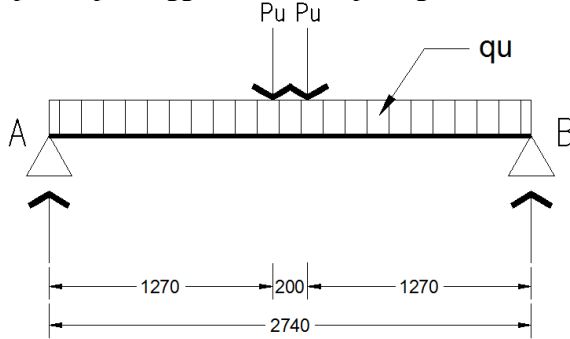
b = 150 mm

h = 300 - 2 (9 + 13) = 256 mm

- Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi (R<sub>a</sub> dan R<sub>b</sub>) 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 4.18 Pembebanan Balok Penumpu Tangga**

$$R_a = 1403.814 \text{ kg}$$

$$R_b = 1279.187 \text{ kg}$$

Beban merata (q)

$$\text{Berat profil} = 36.7 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban dinding } 2 \times 250 = \frac{500.00 \text{ kg/m}}{+}$$

$$= 536.7 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan } 10\% = \frac{53.67 \text{ kg/m}}{+}$$

$$= 590.37 \text{ kg/m}$$

- Reaksi perletakan

$$\sum M_A = 0$$

$$-R_{vb} \times 2.74 + R_a \times 1.47 + R_b \times 1.27 + q \times 2.74 \times 1.37 = 0$$

$$R_{vb} = \frac{1403.814 \times 1.47 + 1279.187 \times 1.27 + 590.37 \times 3.74 \times 1.37}{2.74}$$

$$R_{vb} = 2154.856 \text{ kg}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_{va} \times 2.74 - R_a \times 1.27 - R_b \times 1.47 - q \times 2.74 \times 1.37 = 0$$



$$R_{va} = \frac{1403.814 \times 1.27 + 1279.187 \times 1.47 + 590.37 \times 2.74 \times 1.37}{2.74}$$

$$R_{va} = 2145.76 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \sum V &= R_{va} + R_{vb} - R_a - R_b - q \times 3.00 \\ &= 2145.76 + 2154.856 - 1403.814 - 1279.187 - 590.37 \\ &\quad \times 2.74 \\ &= 0 \dots \text{OK !} \end{aligned}$$

- Momen maksimum

$$\begin{aligned} M_{\max} &= R_{va} \times 1.37 - R_b \times 0.20 - \frac{1}{2} \times q \times 1.50^2 \\ &= 2145.76 \times 1.37 - 1279.287 \times 0.2 - \frac{1}{2} \times 590.37 \times \\ &\quad 1.37^2 \\ &= 2257.739 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Gaya geser

$$V_U = - R_{vb} = - 2154.856 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang profil

Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8.333$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 8.333 \leq 10.748 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{256}{6.5} = 39.385$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 39.38 \leq 106.34 \rightarrow$  penampang badan kompak

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x = 2500 \times 522.08 = 1305191.25 \text{ kgcm} \\ &= 13051.913 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

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

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 13051.913 \\ &= 11746.721 \text{ kgm} \geq 2257.739 \text{ kgm} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = 127 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 3.29 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 163.777 \text{ cm}$$

$L_b < L_p$  (Bentang pendek)

Maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \times Z_x = 2500 \times 522.08 = 1305191.25 \text{ kgcm} \\ &= 13051.913 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

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

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 13051.913 \\ &= 11746.721 \text{ kgm} \geq 2533.25 \text{ kgm} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{256}{6.5} = 39.385$$

$$1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69.57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 39.385 \leq 69.57$$

maka  $C_v = 1.00$ ; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (30 \times 0.65) \times 1.00 = 29250 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0.9 \times 29250$$

$$= 26325 \text{ kg} > 2154.856 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 297 \text{ cm}$$

$$f_{ijm} = \frac{L}{360} = \frac{274}{360} = 0.825 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q_u L^4}{EI_x} + \frac{P_u \times a}{24EI_x} (3L^2 - 4a^2)$$

$$= \frac{5}{384} \times \frac{4.803 \times 315^4}{2 \times 10^6 \times 7210} + \frac{100 \times 127}{24 \times 2 \times 10^6 \times 7210} (3 \times 274^2 - 4 \times 127^2)$$

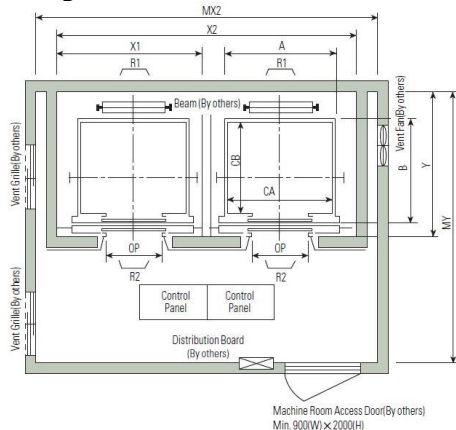
$$= 0.041 \text{ cm}$$

$$f \leq f_{ijm} \rightarrow 0.041 \text{ cm} \leq 0.825 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

#### 4.1.5. Perencanaan Balok Lift

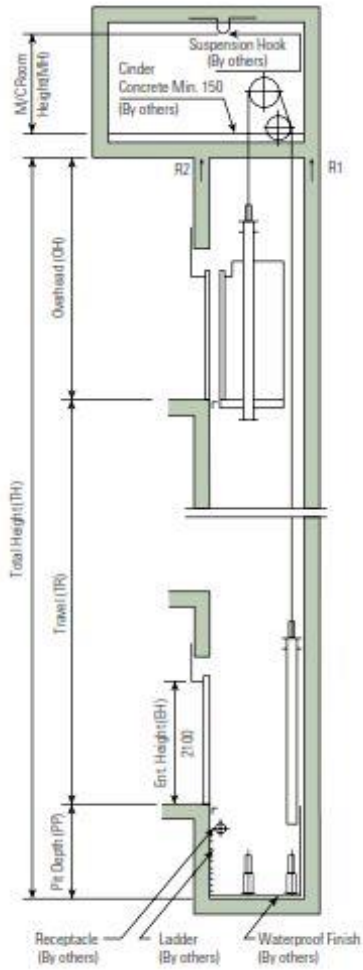
Pada perencanaan balok lift ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung lift. Pada bangunan ini menggunakan lift penumpang dengan data-data sebagai berikut (untuk lebih jelasnya lihat lampiran brosur lift) :

- Tipe lift : *Passenger Elevators*
- Merek : *HYUNDAI*
- Kapasitas : 15 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 1650 mm<sup>2</sup>
- Dimensi ruang mesin (2 Car) : 4400 x 3850 mm<sup>2</sup>
- Beban reaksi ruang mesin :
  - R<sub>1</sub> = 5450 kg
  - R<sub>2</sub> = 4300 kg



**Gambar 4.19. Denah Lift**

### Section of Hoistway



**Gambar 4.20. Potongan Melintang Lift**

## Standard Dimensions & Reactions

(Unit : mm)

Speed (m/min)	Capacity		Clear Opening	Car			Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction(kg)	
	Persons	kg		OP	Internal CA × CB	External A × B	1Car	2Cars	3Cars	Depth	1Car	2Cars	3Cars	Depth	R1	R2
			X1				X2	X3	Y	MX1	MX2	MX3	MY			
60	6	450	800	1400 × 850	1460 × 1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000	
	8	550	800	1400 × 1030	1460 × 1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250	
	9	600	800	1400 × 1130	1460 × 1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	
	10	700	800	1400 × 1250	1460 × 1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	
	11	750	800	1400 × 1350	1460 × 1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800	
90	13	900	900	1600 × 1350	1660 × 1505	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750	
	15	1000	900	1600 × 1500	1660 × 1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300	
105	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900		5100	
			1100	2000 × 1350	2100 × 1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800	6600	5100	
	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200		6000	
			1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000	7800	6000	
24	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300	8500	6800		
				2150 × 1600	2250 × 1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8700	4200			

- Notes:
- Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.
  - Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.
  - When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.
  - The capacity in persons is calculated at 65kg/person, (EN81-75kg/person)
  - Above dimensions are applied in case the door is standard. In case fire protection door is applied, hoistway size for 1 car should be applied above X1 dimension plus 100mm.

### Gambar 4.21. Tabel Spesifikasi Lift

#### A. Balok Penumpu Lift

Balok penumpu *lift* direncanakan menggunakan profil WF 300 × 150 × 6.5 × 9 dengan data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 W &= 36.7 \text{ kg/m} & S_x &= 481 \text{ cm}^3 & r &= 13 \text{ mm} \\
 A &= 46.78 \text{ cm}^2 & I_x &= 7210 \text{ cm}^4 & i_x &= 12.40 \text{ cm} \\
 t_w &= 6.50 \text{ mm} & I_y &= 508 \text{ cm}^4 & i_y &= 3.29 \text{ cm} \\
 b &= 150 \text{ mm} & d &= 300 \text{ mm} & t_f &= 9 \text{ mm} \\
 h &= 300 - 2 \times (9 + 13) = 256 \text{ mm} & Z_x &= 522.08 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

#### 1. Pembebanan pada balok penumpu *lift*

- Beban mati

$$\text{Berat profil balok penggantung lift} = 36.70 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan, dll(10\%)} = 3.67 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 40.37 \text{ kg/m}$$

- Beban merata ultimate

$$\begin{aligned} q_U &= 1.4 q_D \\ &= 1.4 (40.37) = 56.518 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban terpusat lift

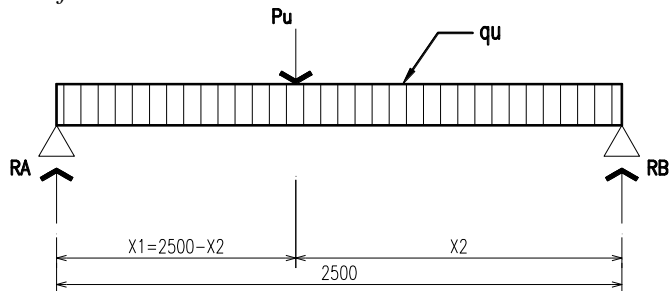
Pada pasal 4.6 Impact Load RSNI-03-1727:2013 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 50% untuk mesin yang bergerak maju dan mundur atau tenaga-*driven*, direncanakan berdasarkan batas lendutan, atau spesifikasi teknik dari pembuat.

Faktor Elemen Beban Hidup (KLL)

$$R_A = R_1 \cdot KLL = 5450 \times (1 + 50\%) = 8175 \text{ kg}$$

$$R_B = R_2 \cdot KLL = 4300 \times (1 + 50\%) = 6450 \text{ kg}$$

- Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penumpu lift



**Gambar 4.22. Model Pembebanan Balok Penumpu Lift**

$$\sum M_B = 0$$

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

$$8175 \cdot 2,5 = P_u \cdot X_2$$

$$P_u = \frac{20437.5}{X_2} \dots\dots\dots pers.1$$

$$\sum M_A = 0$$

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

$$-6450.2,5 + \frac{20437.5}{X_2} (2,5 - X_2) = 0$$

$$-16125 + \frac{51093.75}{X_2} - 20437.5 = 0$$

$$36562.5 = \frac{51093.75}{X_2}$$

$$X_2 = \frac{51093.75}{36562.5}$$

$$X_2 = 1.397$$

$$X_1 = (L - X_2)$$

$$X_1 = (2,5 - 1.397)$$

$$X_1 = 1.103 \text{ m}$$

$$P_u = \frac{20437.5}{X_2}$$

$$P_u = \frac{20437.5}{1.397} = 14625 \text{ Kg}$$



- Momen maksimum

$$M_u = \frac{P_u \cdot X_1 \cdot X_2}{L} + \frac{1}{8} \cdot q_u \cdot L^2$$

$$M_u = \frac{14625.1.103.1.397}{2.5} + \frac{1}{8} \cdot 56.52.2.5^2$$

$$M_u = 9057.616 \text{ kg.m}$$

- Gaya geser

$$V_u = R_A + \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L$$

$$V_u = 8175 + \frac{1}{2} \cdot 56.52.2.5$$

$$V_u = 8245.648 \text{ kg}$$

- b. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8.333$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.748$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 8.333 \leq 10.748 \rightarrow \text{penampang sayap kompak}$$

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{256}{6.5} = 39.385$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 39.385 \leq 106.35 \rightarrow \text{penampang badan kompak}$$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 522.08 = 1305191.25 \text{ kgcm}$$

$$= 13051.913 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 13051.913$$

$$= 13051.913 \text{ kgm} > 9057.616 \text{ kgm} \dots \text{OK!}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = 250 \text{ cm}$$

$$L_p = 1.76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 3.29 \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 163.777 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3 \rightarrow b_w = d - 2t_f = 300 - 2 \times 9 = 282 \text{ mm}$$

$$J = \frac{1}{3} (28.2) 0.65^3 + 2 \times \frac{1}{3} (15) 0.90^3 = 9.871 \text{ cm}^4$$

$$\frac{Jc}{S_x h_0} = \frac{9.87 \times 1}{481 \times 29.1} = 0.00071$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.75 f_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_0}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 f_y}{E}\right)^2}} =$$

$$1.95 \times 3.944 \frac{2 \times 10^6}{0.75 \times 2500} \sqrt{0.00071 + \sqrt{(0.00071)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 \times 2500}{2 \times 10^6}\right)^2}}$$

$$L_r = 455.79 \text{ cm}$$

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

$$M_y = S_x \times f_y = 481 \times 2500 = 1202500 \text{ kgcm}$$

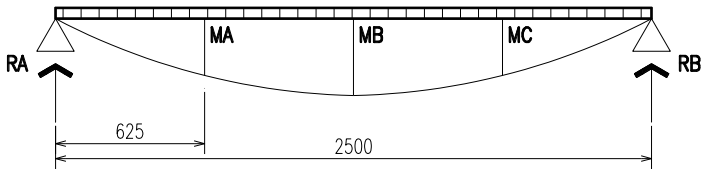
$$= 12025 \text{ kgm}$$

$$M_p = Z_x \times f_y = 522.08 \times 2500 = 1305191.913 \text{ kgcm}$$

$$= 13051.913 \text{ kgm}$$

$$M_r = S_x \times (f_y - f_r) = 481 \times (2500 - 750) = 841750 \text{ kgcm}$$

$$= 8417.50 \text{ kgm}$$



**Gambar 4.23. Posisi  $M_A$ ,  $M_B$ ,  $M_C$**

$$M_A = M_C = \frac{1}{4} M_u$$

$$M_A = M_C = \frac{1}{4} \times 9057.616 = 2264.404 \text{ kgm}$$

$$C_b = \frac{12.5 M_{\max}}{2.5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \leq 2.3$$

$$C_b =$$

$$\frac{12.5 \times 9057.616}{2.5 \times 9057.616 + 3 \times 2264.404 + 4 \times 9057.616 + 3 \times 2264.404} \leq 2.3$$

$$C_b = 1.563 \leq 2.3$$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7 f_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p$$

$$= 1.56 \left[ 1305191.25 - (1305191.25 - 0.7 \times 2500 \times 481) \left( \frac{250 - 163.777}{455.79 - 163.777} \right) \right]$$

$$M_n = 182548.168 \text{ kgcm}$$

$$M_n = 18255.482 \text{ kgm} > M_p \text{ maka dipakai } M_p$$

- Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0.9 \times 13051.913$$

$$= 11746.721 \text{ kgm} \geq 9057.616 \text{ kgm} \dots \text{OK !}$$

c. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{256}{6.5} = 39.385 ; 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2500}} = 69.57$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 39.385 \leq 69.57$$

maka  $C_v = 1.00$  ; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2500 \times (30 \times 0.65) \times 1.00 = 29250 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0.9 \times 29250$$

$$= 26325 \text{ kg} > 8245.648 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

d. Kontrol lendutan

$$L = 250 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{250}{240} = 1.042 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{q_u L^4}{EI_x} + \frac{P_u \times X_1 (L^2 - X_1^2)^{\frac{3}{2}}}{9\sqrt{3LEI_x}}$$

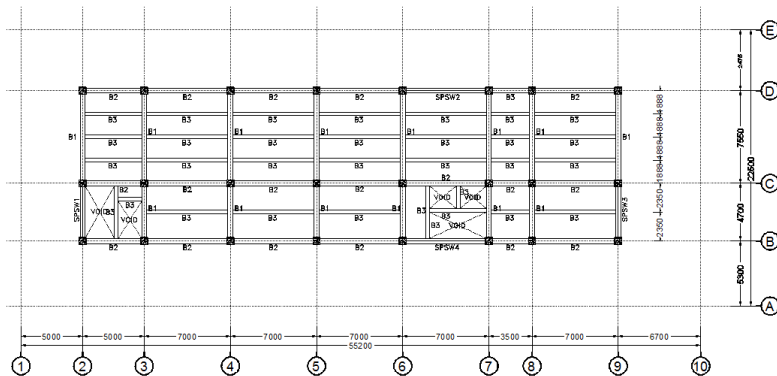
$$f = \frac{5}{384} \times \frac{0.565 \times 250^4}{2 \times 10^6 \times 7210} + \frac{14625 \times 110.3 (250^2 - 110.3^2)^{\frac{3}{2}}}{9\sqrt{3 \times 250 \times 2 \times 10^6 \times 7210}}$$

$$= 0.069 \text{ cm}$$

$$f \leq f_{ijin} \rightarrow 0.069 \text{ cm} \leq 1.042 \text{ cm} \dots \text{OK !}$$

## 4.2. Permodelan Struktur

Pemodelan struktur pada tugas akhir ini menggunakan sistem dinding geser plat baja (SPSW). Struktur dinding geser plat baja berfungsi sebagai penahan gaya lateral yang terjadi akibat gempa. Struktur yang direncanakan adalah bangunan Hotel Premier Iin Surabaya ini yang terdiri dari 10 lantai hotel, dan 1 semi basement dengan total tinggi 42.4 meter. Denah dari struktur yang ada dalam permodelan tugas akhir penulis adalah sebagai berikut :



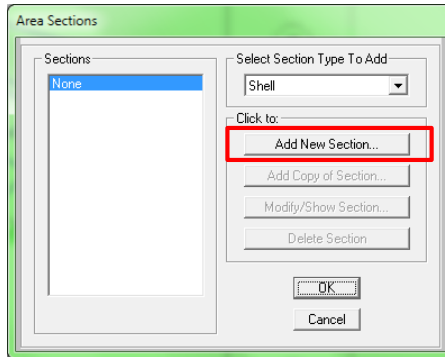
**Gambar 4.24. Denah Struktur Hotel Premier Iin Surabaya**

Pada gambar 4.24 arah vertikal mengikuti arah sumbu Y global (sumbu model) dan sumbu X adalah arah horisontal gambar. Analisis yang dilakukan pada struktur Hotel Premier Iin ini tanpa menggunakan dilatasi. Bentuk struktur yang tidak simetris akan memungkinkan struktur tersebut memiliki respon yang tidak beraturan. Ketidakteraturan respon tentunya dapat menimbulkan torsi pada elemen struktur. Hal ini bisa dikurangi dengan mengatur penempatan dinding geser sebagai penahan beban lateral.

Permodelan struktur Hotel Premier Iin dilakukan menggunakan program bantu SAP 2000. Pada program SAP 2000, struktur condotel akan dimodelkan sesuai dengan kondisi yang nyata. Program ini akan membantu dalam beberapa perhitungan yang akan digunakan untuk mengecek apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada di SNI-1726-2012 (Gempa) dan SNI-1729-2015 (Baja).

#### 4.2.1. Permodelan dinding Geser Plat Baja

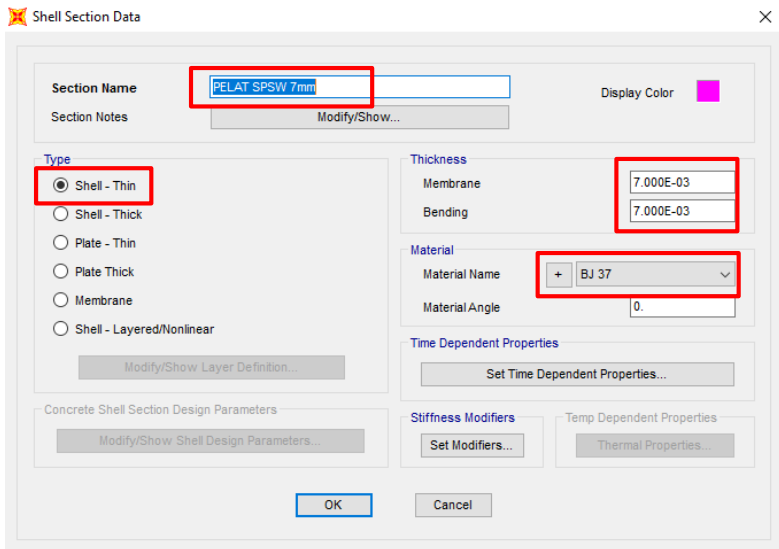
Elemen dinding geser plat baja (*SPSW*) dimodelkan sebagai elemen *shell* seperti pada plat lantai. Untuk definisi penampang dilakukan lewat *Area Sections* seperti berikut ini :



**Gambar 4.25. Kotak Dialog Area Sections**

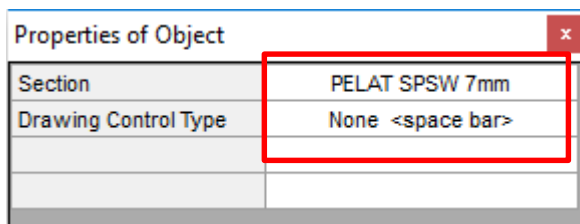
Klik *Add New Section...* dan akan muncul kotak dialog *Shell Section Data*. Selanjutnya dilakukan tahapan pemberian nama dan pengaturan dimensi dinding geser plat baja (*SPSW*).

- Pemberian nama “Pelat SPSW 7 mm” pada *Section Name*.
- Pada *Material Name*, pilih mutu baja sesuai rencana yaitu “BJ37”.
- Pada *Thickness* diisi dengan ketebalan dinding geser yaitu 0.007 (dalam meter = 7 mm). karena dipakai elemen *Shell* maka diisikan nilai pada *Membrane* dan *Bending*.
- Klik *OK*, lalu *OK* lagi



**Gambar 4.26. Kotak Dialog Shell Section Data**

Penggambaran dinding geser plat baja menggunakan perintah *Draw Rectangular Area*. Kemudian pada kotak dialog *Properties of Object* klik kotak isian *Section* dan diganti ke pilihan “Pelat SPSW 7mm”.



**Gambar 4.27. Kotak Dialog Properties of Object**

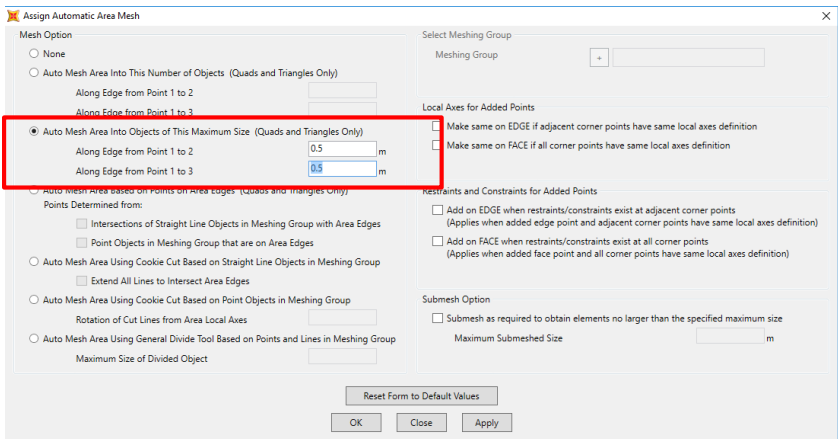
Cara penggambaran dibagi menjadi dua cara. Untuk cara pertama yaitu dengan mengklik satu *joint* pojok kemudian klik *joint* pojok arah diagonalnya. Cara pertama ini dilakukan pada elevasi dasar atau lantai dasar.

Cara kedua digunakan pada lantai 2-10 dengan menggunakan perintah *Quick Draw Area*. Dengan cara ini cukup klik pada daerah tengah-tengah antara balok dan kolom dengan terlebih dahulu memilih *Section* yang digunakan yaitu "Pelat SPSW 7mm" pada kotak dialog *Properties of Object*.

Elemen *Shell* yang dipakai untuk permodelan dinding geser plat baja perlu dibagi ke dalam pias-pias kecil sejumlah tertentu.

Untuk dinding geser plat baja lantai 2-10 :

- Lakukan pemilihan pada dinding geser lantai 2-10.
- Kemudian klik *Assign > Area > Automatic Area Mesh...*
- Muncul kotak dialog *Assign Automatic Area Mesh*.
- Pada kotak dialog tersebut pilih *Mesh Area Into Object of This Maximum Size*. Lalu isikan :
  - *Along Edge from Point 1 to 2* = 0.5 m
  - *Along Edge from Point 1 to 3* = 0.5 m
- Hal ini dimaksudkan dinding geser di *Meshing* 0.5m x0.5m
- Klik *OK*.



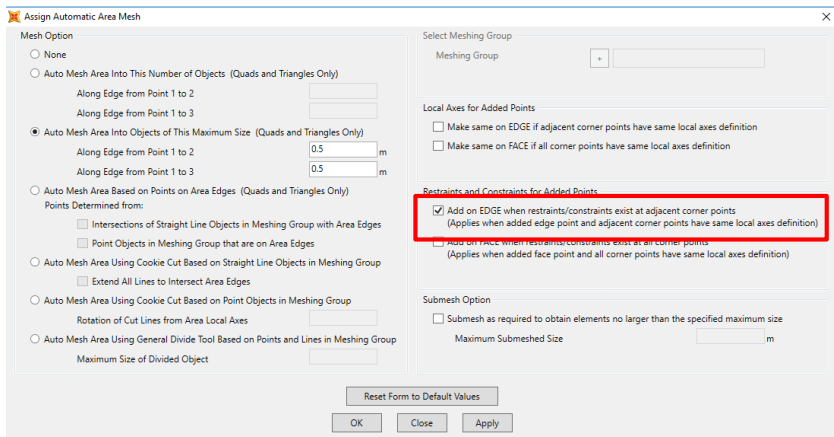
**Gambar 4.28. Kotak Dialog Assign Automatic Area Mesh**

Untuk dinding geser plat baja lantai 1 (dasar) :

- Lakukan pemilihan pada dinding geser lantai 1.

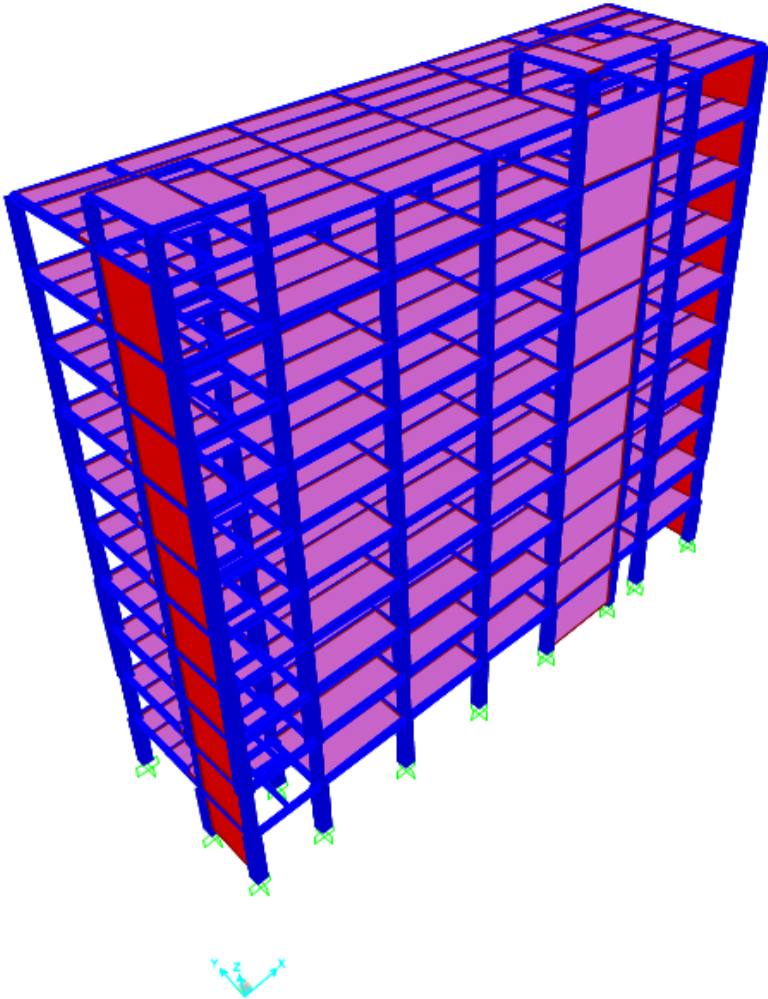


- Langkah selanjutnya sama dengan langkah sebelumnya yaitu dengan membagi dinding geser menjadi pias *Meshing* 0.5m x 0.5m.
- Pada dinding geser lantai dasar diperlukan tumpuan atau jepitan pada bagian dinding gesernya, sehingga pada pembagian pias pada kotak dialog *Assign Automatic Area Mesh* diaktifkan pilihan *Add on Edge when restraints/contraints exist at adjacent corner point*.
- Kemudian klik *OK*.



**Gambar 4.29. Akitifasi Pilihan Add on Edge When Restraints / Contraints Exist at Adjacent Corner Point pada Kotak Dialog Assign Automatic Area Mesh**

Permodelan yang sudah dilakukan dalam program SAP 2000 ditunjukkan pada Gambar 4.30.



**Gambar 4.30. Model 3 Dimensi Struktur Hotel Premier Iin  
Surabaya dengan Dinding Geser Plat Baja (SPSW)**

#### 4.2.2. Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan struktur didasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) dan SNI (1727;2013) dengan rincian sebagai berikut :

##### 1. Beban mati (*dead load*)

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

- a. Berat sendiri beton bertulang yang memiliki massa jenis sebesar  $2400 \text{ kg/m}^3$
- b. Berat pelat bondek sebesar  $10,1 \text{ kg/m}^2$
- c. Berat sendiri baja profil yang terpasang sebagai struktur rangka baja berupa kolom, balok, dan bresing dengan massa jenis sebesar  $7850 \text{ kg/m}^3$ .
- d. Beban dinding bata ringan  $12,5$  + plester  $2 \text{ cm}$  sebesar  $75 \text{ kg/m}^2$
- e. Beban spesi sebesar  $22 \text{ kg/m}^2$  untuk setiap ketebalan  $1 \text{ cm}$ .
- f. Beban aspal sebesar  $14 \text{ kg/m}^2$  untuk setiap ketebalan  $1 \text{ cm}$
- g. Beban *ducting plumbing* yang ditetapkan sebesar  $19.528 \text{ kg/m}^2$ .
- h. Beban keramik sebesar  $24 \text{ kg/m}^2$  untuk setiap ketebalan  $1 \text{ cm}$
- i. Beban plafon dan penggantung sebesar  $18 \text{ kg/m}^2$ .
- j. Beban lift adalah beban terpusat pada balok lantai teratas. Besar beban lift terlampir.

Rincian pembebanan untuk beban mati adalah sebagai berikut:

- Pelat atap  $q_D = b + 2f + g + i = 65.528 \text{ kg/m}^2$
- Pelat lantai condotel  $q_D = b + 2e + g + h + i = 103.528 \text{ kg/m}^2$

##### 2. Beban hidup (*live load*)

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup yang di pikul oleh bangunan gedung ini yaitu sesuai dengan peraturan SNI 1727:2013 pada tabel 4-1. Rincian pembebanan untuk beban hidup adalah sebagai berikut :

Lantai atap = 20 Psf = 97.24 kg/m<sup>2</sup>

Lantai Hotel = 100 Psf = 488.24 kg/m<sup>2</sup>

### 3. Beban gempa (*earthquake load*)

Perhitungan beban gempa pada bangunan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamis. Untuk parameter gempa yang digunakan diambil dari dinas Pekerjaan Umum.

#### A. Berat Total Bangunan

Perhitungan berat per lantai bangunan ini berdasarkan RSNI 03-1727-1989 tabel P3-1. Perhitungan nilai total berat bangunan ini akan digunakan untuk menentukan gaya geser statik. Nilai tersebut digunakan untuk mengecek apakah perhitungan struktur Gedung Hotel Premier Iin Surabaya yang menggunakan pembebanan gempa dinamik gaya geser nya sudah mencapai 80% gaya geser statik.

Pada tugas akhir ini perhitungan berat struktur diambil dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 untuk kombinasi 1D + 1L.

#### B. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan diperlukan dalam sebuah perencanaan struktur bangunan. Pada saat konstruksi, tentunya beban-beban yang bekerja pada struktur hanyalah beban-beban mati saja dan beban hidup sementara akibat dari pekerja bangunan. Sedangkan pada masa layan, beban-beban hidup permanen dari aktifitas pemakai gedung dan barang-barang inventaris yang dapat bergerak di dalam gedung. Hal ini tentunya akan berdampak pada kekuatan rencana elemen

struktur yang direncanakan berdasarkan kombinasi pembebanan terbesar akibat penjumlahan beban-beban yang bekerja dengan faktor beban LRFD (*Load Resistance Factor Design*).

Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur gedung ini mengacu pada SNI-1726-2012 sebagai berikut :

- 1.4 DL
- 1.2 DL + 1.6 LL
- 1.2 DL + 1.0E + 1.0LL
- 0.9 DL + 1.0E

Keterangan :

DL : beban mati

LL : beban hidup

E : beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

Dua kombinasi pertama merupakan kombinasi pembebanan yang dipengaruhi oleh beban mati dan hidup saja. Sedangkan dua kombinasi pembebanan berikutnya telah dipengaruhi oleh beban gempa.

### C. Pembebanan Gempa Dinamis

Pada struktur Gedung Hotel Premier Iin ini mempunyai jumlah lantai 10 tingkat dengan ketinggian 42,4 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 03-1726-2012. Analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

#### 1. Lantai Tingkat sebagai Diafragma

Menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 7.3.1.2 bahwa lantai dengan dek metal yang diberi penutup *topping* beton dapat dianggap kaku dalam bidangnya dan karenanya dapat dianggap bekerja sebagai diafragma terhadap beban gempa horizontal.

## 2. 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% efektifitas untuk arah X dan 30% efektifitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :  
100% efektifitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

## 3. Parameter Respon Spektrum Rencana

- a) Menentukan Kategori Resiko Bangunan Gedung  
Berdasarkan SNI 1726:2012 Tabel 1, bangunan yang dirancang masuk kedalam kategori resiko II.
- b) Menentukan Faktor Keutamaan Gempa  
Berdasarkan Kategori gempa yang didapat maka dari SNI 1726:2012 Tabel 2 dapat ditentukan Faktor Keutamaan Gempanya yaitu  $I_e = 1$
- c) Menentukan Parameter Percepatan Gempa  
Nilai parameter percepatan gempa didapat dari peta zonasi gempa pada untuk kota Bekasi didapat nilai  $S_s = 0,663g$  dan  $S_1 = 0,247g$ .
- d) 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 4.1. Perhitungan N Rata-rata**

NO	Kedalaman	Tebal (di)	N-SPT (Ni)	di/Ni
	m	m		
1	0			
2	2	2	9	0.222
3	4	2	7	0.286
4	6	2	3	0.667
5	8	2	1	2.000
6	10	2	1	2.000
7	12	2	1	2.000
8	14	2	5	0.400
9	16	2	20	0.100
10	18	2	50	0.040
11	20	2	50	0.040
12	22	2	50	0.040
13	24	2	18	0.111
14	26	2	15	0.133
15	28	2	14	0.143
16	30	2	50	0.040
17	32	2	20	0.100
18	34	2	27	0.074
19	36	2	25	0.080
Total		36		8.476
			N	4.247

Dari perhitungan nilai N rata-rata pada tabel 4.1 diperoleh jenis tanah kategori **tanah lunak**.

- e) Menentukan Koefisien Situs  
Berdasarkan tabel 4 dan 5 pada SNI 1726:2012 dapat diketahui nilai  $F_a = 1,374$  dan  $F_v = 3,012$  (dari hasil interpolasi)
- f) 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).

$$S_{MS} = F_a \times S_S = 1,374 \times 0,663 \text{ g} = 0,911 \text{ g}$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 3,012 \times 0,247 \text{ g} = 0,744 \text{ g}$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,911 \text{ g} = 0,607 \text{ g}$$

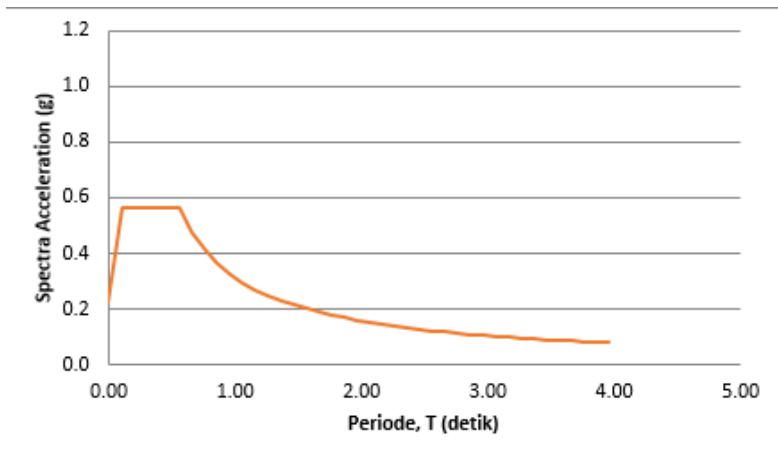
$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,744 \text{ g} = 0,546 \text{ g}$$

- g) 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 seismik D untuk kedua parameter  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$ .
- h) Menentukan parameter struktur  $R$ ,  $C_d$ ,  $\Omega_0$   
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 :  
nilai faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) = 6,  
nilai koefisien modifikasi respon ( $R$ ) = 7.5 dan  
nilai faktor kuat lebih sistem ( $\Omega$ ) = 2.5



**Tabel 4.2. Parameter Respon Gempa Wilayah Surabaya  
untuk Kelas Situs E (Tanah Lunak)**

Variabel	Nilai
PGA (g)	0.325
Ss (g)	0.663
S1 (g)	0.247
CRs	0.991
CR1	0.929
FPGA	1.124
FA	1.374
Fv	3.012
PSA (g)	0.366
SMS (g)	0.911
SM1 (g)	0.744
Sds (g)	0.607
SD1 (g)	0.496
To (detik)	0.163
Ts (detik)	0.817



**Gambar 4.31. Grafik Spektral Percepatan Gempa Wilayah  
Surabaya**

## i) Analisa Model Respon Spektrum

Untuk grafik respons spektrum rencana, penggambarannya mengikuti ketentuan SNI 1726:2012 Pasal 6.4 berikut :

- Batasan Periode

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2x \frac{0,496}{0,607} = 0,163 \text{ detik}$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,496}{0,607} = 0,817 \text{ detik}$$

- 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  $S_a$  :

$$S_a = 0,607 \left( 0,4 + 0,6 \frac{0}{0,163} \right) = 0,243 \text{ g}$$

- 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 4.3. Nilai Periode Fundamental (T) dan Percepatan Respon Spektra (Sa) berdasarkan ketentuan SNI1726:2012**

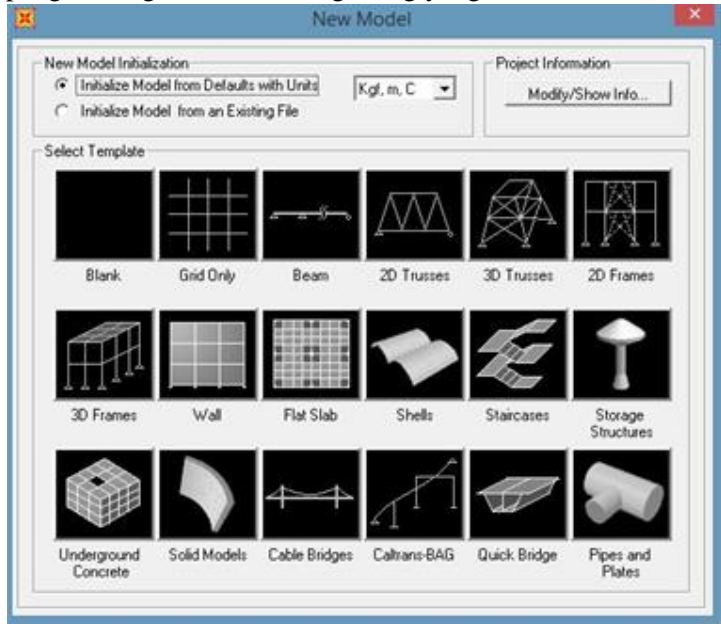
**Pasal 6.4.**

<b>T</b>	<b>SA (Spectra Acceleration)</b>
0.000	0.243
0.163	0.607
0.817	0.607
0.917	0.541
1.017	0.488
1.117	0.444
1.217	0.408
1.317	0.377
1.417	0.350
1.517	0.327
1.617	0.307
1.717	0.289
1.817	0.273
1.917	0.259
2.017	0.246
2.117	0.234
2.217	0.224
2.317	0.214
2.417	0.205
2.517	0.197
2.617	0.190
2.717	0.183
2.817	0.176
2.917	0.170
3.017	0.164
3.117	0.159
3.217	0.154
3.317	0.150
3.417	0.145
3.517	0.141
3.617	0.137
3.717	0.133
3.817	0.130
3.917	0.127
4.017	0.123
4.117	0.120
4.217	0.118

#### D. Permodelan 3D pada Program SAP2000

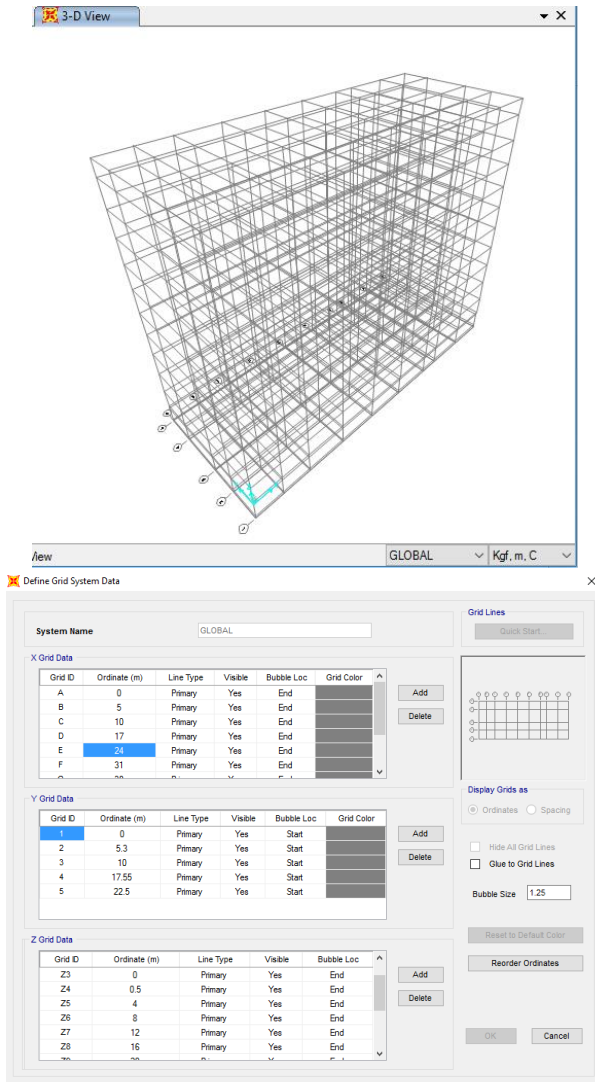
adapun cara memodelkan struktur bangunan dengan menggunakan *Hexagonal castellated beam* yaitu :

1. Memodelkan struktur dalam bentuk 3D Frame dan lakukan pengeditan grid sesuai data gedung yang akan dianalisa.



**Gambar 4.32. Pemilihan Model Rangka**

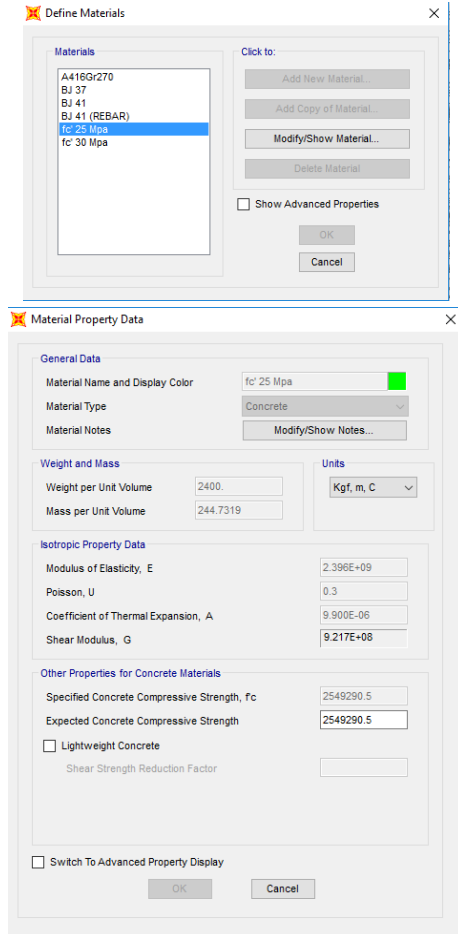
2. Klik kanan pada layar edit grid data kemudian klik modify/show system dan edit sesuai kebutuhan.



**Gambar 4.33. Input Edit Grid Data**

### 3. Penentuan Jenis Material

Masukkan jenis material beton dan baja sesuai perencanaan yaitu untuk mutu beton pelat  $f'_c$  25 dan untuk baja menggunakan BJ41.

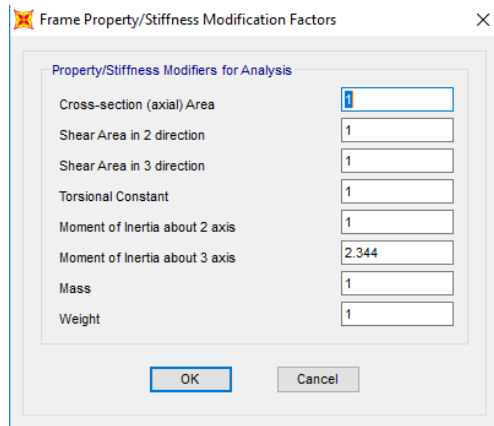
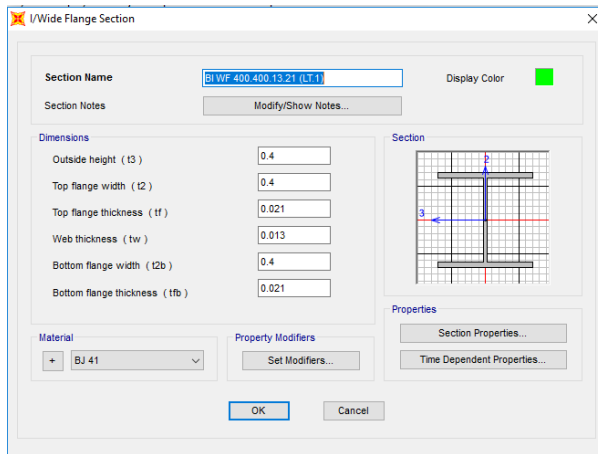


**Gambar 4.34. Input edit material data**

#### 4. Penentuan Dimensi Frame

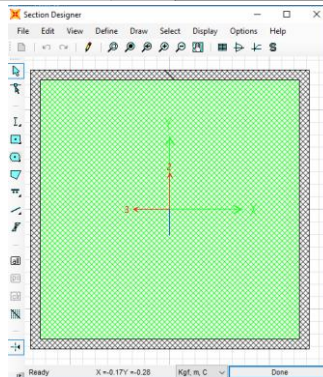
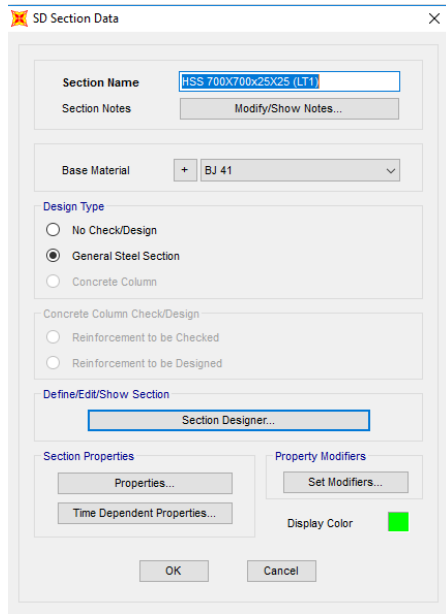
##### ➤ Untuk Profil *Castellated*

Buatlah profil WF sebelum dicastellated kemudian naikan inersia profil tersebut dengan menaikkan *moment of inertia about 3 axis* pada *section modifiers* dengan perhitungan  $I_x$  Castella rata-rata dibagi dengan  $I_x$  WF tersebut.



**Gambar 4.35. Penentuan dimensi frame balok**

- Untuk Profil *Concrete Filled Steel Tube*  
Buatlah profil *Concrete Filled Steel Tube* dengan menggunakan section designer.

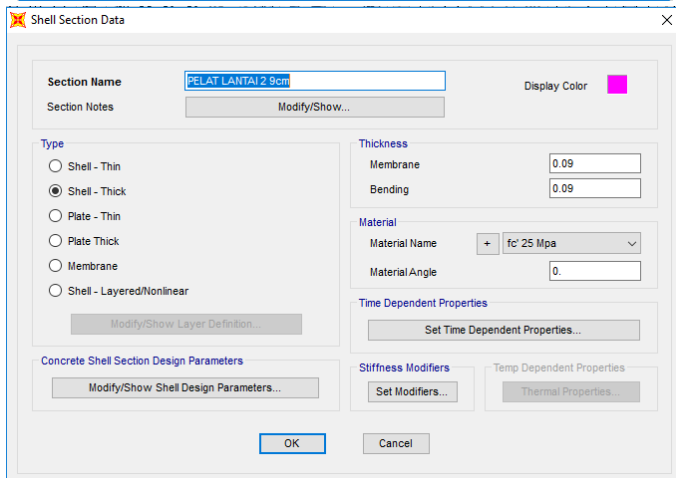
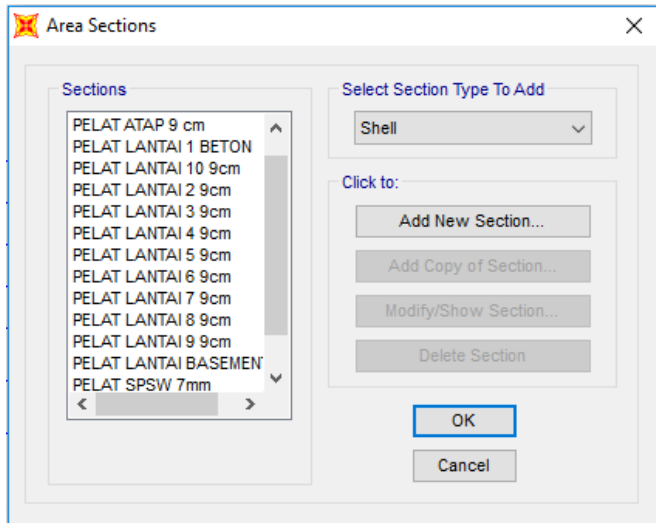


**Gambar 4.36. Penentuan Dimensi Frame kolom**



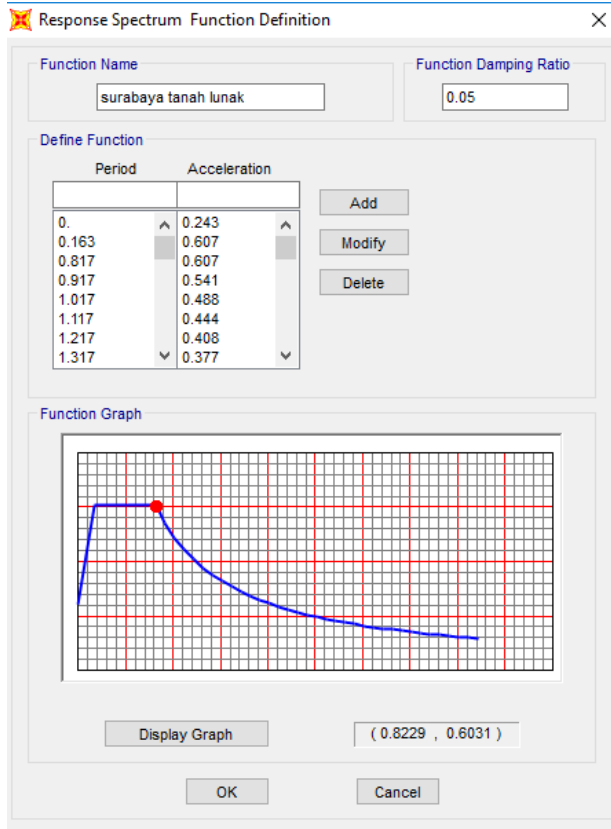
## 5. Penentuan Dimensi Area

*Define section properties*, kemudian klik area section dan add new section, Rencanakan pelat atap atap dan pelat lantai.



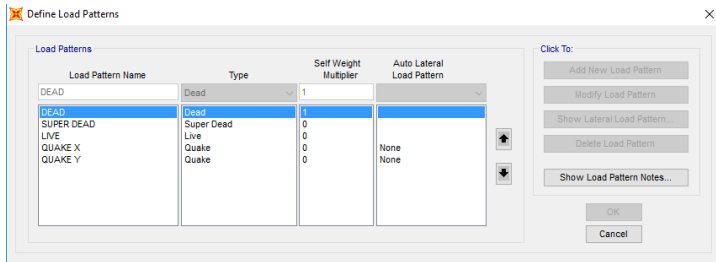
**Gambar 4. 37. Input Area Section Pelat**

6. *Define Response Spectrum Function*, memasukkan nilai respon Spektrum sesuai perhitungan gaya gempa dinamis.



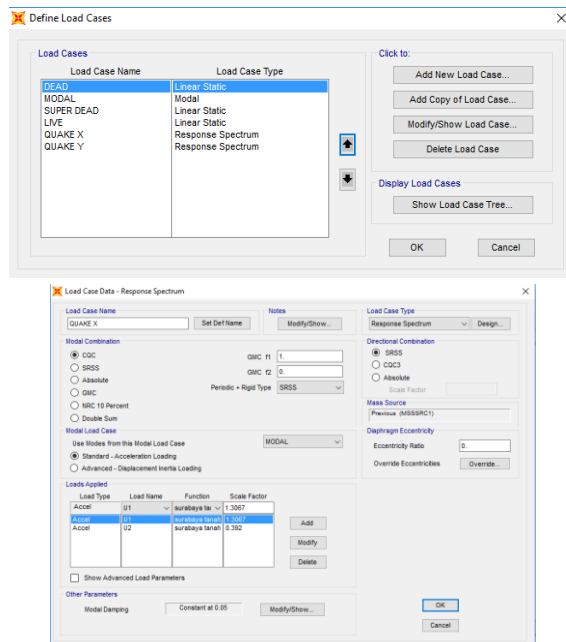
**Gambar 4.38. Input Respon Spectrum Gempa**

7. *Define Load Patterns*, program SAP 2000 akan secara otomatis akan menghitung berat sendiri struktur berdasarkan penampang elemen dan spesifikasi material.



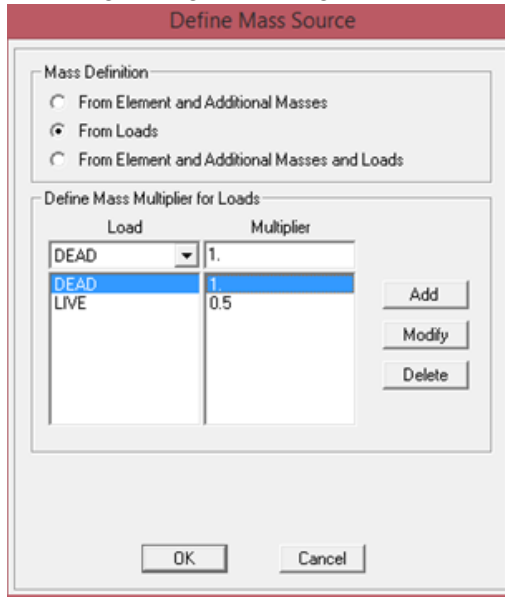
**Gambar 4.39. Input Data Load Pattern**

8. *Define Load Cases*, masukkan skala faktor dari beban-beban yang akan digunakan dalam analisa sesuai load pattern yang telah dibuat.



**Gambar 4.40. Define Load Case**

9. *Define Load Combination*, masukkan 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 Perhotelan).



**Gambar 4.41. Input Nilai Massa**

11. Menggambarkan elemen frame (balok kolom) dan *area section* untuk pelat atap dan pelat lantai.
12. Memasukkan 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.

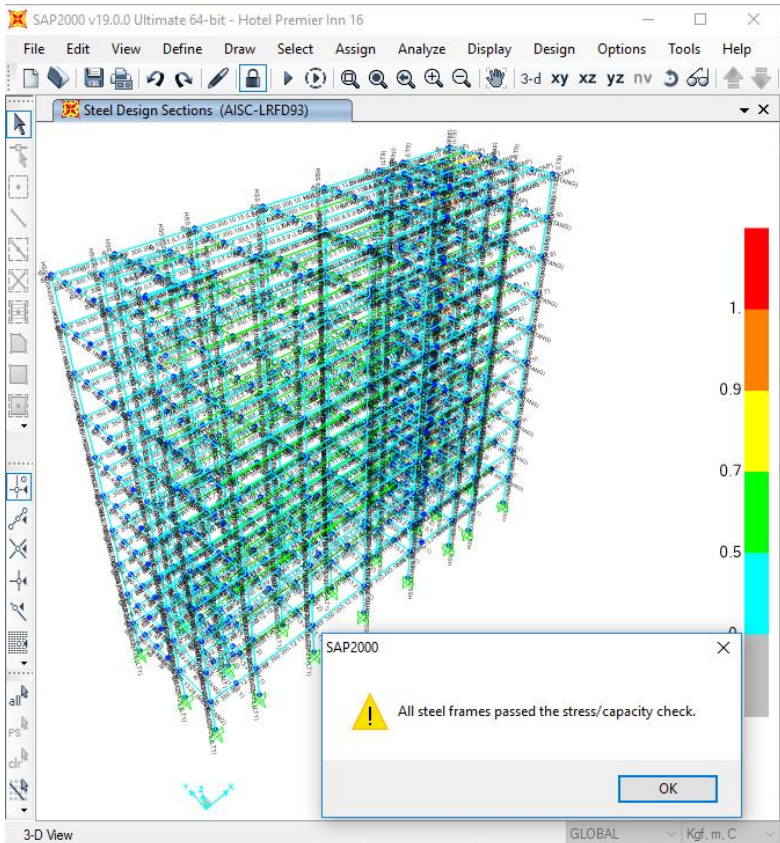
14. *Running*, semua (CL,LL, Gempa, dan Modal) di run secara linier.
15. Untuk melihat hasil gaya dalam, pilih *frame* yang ingin ditinjau kemudian *display* dan *show table* pilih output yang akan ditinjau.

### **E. 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.



**Gambar 4.42. Hasil Analisis Struktur Menggunakan Program Bantu SAP 2000**

### 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 mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada Tabel 4.2 berikut :

**Tabel 4.4. Rasio Partisipasi Massa Hotel Premier Iin  
Surabaya**

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
OutputCase	StepType	StepNum	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	3.804E-12	0.0002489
MODAL	Mode	2	7.818E-12	0.0004997
MODAL	Mode	3	0.0003055	0.0004997
MODAL	Mode	4	0.0003547	0.0004997
MODAL	Mode	5	0.0003547	0.021
MODAL	Mode	6	0.0003552	0.022
MODAL	Mode	7	0.027	0.022
MODAL	Mode	8	0.027	0.96
MODAL	Mode	9	0.922	0.96
MODAL	Mode	10	0.962	0.96
MODAL	Mode	11	0.962	0.976
MODAL	Mode	12	0.989	0.976

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 96% pada moda ke 9 dan partisipasi massa arah Y sebesar 96% pada moda ke 10. 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%.

## 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 atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai  $S_{D1}$ .

Struktur gedung Hotel Premier Iin Surabaya memiliki tinggi 42.4 m. Pada struktur ini digunakan sistem rangka baja dengan dinding geser plat baja sehingga pada tabel 15 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai :

$$C_t = 0,0488$$

$$x = 0.75$$

$$h_n = 42.4 \text{ m}$$

maka :

$$T = 0.0488 \times 42.4^{0.75} = 0.811 \text{ s}$$

Nilai  $C_u$  didapat dari tabel 14 SNI 03-1726-2012, untuk nilai  $S_{D1} = 0.496$ , maka :

$$C_u \times T = 1.4 \times 0.811 = 1.135 \text{ s}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapat,



**Tabel 4.5. Periode dan Frekuensi Struktur**

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	<b>1.020895</b>	0.979532189	6.15458226	37.8788828
MODAL	Mode	2	1.015406	0.984827502	6.187853689	38.28953328
MODAL	Mode	3	0.531105	1.882868484	11.8304116	139.9586385
MODAL	Mode	4	0.529125	1.88991145	11.87466385	141.0076416
MODAL	Mode	5	0.374838	2.66781963	16.7624051	280.9782247
MODAL	Mode	6	0.332305	3.009279444	18.90786039	357.5071844
MODAL	Mode	7	0.307777	3.249104991	20.41472874	416.7611496
MODAL	Mode	8	0.267719	3.735261732	23.46934163	550.8099966
MODAL	Mode	9	0.248003	4.032208834	25.3351153	641.8680673
MODAL	Mode	10	0.243239	4.111185508	25.83134038	667.2581457
MODAL	Mode	11	0.053969	18.52909959	116.4217663	13554.02767
MODAL	Mode	12	0.035425	28.22891426	177.3674993	31459.22981

Dari tabel di atas didapat  $T = 1.021$  s. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai  $T$  masih lebih kecil dari  $C_u \times T$ . Jadi analisis struktur gedung Hotel Premier In Surabaya masih memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2.

### 3. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 03-1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s \cdot W \quad (\text{SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1})$$

Dimana :

$$C_s = \frac{SD_s}{T_e} = \frac{0.607}{\left(\frac{7.5}{1}\right)} = 0.065$$

Nilai  $C_s$  tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_s = \frac{SD1}{T_e} = \frac{0.496}{1.021\left(\frac{7.5}{1}\right)} = 0.081 > 0.065 \dots\dots(\text{OK} \dots!)$$

Maka diambil  $C_s = 0.065$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$\begin{aligned} C_s &= 0.044 \times S_{DS} \times I_e \\ &= 0.044 \times 0.496 \times 1 \\ &= 0.027 < 0.065 \text{ (OK...!)} \end{aligned}$$

Dari analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur Hotel Premier In adalah :

**Tabel 4.6. Reaksi Dasar Struktur**

TABLE: Base Reactions				
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
QUAKE X	LinRespSpec	194211.58	57971.4	162.02
QUAKE Y	LinRespSpec	58263.54	193241.2	144.49
1D+1L	Combination	-2.82E-08	-4.3E-07	<b>6651288</b>

Dari tabel di atas didapat berat total struktur adalah 6612988 kg. Maka :

$$\begin{aligned} V_{\text{statik}} &= C_s \cdot W \\ &= 0.065 \times 6651288 \text{ kg} \\ &= 430848 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

**Tabel 4.7. Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa**

TABLE: Base Reactions			
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Kgf	Kgf
QUAKE X	LinRespSpec	194211.58	57971.4
QUAKE Y	LinRespSpec	58263.54	193241.2

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :  

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$194211.58 \text{ kg} > 85\% \times 430848 \text{ kg}$$

$$194211.58 \text{ kg} > 366220.785 \text{ kg (Not OK...!)}$$

- Untuk gempa arah Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$193241.2 \text{ kg} > 85\% \times 430848 \text{ kg}$$

$$193241.2 \text{ kg} > 366220.785 \text{ kg (Not OK...!)}$$

Dari kontrol di atas, analisis gedung Hotel Premier Iin Surabaya masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Pada Pasal 11.1.4 SNI 03-1726-2012 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 :

$$0.85 \times \frac{C_s \times W}{V} = 0.85 \times \frac{0.081 \times 6651287.82}{194211.58} = 2,357$$

Untuk arah Y :

$$0.85 \times \frac{C_s \times W}{V} = 0.85 \times \frac{0.081 \times 6651287.82}{194211.18} = 2,369$$

Setelah dikali faktor skala di atas didapatkan gaya geser dasar sebagai berikut :

**Tabel 4 8. Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Setelah**

**Dikalikan dengan Faktor Skala**

TABLE: Base Reactions		
OutputCase	GlobalFX	GlobalFY
Text	Kgf	Kgf
QUAKE X	457756.7	136642.1
QUAKE Y	138029.9	457788.4

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$457756.7 \text{ kg} > 85\% \times 430848 \text{ kg}$$

$$457756.7 \text{ kg} > 366220.785 \text{ kg} \text{ (OK...!)}$$

- Untuk gempa arah Y :

$$V_{\text{dinamik}} \geq 85\% \times V_{\text{statik}}$$

$$457788.4 \text{ kg} > 85\% \times 430848 \text{ kg}$$

$$457788.4 \text{ kg} > 366220.785 \text{ kg} \text{ (OK...!)}$$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur gedung Hotel Premier Iin Surabaya masih memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.

#### 4. Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Dimana :

$\Delta_i$  = Simpangan yang terjadi

$\Delta_a$  = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 1 :

$$\Delta_1 = C_d \times \delta_{e1} / I$$

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 2 :

$$\Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) \times C_d / I$$

Dimana :

$\delta_{e1}$  = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

$\delta_{e2}$  = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi

$I$  = Faktor keutamaan gedung

Untuk sistem dinding geser plat baja, dari tabel 9 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai  $C_d = 6$  dan dari tabel 2

SNI 03-1726-2012 didapat nilai  $I = 1$ . Dari tabel 16 SNI 03-1726-2012 untuk sistem struktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0.020 \times h_{sx}$$

Dimana :

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

- Untuk tinggi tingkat 4 m, simpangan ijinnya adalah

$$\begin{aligned}\Delta_a &= 0.020 \times 4 \\ &= 0.08 \text{ m} \\ &= 80 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP 2000, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur yaitu sebagai berikut :

**Tabel 4.9. Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah X**

TABLE: Joint Displacements								
Lantai	Elevasi	Tinggi lantai	Simpangan	Cd	Pembesaran Simpangan	Simpangan antar Lantai	Simpangan ijin antar lantai	Ket.
I	hi	hsx	$\delta_e$	Tabel 9	$\delta$	$\Delta$	$\Delta_a$	
	(m)	(m)			$\delta_e \times Cd$	$\Delta_i - \Delta_{(i-1)}$	$0,02 \times h_{sx}$	
1	0	0	0	6	0	0	0	OKE
2	4	4	0.562000	6	3.372	3.372	80	OKE
3	8	4	1.163000	6	6.978	3.606	80	OKE
4	12	4	1.163000	6	6.978	0	80	OKE
5	16	4	1.163000	6	6.978	0	80	OKE
6	20	4	1.163000	6	6.978	0	80	OKE
7	24	4	1.163000	6	6.978	0	80	OKE
8	28	4	1.163000	6	6.978	0	80	OKE
9	32	4	1.163000	6	6.978	0	80	OKE
10	36	4	1.163000	6	6.978	0	80	OKE
Atap	40	4	1.163000	6	6.978	0	80	OKE

**Tabel 4.10. Kontrol Simpangan Antar Lantai Akibat Beban Gempa Arah Y**

TABLE: Joint Displacements								
Lantai	Elevasi	Tinggi lantai	Simpangan	Cd	Pembesaran Simpangan	Simpangan antar Lantai	Simpangan ijin antar lantai	Ket.
I	hi	hsx	$\delta e$	Tabel 9	$\delta$	$\Delta$	$\Delta a$	
	(m)	(m)			$\delta e \times Cd$	$\Delta_i - \Delta_{(i-1)}$	$0,02 \times hsx$	
1	0	0	0	6	0	0	0	OKE
2	4	4	0.644	6	3.864	3.864	80	OKE
3	8	4	1.365	6	8.19	4.326	80	OKE
4	12	4	1.365	6	8.19	0	80	OKE
5	16	4	1.365	6	8.19	0	80	OKE
6	20	4	1.365	6	8.19	0	80	OKE
7	24	4	1.365	6	8.19	0	80	OKE
8	28	4	1.365	6	8.19	0	80	OKE
9	32	4	1.365	6	8.19	0	80	OKE
10	36	4	1.365	6	8.19	0	80	OKE
Atap	40	4	1.365	6	8.19	0	80	OKE

Dari hasil kontrol tabel di atas maka analisis struktur Gedung Hotel Premier Iin Surabaya memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

### 4.3. Perencanaan Struktur Primer

#### 4.3.1. Perencanaan Elemen Struktur Primer

##### 4.3.1.1. Balok Induk

###### A. Balok Induk Bentang 7,55 m

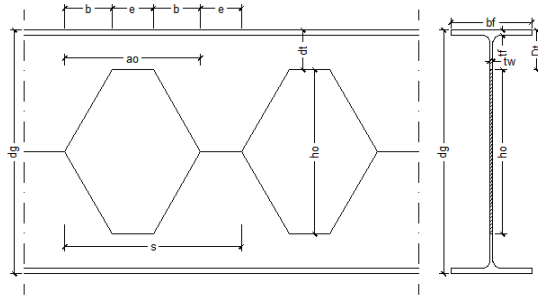
Balok induk direncanakan menggunakan profil asal WF 400x400x13x21 yang kemudian dirubah menjadi profil *hexagonal castellated beam* 600x400x13x21, dengan data-data sebagai berikut:

- Data profil asal WF 400x400x13x21

d	= 400 mm	ix	= 17.5 cm
bf	= 400 mm	iy	= 10.1 cm
tf	= 21 mm	Zx	= 3600.13 cm <sup>3</sup>
tw	= 13 mm	Zy	= 1691.49 cm <sup>3</sup>
A	= 218.7 cm <sup>2</sup>	q	= 172 kg/m
Ix	= 66600 cm <sup>4</sup>	r	= 22 mm
Iy	= 22400 cm <sup>4</sup>	h	= 314 mm

- Data profil *Hexagonal Castellated Beam*

dg	= 600 mm	b	= 117.45 mm
ho	= 405 mm	e	= 101.25 mm
dt	= 97.5 mm	s	= 437.4 mm
db	= 97.5 mm	ao	= 306 mm
h	= 514 mm	∅	= 60°
A	= 244.7 cm <sup>2</sup>		



**Gambar 4.43. Geometri balok Hexagonal Castellated**

Pada elemen 520 balok induk melintang didapat gaya-gaya dalam dan lendutan maksimum sebagai berikut:



**Gambar 4.44. Diagram Frame Balok Melintang**



$$\begin{aligned}
 Mu &= 44591.66 \text{ kgm} && (1,2D+1,6L) \\
 Vu &= 18672.3 \text{ kg} && (1,2D+1,6L) \\
 f^\circ &= 0.406 \text{ cm} && (1,2D+1,6L)
 \end{aligned}$$

Syarat lubang  $h_o$  (ASCE 4.5 halaman 3320)

$$\begin{aligned}
 h_o &\leq 0,7 dg \\
 405 \text{ mm} &\leq 0,7 \times 600 \text{ mm} \\
 405 \text{ mm} &\leq 420 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat  $dt$  dan  $db$  (ASCE 4.6 halaman 3320)

$$\begin{aligned}
 dt \text{ dan } db &\leq 0,15 dg \\
 76.5 \text{ mm} &\leq 0,15 \times 600 \text{ mm} \\
 76.5 \text{ mm} &\leq 90 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 I_x &= \left( \frac{1}{12} x b_f x d_g^3 \right) - \left( 2x \frac{1}{12} x \left( \frac{b_f - t_w}{2} \right) x (d_g - 2t_f)^3 \right) \\
 &= \left( \frac{1}{12} x 400 x 600^3 \right) - \left( 2x \frac{1}{12} x \left( \frac{400 - 13}{2} \right) x (600 - \right. \\
 &\quad \left. 2x 21)^3 \right) \\
 &= 1596849138 \text{ mm}^4 \\
 Z_x &= \left( \frac{1}{4} x b_f x d_g^2 \right) - \left( 2x \frac{1}{4} x \left( \frac{b_f - t_w}{2} \right) x (d_g - 2t_f)^2 \right) \\
 &= \left( \frac{1}{4} x 400 x 600^2 \right) - \left( 2x \frac{1}{4} x \left( \frac{400 - 13}{2} \right) x (600 - 2x 21)^2 \right) \\
 &= 5875533 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 I_x &= I_x \text{ tanpa lubang} - \left( \frac{1}{12} x t_w x h_o^3 \right) \\
 &= 1596849138 - \left( \frac{1}{12} x 13 x 405^3 \right) \\
 &= 1524883169.25 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= Z_x \text{ tanpa lubang} - \left( \frac{1}{4} x t_w x h_o^2 \right) \\
 &= 5875533 - \left( \frac{1}{4} x 13 x 405^2 \right) \\
 &= 5342451.75 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$I_x$  castellated beam rata-rata :

$$\begin{aligned}
 I_x \text{ rata-rata} &= \frac{I_x \text{ tanpa lubang} + I_x \text{ saat berlubang}}{2} \\
 &= \frac{1596849138 \text{ mm}^4 + 1524883169.25 \text{ mm}^4}{2} \\
 &= 1560866153.625 \text{ mm}^4 = 156086.615 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$I_y$  castellated beam saat penuh dan saat berlubang :

$$\begin{aligned}
 I_y \text{ penuh} &= 2 x \left( \frac{1}{12} x t_f x b_f^3 \right) + \left( \frac{1}{12} x (d_g - 2t_f) x (t_w)^3 \right) \\
 &= 2 x \left( \frac{1}{12} x 21 x 400^3 \right) + \left( \frac{1}{12} x (600 - 2x21) x (13)^3 \right) \\
 &= 224102160.5 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y \text{ lubang} &= I_y \text{ tanpa lubang} - \left( \frac{1}{12} x h_o x t_w^3 \right) \\
 &= 224102160.5 - \left( \frac{1}{12} x 405 x 13^3 \right) \\
 &= 224102160.5 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$I_y$  castellated beam rata-rata :

$$\begin{aligned}
 I_y \text{ rata-rata} &= \frac{I_y \text{ tanpa lubang} + I_y \text{ saat berlubang}}{2} \\
 &= \frac{224102160.5 \text{ mm}^4 + 224102160.5 \text{ mm}^4}{2} \\
 &= 224065086.125 \text{ mm}^4 = 22406.509 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Menghitung jari-jari girasi :

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x \text{ rata-rata}}{A}} = \sqrt{\frac{156086.615 \text{ cm}^4}{244.7 \text{ cm}^2}} = 25.256 \text{ cm}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y \text{ rata-rata}}{A}} = \sqrt{\frac{22406.509 \text{ cm}^4}{244.7 \text{ cm}^2}} = 9.569 \text{ cm}$$

### 1. Kontrol Penampang

Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{514}{13} = 39.538$$

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

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

Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{400}{2 \times 21} = 9.524$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,752$$

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

### 2. Kontrol Kuat Kentur Akibat Tekuk Lokal

Penampang Kompak :

$$M_p = Z_x f_y$$

$$= 5875.533 \times 2500$$

$$= 14688832.5 \text{ kg. cm} = 146888.325 \text{ kg. m}$$

3. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral  
 Jarak penahan lateral ( $L_b$ ) = 140 cm

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1.76 \cdot 9.569 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} \\ &= 476.352 \text{ cm} \end{aligned}$$

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

Pada saat profil berlubang :

$$\Delta A_s = h_o \times t_w$$

$$= 405 \times 13$$

$$= 5265 \text{ mm}^2 = 52.65 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} M_n &= M_p - f_y \times \Delta A_s \times \left(\frac{h_o}{4}\right) \\ &= 14688832.5 - 2500 \times 52.65 \times \left(\frac{40.5}{4}\right) \\ &= 13356129.38 \text{ kg. cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0.9 \times 13356129.38 = 12020516.44 \text{ kg. cm} \\ &= 120205.164 \text{ kg. m} \end{aligned}$$

4. Kontrol Kapasitas Momen

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$120205.164 \text{ kg. m} \geq 44591.66 \text{ kg. m} \dots (\text{Ok})$$

5. Kontrol Kuat Geser

$$\text{Syarat ASCE 3.2 hal 3326-3327}$$

$$\begin{aligned}\frac{dg-2tf}{tw} &\leq \frac{1365}{\sqrt{fy}} \\ \frac{600-2x21}{13} &\leq \frac{1365}{\sqrt{250}} \\ 42.923 &\leq 86,33\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{dg-2tf}{tw} &\leq \frac{1100}{\sqrt{fy}} \\ \frac{600-2x21}{13} &\leq \frac{1100}{\sqrt{250}} \\ 42.923 &\leq 69,57\end{aligned}$$

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 terhaddap tinggi lubang

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

$$\frac{306}{405} \leq 3,0$$

$$0.83 \leq 3,0 \dots \dots (\text{Ok})$$

- Kapasitas geser nominal maksimum pada lubang

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

dimana :

$$V_p = \frac{f_y \times t_w \times d_g}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \times 1.3 \times 60}{\sqrt{3}} = 112583.302 \text{ kg}$$

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

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

$$v = \frac{a_0}{d_t} = \frac{306}{96.5} = 4.394$$

$$V_{pt} = \frac{f_y \times t_w \times d_t}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \times 1.3 \times 2 \times 9.65}{\sqrt{3}} = 36589.573 \text{ kg}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6+0}}{4.394+\sqrt{3}} \times 36589.573 = 14629.99 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt} = 2 \times 14629.99 \text{ kg} = 29259.98 \text{ kg}$$

maka :

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

$$29259.98 \text{ kg} \leq \frac{2}{3} \times 112583.302 \text{ kg}$$

$$29259.98 \text{ kg} \leq 75055.535 \text{ kg} \dots (\text{Ok})$$

Kontrol kuat geser

$$V_u \leq \phi V_m$$

$$18672.3 \text{ kg} \leq 0,9 \times 29259.98 \text{ kg}$$

$$18672.3 \text{ kg} \leq 26333.982 \text{ kg} \dots \dots (\text{Ok})$$

Parameter lubang

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

$$P_o \leq 5,6$$

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

$$\left(\frac{306}{405}\right) + \left(\frac{6 \times 405}{600}\right) \leq 5,6$$

$$4.88 \leq 5,6 \dots \dots (\text{Ok})$$

Persamaan interaksi geser-lentur (syarat ASCE hal.

3316)

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

$$\left(\frac{44591.66}{0.85 \times 133561.3}\right)^3 + \left(\frac{18672.3}{0.85 \times 29259.98}\right)^3 \leq 1,0$$

$$0,423 \leq 1,0 \dots \dots (\text{Ok})$$

Kontrol jarak antar lubang

$$s \geq h_o$$

$$437.4 \text{ mm} \geq 405 \text{ mm} \dots \dots (\text{Ok})$$

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

$$437.4 \text{ mm} \geq 306 \times \frac{\left(\frac{18672.3}{0.9 \times 112583.302}\right)}{1 - \frac{18672.3}{0.9 \times 112583.302}}$$

$$437.4 \text{ mm} \geq 75.941 \text{ mm} \dots \dots (\text{Ok})$$

#### 6. Kontrol Lentutan

$$f^\circ = 0.406 \text{ cm} < f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{755}{360} = 2.097 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

Jadi, profil *Hexagonal Castellated Beam* 600 x 400 x 13 x 21 dapat digunakan sebagai balok induk melintang lantai 2-9.

### B. Balok Induk Bentang 7 m

Balok induk direncanakan menggunakan profil asal WF 350x350x12x19 yang kemudian dirubah menjadi profil *hexagonal castellated beam* 525x350x12x19, dengan data-data sebagai berikut:

- Data profil asal WF 350x350x12x19

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

$$i_x = 15.2 \text{ cm}$$

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

$$i_y = 8.84 \text{ cm}$$

$$t_f = 19 \text{ mm}$$

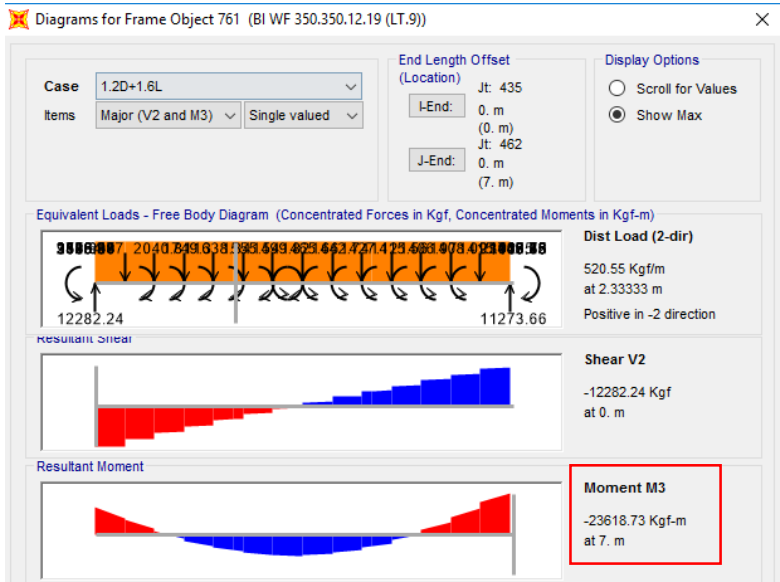
$$Z_x = 2493.18 \text{ cm}^3$$

$tw = 12 \text{ mm}$	$Zy = 1172.17 \text{ cm}^3$
$A = 173.9 \text{ cm}^2$	$q = 136 \text{ kg/m}$
$Ix = 40300 \text{ cm}^4$	$r = 20 \text{ mm}$
$Iy = 13600 \text{ cm}^4$	$h = 272 \text{ mm}$

- Data profil *Hexagonal Castellated Beam*

$dg = 525 \text{ mm}$	$b = 102.66 \text{ mm}$
$ho = 354 \text{ mm}$	$e = 88.5 \text{ mm}$
$dt = 66.5 \text{ mm}$	$s = 382.32 \text{ mm}$
$db = 66.5 \text{ mm}$	$ao = 293.82 \text{ mm}$
$h = 447 \text{ mm}$	$\emptyset = 60^\circ$
$A = 194.9 \text{ cm}^2$	

Pada elemen 761 balok induk melintang didapat gaya-gaya dalam dan lendutan maksimum sebagai berikut:



**Gambar 4.45. Diagram Frame Diagram Memanjang**



$$\begin{aligned}
 Mu &= 23618.73 \text{ kgm} && (1,2D+1,6L) \\
 Vu &= 14213.42 \text{ kg} && (1,2D+1,6L) \\
 f^\circ &= 0.272 \text{ cm} && (1,2D+1,6L)
 \end{aligned}$$

Syarat lubang  $h_o$  (ASCE 4.5 halaman 3320)

$$\begin{aligned}
 h_o &\leq 0,7 dg \\
 354 \text{ mm} &\leq 0,7 \times 525 \text{ mm} \\
 354 \text{ mm} &\leq 367.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Syarat  $dt$  dan  $db$  (ASCE 4.6 halaman 3320)

$$\begin{aligned}
 dt \text{ dan } db &\leq 0,15 dg \\
 96.5 \text{ mm} &\leq 0,15 \times 525 \text{ mm} \\
 96.5 \text{ mm} &\leq 78.75 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 I_x &= \left( \frac{1}{12} x b_f x d_g^3 \right) - \left( 2x \frac{1}{12} x \left( \frac{b_f - t_w}{2} \right) x (d_g - 2t_f)^3 \right) \\
 &= \left( \frac{1}{12} x 400 x 525^3 \right) - \left( 2x \frac{1}{12} x \left( \frac{350 - 12}{2} \right) x (525 - 2x16)^3 \right) \\
 &= 967221111.333 \text{ mm}^4 \\
 Z_x &= \left( \frac{1}{4} x b_f x d_g^2 \right) - \left( 2x \frac{1}{4} x \left( \frac{b_f - t_w}{2} \right) x (d_g - 2t_f)^2 \right) \\
 &= \left( \frac{1}{4} x 350 x 525^2 \right) - \left( 2x \frac{1}{4} x \left( \frac{350 - 12}{2} \right) x (525 - 2x16)^2 \right) \\
 &= 4076407 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 I_x &= I_x \text{ tanpa lubang} - \left( \frac{1}{12} x t_w x h_o^3 \right) \\
 &= 967221111.333 - \left( \frac{1}{12} x 12 x 354^3 \right) \\
 &= 922859247.333 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_x &= Z_x \text{ tanpa lubang} - \left( \frac{1}{4} x t_w x h_o^2 \right) \\
 &= 4076407 - \left( \frac{1}{4} x 12 x 354^2 \right) \\
 &= 3700459 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$I_x$  castellated beam rata-rata :

$$\begin{aligned}
 I_x \text{ rata-rata} &= \frac{I_x \text{ tanpa lubang} + I_x \text{ saat berlubang}}{2} \\
 &= \frac{967221111.333 \text{ mm}^4 + 922859247.333 \text{ mm}^4}{2} \\
 &= 945040179.333 \text{ mm}^4 = 94504.018 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$I_y$  castellated beam saat penuh dan saat berlubang :

$$\begin{aligned}
 I_y \text{ penuh} &= 2 x \left( \frac{1}{12} x t_f x b_f^3 \right) + \left( \frac{1}{12} x (d_g - 2t_f) x (t_w)^3 \right) \\
 &= 2 x \left( \frac{1}{12} x 19 x 350^3 \right) + \left( \frac{1}{12} x (525 - 2x19) x (12)^3 \right) \\
 &= 135840961.333 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_y \text{ lubang} &= I_y \text{ tanpa lubang} - \left( \frac{1}{12} x h_o x t_w^3 \right) \\
 &= 135840961.333 - \left( \frac{1}{12} x 354 x 12^3 \right) \\
 &= 135789985.333 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$I_y$  castellated beam rata-rata :

$$\begin{aligned}
 I_y \text{ rata-rata} &= \frac{I_y \text{ tanpa lubang} + I_y \text{ saat berlubang}}{2} \\
 &= \frac{135840961.333 \text{ mm}^4 + 135789985.333 \text{ mm}^4}{2} \\
 &= 135815473.333 \text{ mm}^4 = 13581.547 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Menghitung jari-jari girasi :

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x \text{ rata-rata}}{A}} = \sqrt{\frac{94504.018 \text{ cm}^4}{194.9 \text{ cm}^2}} = 22.02 \text{ cm}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y \text{ rata-rata}}{A}} = \sqrt{\frac{13581.547 \text{ cm}^4}{194.9 \text{ cm}^2}} = 8.348 \text{ cm}$$

### 1. Kontrol Penampang

Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{447}{9} = 37.25$$

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

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

Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{350}{2 \times 19} = 9.211$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,752$$

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

### 2. Kontrol Kuat Kentur Akibat Tekuk Lokal Penampang Kompak :

$$M_p = Z_x f_y$$

$$= 4076.407 \times 2500$$

$$= 10191017.5 \text{ kg. cm} = 101910.175 \text{ kg. m}$$

### 3. Kontrol Kuat Lentur Akibat Tekuk Lateral Jarak penahan lateral ( $L_b$ ) = 120 cm

$$L_p = 1.76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$= 1.76 \cdot 8.348 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$= 415.553 \text{ cm}$$

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

Pada saat profil berlubang :

$$\Delta A_s = h_o \times t_w$$

$$= 354 \times 12$$

$$= 4248 \text{ mm}^2 = 42.48 \text{ cm}^2$$

$$M_n = M_p - f_y \times \Delta A_s \times \left(\frac{h_o}{4}\right)$$

$$= 10191017.5 - 2500 \times 42.48 \times \left(\frac{35.4}{4}\right)$$

$$= 9251147.5 \text{ kg. cm}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 9251147.5 = 8326032.75 \text{ kg. cm} \\ &= 83260.328 \text{ kg. m} \end{aligned}$$

#### 4. Kontrol Kapasitas Momen

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$83260.328 \text{ kg. m} \geq 23618.73 \text{ kg. m} \dots (\text{Ok})$$

#### 5. Kontrol Kuat Geser

Syarat ASCE 3.2 hal 3326-3327

$$\frac{dg - 2tf}{t_w} \leq \frac{1365}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{525 - 2 \times 19}{12} \leq \frac{1365}{\sqrt{250}}$$

$$40.583 \leq 86,33$$

$$\begin{aligned} \frac{dg-2tf}{tw} &\leq \frac{1100}{\sqrt{fy}} \\ \frac{525-2 \times 19}{12} &\leq \frac{1100}{\sqrt{250}} \\ 40.583 &\geq 69,57 \end{aligned}$$

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

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

- Perbandingan lebar terhadap tinggi lubang

$$\begin{aligned} \frac{a_0}{h_0} &\leq 3,0 \\ \frac{293.82}{354} &\leq 3,0 \\ 0.83 &\leq 3,0 \dots \dots (Ok) \end{aligned}$$

- Kapasitas geser nominal maksimum pada lubang

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

dimana :

$$V_p = \frac{f_y \times t_w \times d_g}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \times 1.2 \times 52.5}{\sqrt{3}} = 90932.667 \text{ kg}$$

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

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

$$v = \frac{a_0}{d_t} = \frac{293.82}{66.5} = 4.418$$

$$V_{pt} = \frac{f_y \times t_w \times d_t}{\sqrt{3}} = \frac{2500 \times 1.2 \times 2 \times 6.65}{\sqrt{3}} = 29618.069 \text{ kg}$$

$$V_{mt} = \frac{\sqrt{6} + 0}{4.418 + \sqrt{3}} \times 29618.069 = 11795.85 \text{ kg}$$

$$V_m = \sum V_{mt} = 2 \times 11795.85 \text{ kg} = 23591.7 \text{ kg}$$

maka :

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

$$23591.7 \text{ kg} \leq \frac{2}{3} \times 90932.667 \text{ kg}$$

$$23591.7 \text{ kg} \leq 60621.778 \text{ kg} \dots (\text{Ok})$$

Kontrol kuat geser

$$V_u \leq \phi V_m$$

$$14213.42 \text{ kg} \leq 0,9 \times 23591.7 \text{ kg}$$

$$14213.42 \text{ kg} \leq 21232.53 \text{ kg} \dots \dots (\text{Ok})$$

Parameter lubang

Syarat ASCE 4.2 hal 3319

$$P_o \leq 5,6$$

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

$$\left(\frac{293.82}{354}\right) + \left(\frac{6 \times 354}{525}\right) \leq 5,6$$

$$4.876 \leq 5,6 \dots \dots (\text{Ok})$$

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

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

$$\left(\frac{23618.73}{0.85 \times 92511.475}\right)^3 + \left(\frac{14213.42}{0.85 \times 23591.7}\right)^3 \leq 1,0$$

$$0,356 \leq 1,0 \dots \dots (\text{Ok})$$

Kontrol jarak antar lubang

$$s \geq h_o$$

$$382.32 \text{ mm} \geq 354 \text{ mm} \dots (\text{Ok})$$

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

$$382.32 \text{ mm} \geq 293.82 \times \frac{\left(\frac{14213.42}{0,9 \times 90932.667}\right)}{1 - \frac{14213.42}{0,9 \times 90932.667}}$$

$$382.32 \text{ mm} \geq 61.754 \text{ mm} \dots (\text{Ok})$$

#### 6. Kontrol Lendutan

$$f^\circ = 0.272 \text{ cm} < f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{700}{360} = 1.944 \text{ cm} \quad (\text{OK})$$

Jadi, profil *Hexagonal Castellated Beam* 675 x 200 x 9 x 14 dapat digunakan sebagai balok induk melintang lantai 2-9.

### 4.3.1.2. Kolom

#### A. Kolom Lantai 1-4

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai 1-4. Direncanakan komposit CFT dengan profil HSS  $700 \times 700 \times 25 \times 25$  dan panjang kolom 400 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

d	= 700 mm	$I_x$	= 477900 cm <sup>4</sup>
$b_f$	= 700 mm	$I_y$	= 477900 cm <sup>4</sup>
$t_w$	= 25 mm	$i_x$	= 27.20 cm
$t_f$	= 25 mm	$i_y$	= 27.20 cm
A	= 531.9 cm <sup>2</sup>	$Z_x$	= 13650 cm <sup>3</sup>
h	= 750 mm	$f_y$	= 250 Mpa

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan gaya dalam yang bekerja sebagai berikut :

$P_u$	= 635607.06 kg
$P_{nt}$	= 635607.06 kg (Kombinasi Beban 1,2D + 1,6L)
$M_{ux}$	= 28558.83 kgm
$M_{uy}$	= 28482.39 kgm

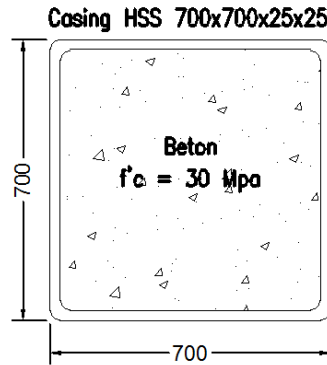
Bahan :

BJ 41 :  $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Beton :  $f_c' = 30 \text{ Mpa} = 300 \text{ kg/cm}^2$





**Gambar 4.46. Penampang Kolom Komposit CFT dengan Profil HSS  $700 \times 700 \times 25 \times 25$**

Kuat nominal tekan kolom komposit

Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\frac{A_s}{A_c + A_s} \times 100\% = \frac{646}{4225 + 646} = 13.301\% \geq 4\% \dots \text{OK!}$$

Kontrol tebal minimum penampang persegi

$$t_{\min} = b \times \sqrt{\frac{f_y}{3E}}$$

$$t_{\min} = 700 \times \sqrt{\frac{250}{3 \times 2 \times 10^5}} = 14.3 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \dots \text{OK!}$$

Kuat nominal tekan kolom komposit

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{700}{2 \times 25} = 14$$

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2.26 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 63.92$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 14 \leq 63.92 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = f_y A_s + C_2 f_c' \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$P_p = 2500 \times 646 + 0.85 \times 300(4225 + 0)$$

$$P_p = P_{no} = 2692375 \text{ kg}$$

Momen nominal kolom

Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{700}{2 \times 25} = 14$$

$$\lambda_p = 1.12 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.12 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 31.678$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 14 \leq 31.678 \rightarrow \text{penampang kompak}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 13650 = 34125000 \text{ kgcm} \\ &= 341250 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

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

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 341250 \\ &= 307125 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

Panjang tak terkekang adalah tinggi kolom-d<sub>balok</sub>

$$L_b = 400 - 60 = 340 \text{ cm.}$$

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 27.2 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{2500}} = 1354.025 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 340 \text{ cm} \leq 1354.025 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

Karena bentang pendek, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 13650 = 34125000 \text{ kgcm} \\ &= 341250 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

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

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 341250 \\ &= 307125 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Kekuatan lentur dan aksial orde kedua

Momen lentur dan aksial terfaktor arah X dan Y ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini:

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_t$$

dengan,

$$C_m = 0.6 - 0.4(M_1/M_2)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \alpha P_1/P_{e1}} \geq 1.00$$

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

$$P_{e \text{ story}} = R_M \frac{HL}{\Delta_H}$$

$$R_M = 1 - 0.15(P_{mf} / P_{story})$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e\_story}}}$$

Arah sumbu X :

Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$M_1 = 6231.88 \text{ kgm}$$

$$M_2 = 30769.6 \text{ kgm}$$

$$B_1 = 1$$

Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$B_2 = 1$$

Momen terfaktor pada sumbu X

$$\begin{aligned} M_{rx} &= (1.0 \times 30769.6) + (1 \times 28558.83) \\ &= 59328.43 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Arah sumbu Y :

Kontrol momen terhadap beban gravitasi

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$M_1 = 1499.29 \text{ kgm}$$

$$M_2 = 18098.41 \text{ kgm}$$

$$B_1 = 1$$

Kontrol momen terhadap beban lateral

Dari SAP 2000 diperoleh output sebagai berikut:

$$B_2 = 1$$

Momen terfaktor pada sumbu Y

$$\begin{aligned} M_{ry} &= (1.0 \times 18098.41) + (1 \times 28482.39) \\ &= 46580.8 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Kuat aksial orde kedua

$$P_r = (635607.06) + (1 \times 635607.06)$$

$$= 1271214.12 \text{ kgm}$$

Kontrol interaksi aksial-momen

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{P_r}{\phi_c P_n} = \frac{1271214.12}{0.90 \times 2692375} = 0.525 \geq 0.2$$

Maka digunakan rumus interaksi pertama sebagai berikut:

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1.0$$

$$\frac{1271214.12}{0.9 \times 2692375} + \frac{8}{9} \left( \frac{59328.43}{307125} + \frac{46580.8}{307125} \right) = 0.831$$

Hasil kontrol interaksi yaitu  $0.831 \leq 1.00$  , maka kolom dapat dipakai.

### 4.3.1.3. Dinding Geser Plat Baja (SPSW)

#### A. Desain Dinding Geser Plat Baja

Berikut ini adalah perhitungan dinding geser plat baja dan pengaruhnya terhadap balok (*HBE*) dan kolom (*VBE*). Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan gaya geser pada dinding geser yaitu

$$V_u = 9712.84 \text{ kg}$$

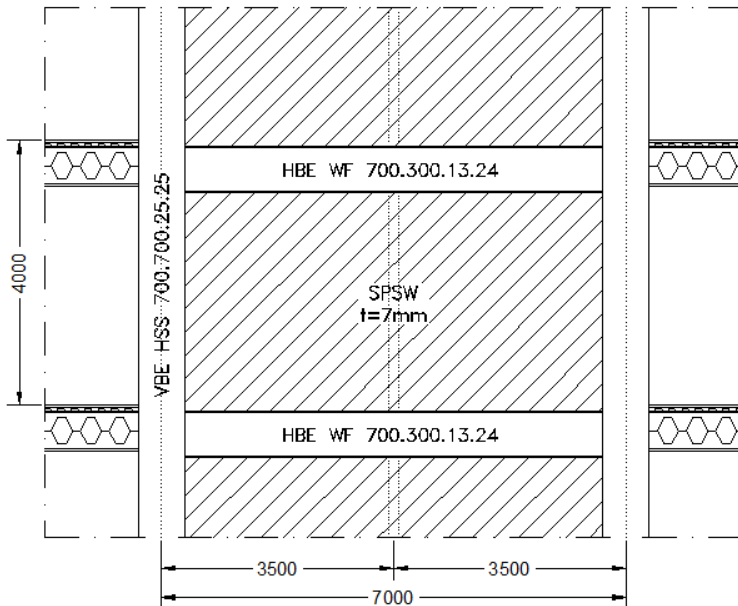
Bahan :

$$\text{BJ 37 : } f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

Dimensi :

$$L \times h = 7.00 \text{ m} \times 4.00 \text{ m}$$



**Gambar 4.47. Struktur Dinding Geser Plat Baja**

## 1. Tebal dinding geser

Asumsi sudut tarik SPSW  $30^\circ$  dari VBE.

$$\phi V_n = 0.90 \times 0.42 \times f_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)$$

$$9712,84 = 0.90 \times 0.42 \times 2400 \times t_w \times 350 \times \sin(2 \times 30^\circ)$$

$t_w = 0.031$  cm digunakan  $t_w = 0.7$  cm.

(karena jika memakai dibawah  $0.7$  cm, T yang di SAP tidak memenuhi)

## 2. Sudut tarik aktual sesuai ketebalan SPSW

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{t_w L}{2A_c}}{1 + t_w h \left[ \frac{1}{A_b} + \frac{h^3}{360I_c L} \right]}}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \sqrt[4]{\frac{1 + \frac{0.7 \times 350}{2 \times 646}}{1 + 0.7 \times 400 \left[ \frac{1}{235.5} + \frac{400^3}{360 \times 477900 \times 350} \right]}}$$

$\alpha = 39.75^\circ$  memenuhi syarat  $30^\circ < \alpha < 55^\circ$

## 3. Kekuatan geser aktual SPSW

$$\phi V_n = 0.90 \times 0.42 \times f_y \times t_w \times L_{cf} \times \sin(2\alpha)$$

$$\phi V_n = 0.90 \times 0.42 \times 2400 \times 0.7 \times 350 \times \sin(2 \times 39.75^\circ)$$

$$\phi V_n = 218541.35 \text{ kg} > 9712.84 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

**B. Kontrol Desain Balok (HBE)**

Balok untuk dinding geser direncanakan dengan profil WF  $700 \times 300 \times 13 \times 24$ .

$$\begin{aligned}
 W &= 185 \text{ kg/m} & r &= 28 \text{ mm} & h_w &= 700 (28+24) \\
 A &= 235.5 \text{ cm}^2 & Z_x &= 6248.79 \text{ cm}^3 & &= 596 \text{ mm} \\
 t_w &= 13 \text{ mm} & i_y &= 6.78 \text{ cm} & b_f &= 300 \text{ mm} \\
 t_f &= 24 \text{ mm} & I_x &= 201000 \text{ cm}^4 & & \\
 d &= 700 \text{ mm} & I_y &= 10800 \text{ cm}^4 & &
 \end{aligned}$$

Balok perlu dikontrol akibat adanya distribusi gaya dari *SPSW*.

1. Momen pada balok (*HBE*) akibat *SPSW*

$$M_u = \frac{q_u L_h^2}{8}$$

Menentukan nilai  $q_u$

$$q_u = R_y f_y (t_{w1} \cos^2 \alpha_1 - t_{w2} \cos^2 \alpha_2)$$

$$q_u = 1.5 \times 2500 (0.7 \times \cos^2 39.749^\circ - 0.8 \times \cos^2 39.749^\circ)$$

$$q_u = 0 \text{ kg/cm}$$

Panjang beban terbagi merata  $q_u$

$$L_h = L - 2 \left[ \frac{1}{2} (d_c + d_b) \right]$$

$$L_h = 350 - 2 \left[ \frac{1}{2} (70 + 70) \right]$$

$$L_h = 210 \text{ cm}$$

Jadi momen pada balok akibat *SPSW*

$$M_u = \frac{0 \times 210^2}{8} = 0 \text{ kgcm} = 0 \text{ kgm}$$

Momen tersebut adalah momen akibat dari *SPSW* sehingga perlu ditambah dengan momen akibat beban gravitasi.

$$M_u = 0 + 8434.75 = 8434.75 \text{ kgm}$$



2. Gaya aksial pada balok ( $HBE$ )

$$P_{HBE} = P_{HBE(VBE)} \pm \frac{1}{2} P_{HBE(web)}$$

$$P_{HBE(VBE)} = \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w h_c$$

$$P_{HBE(VBE)} = \frac{1}{2} \times 1.5 \times 2400 \times \left[ \begin{array}{l} \sin^2(39.749^\circ) \times 0.7 \times 330 \\ + \sin^2(39.749^\circ) \times 0.7 \times 330 \end{array} \right]$$

$$P_{HBE(VBE)} = 354185.633 \text{ kg}$$

$$P_{HBE(web)} = \frac{1}{2} R_y f_y [t_1 \sin(2\alpha_1) - t_{1+1} \sin(2\alpha_{1+1})] L_{cf}$$

$$P_{HBE(web)} = \frac{1}{2} \times 1.5 \times 2400 \times [0] \times (350 - 70)$$

Nilai  $[t_1 \sin(2\alpha_1) - t_{1+1} \sin(2\alpha_{1+1})] = 0$  karena dimensi  $SPSW$  lantai 1 dan atasnya sama.

$$P_{HBE(web)} = 0 \text{ kg}$$

Nilai  $P_{HBE}$  pada balok akibat distribusi gaya dari  $SPSW$  adalah :

$$P_{HBE} = 354185.633 \pm \frac{1}{2} \times 0$$

$$P_{HBE} = 354185.633 \text{ kg (tekan)}$$

Nilai  $P_{HBE}$  pada balok merupakan aksial tekan, sehingga perlu diperhitungkan dengan analisis orde kedua pendekatan.

$$B_1 = 1.00 \text{ (didapatkan dari output SAP2000)}$$

- Karena nilai  $B_1 = 1$  ,maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan berikut:

$$P_r = P_u = 354185.633 \text{ kg}$$

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1 \times 8434.75 \\
 &= 8434.75 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

3. Gaya geser pada balok (*HBE*) akibat *SPSW*  
 Gaya geser dihitung dengan sebagai berikut:

$$V_u = \frac{2M_{pr}}{L_h} + V_{ug}$$

Momen lentur balok,  $M_{pr}$ , dihitung dengan berdasarkan  $V_u$  balok yang telah diperlemah (*strength reduced*). Perlemahan diasumsikan  $2/3$  dari modulus penampang plastik balok.

$$\begin{aligned}
 M_{pr} &= 1.1R_y f_y Z_{RBS} \\
 &= 1.1 \times 1.5 \times 2400 \times (2/3 \times 6248.79) \\
 &= 16496800.32 \text{ kgcm} \\
 &= 164968.003 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Gaya aksial *HBE* pada sambungan mungkin digunakan untuk menghitung kekuatan lentur yang telah diperlemah pada sendi plastis.

$$\begin{aligned}
 P_y &= f_y A_g \\
 &= 2400 \times 235.5 \\
 &= 565200 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{P_u}{P_y} &= \frac{354185.633}{565200} \\
 &= 0.627 > 0.2
 \end{aligned}$$

$$M_{pr}^* = \frac{9}{8} (M_{pr}) \left[ 1 - \frac{P_{u(HBE)}}{P_y} \right]$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{9}{8} (164968.003) \left[ 1 - \frac{354185.633}{565200} \right] \\
 &= 54746.589 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$V_{ug}$  yang merupakan gaya geser akibat beban gravitasi merupakan hasil output SAP 2000.  $V_{ug} = 7362.55 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{2 \times 54746.589}{3.5} + 7362.55 \\
 &= 38646.315 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### 4. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

– Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 24} = 6.25$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10.748$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 6.25 \leq 10.748 \rightarrow$  penampang sayap kompak

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{596}{13} = 45.846$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106.35$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 45.846 \leq 106.35 \rightarrow$  penampang badan kompak

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 6248.79 = 15621970 \text{ kgcm} \\
 &= 156219.7 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Cek kemampuan penampang

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

$$\begin{aligned}\phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 156219.7 \\ &= 140597.73 \text{ kgm} > 8434.75 \text{ kgm... OK !}\end{aligned}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral  
Panjang tak terkekang adalah jarak balok anak sehingga  
 $L_b = 175 \text{ cm}$ .

$$L_p = 1.76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 6.78 \times \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{250}} = 337.511 \text{ cm}$$

$$L_b \leq L_p \rightarrow 175 \text{ cm} \leq 337.511 \text{ cm} \rightarrow \text{bentang pendek}$$

- Karena bentang pendek, maka  $M_n = M_p$   
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 6248.79 = 14997091.2 \text{ kgcm}$   
 $= 149970.912 \text{ kgm}$

- Cek kemampuan penampang

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

$$\begin{aligned}\phi_b \cdot M_n &= 0.9 \times 149970.912 \\ &= 134973.821 \text{ kgm} > 8434.75 \text{ kgm... OK !}\end{aligned}$$

5. Kontrol Penampang profil terhadap gaya geser

$$\lambda = \frac{h_w}{t_w} = \frac{596}{13} = 45.846;$$

$$1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2400}} = 71.005$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 45.846 \leq 71.005$$

maka  $C_v = 1.00$ ; sehingga

$$\begin{aligned}V_n &= 0.6 f_y A_w C_v \\ &= 0.6 \times 2400 \times (700 \times 1.3) \times 1.00 \\ &= 131040 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0.9 \times 131040$$

$$= 117936 \text{ kg} > 38646.315 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

6. Kekuatan tekan balok (*HBE*)

$$L = 350 \text{ cm}$$

$$K_c = 1.00$$

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_{\min}}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 2 \times 10^6}{\left(\frac{1.00 \times 350}{6.78}\right)^2} = 7407.182 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_y}{f_e} = \frac{2400}{7407.182} = 0.324$$

karena  $\frac{f_y}{f_e} = 0.324 < 2.25$  maka  $f_{cr}$  ditentukan dengan:

$$f_{cr} = f_y (0.658)^{\frac{f_y}{f_e}} = 2400 (0.658)^{\frac{2400}{7407.182}} = 2095.63 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_n = f_{cr} \times A_g$$

$$= 2095.63 \times 253.5 = 493520.905 \text{ kg}$$

$$\emptyset P_n = 0.85 \times 493520.905$$

$$= 419492.769 \text{ kg} > 354185.633 \text{ kg} \dots \text{OK !}$$

7. Interaksi aksial dan lentur balok (*HBE*)

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{354185.633}{419492.769}$$

$$= 0.844$$

$$\frac{M_r}{M_c} = \frac{8434.75}{140597.73}$$

$$= 0.06$$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_r}{M_c} \right) = 0.898 \leq 1.0 \dots \mathbf{OK!}$$

8. Kontrol momen inersia balok (*HBE*) terhadap spsw

$$\begin{aligned} I_{HBE} &\geq 0.003 \frac{(\Delta t_w) L^4}{h} \\ &= 0.003 \frac{(0) \times 700^4}{400} \\ I_{HBE} &= 47800 \geq 0.00 \dots \mathbf{OK!} \end{aligned}$$

9. Kontrol ketebalan plat badan balok (*HBE*)

$$\begin{aligned} t_{wHBE} &\geq \frac{t_w R_y f_y}{f_{yHBE}} \\ &\geq \frac{0.8 \times 1.5 \times 2400}{2500} \\ &\geq 1.152 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$t_w = 1.008 \text{ cm} \geq 1.152 \text{ cm} \dots \mathbf{OK!}$$

Balok  $700 \times 300 \times 13 \times 24$  aman digunakan untuk balok (*HBE*) komponen *SPSW*.

### C. Kontrol Desain Kolom (*VBE*)

Kolom pada dinding geser direncanakan komposit CFT dengan profil HSS  $700 \times 700 \times 25 \times 25$  dengan mutu inti beton  $f_c = 30$  MPa dan panjang kolom 400 cm. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll} d &= 700 \text{ mm} & I_x &= 477900 \text{ cm}^4 \\ b_f &= 700 \text{ mm} & I_y &= 477900 \text{ cm}^4 \\ t_w &= 25 \text{ mm} & i_x &= 31.66 \text{ cm} \end{array}$$

$$\begin{array}{llll}
 t_f & = 25 \text{ mm} & i_y & = 27.2 \text{ cm} \\
 A & = 646 \text{ cm}^2 & Z_x & = 13650 \text{ cm}^3 \\
 h & = 650 \text{ mm} & f_y & = 250 \text{ Mpa}
 \end{array}$$

1) Gaya aksial pada kolom (*VBE*)

$$P_u = 409608.99 \text{ kg (akibat beban gravitasi)}$$

$$\begin{aligned}
 E_m &= \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin(2\alpha) t_w h + \sum V_u \\
 &= \frac{1}{2} \times 1.5 \times 2500 \times [\sin(2 \times 39.749^\circ) \times 0.7 \times 400 \times 2] \\
 &+ (2 \times 38646.315) \\
 &= 1109706.417 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{u \text{ total}} &= 409608.99 + 1109706.417 \\
 &= 1519315.407 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Nilai  $P_{HBE}$  pada balok merupakan aksial tekan, sehingga perlu diperhitungkan dengan analisis orde kedua pendekatan.

$$B_1 = 1.0$$

Karena nilai  $B_1 = 1$ , maka faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan momen.

$$P_r = P_u = 1519315.407 \text{ kg}$$

2) Momen pada kolom (*VBE*) akibat *SPSW*

Momen lentur akibat dari tarikan dinding geser (*SPSW*) pada sambungan.

$$M_{VBE(web)} = R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w \left( \frac{h_c^2}{12} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= 1.5 \times 2500 \times \sin^2(39.749^\circ) \times 0.7 \times \left( \frac{400^2}{12} \right) \\
 &= 14310530.615 \text{ kgcm} \\
 &= 143105.306 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Momen lentur pada kondisi kolom (*VBE*) mengalami tekan.

$$\begin{aligned}
 M_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \sum M_{pb} \\
 M_{pb} &= \frac{M_{pr}}{1.1R_y} + V_{ush} \\
 &= \\
 &= \frac{16496800.32}{1.1 \times 1.5} + 38646.315 \times \left[ \frac{70}{2} + \frac{70}{2} \right] \\
 &= 12703302.873 \text{ kgcm} \\
 &= 127033.029 \text{ kgm} \\
 P_u &= \frac{1}{2} P_{HBE(web)} \\
 &= 0.5 \times 0 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_u/P_y &= \frac{0}{2500 \times 646} \\
 &= 0.5 \times 0 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$M_{pr}^* = \frac{9}{8} \left( M_{pr} \right) \left[ 1 - \frac{P_{u(HBE)}}{P_y} \right]$$



$$\begin{aligned}
&= \frac{9}{8} (164968.003) \left[ 1 - \frac{354185.633}{565200} \right] \\
&= 69288.652 \text{ kgm} \\
M_{pb} &= \frac{M_{pr}}{1.1R_y} + V_{ush} \\
&= \frac{69288.652}{1.1 \times 1.5} + 38646.315 \times \left[ \frac{70}{2} + \frac{70}{2} \right] \\
&= 6904554.321 \text{ kgcm} \\
&= 69045.543 \text{ kgm} \\
M_{VBE(HBE)} &= \frac{1}{2} \sum M_{pb} \\
&= 0.5 \times (127033.029 + 69045.543) \\
&= 98039.286 \text{ kgm} \\
M_u &= M_{VBE(web)} + M_{VBE(HBE)} \\
&= 143105.306 + 98039.286 \\
&= 241144.592 \text{ kgm}
\end{aligned}$$

Nilai  $B_1 = 1$  ,faktor perbesaran momen tersebut digunakan dalam perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
M_r &= B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \\
&= 1.00 \times 241144.592 \\
&= 241144.592 \text{ kgm}
\end{aligned}$$

3) Gaya geser pada kolom (VBE) akibat SPSW

$$\begin{aligned}
V_{VBE(web)} &= \frac{1}{2} R_y f_y \sin^2(\alpha) t_w h_c \\
&= 1.5 \times 2500 \times \sin^2(39.749^\circ) \times 0.7 \times 400 \\
&= 214657.959 \text{ kg}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{VBE(HBE)} &= \sum \frac{1}{2} \left( \frac{M_{pc}}{h_c} \right) \\
 &= \frac{1}{2} (98039.286 + 241144.592) \\
 &= 42397.985 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Gaya geser total adalah :

$$\begin{aligned}
 V_u &= V_{VBE(HBE)} + V_{VBE(web)} \\
 &= 42397.985 + 214657.959 \\
 &= 257055.944 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4) Kontrol kekuatan tekan kolom komposit (VBE)

Pada struktur dinding geser (SPSW) inti beton menggunakan beton dengan kuat tekan  $f_c=30$  MPa

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{700}{2 \times 25} = 14$$

$$\lambda_p = 2.26 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2.26 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{240}} = 65.241$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 14 \leq 65.241 \rightarrow$  penampang kompak

Sehingga kekuatan nominal tekan diperhitungkan sebagai berikut :

$$P_{no} = P_p$$

$$P_p = f_y A_s + C_2 f_c' \left( A_c + A_{sr} \frac{E_s}{E_c} \right)$$

$$P_p = 2400 \times 646 + 0.85 \times 300 (4225 + 0)$$

$$P_p = P_{no} = 2692375 \text{ kg}$$

- 5) Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{650}{25} = 26.00 \quad ;$$

$$1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} = 1.10 \sqrt{5 \times \frac{2 \times 10^6}{2400}} = 71.01$$

$$\text{karena } \frac{h_w}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{f_y}} \rightarrow 26.00 \leq 71.01$$

maka  $C_v = 1.00$  ; sehingga

$$V_n = 0.6 f_y A_w C_v = 0.6 \times 2400 \times (2 \times 70 \times 2.50) \times 1.00$$

$$V_n = 504000 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0.9 \times 504000$$

$$= 453600 \text{ kg} > 257055.944 \text{ kg} \dots \mathbf{OK!}$$

- 6) Interaksi aksial dan lentur kolom (*VBE*)

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{1519315.407}{2692375}$$

$$= 0.564 > 0.2$$

$$\frac{M_r}{M_c} = \frac{159860.28}{0.9 \times 2500 \times 13650}$$

$$= 0.008$$

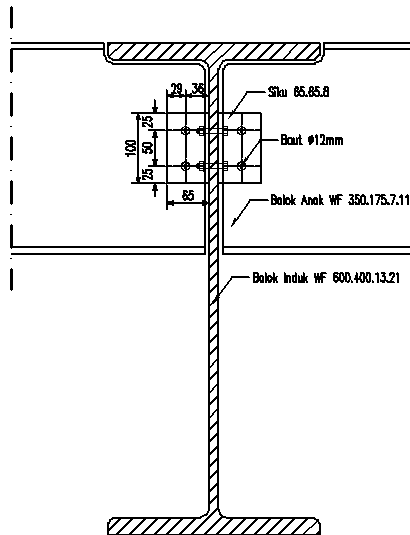
$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_r}{M_c} \right) = 0.571 \leq 1.0 \dots \mathbf{OK!}$$

### 4.3.2. Perencanaan Sambungan

#### 4.3.2.1. Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sambungan balok induk dengan balok anak merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok anak.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok anak sebesar  $V_u = 10700.36$  kg dan gaya geser yang bekerja pada balok induk sebesar  $V_u = 18672.3$  kg. Sambungan ini direncanakan dengan profil siku  $65 \times 65 \times 8$



**Gambar 4.48. Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk**

- Sambungan siku dengan balok anak  
 Direncanakan :  
 $\text{Øbaut} = 12 \text{ mm}$  ( $A_b = 1.131 \text{ cm}^2$ )  
 Mutu baut A325 ( $f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$ )  
 Ulir tidak pada bidang geser ( $r_1 = 0.5$ )  
 Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 1.131 \\ &= 6997.898 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2.4 \times db \times tp \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1.2 \times 0.7 \times 4100 \\ &= 6199.2 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

$$n = \frac{10700.36}{6199.2} = 1.726, \text{ dipasang 3 buah}$$

- Sambungan balok induk dengan siku

Direncanakan :

$$\emptyset\text{baut} = 12 \text{ mm (} A_b = 1.131 \text{ cm}^2\text{)}$$

$$\text{Mutu baut A325 (} f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2\text{)}$$

Ulir tidak pada bidang geser ( $r_1 = 0.5$ )

Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 1.131 \\ &= 6997.9 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2.4 \times db \times tp \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1.2 \times 1.3 \times 4100 \\ &= 11512.8 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{10700.36}{6997.898} = 1.53, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Kontrol siku penyambung

Kontrol leleh

$$A_g = 10 \times 1.2 = 12 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}\emptyset.fy.A_g &= 0.9 \times 2500 \times 12 \\ &= 27000 \text{ kg} > 10700.36 \text{ kg} \dots \mathbf{OK!}\end{aligned}$$

Kontrol patah

$$\emptyset_{\text{lubang}} = 12 \text{ mm} + 1.5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)}$$

$$\begin{aligned}
 &= 13.5 \text{ mm} \\
 &= 1.35 \text{ cm} \\
 A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\
 &= (L - n \cdot \varnothing_{\text{lubang}}) \cdot t_1 \\
 &= (10 - 3 \times 1.35) \times 1.6 \\
 &= 9.52 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \varnothing.f_u.A_{nv} &= 0.75 \times 0.7 \times 4100 \times 9.52 \\
 &= 20491.8 \text{ kg} > 10700.36 \text{ kg} \dots \text{OK!}
 \end{aligned}$$

- Kontrol jarak baut
  - Jarak ke tepi =  $1.5 d_b$  s.d  $(4 t_p + 100 \text{ mm})$  atau 200 mm
  - = 18 mm s.d 148 mm atau 200 mm
  - diambil S1 = 25 mm
  - Jarak antar baut =  $3 d_b$  s.d  $15 t_p$  atau 200 mm
  - = 36 mm s.d 195 mm atau 200 mm
  - diambil S = 50 mm

#### 4.3.2.2. Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan balok utama tangga dengan balok penumpu tangga merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok utama tangga sebesar  $V_u = 1273.538 \text{ kg}$  dan gaya geser yang bekerja pada balok penumpu tangga  $V_u = 2154.856 \text{ kg}$ . Sambungan ini direncanakan dengan profil siku  $40 \times 40 \times 4$ .

- Sambungan siku dengan balok utama tangga
  - Direncanakan :
  - $\varnothing_{\text{baut}} = 8 \text{ mm}$  ( $A_b = 0.503 \text{ cm}^2$ )
  - Mutu baut A825 ( $f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$ )
  - Ulir tidak pada bidang geser ( $r_1 = 0.5$ )
  - Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times fu \times m \times Ab \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 0.503 \\ &= 3110.177 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2.4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 0.8 \times 0.40 \times 4100 \\ &= 2361.6 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

$$n = \frac{1273.538}{2361.6} = 0.54, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Sambungan balok penumpu tangga dengan siku  
Direncanakan :

$$\emptyset\text{baut} = 8 \text{ mm } (A_b = 0.503 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A825 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

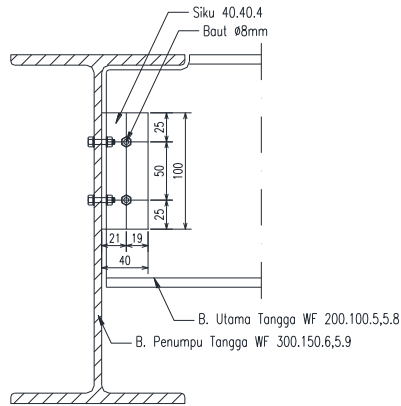
Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times fu \times m \times Ab \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 1 \times 0.503 \\ &= 1555.088 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2.4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 0.8 \times 0.40 \times 4100 \\ &= 2361.6 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$n = \frac{2154.856}{1555.09} = 1.386, \text{ dipasang 2 buah}$$



**Gambar 4.49. Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga**

- Kontrol siku penyambung

Kontrol leleh

$$A_g = 10 \times 0.8 = 8 \text{ cm}^2$$

$$\phi \cdot f_y \cdot A_g = 0.9 \times 2500 \cdot 8$$

$$= 18000 \text{ kg} > 1273.538 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$

Kontrol patah

$$\phi_{\text{lubang}} = 8 \text{ mm} + 1.5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)}$$

$$= 9.5 \text{ mm}$$

$$= 0.95 \text{ cm}$$

$$A_{nv} = L_{nv} \cdot t_1$$

$$= (L - n \phi_{\text{lubang}}) \cdot t_1$$

$$= (10 - 2 \times 0.95) \times 1.6 = 6.48 \text{ cm}^2$$

$$\phi \cdot f_u \cdot A_{nv} = 0.75 \times 0.6 \times 4100 \times 6.48$$

$$= 7970.4 \text{ kg} > 1273.538 \text{ kg} \dots \text{OK!}$$



#### 4.3.2.3. Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom

Sambungan balok penumpu tangga dengan kolom merupakan sambungan sendi. Sambungan tersebut didesain hanya untuk menerima beban geser dari balok utama tangga.

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan gaya geser yang bekerja pada balok penumpu tangga sebesar  $V_u = 2154.856$  kg. Sambungan ini direncanakan dengan plat sambung.

- Kontrol plat sambung yang digunakan

$$\begin{aligned}
 t_p &\leq \frac{f_u}{f_{yp}} t && (t = \text{tebal profil HSS}) \\
 &= \frac{4100}{2500} \times 2.5 \\
 &= 4.1 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dipakai  $t_p = 0.5$  cm

- Sambungan plat sambung dengan balok penumpu tangga

Direncanakan :

$$\text{Øbaut} = 10 \text{ mm } (A_b = 0.785 \text{ cm}^2)$$

$$\text{Mutu baut A325 } (f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\text{Ulir tidak pada bidang geser } (r_1 = 0.5)$$

Kuat geser baut

$$\begin{aligned}
 \text{Ø.Vn} &= \text{Ø} \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\
 &= 0.75 \times 0.5 \times 8250 \times 2 \times 0.785 \\
 &= 4859.651 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}
 \text{Ø.Rn} &= \text{Ø} \times 2.4 \times d_b \times t_p \times f_u \\
 &= 0.75 \times 2.4 \times 1 \times 0.5 \times 4100 \\
 &= 3690 \text{ kg (menentukan !)}
 \end{aligned}$$

$$n = \frac{2154.856}{3690} = 0.584, \text{ dipasang 2 buah}$$

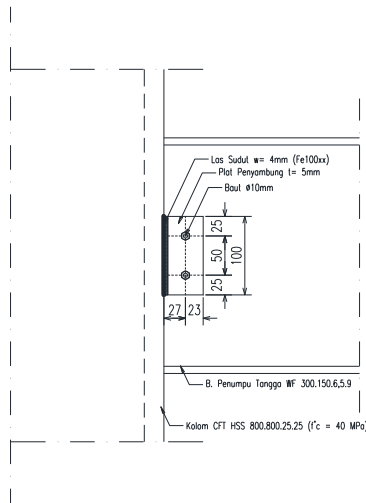
- Sambungan kolom dengan plat sambung  
Direncanakan menggunakan las  $F_{e100xx}$  :

Ketebalan tertipis material pada sambungan = 5 mm  
 Digunakan ketebalan las  $w = 4$  mm

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0.707 \times 0.4) \times 10 \\ &= 5.656 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{nw} &= 0.6F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\ &= 0.6 \times (100 \times 70.33) \times (1.0 + 0.5 \times \sin^{1.5} 0^\circ) \\ &= 4219.80 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times 4219.80 \times 5.656 \\ &= 17900.392 \text{ kg} > 2154.856 \text{ kg} \dots \text{OK!} \end{aligned}$$



**Gambar 4.50. Sambungan Balok Penumpu Tangga dengan Kolom**

- Kontrol plat penyambung

Kontrol leleh

$$A_g = 10 \times 1 = 10 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}\emptyset.fy.Ag &= 0.9 \times 2500 \times 10 \\ &= 22500 \text{ kg} > 2154.856 \text{ kg} \dots \mathbf{OK!}\end{aligned}$$

Kontrol patah

$$\begin{aligned}\emptyset_{\text{lubang}} &= 10 \text{ mm} + 1.5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 11.5 \text{ mm} \\ &= 1.15 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\ &= (L - n \emptyset_{\text{lubang}}) \cdot t_1 \\ &= (10 - 2 \times 1.15) \times 0.5 \\ &= 3.85 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset.fu.Anv &= 0.75 \times 0.5 \times 4100 \times 3.85 \\ &= 5919.38 \text{ kg} > 2144.61 \text{ kg} \dots \mathbf{OK!}\end{aligned}$$

#### 4.3.2.4. Sambungan Kolom dengan Kolom

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan pada lantai 4 ke lantai 5, pada posisi dinding geser (*SPSW*) menggunakan las penetrasi penuh dengan mutu  $F_{e100XX}$ . Gaya-gaya yang bekerja pada sambungan adalah akibat dari beban mati dan beban seismik akibat komponen vertikal. Sambungan ditempatkan pada posisi tengah dari ketinggian lantai.

- Gaya aksial pada sambungan

$$E_m = \sum \frac{1}{2} R_y f_y \sin(2\alpha) t_w h_c + \sum \left[ \frac{2M_{pr}}{L_h} - \frac{q_u}{2} L_{cf} \right]$$

Nilai  $E_m$  diperhitungkan berdasarkan perhitungan sebelumnya  $E_m = P_u = 1109706.417 \text{ kG}$

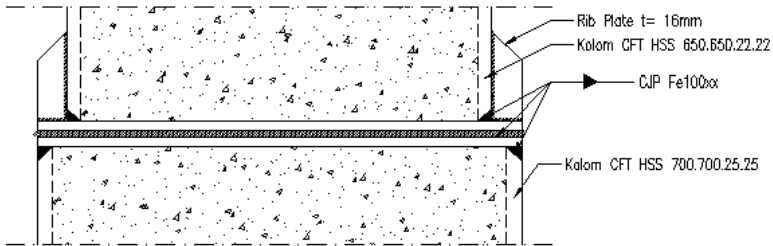
- Momen pada sambungan

$$\begin{aligned}M_u &= M_{VBE(\text{web})} + M_{VBE(\text{HBE})} \\ &= 143105.306 + 98039.286 = 241144.592 \text{ kgm}\end{aligned}$$

- Gaya geser pada sambungan

$$V_{VE(HBE)} = \sum \frac{1}{2} \left( \frac{M_{pc}}{h_c} \right)$$

$$= 42397.985 \text{ kg}$$



**Gambar 4.51. Sambungan Kolom dengan Kolom**

- Sambungan las pada kolom  
Kontrol las pada daerah yang diarsir pada profil kolom HSS 700 × 700 × 25 × 25.  
Kontrol tegangan las akibat  $P_u$  dan  $M_u$  :

$$T_u = \frac{M_u}{d_c} \pm P_u$$

$$= \frac{241144.592}{70.00} \pm 61109706.417$$

$$= 1113151.34 \text{ kg (tekan) menentukan !}$$

$$= -106261.494 \text{ kg (tarik)}$$

Kekuatan las tumpul penetrasi penuh :

$$F_{nw} = f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi R_{nh} = 0.75 F_{nw} A_{we}$$

$$= 0.75 \times 4100 \times (2.5 \times 330)$$

$$= 2536875 \text{ kg}$$

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_n} \right)^2 + \left( \frac{T_u}{\phi R_n} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\left(\frac{42397.985}{2536875}\right)^2 + \left(\frac{1113151.34}{2536875}\right)^2 = 0.193 \leq 1.0 \dots \mathbf{OK!}$$

#### 4.3.2.5. Sambungan Dinding Geser (SPSW)

Sambungan pada dinding geser 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.

Sambungan las sudut pada balok (*HBE*)

Digunakan las dengan mutu  $F_{e100XX}$

$$\begin{aligned} W_{(HBE)} &= \frac{R_y f_y \cos(\alpha) t_w \sqrt{2}}{\phi 0.6 F_{EXX} [1 + 0.5 \cos^{1.5}(\alpha)]} \\ &= \frac{1.5 \times 2400 \times \cos(39.749^\circ) \times 0.7 \times \sqrt{2}}{0.75 \times 0.6 \times (100 \times 70.33) \times [1 + 0.5 \cos^{1.5}(39.749^\circ)]} \\ &= 0.648 \text{ cm} \\ &= 7 \text{ mm} \end{aligned}$$

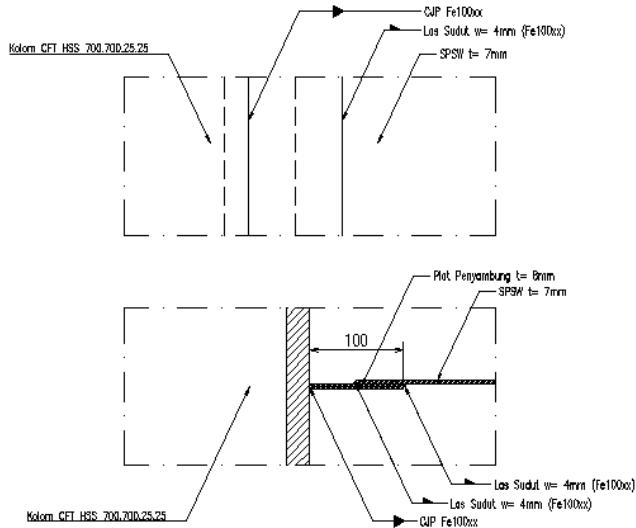
Ketebalan las minimum untuk kondisi di plat tertipis  $t=6\text{mm}$ . Jadi digunakan las dengan tebal  $w=7\text{mm}$ .

Sambungan las sudut pada kolom (*VBE*)

Digunakan las dengan mutu  $F_{e100XX}$

$$\begin{aligned} W_{(VBE)} &= \frac{R_y f_y \sin(\alpha) t_w \sqrt{2}}{\phi 0.6 F_{EXX} [1 + 0.5 \sin^{1.5}(\alpha)]} \\ &= \frac{1.5 \times 2400 \times \sin(39.749) \times 0.7 \times \sqrt{2}}{0.75 \times 0.6 \times (100 \times 70.33) \times [1 + 0.5 \sin^{1.5}(39.749)]} \\ &= 0.648 \text{ cm} \\ &= 7 \text{ mm} \end{aligned}$$

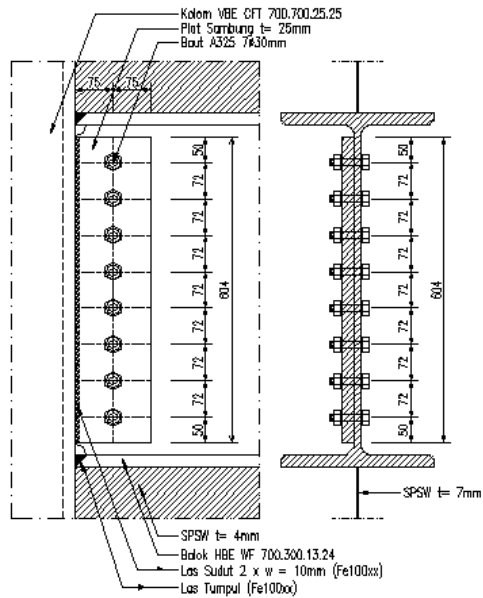
Ketebalan las minimum untuk kondisi di plat tertipis  $t=6\text{mm}$ . Jadi digunakan las dengan tebal  $W=7\text{mm}$ .



**Gambar 4.52. Sambungan SPSW dengan Kolom.**

#### **4.3.2.6. Sambungan Balok (*HBE*) dengan Kolom (*VBE*) pada Dinding Geser Plat Baja (*SPSW*)**

Sambungan menghubungkan balok (*HBE*) profil WF  $700 \times 300 \times 13 \times 24$  dengan kolom (*VBE*) komposit CFT dengan profil HSS  $700 \times 700 \times 25 \times 25$  dengan mutu inti beton = 30 MPa pada dinding geser (*SPSW*).



**Gambar 4.53. Sambungan HBE dengan VBE pada Dinding Geser**

- Gaya geser yang bekerja pada sambungan  
Gaya geser dari SAP 2000  
 $V_u = 27908.64 \text{ kg}$
- Gaya aksial yang bekerja pada sambungan  
 $P_{HBE(VBE)} = 354185.663 \text{ kg}$   
 $N_{coll} = 9721.84 \text{ kg}$  (gaya geser *SPSW*)

Gaya aksial yang diterima sambungan :

$$\begin{aligned}
 N_u &= P_{HBE(VBE)} + N_{coll} \\
 &= 354185.663 + 9721.84 \\
 &= 363898.473 \text{ kg (menentukan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_u &= N_{coll} - P_{HBE(VBE)} \\
 &= 9721.84 - 354185.663 \\
 &= -344472.793 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kedua gaya aksial bersifat tarik dan tekan, sehingga dipilih menentukan.

- Kontrol leleh pada plat sambung
  - Mutu baja plat sambung = BJ41
  - Diameter baut = 30 mm → A = 7.07 cm<sup>2</sup>
  - Ketebalan plat sambung = 25 mm
  - Panjang plat sambung = 675 mm

Kontrol panjang tekuk  $Kl/r \leq 25$ ,  $f_{cr} = f_y$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 1.00(0.6)f_y tL \\
 &= 1.00 \times (0.6) \times 2500 \times 2.5 \times 67.5 \\
 &= 253125 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_c N_n &= 0.90 f_y tL \\
 &= 0.90 \times 2500 \times 2.5 \times 67.5 \\
 &= 379687.5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\left( \frac{V_u}{\phi V_n} \right)^2 + \left( \frac{N_u}{\phi_c N_n} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\left( \frac{27908.64}{253125} \right)^2 + \left( \frac{363898.473}{379687.5} \right)^2 = 0.931 \leq 1.0 \dots \text{OK!}$$

- Kontrol patah pada plat sambung

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= A_g - n(d_b + 1.5 \text{ mm})t \\
 &= (2.5 \times 67.5) - 8.00 \times (3.00 + 0.15) \times 2.5 \\
 &= 105.75 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 0.75(0.6)f_u A_{nv}$$



$$= 0.75 \times (0.6) \times 4100 \times 105.75$$

$$= 195108.75 \text{ kg}$$

$$\left( \frac{V_u}{\phi_y V_n} \right)^2 + \left( \frac{N_u}{\phi_c N_n} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\left( \frac{27908.64}{195108.75} \right)^2 + \left( \frac{363898.473}{379687.5} \right)^2 = 0.939 \leq 1.0 \dots \mathbf{OK!}$$

– Kontrol geser baut

$$\sqrt{V_u^2 + N_u^2} = \sqrt{27908.64^2 + 363898.473^2}$$

$$= 364967.109 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = \phi n_f^u A_b$$

$$= 0.75 \times 8 \times 8250 \times 7.07$$

$$= 349894.882 \text{ kg} > 364967.109 \text{ kg} \dots \mathbf{OK!}$$

– Kontrol kuat tumpu baut

Untuk komponen vertikal, baut bagian bawah,

$$1.2l_c = 1.2 \times (5 - 3/2)$$

$$= 4.2 \text{ cm}$$

$$2.4d_b = 2.4 \times 3.0$$

$$= 7.20 \text{ cm} > 4.02 \text{ cm}$$

Kontrol kuat tumpu Pelat :

$$\phi R_n = \phi 1.2L_c t_f^u$$

$$= 0.75 \times 1.2 \times 4.2 \times 2.5 \times 4100$$

$$= 38745 \text{ kg}$$

Untuk komponen vertikal, baut sisanya,

$$1.2l_c = 1.2 \times (7.2 - 3.0)$$

$$= 5.04 \text{ cm}$$

$$2.4d_b = 2.4 \times 3.0$$

$$= 7.20 \text{ cm} > 5.04 \text{ cm}$$

Kontrol kuat tumpu Pelat :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi 1.2 L_c t f_u \\ &= 0.75 \times 1.2 \times 5.04 \times 2.5 \times 4100 \\ &= 46494 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk kelompok baut vertikal,

$$\begin{aligned}\phi R_{nv} &= 38745 + (8 \times 46494) \\ &= 410697 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk komponen horizontal, semua baut  $2.4d_b > 1.2L_c$

$$\begin{aligned}\phi R_{nh} &= 8 \times 46494 \\ &= 371952 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\left( \frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left( \frac{N_u}{\phi R_{nh}} \right)^2 \leq 1.0$$

$$\left( \frac{27908.64}{410697} \right)^2 + \left( \frac{363898.473}{371952} \right)^2 = 0.962 \leq 1.0 \dots \mathbf{OK!}$$

– Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan sepanjang kedua sisi dari plat sambung dengan ketebalan las  $w = 10 \text{ mm}$  (bagian paling tipis yaitu  $30 \text{ mm}$ ) dan mutu las  $F_{e80XX}$

$$\begin{aligned}A_{we} &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= 2 \times (0.707 \times 1.0) \times 67.5 \\ &= 95.445 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Untuk komponen vertikal :

$$\begin{aligned}F_{nw} &= 0.6 F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\ &= 0.6 \times (100 \times 70.33) \times (1.0 + 0.5 \times \sin^{1.5} 0^\circ) \\ &= 4219.8 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_{nv} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times 4219.8 \times 95.445 \\ &= 302069.108 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk komponen horizontal :

$$\begin{aligned}
 F_{nw} &= 0.6F_{EXX} (1.0 + 0.5 \sin^{1.5} \theta) \\
 &= 0.6 \times (100 \times 70.33) \times (1.0 + 0.5 \times \sin^{1.5} 90^\circ) \\
 &= 6329.7 \text{ kg/cm}^2 \\
 \phi R_{nh} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\
 &= 0.75 \times 6329.7 \times 95.445 \\
 &= 453103.662 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \left( \frac{V_u}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left( \frac{N_u}{\phi R_{nh}} \right)^2 &\leq 1.0 \\
 \left( \frac{27908.64}{302069.108} \right)^2 + \left( \frac{363898.473}{453103.662} \right)^2 &= 0.654 \leq 1.0 \dots \mathbf{OK!}
 \end{aligned}$$

Kontrol sambungan *HBE* dengan *VBE* terhadap momen.

– Momen yang bekerja pada sambungan

$$\begin{aligned}
 M_u &= 1.1 R_y Z_b \left( f_{yb} - \frac{P_{HBE}}{A_g} \right) \\
 &= 1.1 \times 1.5 \times 6248.79 \times \left( 2500 - \frac{354185.633}{235.5} \right) \\
 &= 10269536.967 \text{ kgcm} \\
 &= 102695.37 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Akibat adanya momen, las pada sayap balok bagian atas akan menerima tarikan sebesar :

$$\begin{aligned}
 T_u &= \frac{M_u d_{\max}}{\sum d^2} \\
 &= \frac{10269536.967 \times 70}{70^2} \\
 &= 146707.671 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Kontrol ukuran las

Pengelasan dilakukan menggunakan las tumpul miring melebar dengan mutu  $F_{e100XX}$ .

$$\begin{aligned} A_{we} &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= (0.707 \times 3) \times 30 \\ &= 63.63 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kekuatan las tumpul :

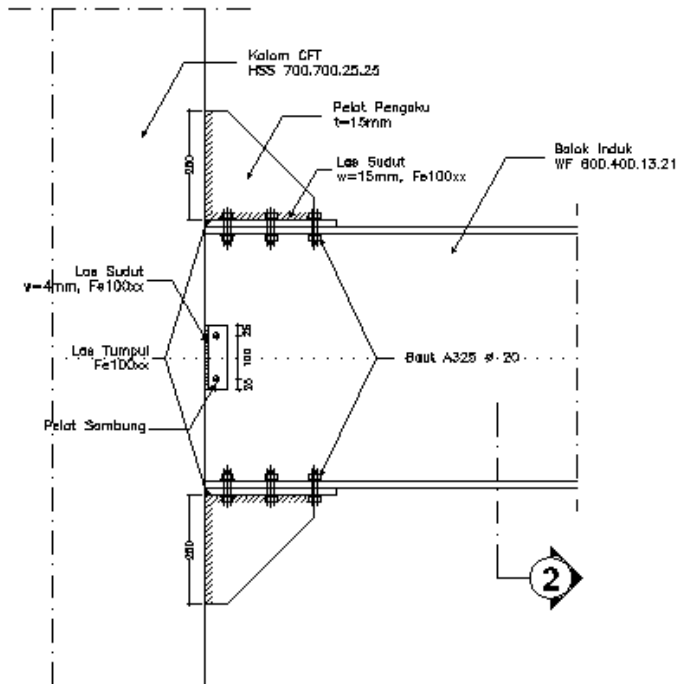
$$\begin{aligned} \phi R_{nh} &= 0.75 F_{nw} A_{we} \\ &= 0.75 \times (100 \times 70.33) \times 63.63 \\ &= 335632.343 \text{ kg} > 146707.671 \text{ kg...OK!} \end{aligned}$$

#### 4.3.2.7. Sambungan Balok dengan Kolom

Sambungan menghubungkan balok hexagonal castellated profil WF 600 × 400 × 13 × 21 dengan kolom komposit CFT dengan profil HSS 700 × 700 × 25 × 25 dengan mutu inti beton = 30 MPa.

Sambungan direncanakan menjadi 2 jenis sambungan yaitu:

- a) Sambungan Pen Tipe Geser
- b) Sambungan Rigid dengan las dan baut



**Gambar 4.54. Sambungan Balok dengan Kolom**

- a. Sambungan pen tipe geser dipasang sebagai penumpu beban mati balok dan beban pekerja ( $PL=100$  kg) saat proses pengelasan.

**Data Perencanaan :**

- Sambungan Baut (A325)

$$f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{ baut} = 12 \text{ mm} = 1,2 \text{ cm}$$

$$A_b = 1,131 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5 \quad * \text{Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002}$$

$$m = 1 \quad * \text{Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002}$$

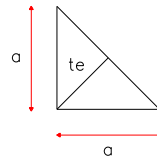
- Sambungan Las

$$a = 4 \quad \text{mm}$$

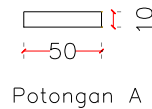
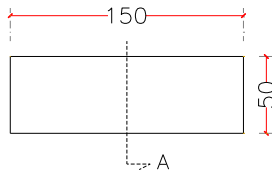
$$lw = 150 \quad \text{mm}$$

Keterangan :

-  $a$  ( ketebalan kaki las sudut)



- Pelat Sambung



Potongan A

$$t_p = 10 \quad \text{mm}$$

$$P_{\text{pelat}} = 15 \quad \text{cm}$$

**Perhitungan Gaya Dalam :**

Gaya geser yang bekerja pada sambungan

$$V_D = (172 \times 7,55)/2 = 649,3 \text{ kg}$$

$$V_L = 100/2 = 50 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} V_u &= 1.2D + 1.6L \\ &= 1,2 \times 649,3 + 1,6 \times 50 \\ &= 859,16 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Perhitungan Sambungan :**

- Sambungan balok induk dengan pelat sambung

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned} \emptyset.V_n &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 2,01 \\ &= 3498,95 \text{ kg (menentukan !)} \end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\phi \cdot R_n &= \phi \times 2.4 \times db \times t_p \times f_u \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 1.2 \times 1.0 \times 4100 \\ &= 8856 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{859,16}{3498,95} = 0,2455, \text{ dipasang 2 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

**Jarak Antar Baut (S)**

$$\begin{array}{rcll} 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 t_p & \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 3.12 & \leq & 100 & \leq & 15 \cdot 10 & \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 36 & \leq & 100 & \leq & 150 & \text{atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

**Jarak Baut ke Tepi (S<sub>1</sub>)**

$$\begin{array}{rcll} 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 15 t_p + 100 & \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 1,5.12 & \leq & 25 & \leq & 15.10 + 100 & \text{atau } 200 \text{ mm} \\ 18 & \leq & 25 & \leq & 250 & \text{atau } 200 \text{ mm} \end{array}$$

- Sambungan kolom dengan pelat sambung

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}A_w &= (0.707 \times w) \times l_{we} \\ &= (0.707 \times 0.4) \times 15 \\ &= 4,24 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 0,75 \times F_{nw} \times A_w \\ &= 0,75 \times 4218 \times 4,24 \\ &= 13419,57 \text{ kg}\end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi R_n \\ 859,2 &< 13419,57 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{aligned}$$

## • Kontrol pelat sambung

## - Kontrol leleh

$$\begin{aligned} A_g &= P_{\text{pelat}} \times t_p \\ &= 15 \times 1,0 = 15 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 2500 \times 15 \\ &= 33750 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi T_n \\ 859,2 &< 33750 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{aligned}$$

## - Kontrol patah

$$\begin{aligned} \phi_{\text{lubang}} &= 12 \text{ mm} + 2 \text{ mm (dibuat dengan bor)} \\ &= 14 \text{ mm} = 1,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 \\ &= (L - n \phi_{\text{lubang}}) \cdot t_1 \\ &= (15 - 2 \times 1,2) \times 1,0 \\ &= 12,6 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi T_n &= \phi \times 0,6 \times f_y \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 4100 \times 12,6 \\ &= 23247 \text{ kg} \end{aligned}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{aligned} V_u &< \phi T_n \\ 859,16 &< 23247 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{aligned}$$



- b. Sambungan rigid dengan las dan baut  
Sambungan rigid dipasang sebagai penumpu beban bangunan, dengan sambungan las dan baut sebagai penumpunya. Perhitungannya direncanakan sebagai berikut :

### Perhitungan Gaya Dalam :

Gaya dalam yang bekerja di dapatkan dari hasil output desain SAP 2000 dengan nilai sebagai berikut :

$$M_u = 29840,5 \text{ kg.m} \quad V_u = 11625,36 \text{ kg}$$

### Data Perencanaan :

- Sambungan Baut (A325)

$$f_u^b = 825 \text{ MPa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{ baut} = 20 \text{ mm} = 2,0 \text{ cm}$$

$$A_b = 3,142 \text{ cm}^2$$

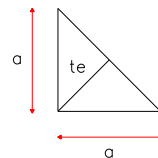
$$r_1 = 0,5 \quad * \text{Pasal 13.2.2.1 SNI 03-1729-2002}$$

$$m = 1 \quad * \text{Pasal 13.2.2.3 SNI 03-1729-2002}$$

- Sambungan Las

$$a = 15 \text{ mm}$$

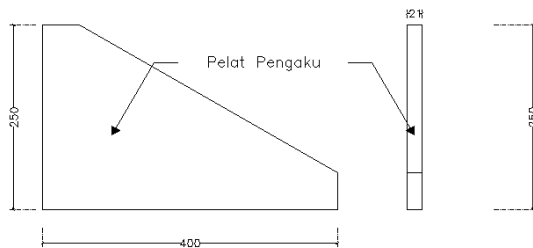
$$l_w = 400 \text{ mm}$$



Keterangan :

- $a$  ( ketebalan kaki las sudut)

- Pelat Pengaku



$$t_p = 21 \text{ mm}$$

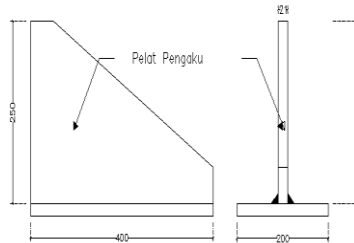
$$P_{\text{pelat}} = 40 \text{ cm}$$

### Perhitungan Sambungan :

- Perhitungan Pelat Pengaku

Dimensi pelat pengaku direncanakan dengan ketentuan berdasarkan Pasal 8.11.3 SNI 03-1727-2002. Pelat direncanakan dengan dimensi seperti berikut :

$$\begin{aligned} b_s &= 250 \text{ mm} && \text{*lebar pengaku} \\ t_s &= 16 \text{ mm} && \text{*tebal pengaku} \end{aligned}$$



#### Persyaratan 1

$$\begin{aligned} t_s &\geq 0,5 t_f \\ t_s &\geq 0,5 \times 21 \\ 16 &\geq 10,5 \text{ mm} \quad \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

#### Persyaratan 2

$$\begin{aligned} \frac{b_s}{t_s} &\leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ \frac{250}{16} &\leq 0,56 \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ 15,6 &\leq 15,8 \text{ mm} \quad \dots \text{OK!} \end{aligned}$$

- Perhitungan Sambungan Baut

- Kuat geser baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Vn &= \emptyset \times r_1 \times fu \times m \times Ab \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,142 \\ &= 9719,3 \text{ kg (menentukan !)}\end{aligned}$$

- Kuat tumpu baut

$$\begin{aligned}\emptyset.Rn &= \emptyset \times 2,4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 2,1 \times 4100 \\ &= 30996 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$- \quad Tu = \frac{Mu}{d_b} = \frac{44591,66}{0,6} = 74319,4 \text{ kg}$$

- Jumlah Sambungan

$$n = \frac{74319,4}{9719,3} = 5,6, \text{ dipasang 6 buah}$$

- Jarak Pemasangan Baut

#### **Jarak Antar Baut (S)**

$$\begin{array}{lclcl} 3 \text{ db} & \leq & S & \leq & 15 \text{ tp} \quad \text{atau 200 mm} \\ 3.20 & \leq & 100 & \leq & 15 \cdot 21 \quad \text{atau 200 mm} \\ 60 & \leq & 100 & \leq & 315 \quad \text{atau 200 mm} \end{array}$$

#### **Jarak Baut ke Tepi (S<sub>1</sub>)**

$$\begin{array}{lclcl} 1,5 \text{ db} & \leq & S_1 & \leq & 15 \text{ tp} + 100 \quad \text{atau 200 mm} \\ 1,5.20 & \leq & 50 & \leq & 15.21 + 100 \quad \text{atau 200 mm} \\ 30 & \leq & 50 & \leq & 415 \quad \text{atau 200 mm} \end{array}$$

- Perhitungan Sambungan Las

Karena pada sambungan terdapat momen, las pada sayap balok induk bagian atas dan pelat pengaku di rencanakan menerima geser sentris dan lentur dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{e100xx} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}F_{nw} &= 0,6 \times F_{e100xx} \\ &= 0,6 \times 7030 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 4218 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 l_w &= 4 \times d_1 + 2 \times d_2 \\
 &= 4 \times 25 + 2 \times 40 \\
 &= 180 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

### Las Sudut

$$\begin{aligned}
 t_e &= 2 \times 0,707 \times a \\
 &= 2 \times 0,707 \times 1,5 = 2,212 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

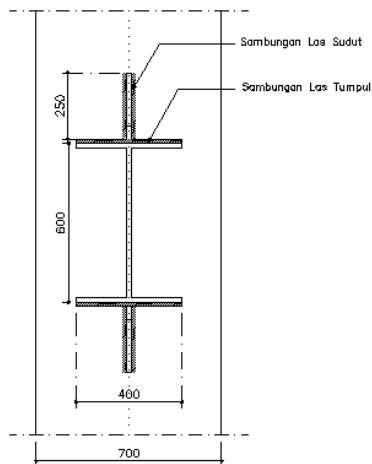
$$\begin{aligned}
 R_n &= F_{nw} \times t_e \\
 &= 4218 \times 2,212 = 8946,4 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

### Las Tumpul

$$t_e = 1,0 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= F_{nw} \times t_e \\
 &= 4218 \times 1,0 = 4218,0 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{n \text{ total}} &= 8946,4 + 4218,0 \\
 &= 13164,4 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.55. Letak Sambung Las pada Sambungan Balok-Kolom**

**Geser Sentris pada sambungan las**

$$f_v = \frac{Vu}{I_w} = \frac{22382,8}{180} = 124,35 \text{ kg/cm}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\begin{array}{rcl} f_v & < & \phi R_n \\ 124,35 & < & 8946,4 \text{ kg} \quad \longrightarrow \quad \dots OK \end{array}$$

**Geser Lentur pada sambungan las**

$$f_h = \frac{Mu}{S} = \frac{4459166}{950} = 4693,86 \text{ kg/cm}$$

dimana :

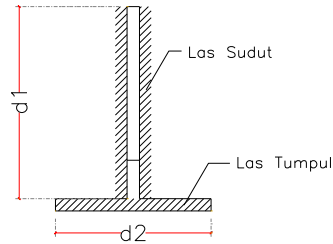
$$S_1' = \frac{d_1^2}{6} = \frac{25^2}{6} = 104,17 \text{ cm}^2$$

$$S_1 = 4 \times 104,17 = 416,7 \text{ cm}^2$$

$$S_2' = \frac{d_2^2}{6} = \frac{40^2}{6} = 266,67 \text{ cm}^2$$

$$S_2 = 2 \times 266,67 = 533,3 \text{ cm}^2$$

$$\begin{array}{l} S_{\text{total}} = S_1 + S_2 \\ = 416,7 + 533,3 = 950,0 \text{ cm}^2 \end{array}$$



### Kontrol Interaksi Geser Sentris dan Lentur

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_h^2 + f_v^2} = \sqrt{4693,86^2 + 124,35^2}$$

$$= 4695,51 \text{ kg/cm}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$f_{\text{total}} < \phi R_n$$

$$4695,51 < 0,75 \times 13164,4$$

$$4695,51 < 9873,28 \text{ kg/cm} \rightarrow \dots OK$$

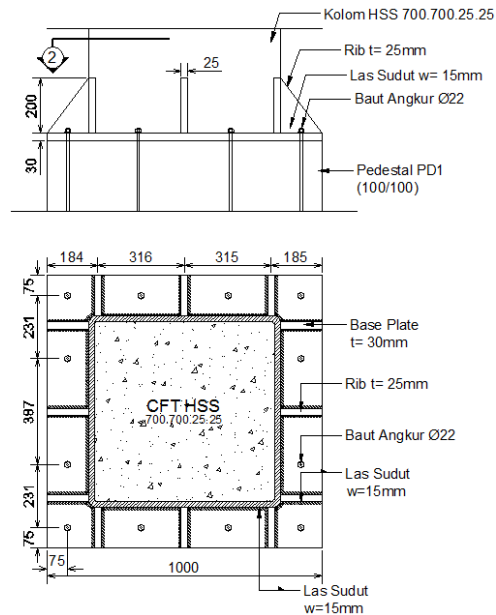
#### 4.3.2.8. Sambungan Kolom dengan Base Plate

Perencanaan *base plate* digunakan untuk menghubungkan kolom baja dengan kolom pedestal. Plat sambung yang digunakan yaitu dengan ketebalan  $t_p = 30$  mm. Dari hasil analisis SAP 2000 didapat gaya yang bekerja pada kolom lantai dasar adalah :

$$P_u = 635607,06 \text{ kg (dari gaya aksial Kolom)}$$

$$V_u = 27908,64 \text{ kg (dari gaya geser Kolom)}$$

$$M_u = 30136,8 \text{ kgm (dari momen Kolom)}$$



**Gambar 4.56. Sambungan Kolom dengan Base Plate**

Sambungan Las pada End Plate

Kontrol las pada daerah yang diarsir pada profil HSS 700.700.25.25 dengan asumsi  $t_e = 1.00$  cm sehingga didapat :

$$A_w = 4 \times (1 \times 70) = 280 \text{ cm}^2$$

$$I_x = I_y = \frac{(b+d)^3}{6} = \frac{(70+70)^3}{6} = 457333.333 \text{ cm}^4$$

$$S = (bxd) + \left(\frac{d^2}{3}\right) = (70 \times 70) + \left(\frac{70^2}{3}\right)$$

$$= 6533.33 \text{ cm}^3$$

$$f_{uw} = \phi 0.6 F_{e100XX}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.75 \times 0.6 \times (100 \times 70.33) \\
 &= 3164.85 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las akibat  $P_u$  :

$$\begin{aligned}
 f_p &= \frac{P_u}{A} + \frac{M_u}{S} \\
 &= \frac{635607.06}{280} + \frac{30136.8}{6533.33} \\
 &= 2274.638 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las akibat  $V_u$  :

$$\begin{aligned}
 f_v &= \frac{V_u}{A} + \frac{M_u}{S} \\
 &= \frac{635607.06}{280} + \frac{30136.8}{6533.33} \\
 &= 104.286 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tegangan las total :

$$\begin{aligned}
 f_{total} &= \sqrt{f_p^2 + f_v^2} \\
 &= \sqrt{2274.638^2 + 104.286^2} = 2277.027 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol tebal kaki las :

$$\begin{aligned}
 t_e &= f_{total} / f_{uw} \\
 &= 2277.027 / 3164.85 \\
 &= 0.72 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 w &= t_e / 0.707 \\
 &= 0.72 / 0.707 \\
 &= 1.017 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Kontrol syarat tebal kaki las:

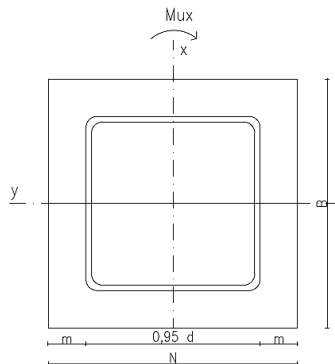
$$\text{Tebal minimum} = t_{sirip} = t_p = 30 \text{ mm}$$



$$\begin{aligned}
 W_{eff(max)} &= 1.41 \frac{f_u}{F_{e100XX}} t_p \\
 &= 1.41 \cdot \frac{4100}{100.70,33} \cdot 3.0 = 2.466 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Sehingga dipakai las dengan  $w = 15 \text{ mm}$

Perhitungan *base plate*



**Gambar 4.57. Arah Beban Sumbu X pada Base Plate**

Direncanakan diameter baut = 22 mm

Direncanakan Dimensi Baseplate 100x100 cm ( $A_2=10000 \text{ cm}^2$ ),

$$\begin{aligned}
 f_{p \max} &= \phi_c 0.85 f_c ' \\
 &= 0.65 \times 0.85 \times 30 \\
 &= 16.575 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$q_{\max} = 16.575 \times 1000 = 16575 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned}
 e_{kritis} &= \frac{N}{2} - \frac{P_u}{2q_{\max}} \\
 &= \frac{1000}{2} - \frac{63507.06}{2 \times 16575} \\
 &= 480.826 \text{ mm} \\
 e &= \frac{M_u}{P_u} = \frac{30136800}{635607.06} = 47.414 \text{ mm} < e_{kritis} = 480.826 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Termasuk dalam kategori baseplate yang memikul gaya aksial, gaya geser dan juga momen lentur dengan intensitas yang cukup kecil, sehingga distribusi tegangan tidak terjadi sepanjang baseplate, namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan baseplate terangkat dari beton penumpu. Angkur terpasang hanya berfungsi sebagai penahan gaya geser, disamping itu angkur tersebut juga berfungsi menjaga stabilitas struktur selama masa konstruksi.

jika  $f = 540$  mm adalah jarak baut angkur ke as kolom, maka penyelesaian untuk mencari  $Y$  adalah :

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{P_u}{q_{\max}} \\
 Y &= \frac{635607.06}{16575} = 38.347 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Sisi desak** : pelat kantilever  $m = 75$  mm, maka tebal pelat landasan untuk memikul gaya reaksi beton adalah :

$$f_p = \frac{P_u}{BY} = \frac{635607.06}{1000 \times 38.347} = 16.575 \text{ MPa}$$

$$t_p \geq 1.5m \sqrt{\frac{f_p}{f_y}}$$

$$t_p \geq 1.5 \times 75 \sqrt{\frac{16.575}{250}} = 28.967 \text{ mm}$$

Maka tebal pelat landasan yang dipakai 30 mm.

Gaya pada angkur adalah

Dipakai baut angkur A307 Ø22 mm ( $f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$ )

Kuat rencana geser dan tumpu (1 bidang geser)

$$\phi_f \cdot V_n = V_d = \phi_f \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m$$

$$= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 8250 \cdot (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 2.2^2) \cdot 1$$

$$= 11760.356 \text{ kg (menentukan)}$$

$$\phi_f \cdot R_n = R_d = 2,4 \cdot \phi_f \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 2,4 \cdot 0,75 \cdot 2.2 \cdot 3 \cdot 4100$$

$$= 48708 \text{ kg}$$

Jumlah baut angkur yang dibutuhkan (diambil jumlah yang terbesar antara gaya geser  $V_{ux}$  dan  $V_{uy}$ )

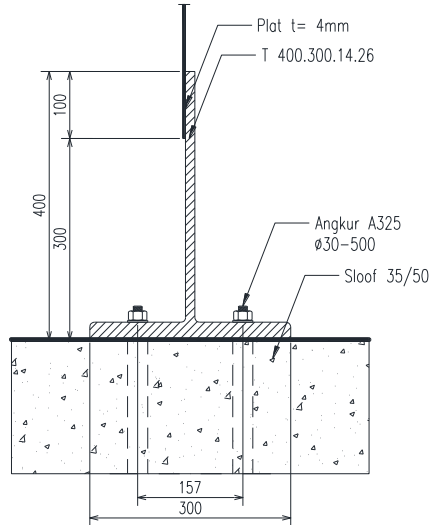
$$n = \frac{V_{uy}}{\phi_f \cdot V_n} = \frac{27908.64}{11760.356} = 2,373$$

dipakai 12 buah untuk menjaga stabilitas saat pemasangan konstruksi.

#### 4.3.2.9. Sambungan Dinding Geser (SPSW) dengan Balok

Perencanaan sambungan ini digunakan untuk menghubungkan dinding geser lantai dasar dengan balok. Profil T  $400 \times 300 \times 14 \times 26$  berhubungan langsung dengan sloof memanjang dengan penambahan angkur dan *grouting* agar tidak

terjadi rembesan air yang menyebabkan korosi. Digunakan angkur dengan diameter  $d = 3.00$  cm dan jarak  $s = 50.00$  cm



**Gambar 4.58. Sambungan Balok (HBE) dengan Balok**

Gaya geser yang bekerja pada angkur

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} f_y \sin(2\alpha) t_w s \\
 &= \frac{1}{2} \times 2400 \times \sin(2 \times 43.16) \times 0.30 \times 50.00 \\
 &= 17962.89 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tarikan yang bekerja pada angkur

$$\begin{aligned}
 T_u &= f_y \cos^2(\alpha) t_w s \\
 &= 2400 \times \cos^2(43.16) \times 0.3 \times 50.00
 \end{aligned}$$

$$= 31925.52 \text{ kg}$$

Perhitungan Baut Angkur

Dipakai baut angkur  $d = 30 \text{ mm}$  dengan  $f_u = 8250 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= 0.75 f_{ub} (0.5 A_b) \\ &= 9 \times 0.75 \times 8250 \times (0.5 \times (0.25 \times \pi \times 3.00^2)) \\ &= 196815.87 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{2T_u + C_v V_u}{n} &= \frac{2 \times 31925.52 + 1.25 \times 17962.89}{9} \\ &= 9589.40 \text{ kg} < 196815.87 \text{ kg} \dots \mathbf{OK!} \end{aligned}$$

Panjang baut angkur yang ditanam ke dalam pondasi diperhitungkan sebagai berikut:

$$L \geq \left[ \frac{2V_u + (4V_u^2 + 6df_c'(M_u + V_u \times (5\text{cm})))^{1/2}}{df_c'} \right]$$

$$L \geq \left[ \frac{2 \times 17962.89 + (4 \times 17962.89^2 + 6 \times 500.00 \times 600 \times (0 + 17962.89 \times (5\text{cm})))^{1/2}}{500.00 \times 600} \right]$$

$$L \geq 1.46 \text{ cm} \rightarrow \text{diambil } L = 30.00 \text{ cm}$$

## **4.4. Perencanaan Struktur Bawah**

### **4.4.1. Umum**

Pondasi adalah komponen struktur pendukung bangunan yang berada di posisi paling bawah dan berfungsi meneruskan beban struktur atas ke tanah. Dalam perencanaan pondasi ada dua jenis pondasi yang umum dipakai dalam dunia konstruksi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemakaian pondasi dalam bergantung pada kekuatan tanah yang ada. Jika penggunaan pondasi dangkal tidak cukup kuat menahan beban struktur di atasnya, maka digunakan pondasi dalam. Umumnya pondasi dalam dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif besar seperti apartemen, hotel dll. Dikatakan pondasi dalam jika perbandingan antara kedalaman pondasi ( $D$ ) dengan diameternya ( $B$ ) adalah lebih besar sama dengan 10 ( $D/B \geq 10$ ). Pondasi dalam ini ada beberapa macam jenis, antara lain pondasi tiang pancang, pondasi tiang bor (pondasi sumuran), lain sebagainya.

Pondasi yang akan direncanakan pada Hotel Premier Inn Surabaya ini memakai pondasi dalam yaitu pondasi bored pile. Dalam bab ini pembahasannya meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan dan perencanaan poer ( pile cap ).

### **4.4.2. Data Tanah**

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah dimana suatu struktur akan dibangun. Sehingga kita bisa merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut.

Data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan data hasil penyelidikan di lapangan. Adapun data tanah yang telah tersedia dilapangan data penyelidikan tanah hasil uji Standard Penetration Test (SPT).

### **4.4.3. Daya Dukung Tanah**

Perhitungan tegangan ijin tanah berdasarkan dari data SPT dengan menggunakan perhitungan dari buku Mekanika Tanah dan

Teknik Pondasi oleh Suyono Sosrodarsono, penerbit PT. Pradnya Paramita tahun 2000, Jakarta.

Disamping peninjauan terhadap tegnangan ijin tanah tempat pondasi bor pile 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.

#### 4.4.3.1. Perhitungan Daya Dukung Tanah Tiang Bor

##### Diameter 600 mm, Jarak antar tiang 1,5 m

##### Data Perencanaan:

- Diameter tiang bor = 600 mm
- Kedalaman tiang = 15 m
- Jarak pusat antar tiang = 1,5 m

Daya dukung ultimate pada pondasi tiang bore menggunakan perumusan “ *Luciana Decourt* “ , sehingga daya dukung ultimate dirumuskan :

$$Q_{ult} = K N_p A_p + ( N_s/3 + 1 ) A_s$$

$$Q_d = Q_{ult} / SF$$

dimana :

- $Q_{ult}$  = Daya dukung tiang bore ultimate
- $Q_d$  = Daya dukung tiang ijin
- $SF$  = Angka Keamanan
- $K$  = Koefisien Karakteristik Tanah
- $N_p$  = Nilai rata-rata SPT (N) sepanjang 4D diatas s/d 4D dibawah ujung tiang
- $N_s$  = Nilai N rata-rata sepanjang tiang dengan nilai  $3 < N < 50$
- $A_p$  = luas penampang diujung tiang
- $A_s$  = luas selimut tiang ( keliling x panjang tiang )

Perhitungan daya dukung tiang bore pile ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT) dengan kedalaman 15 m, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$D = 60 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,6^2 \\ &= 0,283 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \times D \times \text{Panjang Tiang} \\ &= \pi \times 0,6 \text{ meter} \times 15 \text{ meter} \\ &= 28,274 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$N_p = \frac{50 + \frac{50 + 35}{2}}{2} = 46,25$$

$$N_s = 114,982$$

$$K = 12 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= K N_p A_p + (N_s/3 + 1) A_s \\ &= 12 \times 46,25 \times 0,283 + (114,982 / 3 + 1) \times 35,186 \\ &= 660,677 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$Q_d = \frac{Q_{ult}}{SF} = \frac{660,677}{3} = 220,226 \text{ Ton}$$

Maka didapatkan daya dukung ijin pondasi tiang bore adalah 220,226 Ton atau 2202,26 kN



**Tabel 4.11. Daya dukung satu tiang (tiang bor diameter 600mm)**

Depth m	Description S / C	N- SPT	(N1+N2) 2	Friction Ton/m <sup>2</sup>	S Friction Ton	Bearing Ton	Pu Ton	Pijin Ton
								SF= 3.00
0	C	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000
1	C	12	9	6	11.310	101.788	113.097	37.699
2	C	8	9	4	18.850	101.788	120.637	40.212
3	C	3	4.25	1.5	21.677	48.066	69.743	23.248
4	C	2	2.25	1	23.562	25.447	49.009	16.336
5	C	1	1.25	0.5	24.504	14.137	38.642	12.881
6	C	0	0.25	0	24.504	2.827	27.332	9.111
7	C	0	0	0	24.504	0.000	24.504	8.168
8	C	0	0	0	24.504	0.000	24.504	8.168
9	C	0	0	0	24.504	0.000	24.504	8.168
10	C	0	0	0	24.504	0.000	24.504	8.168
11	C	0	0	0	24.504	0.000	24.504	8.168
12	C	5	3.75	2.5	29.217	42.412	71.628	23.876
13	C	10	8.75	5	38.642	98.960	137.602	45.867
14	C	15	13.75	7.5	52.779	155.509	208.288	69.429
15	C	18	17.25	9	69.743	195.093	264.836	88.279
16	C	30	27	12	92.363	305.363	397.726	132.575
17	C	35	33.75	12	114.982	381.704	496.686	165.562
18	S	50	46.25	12	137.602	523.075	660.677	220.226
19	S	50	50	12	160.221	565.487	725.708	241.903
20	S	46	47	12	182.841	531.557	714.398	238.133
21	S	44	44.5	12	205.460	503.283	708.743	236.248
22	S	33	35.75	12	228.080	404.323	632.403	210.801
23	S	15	19.5	7.5	242.217	220.540	462.757	154.252
24	C	15	15	7.5	256.354	169.646	426.000	142.000
25	C	17	16.5	8.5	272.376	186.611	458.987	152.996
26	C	18	17.75	9	289.341	200.748	490.088	163.363
27	C	19	18.75	9.5	307.248	212.058	519.305	173.102
28	C	17	17.5	8.5	323.270	197.920	521.190	173.730
29	C	16	16.25	8	338.350	183.783	522.133	174.044
30	C	18	17.5	9	355.314	197.920	553.234	184.411
31	C	20	19.5	10	374.164	220.540	594.703	198.234
32	C	21	20.75	10.5	393.956	234.677	628.633	209.544
33	C	22	21.75	11	414.690	245.987	660.677	220.226
34	C	26	25	12	437.310	282.743	720.053	240.018
35	C	29	28.25	12	459.929	319.500	779.429	259.810

Gaya dalam yang bekerja pada tiang di dapatkan dari hasil analisis SAP 2000v14, dimana diperoleh hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{ux} &= -236,96 \text{ kN.m} & M_{uy} &= -42,37 \text{ kN.m} \\ P_u &= 1675 \text{ kN} \end{aligned}$$

**Data Perencanaan Tiang Bore (Bore Pile) :**

$$\begin{aligned}d &= 600 \text{ mm} \\A_g &= 282743,34 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Mutu bahan :

$$\begin{aligned}f'_c &= 30 \text{ Mpa} \\f_y &= 400 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Selimut beton} &= 70 \text{ mm} \\ \text{Tulangan sengkang} &= \varnothing 10 \text{ mm} \\ \text{Tulangan utama} &= \varnothing 22 \text{ mm} \\ d &= 600 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 509 \text{ mm}\end{aligned}$$

**Penulangan Lentur Tiang Bore (Bore Pile) :**

Hasil output SAP2000v19 yang didapatkan kemudian di inputkan kedalam program PCACOL, untuk membantu menentukan tulangan yang akan di rencanakan pada tiang bor (bore pile) dengan hasil sebagai berikut :

Dari PCACOL didapat nilai  $\rho = 1,64 \%$  , maka luasan tulangan ( $A_s$ ) adalah

$$\begin{aligned}A_s &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0.0164 \times 600 \times 509 \\ &= 4176,48 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan 12 D22,  $A_s = 380,132 \text{ mm}^2$  dipasang melingkar sama sisi.

**Penulangan Geser Tiang Bore (Bore Pile) :**

$$\begin{aligned}V_u &= 55,887 \text{ kN} &= 55886,7 & \text{ N} \\ P_u &= 1675,137 \text{ kN} &= 1675137 & \text{ N}\end{aligned}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

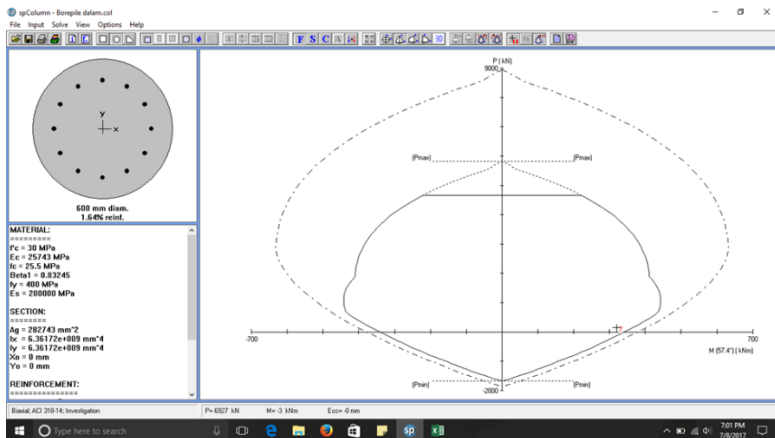
$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d \\
 &= \left(1 + \frac{1675137}{14 \times 282743,3}\right) \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 600 \times 509 \\
 &= 396771 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,5 \times 0,75 \times V_c \\
 &= 0,5 \times 0,75 \times 396771 &= 148789 \text{ N}
 \end{aligned}$$

### Kontrol Geser

$$\begin{array}{rcl}
 V_u & < & \phi V_c \\
 55886,7 & < & 148789 \text{ N} \quad \dots \text{OK}
 \end{array}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser praktis  $\emptyset 10 - 150$ .



**Gambar 4.59. Hasil Analisa Tiang (BorePile) dengan Program PCACol**

#### 4.4.3.2. Daya Dukung Tanah Tiang Bore Kelompok

Untuk daya dukung group pondasi, harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi  $C_e$ .

$$Q_L(\text{group}) = Q_L(\text{1 tiang}) \times n \times C_e$$

$n$  = jumlah tiang dalam group

##### Perhitungan Koefisien $C_e$

Dengan menggunakan perumusan Converse – Laberre :

$$\begin{aligned} E_k &= 1 - \theta \left[ \frac{(n-1)m + (n-1)m}{90mn} \right] \\ &= 1 - \left( \text{arctgn} \frac{600}{1500} \right) \left[ \frac{(2-1)3 + (2-1)3}{90 \times 3 \times 2} \right] \\ &= 0,717 \end{aligned}$$

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)

Maka dapat diambil bahwa nilai Koefisien Efisiensinya adalah 0,717

#### 4.4.3.3. Perhitungan Daya Dukung Bahan

##### Data Perencanaan :

- Diameter tiang bor = 600 mm
- Jarak pusat antar tiang = 1,5 m
- $f_c'$  = 30 MPa

1. Perhitungan daya dukung akibat bahan untuk tiang bor

$$P_{\text{akibat bahan}} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times 0.45 \times f_c'$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\pi}{4} \times 600^2 \times 0.45 \times 30 \\
 &= 3817035,074 \text{ N} \\
 &= 381,70 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Dengan :

D = diameter tiang bor

fc' = mutu beton rencana untuk tiang bor

#### 4.4.4. Perhitungan Pondasi Bore Pile

##### 4.4.4.1. Daya Dukung Tiang Bore Kelompok

Bila diatas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (*poer*) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), sehingga besarnya beban vertikal ekivalen (Pv) yang bekerja dapat dihitung dengan rumusan :

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{max}}{\Sigma y^2}$$

dimana :

Pv = beban vertikal ekivalen

V = beban vertikal dari kolom

N = banyaknya tiang dalam group

Mx = momen terhadap sumbu x

My = momen terhadap sumbu y

x<sub>max</sub> = absis terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

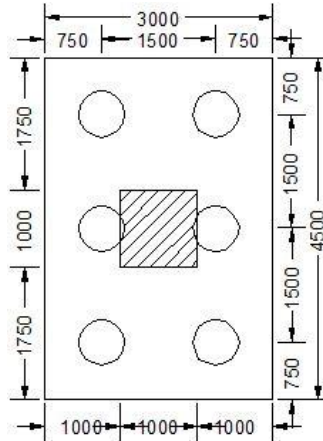
y<sub>max</sub> = ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok tiang

Σx<sup>2</sup> = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap garis netral group

Σy<sup>2</sup> = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap garis netral group

Beban – beban yang bekerja pada tiang bisa di dapatkan dari hasil analisis SAP 2000 pada kolom dasar, dimana diperoleh hasil sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{ux} &= -23695,61 \text{ kgm} & M_{uy} &= 3385,67 \text{ kgm} \\ P_u &= 670055 \text{ kg} \end{aligned}$$



**Gambar 4.60. Jarak Absis dan Ordinat pada Tiang Bore Pile Kelompok**

$$X_{\max} = 0,75 \text{ m} \quad \Sigma x^2 = 6 (0,75)^2 = 3,375 \text{ m}^2$$

$$Y_{\max} = 1,5 \text{ m} \quad \Sigma y^2 = 4 (1,5)^2 = 9 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} P_v &= \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \times x_{\max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_x \times y_{\max}}{\Sigma y^2} \\ &= \frac{670,055}{6} - \frac{3,386 \times 0,75}{3,375} + \frac{23,696 \times 1,5}{9} \\ &= 116,377 \text{ Ton} \end{aligned}$$

### Kontrol Daya Dukung

$$\begin{aligned}
 P_v &< P_{ijin} \\
 116,377 &< E_k \times Q_d \\
 116,377 &< 0,717 \times 220,226 \\
 116,377 &< 157,987 \text{ Ton} \longrightarrow \dots OK
 \end{aligned}$$

### **4.4.4.2. Kontrol terhadap Gaya Lateral**

Panjang jepitan kritis tanah terhadap tiang pondasi menurut metode Philipponat dimana kedalaman minimal tanah terhadap tiang pondasi didapat dari harga terbesar dari gaya-gaya berikut :

- Monolayer : 3 meter atau 6 kali diameter
- Multilayer : 1,5 meter atau 3 kali diameter

Perhitungan:

Tanah bersifat multi layer

$$\begin{aligned}
 L_e &= \text{Panjang penjepitan} \\
 &= 3D \\
 &= 3 \times 0,6 = 1,8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

**Arah Y**

$$\begin{aligned}
 M_y &= \frac{L_e \times H_x}{n} &= \frac{1,8 \times 3,375}{6} \\
 & &= 1,0125 \text{ Tm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_y &< M_{\text{bahan}} \\
 1,0125 \text{ Tm} &< 41,92 \text{ Tm} &\longrightarrow \text{OKE}
 \end{aligned}$$

**Arah X**

$$\begin{aligned}
 M_y &= \frac{L_e \times H_y}{n} &= \frac{1,8 \times 9}{6} \\
 & &= 2,7 \text{ Tm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_y &< M_{\text{bahan}} \\
 2,7 \text{ Tm} &< 41,92 \text{ Tm} &\longrightarrow \text{OKE}
 \end{aligned}$$

#### 4.4.4.3. Perencanaan Pondasi Poer

##### A. Perencanaan Poer pada Kolom Pedestal

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

Data-data perancangan poer

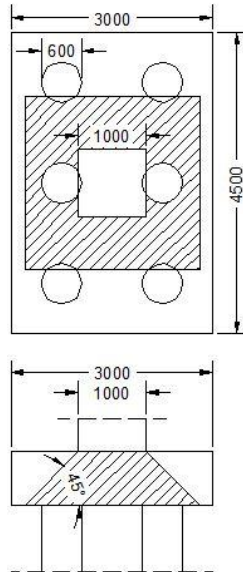
- $P_{\max}$ ( 1 tiang )	= 220.226 ton
- Jumlah tiang bore pile	= 6 buah
- Dimensi poer	= $3.0 \times 4.5 \times 0.8$ m
- Mutu beton ( $f_c'$ )	= 30 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ )	= 400 MPa
- Diameter tulangan	= 22 mm
- Selimut beton	= 70 mm
- Tinggi efektif (d)	
$d_x = 800 - 70 - \frac{1}{2} 22$	= 719 mm
$d_y = 800 - 70 - 22 - \frac{1}{2}(22)$	= 697 mm

##### B. Kontrol Geser Pons

###### 1. Akibat Kolom Pedestal

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 4.61. Geser Ponds Akibat Kolom Pedestal**

Untuk pondasi tapak non- prategang ( $V_c$ ) ditentukan berdasarkan nilai yang terkecil dari persamaan berikut:

Keliling penampang kritis :

$$\begin{aligned} b_o &= 2 (b_k + dx) + 2(h_k + dy) \\ &= 2 (1000 + 719) + 2 (1000 + 697) \\ &= 6832 \text{ mm} \end{aligned}$$

dimana :

$b_k$  = lebar penampang kolom  
 $h_k$  = tinggi penampang kolom  
 $dx$  = tebal efektif poer

$$a. \quad V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 6832 \times 719$$

$$= 13721688,36 \text{ N}$$

$$\text{b. } V_c = 0,333 \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$= 0,333 \sqrt{30} \times 6832 \times 719$$

$$= 8959455,339 \text{ N}$$

$$\text{c. } V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d$$

$$= 0,083 \left( \frac{40 \times 719}{6832} + 2 \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 6832 \times 719$$

$$= 13866894,91 \text{ N}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah  $8959455,339 \text{ N} = 8959,455 \text{ kN}$

#### Kontrol Geser Pons

$$P_{\max} < \phi V_c$$

$$6699,604 < 0,75 \times 8959,455$$

$$6699,604 < 6719,592 \text{ kN} \quad \dots \text{OK}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

## 2. Akibat Pancang

Poer juga harus mampu menyebarkan beban dari arah tiang bor menuju ke poer ,sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser

nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi akibat tiang bor.

Keliling penampang kritis :

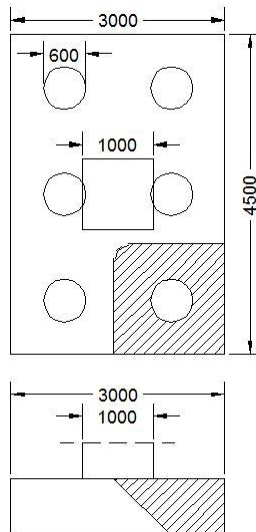
$$\begin{aligned} b_o &= (\pi \times (d_p + d)) \\ &= (\pi \times (600 + 719)) = 6860 \text{ mm} \end{aligned}$$

dimana :

dp = diameter bore pile

d = tebal efektif poer

$$\begin{aligned} \text{a. } V_c &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} \times b_o \times d \\ &= 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1} \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 4143,761 \times 719 \\ &= 8322510,698 \text{ N} \end{aligned}$$



**Gambar 4.62. Geser Ponds Akibat Tiang Bore**

$$\begin{aligned}
 \text{b. } V_c &= 0,333\sqrt{f'c} \times b_o \times d \\
 &= 0,333\sqrt{30} \times 4143,761 \times 719 \\
 &= 5434109,926 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. } V_c &= 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} b_o d \\
 &= 0,083 \left( \frac{40 \times 719}{4143,761} + 2 \right) \times 1 \times \sqrt{30} \times 4143,761 \times 719 \\
 &= 12109515,51 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga nilai  $V_c$  diatas diambil nilai terkecil, maka kapasitas penampang dalam memikul geser adalah  $5434109,926 \text{ N} = 5434,11 \text{ kN}$

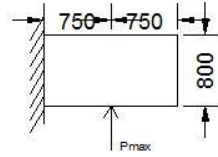
#### Kontrol Geser Pons

$P_{\max} <$	$\phi V_c$		
2202,26	<	0,75 x 5434,11	
2202,26	<	4075,582 kN	...OK

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat tiang bor.

### **C. Penulangan Poer**

Untuk penulangan lentur, *poer* dianalisa sebagai balok *kantilever* dengan perletakan jepit pada kolom pedestal. 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 4.63. Analisis Poer sebagai Balok Kantilever**

- a. Penulangan Arah X

**Beban Terpusat**

$$P_{\max} = 220,226 \text{ ton}$$

$$P = 3 \times 220,226 = 660,677 \text{ ton}$$

**Beban Merata**

$$q = 2,4 \times 4,5 \times 0,8 = 8,64 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 8,64 \text{ ton/m} \times 1,2 = 10,368 \text{ ton/m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= P \times a - \frac{1}{2} \times q_{ux} \times L^2 \\ &= (220,266 \times 0,75) - (\frac{1}{2} \times 10,368 \times (1,5)^2) \\ &= 157,705 \text{ ton.m} \\ &= 1577045400 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$d_x = 800 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 719 \text{ mm}$$

$$d_y = 800 - 70 - 22 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 697 \text{ mm}$$

**Perhitungan Kebutuhan Tulangan**

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1577045400}{0,8} = 1971306750 \text{ N.mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,686$$

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

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} = \frac{1971306750}{4500 \times 719^2} = 0,847$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,847}{400}} \right) \\ &= 0,002155 \end{aligned}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,035 \times 4500 \times 719 \\ &= 11324,25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D22 ( $A_s = 380,133 \text{ mm}^2$ )

Jumlah Tulangan yang di perlukan

$$n = \frac{11324,25}{380,133} = 19,88 \approx 20 \text{ buah}$$

Jarak tulangan terpasang tiap meternya adalah

$$S = \frac{4500}{19,88} = 151,056 \approx 150 \text{ mm}$$

Maka dari perhitungan diatas digunakan tulangan lentur pondasi per adalah 30 D22–150 mm

b. Penulangan Arah Y  
**Beban Terpusat**

$$P_{\text{max}} = 220,226 \text{ ton}$$

$$P = 2 \times 220,226 = 660,677 \text{ ton}$$

### Beban Merata

$$q = 2,4 \times 3 \times 0,8 = 5,76 \text{ ton/m}$$

$$q_u = 5,76 \text{ ton/m} \times 1,2 = 6,912 \text{ ton/m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= P \times a - \frac{1}{2} \times q_{uy} \times L^2 \\ &= (220,226 \times 0,75) - (\frac{1}{2} \times 6,912 \times (2,25)^2) \\ &= 147,6735 \text{ ton.m} \\ &= 1476735000 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$d_x = 800 - 70 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 719 \text{ mm}$$

$$d_y = 800 - 70 - 22 - \frac{1}{2} \cdot 22 = 697 \text{ mm}$$

### Perhitungan Kebutuhan Tulangan

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1476735000}{0,8} = 1845918750 \text{ N.mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{400}{0,85 \cdot 30} = 15,686$$

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

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2} = \frac{1845918750}{3000 \times 697^2} = 0,844$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,686} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,686 \times 0,844}{400}} \right) \\ &= 0,00215 \end{aligned}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0035 \times 3000 \times 697 \\ &= 10977,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan D22 ( $A_s = 380,133 \text{ mm}^2$ )

Jumlah Tulangan yang di perlukan

$$n = \frac{10977,75}{380,133} = 28,88 \approx 30 \quad \text{buah}$$

Jarak tulangan terpasang tiap meternya adalah

$$S = \frac{3000}{28,88} = 155,824 \approx 150 \quad \text{mm}$$

Maka dari perhitungan diatas digunakan tulangan lentur pondasi poer adalah 30 D22–150 mm

#### 4.4.5. Perencanaan Kolom Pedestal

Besarnya gaya – gaya dalam kolom diperoleh dari hasil perhitungan struktur primer pada bab sebelumnya.

$$P_u = 460202 \text{ kg (dari gaya aksial VBE)}$$

$$V_u = 39788.6 \text{ kg (dari gaya geser VBE)}$$

$$M_{ux} = 60069 \text{ kgm (dari momen VBE)}$$

$$M_{uy} = 58474.1 \text{ kgm (dari momen VBE)}$$

- Data perencanaan kolom :

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 1000 \text{ mm}$$

$$A_g = 1000000 \text{ mm}^2$$

Mutu bahan :

$$f'_c = 40 \text{ Mpa (mengikuti mutu bahan kolom (VBE) pada SPSW)}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

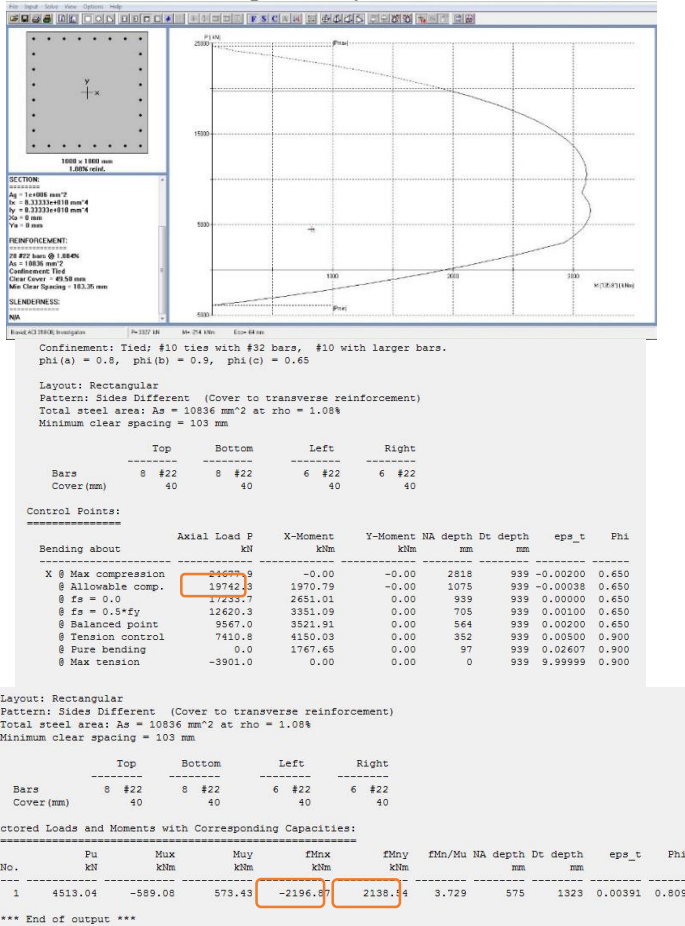
$$\text{Tulangan sengkang} = \varnothing 12 \text{ mm}$$



Tulangan utama =  $\varnothing 25$  mm

Tinggi efektif =  $1000 - (40 + 12 + \frac{1}{2} \cdot 22) = 939$  mm

- Penulangan Lentur pada Kolom  
Dari PCACOL didapat nilai  $\rho = 1.08\%$



**Gambar 4.64.** Hasil Analisis Kolom Pedestal dengan Program  
PCA Col

$$A_s = 0.0108 \times 1000 \times 939$$

$$= 10141.2 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 28 D22,  $A_s = 10836 \text{ mm}^2$  dipasang merata 4 sisi.

- Penulangan Geser Kolom

$$V_u = 39788.6 \text{ kg} = 397886 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$V_c = 2 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d$$

$$= 2 \left( 1 + \frac{19361738.80}{14 \times 1000000} \right) \frac{1}{6} \sqrt{60} \times 1000 \times 939$$

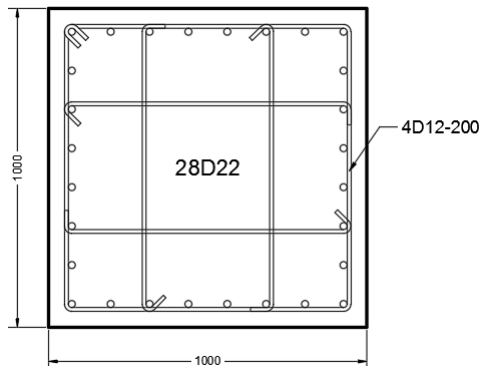
$$= 2630307 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0.6 \times V_c$$

$$= 0.6 \times 2630307$$

$$= 1578184 \text{ N} > V_u = 397886 \text{ N}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser praktis  $\emptyset 12 - 200$ , sengkang dua kaki.



**Gambar 4.65. Penulangan Kolom Pedestal PD1**

#### 4.4.6. 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	= 450 mm
	h	= 650 mm
	$A_g$	= 292500 mm <sup>2</sup>
Mutu bahan :	$f'_c$	= 30 MPa
	$f_y$	= 400 MPa
Selimut beton		= 70 mm
Tul. sengkang		= Ø13
Tul. utama		= D22
Tinggi efektif (d)		= 650 – (40 + 12 + ½ . 22)
		= 556 mm

- Beban-beban yang terjadi pada sloof :

$$\text{Beban dinding } 1.2 \times 120 \times 2.80 = 403,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sloof } 1.2 \times 0.45 \times 0.65 \times 2400 = \underline{842,4 \text{ kg/m}}$$

$$Q_u = 1245,6 \text{ kg/m}$$

$$\text{Panjang sloof} = 7.00 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1/12 \times q_u \times L^2 \\ &= 1/12 \times 1245,6 \times 7.55^2 \\ &= 5916.86 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 1/2 \times q_u \times L \\ &= 1/2 \times 1245,6 \times 7.55 \\ &= 4702.14 \text{ kg} = 47021.4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$P \times 10\% = 10\% \times 47021.4 \text{ N} = 4702.14 \text{ N}$$

- Penulangan tarik pada sloof

$$M_u = 5916.86 \text{ kgm} = 5916860 \text{ Nmm}$$

$$P \times 10\% = 4702.14 \text{ kg} = 47021.4 \text{ N} = 4702.14 \text{ N}$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_s &= \frac{V_u}{f_y} \\
 &= \frac{4702..14}{400} \\
 &= 11.755 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A'_s &= 0.5 A_s \\
 &= 0.5 \times 11.755 \\
 &= 5.878 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\
 &= \frac{59168595}{0.8} \\
 &= 73960744 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0.85 f'_c} \\
 &= \frac{400}{0.85 \times 30} \\
 &= 15.69
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1.4}{f_y} \\
 &= \frac{1.4}{400} \\
 &= 0.0035
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0.75 \rho_{\text{balance}} \\
 &= 0.75 \frac{0.85 f'_c \beta}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 075 \frac{0.85 \times 30 \times 0.85}{400} \left( \frac{600}{600 + 30} \right) \\
 &= 0.040 \\
 R_n &= \frac{M_n}{bd^2} \\
 &= \frac{73960744}{450 \times 556^2} \\
 &= 0.53 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15.69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 0.532}{400}} \right) \\
 &= 0.0013
 \end{aligned}$$

$\rho_{\delta} < \rho_{\min}$  dipakai  $\rho_{\min} = 0.0035$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_{s1} &= \rho \times b \times d_x \\
 &= 0.0035 \times 450 \times 556 \\
 &= 875.7 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned}
 A_{s1}' &= 0.50 \times A_s \\
 &= 437.85 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan tarik : } A_s + A_{s1} &= 117.553 + 875.7 \\
 &= 993.25 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan tarik 5D22 ( $A_s = 1418 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah tulangan tekan : } A_s' + A_{s1}' &= 58.777 + 437.85 \\
 &= 496.627 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 3D22 ( $A_s = 851 \text{ mm}^2$ )

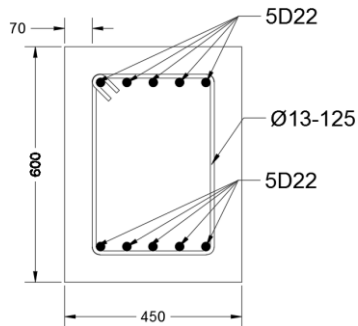
- Penulangan Geser Sloof

$$V_u = 47021,4 \text{ N}$$

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton :

$$\begin{aligned}
 V_c &= 2 \left( 1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b d \\
 &= 2 \times \left( 1 + \frac{126917.1}{14 \times 292500} \right) \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 450 \times 556 \\
 &= 470958.32 \text{ N} > V_u = 47021.4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser. Jadi dipasang tulangan geser  $\emptyset 13 - 125$ , sengkang 2 kaki.



**Gambar 4.66. Penulangan Sloof Daerah Tumpuan dan Lapangan**

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :  
-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  $\varnothing 8-300$ .
- b. Dimensi balok anak dengan bentang 7.55 m pada atap dan lantai hotel menggunakan profil WF 350 x 175 x 7 x 11.
- c. Dimensi balok lift menggunakan profil WF 300 x 150 x 6.5 x 9.
- d. Tebal pelat tangga yang digunakan 6 mm dan dimensi pengaku anak tangga siku 50 x 50 x 6.
- e. Tebal pelat bordes yang digunakan 6 mm dan dimensi balok bordes menggunakan profil WF 100 x 50 x 5 x 7.
- f. Dimensi balok utama tangga dan balok penumpu tangga menggunakan profil WF 200 x 100 x 5,5 x 9.

-Hasil perhitungan struktur primer :

- a. Dimensi balok induk atap melintang menggunakan profil CB 525 x 350 x 12 x 19 dan balok induk atap memanjang menggunakan profil 450 x 300 x 10 x 15.
- b. Dimensi balok induk memanjang lantai 2-10 menggunakan profil CB 600 x 400 x 13 x 21 dan balok induk memanjang lantai 2-10 menggunakan profil CB 525 x 350 x 12 x 19.
- c. Dimensi kolom lantai 1-4 menggunakan profil HSS 700 x 700 x 25 x 25, kolom lantai 5-7 menggunakan profil HSS 700 x

700 x 25 x 25, kolom lantai 8-10 menggunakan profil HSS 700 x 700 x 25 x 25.

-Hasil perhitungan struktur bawah :

- a. Struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang Bored Pile dengan diameter 600 mm, tulangnya menggunakan 12D 22.
- b. Dimensi poer direncanakan 3 m x 4.5 m x 0.8 m dengan tulangan lentur arah X D22-150 mm dan tulangan lentur arah Y D22-150 mm.
- c. Dimensi kolom pedestal direncanakan 1000 mm x 1000 mm dengan tulangan utama 28D22 dan tulangan geser  $\emptyset$ 12-200.
- d. Dimensi sloof direncanakan 450 mm x 650 mm dengan tulangan lentur 5D22 dan tulangan geser  $\emptyset$ 13-125.

## 5.2. Saran

Diharapkan dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur *Castellated Beam* dan *Rectangular Concrete Steel Tube Column* lebih dalam dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomis dan estetika. Sehingga perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi yang sesungguhnya di lapangan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Amayreh, L dan M. P. Saka. 2005. **“Failure Load Prediction Of Castellated Beams Using Artificial Neural Networks”**. *Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing)* Vol **6.35-54**. Bahrain : Department of Civil Engineering University of Bahrain.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. *SNI 1729:2015 Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: BSN.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Grunbauer, Johan. 2001. *Castellated Beams*. <<http://www.grunbauer.nl/eng/inhoud.htm>>
- Knowles, P. R. 1991. *Castellated Beams*. Proc Instn Civil Engineers. Part I : 521-536
- 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.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Jakarta: Erlangga.

- Sosrodarsono, Ir.Suyono, dan Nakazawa, Kazuto. (1983). ***Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi cetakan Kedua.*** Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- T. Patrick Bradley, 2007, “***Stability of Castellated Beams During Erection***” by Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.
- Widyastuti, Erna, (2010). ***Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Asrama Mahasiswa Universitas Gadjah Mada (Ugm) Di Sendowo, Sleman, Yogyakarta Dengan Menggunakan Hexagonal Castellated Beam.*** ITS



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax:031-5947284



Form AK/TA-04  
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Ir. Heppy Kristijanto, MS
NAMA MAHASISWA	: Putri Utami Ayu Cahyani
NRP	: 3115105011
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Premier Inn Surabaya dengan Menggunakan Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column dan Hexagonal Castellated Beam
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	15 Maret 2017	- Cari jarak tulangan maksimum - cek ulang perhitungan pelat (pembebanan untuk pelat) - perhitungan pelat tidak usah pakai perhitungan shear connector.	Lanjutkan perhitungan balok anak	
2.	5 April 2017	- cek perhitungan balok anak jika L <sub>s</sub> balok anak Full karena sebelum beton mengeras. - ganti profil untuk balok anak yang di koridor karena lendutan tidak memenuhi.	Lanjutkan pemodelan dan cepat selesaikan. <del>Tangga</del> Sekunder.	
3.	20 April 2017	- ganti gambar anak tangga untuk posisi siku di ganti letaknya. tapi perhitungan sama.	Lanjutkan perhitungan <del>se</del> struktur utama.	
4.	15 Mei 2017	- plat shear wall steel plate tebalnya tambah	Lanjutkan ke perhitungan struktur primer.	
5.	26 Mei 2017	- cek dan cari persyaratan plastis untuk kontrol geser di balok	Lanjutkan sambungan dan bawa jurnal untuk persyaratan plastis.	
6.	8 Juni 2017	- cek sambungan untuk gangan gagal disambungan (sambungan balok kolom).	Lanjutkan ke struktur bawah / pondasi.	
7.	15 Juni 2017	- Gambar Denah pondasi ditambah sloof - Kurangi jumlah tiang pancang - cek perhitungan sloof - cek gambar penulangan pondasi	Lanjutkan revisi	





PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax:031-5947284



Form AK/TA-04  
rev01

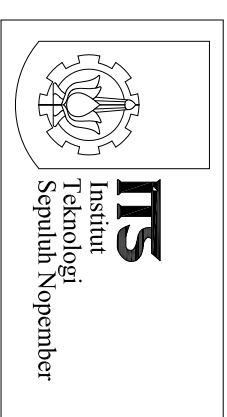
NAMA PEMBIMBING	: Budi Suswanto, ST. MT. PhD
NAMA MAHASISWA	: Putri Utami Ayu Cahyani
NRP	: 3115105011
JUDUL TUGAS AKHIR	: Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Premier Inn Surabaya dengan Menggunakan Rectangular Concrete Filled Steel Tube Column dan Hexagonal Castellated Beam
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	09-03-2017	- Jarak decking - sketsa decking - sketsa tulangan bondek dilengkapi dengan ukuran - Astulangan pelat dikoreksi	- Melanjutkan perhitungan	
2.	24-03-2017	- ganti pembagian balok anak karena kerapatan jaraknya	- Melanjutkan perhitungan	
3.	28-04-2017	- ganti gambar reaksi tanga untuk momen	- Melanjutkan.	
4.	15-05-2017	- ditambah SPSW	- Melanjutkan	
5.	26-05-2017	- cek plastis atau tidaknya pada balok yang syarat	- Melanjutkan yang balok serta sambungannya	
6.	8-06-2017	- cek perhitungan sambungan balok anak ke balok induk. - cek sambungan kolom (jangan dilas dilapangan)	- Melanjutkan struktur bawah/pondasi	
7.	15-06-2017	- cek jumlah tiang pancang - Cek perhitungan momen di poer pakai $P_{max}$		

5

# GAJIBAR REJINGAJA

PREMIER INN SURABAYA



MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR  
GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA  
DENGAN MENGGUNAKAN CONCRETE  
FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN  
HEXAGONAL CASTELLATED BEAM

OLEH :

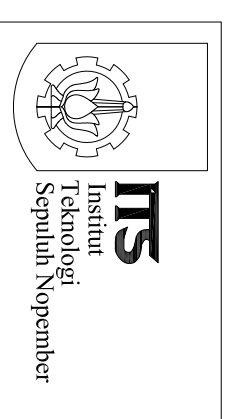
PUTRI UTAMI AYU CAHYANI  
3115105011

DOSEN PEMBIMBING I :  
Ir. HEPPY KRISTIJANTO, MS.  
NIP. 196103111987011001

DOSEN PEMBIMBING II :  
BUDI SUSWANTO, ST., MT., Ph.D  
NIP. 197301281998021002

# DAFTAR ISI

## PREMIER INN SURABAYA



### DAFTAR ISI

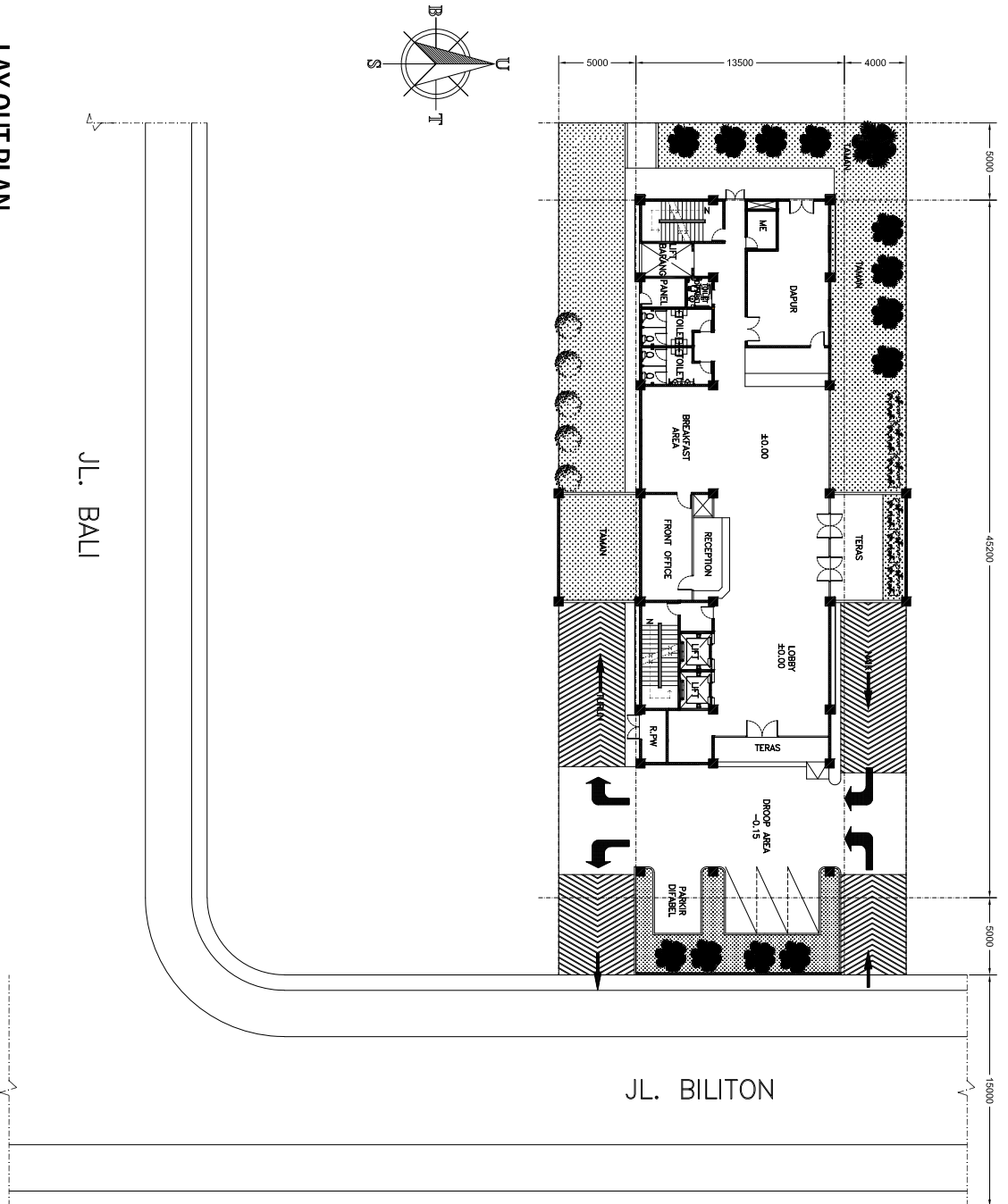
#### GAMBAR ARSITEKTUR

No	NAMA GAMBAR	KODE GAMBAR	NO. LEMBAR
1	LAYOUT PLAN	ARS	01
2	DENAH LT. BASEMENT	ARS	02
3	DENAH LT. 1	ARS	03
4	DENAH LT. 2	ARS	04
5	DENAH LT. 3-9	ARS	05
6	DENAH LT. ATAP	ARS	06
7	TAMPAK UTARA	ARS	07
8	TAMPAK SELATAN	ARS	08
9	TAMPAK TIMUR & POTONGAN AA	ARS	09
10	POTONGAN BB	ARS	10

### DAFTAR ISI


#### GAMBAR STRUKTUR

No	NAMA GAMBAR	KODE GAMBAR	NO. LEMBAR
1	DENAH LANTAI SEMI BASEMENT	STR	01
2	DENAH KOLOM LT. 1-4	STR	02
3	DENAH KOLOM LT. 5-7	STR	03
4	DENAH KOLOM LT. 8-10	STR	04
5	DENAH SLOOF	STR	05
6	DENAH BALOK LT. 1	STR	06
7	DENAH BALOK LT. 2-10	STR	07
8	DENAH BALOK LT. ATAP	STR	08
9	DENAH PELAT LANTAI DAN DETAIL	STR	09
10	PORTAL AS-5 & PORTAL AS-C	STR	10
11	DENAH PONDASI	STR	11
12	DENAH TANGGA & POTONGAN 1	STR	12
13	DETAIL A, B, C	STR	13
14	PORTAL AS-2 & PORTAL AS-B	STR	14
15	DETAIL D, E, F	STR	15
16	DETAIL G, H, I	STR	16
17	DETAIL J, K & POTONGAN 2	STR	17
18	DETAIL PENULANGAN PC2, PC3, FP1 & POTONGAN 4, 5, 6	STR	18
19	DETAIL PENULANGAN BOREPILE PC8 & POTONGAN 3	STR	19
20	DETAIL PENULANGAN SLOOF & PEDESTAL	STR	20



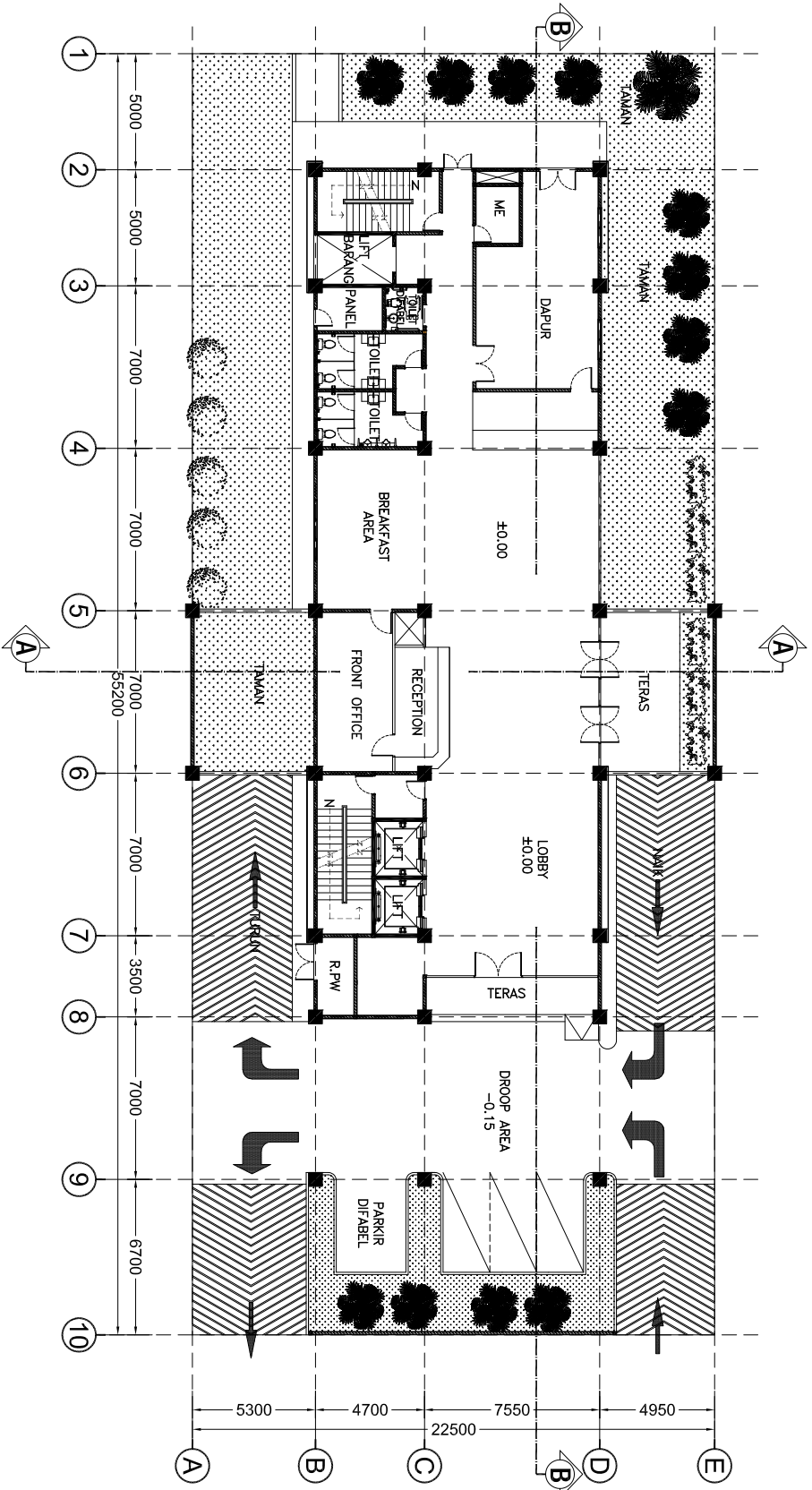
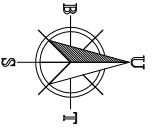
# LAYOUT PLAN

Skala 1:400

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember		INSTITUT / UNIVERSITAS
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM		JUDUL TUGAS AKHIR
LAYOUT PLAN		JUDUL GAMBAR
1 : 400		SKALA
PUTRI UTAMA AULI CAHYANI NRP. 3115105011		DIGAMBAR MAHASISWA :
Ir. JEPPI BERTALANTA, AS NRP. 1941031118001001 BINA SIKRANTO ET ALIT, Ph.D NRP. 19710303199001002		DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING :
KODE GBR ARS	NO. GBR 01	REVISI JUMLAH LBR 10

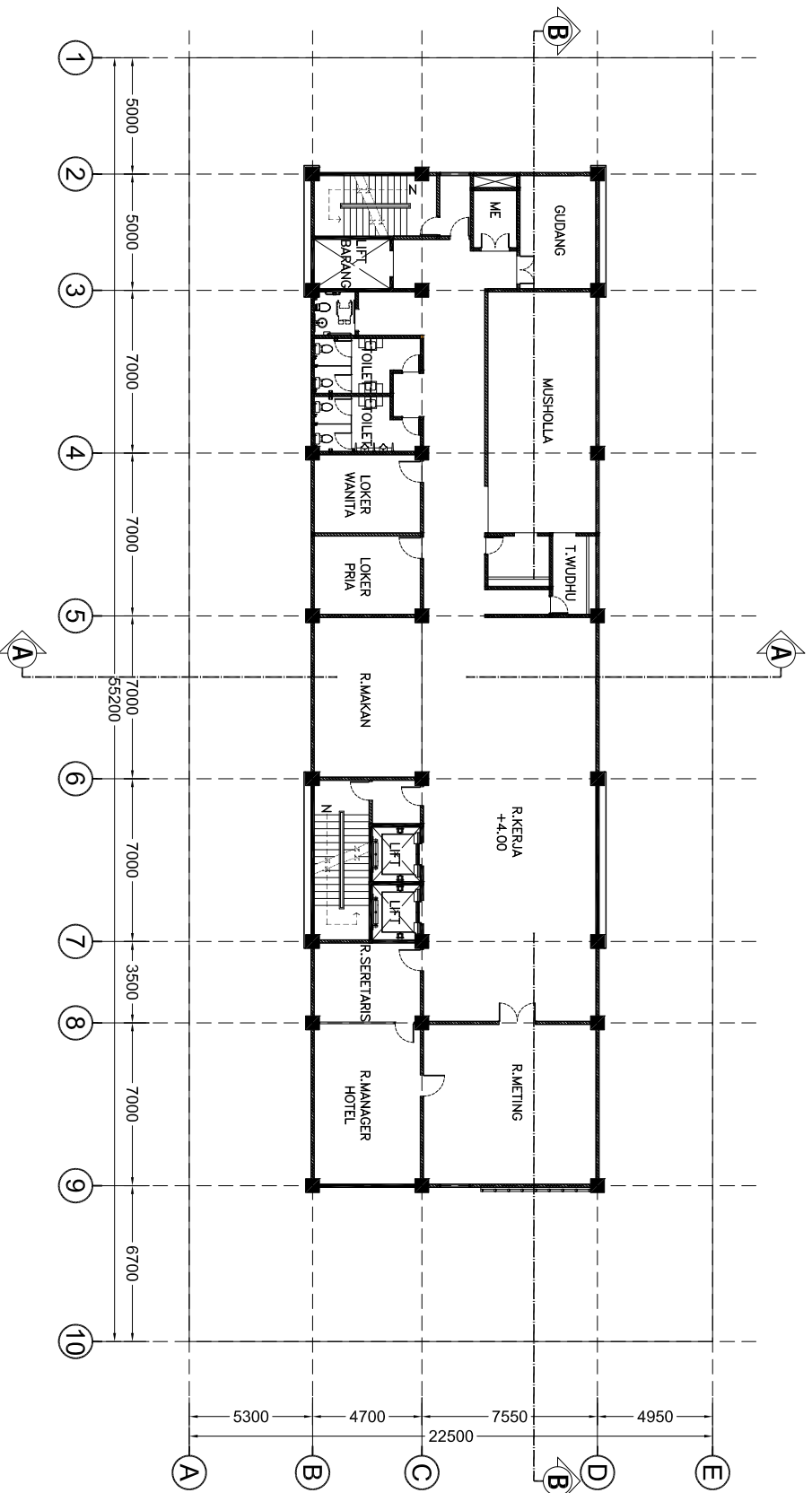







**DENAH LT. 1**  
Skala 1:200

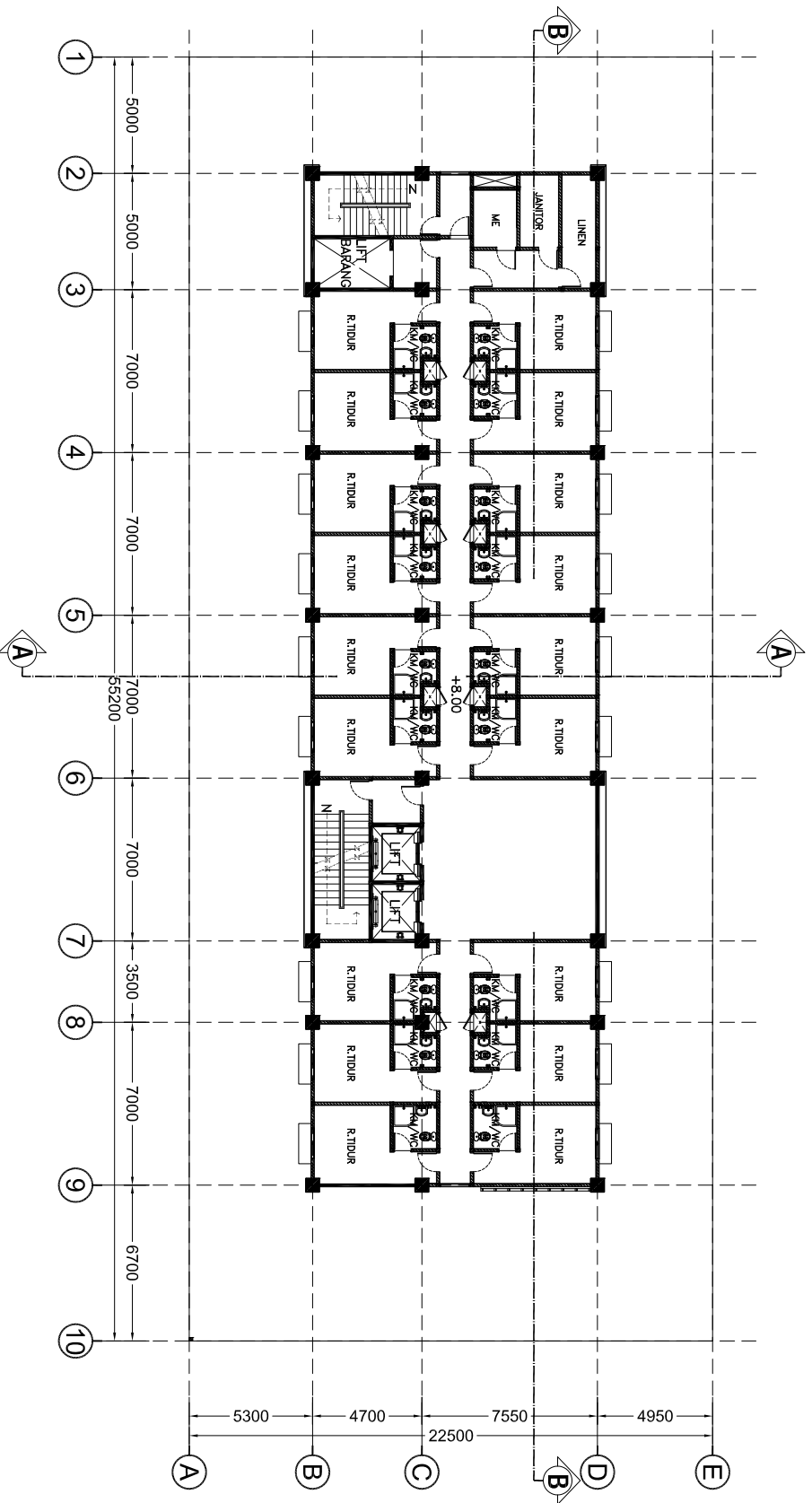
		INSTITUT / UNIVERSITAS	
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM		JUDUL GAMBAR	
JUDUL TUGAS AKHIR		DENAH LT. 1	
1 : 200		SKALA	
PUTRI UTAMI AULI CAHYANI NRP. 3115105011		DIGAMBAR	
Ir. JEREMIAH SETIYANTO, AS NRP. 1941031118001001 BIRM. SURABAYA ST. JKT. (R. D) NRP. 19730303199061002		DOSEN PEMBIMBING	
KODE GBR ARS		REVISI	
NO. GBR 03		JUMLAH LBR 10	



## DENAH LT. 2


Skala 1:200

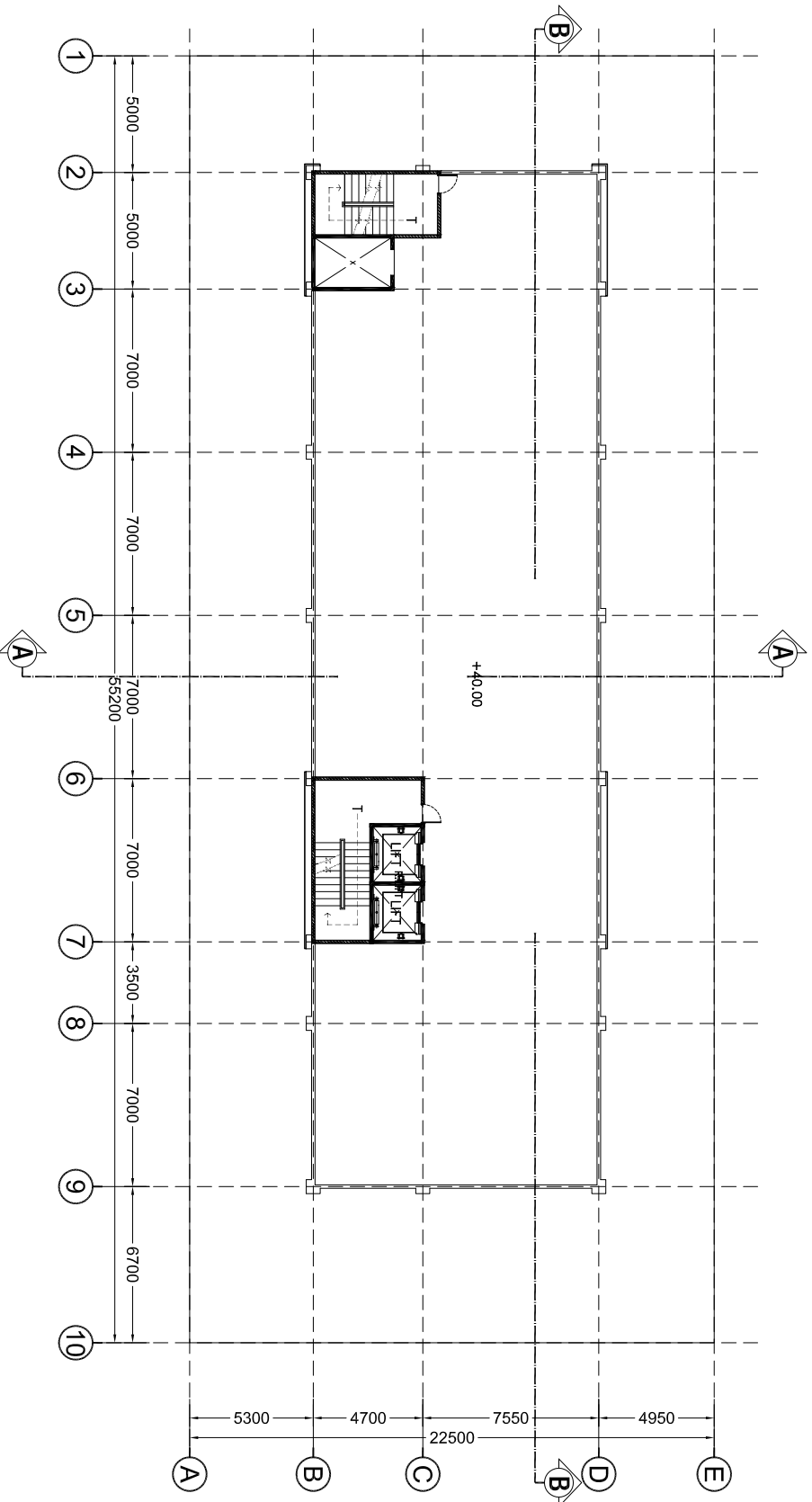
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember		INSTITUT / UNIVERSITAS	
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM		JUDUL TUGAS AKHIR	
DENAH LT. 2		JUDUL GAMBAR	
1 : 200		SKALA	
PUTRI UTAMI AYO CHAYANI NRP. 3115105011		DIGAMBAR	
Ir. JEPPI BERTALANTA, AS NRP. 194103118071001 BHM SURYAWATI, S.T. (P. D) NRP. 19710302879061002		DOSEN PEMBIMBING :	
KODE GBR ARS		REVISI	
NO. GBR 04		JUMLAH LBR 10	



### DENAH LT. 3-9


Skala 1:200

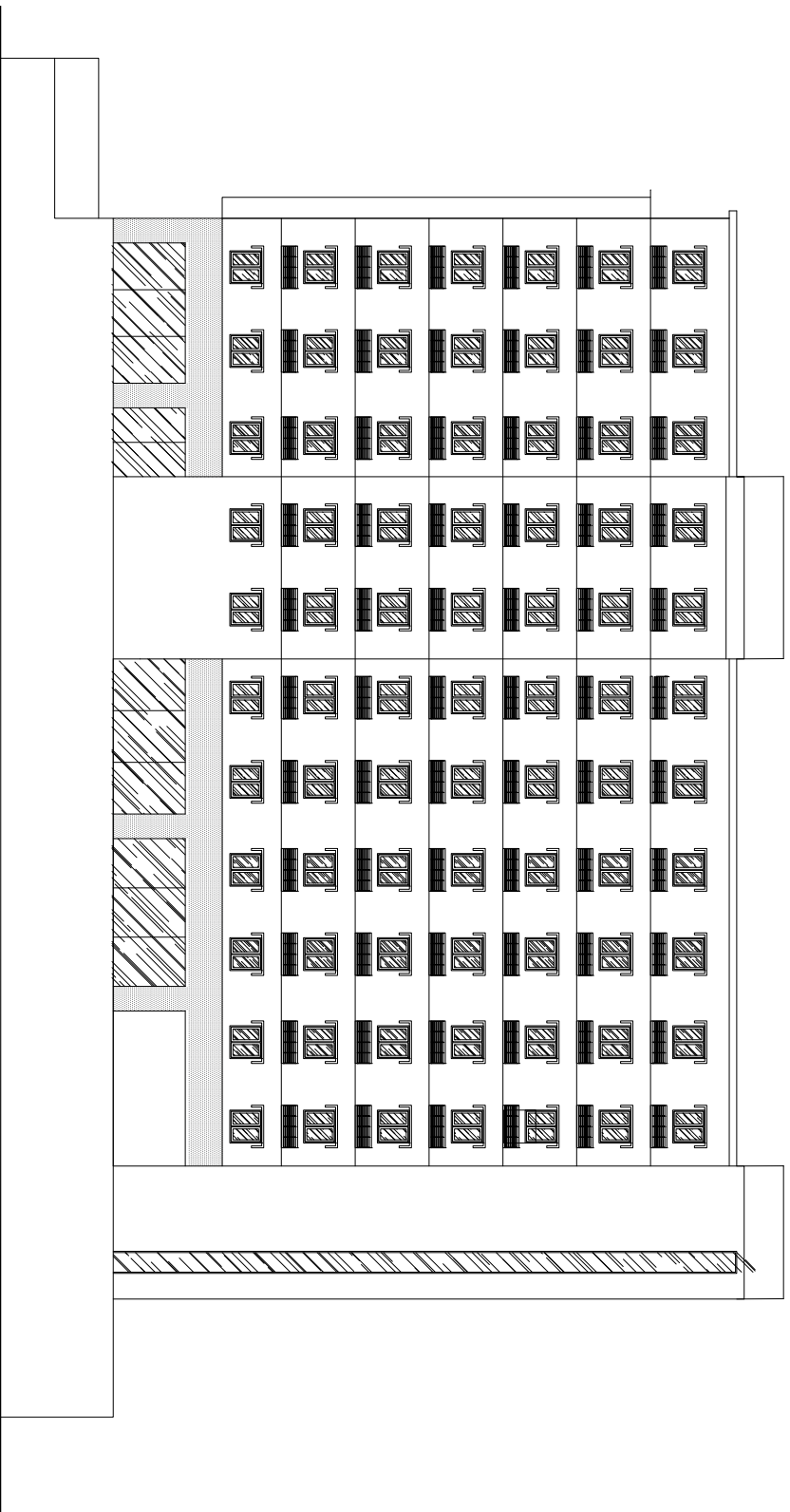
 INSTITUT / UNIVERSITAS <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember		INSTITUT / UNIVERSITAS	
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM		JUDUL GAMBAR	
DENAH LT. 3-9		JUDUL TUGAS AKHIR	
1 : 200		SKALA	
PUTRI UTAMI AULI CHAYANI NRP. 3115105011		DIGAMBAR	
Ir. JEREMIEUS BERTALANTO, AS NRP. 1941031118001001 BIRMUS SUPRIANTO, S.T., M.T., Ph.D. NRP. 19730303090001002		DOSEN PEMBIMBING :	
KODE GBR ARS		REVISI	
NO. GBR 05		JUMLAH LBR 10	



## DENAH LT. ATAP


Skala 1:200

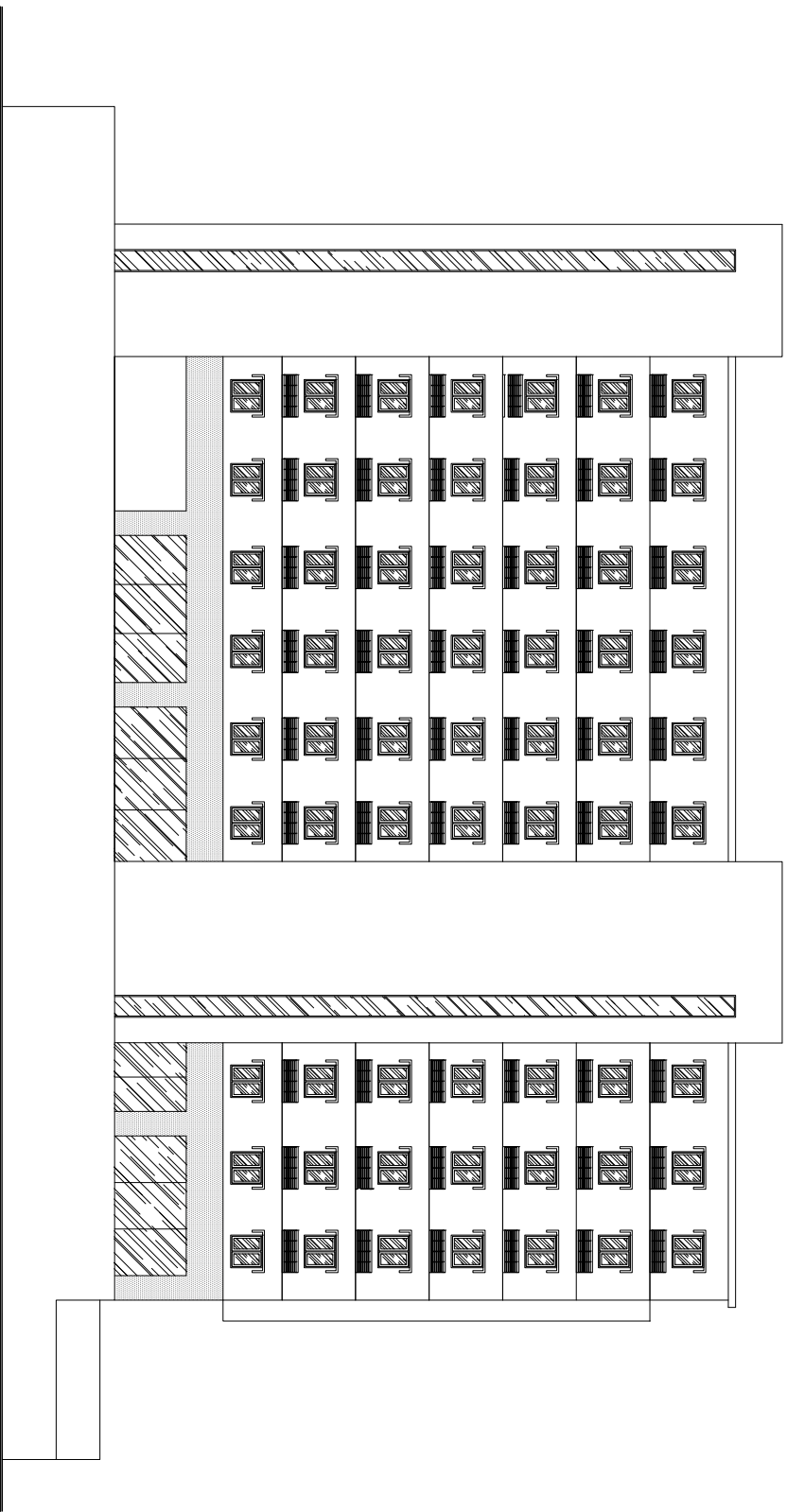
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember		INSTITUT / UNIVERSITAS	
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEKAGONAL CASTELLATED BEAM		JUDUL TUGAS AKHIR	
DENAH LT. ATAP		JUDUL GAMBAR	
1 : 200		SKALA	
PUTRI UTAMI AULIYAHANI NRP. 3115105011		DIGAMBAR	
Ir. JEPPI BERTALANDA, AS NRP. 1941031118001001 BHM SURABAYA ST. LT. ATAP NRP. 19730303199001002		DIPERIKSA	
KODE GBR ARS		REVISI	
NO. GBR 06		JUMLAH LBR 10	



## TAMPAK UTARA


Skala 1:200

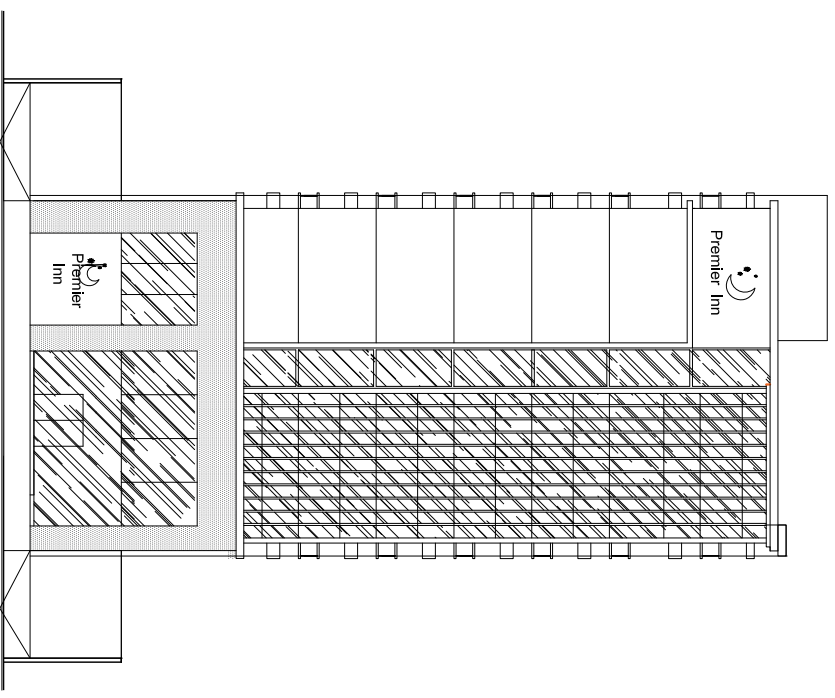
INSTITUT / UNIVERSITAS  Institut Teknologi Sepuluh Nopember	JUDUL TUGAS AKHIR MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM	JUDUL GAMBAR TAMPAK UTARA	SKALA 1 : 200	DIGAMBAR MAHASISWA : PUTRI UTAMA AULIYAHANI NRP. 3115105011	DIPERIKSA DOSEN PEMBIMBING : Ir. JEPPI BERTALANGA, AS NRP. 1941031118071001 BINA SARWANTO S.T., M.T., Ph.D. NRP. 19710303199061002	REVISI <table border="1"> <tr> <td>KODE GBR</td> <td>NO. GBR</td> <td>JUMLAH LBR</td> </tr> <tr> <td>ARS</td> <td>07</td> <td>10</td> </tr> </table>	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR	ARS	07	10
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR										
ARS	07	10										



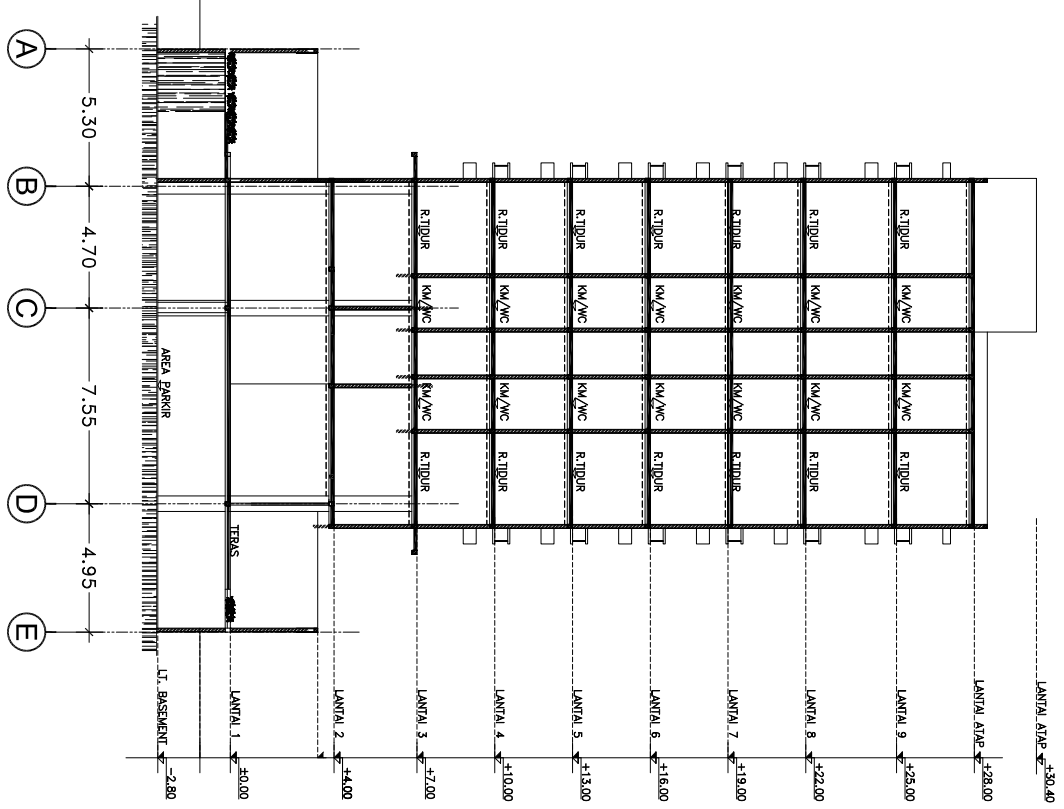
## TAMPAK SELATAN

Skala 1:200


 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember		INSTITUT / UNIVERSITAS	
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM		JUDUL TUGAS AKHIR	
TAMPAK SELATAN		JUDUL GAMBAR	
1 : 200		SKALA	
PUTRI UTAMI AYO CHAYANI NRP. 3115102011		DIGAMBAR :	
Ir. JEPPI BERTALANGA, AS NRP. 1941031118001001 BINA SIKRANTOS S.T., M.T., Ph.D. NRP. 19710303199001002		DOSEN PEMBIMBING :	
KODE GBR ARS		REVISI	
NO. GBR 08		JUMLAH LBR 10	

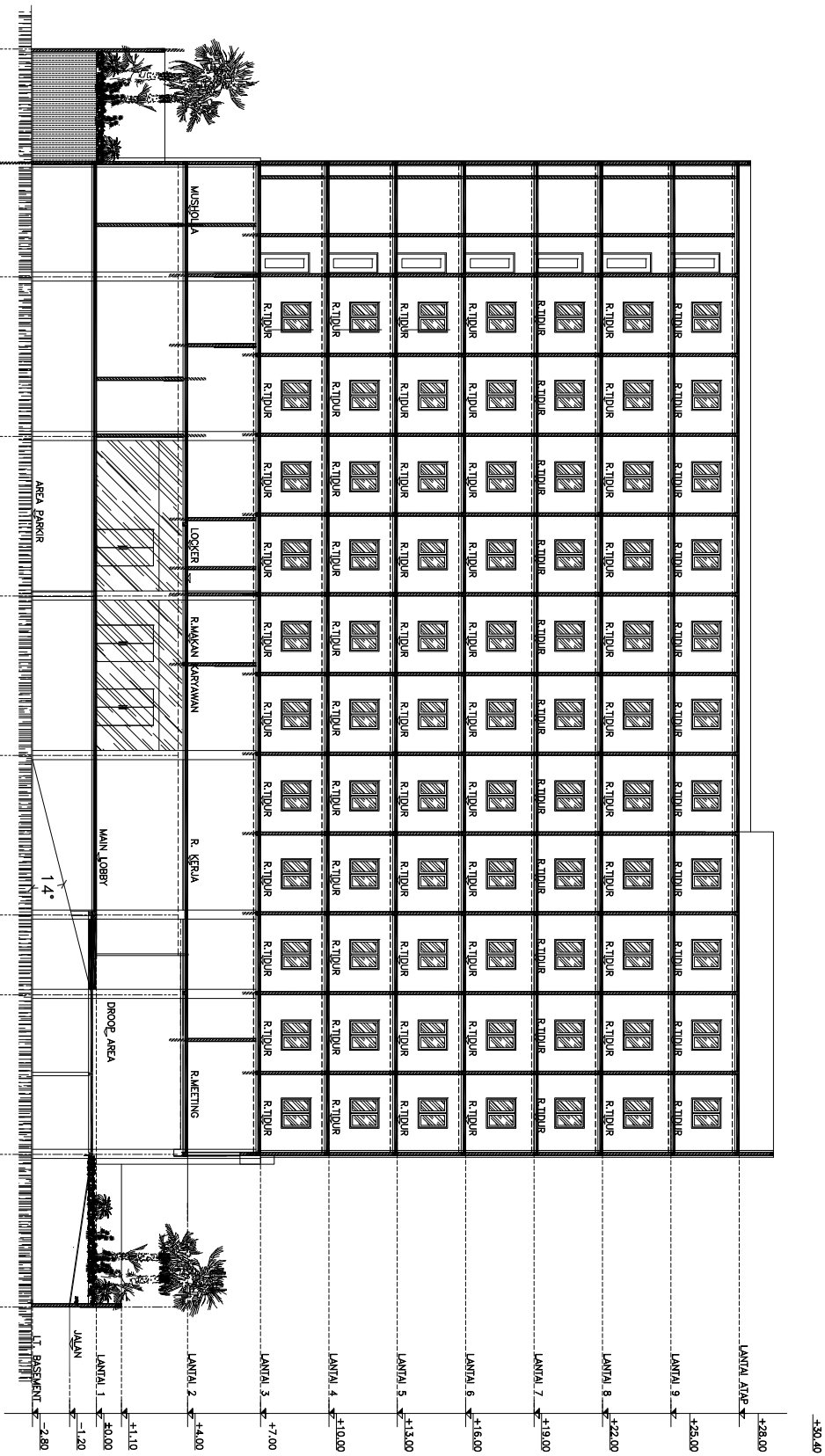


**TAMPAK TIMUR**  
Skala 1:200




**POTONGAN A-A**  
Skala 1:200

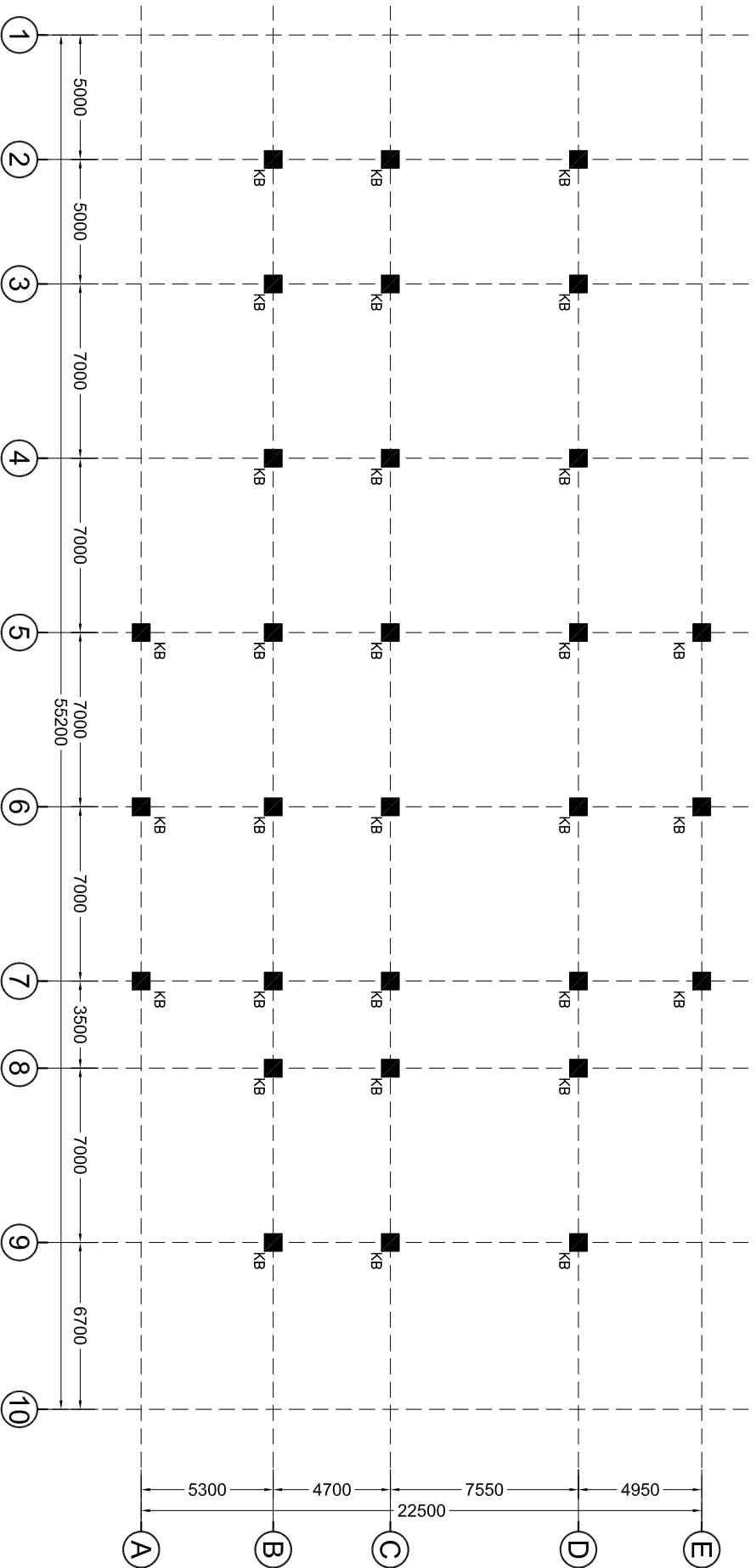
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember		INSTITUT / UNIVERSITAS	
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEKSAAGONAL CASTELLATED BEAM		JUDUL TUGAS AKHIR	
TAMPAK TIMUR & POTONGAN A-A		JUDUL GAMBAR	
1 : 200		SKALA	
PUTRI UTAMI AYO CHAYANI NRP. 3115105011		DIGAMBAR	
Ika JEPPI BERCELANTO, AS NRP. 1941031118001001 BIMBUNG MANTOS ET ALIF AD NRP. 1972030319006002		DOSEN PEMBIMBING :	
KODE GBR ARS		REVISI	
NO. GBR 09		JUMLAH LBR 10	



**POTONGAN B-B**  
Skala 1:200

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember		INSTITUT / UNIVERSITAS	
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM		JUDUL GAMBAR	
POTONGAN B-B		JUDUL TUGAS AKHIR	
1 : 200		SKALA	
PUTRI UTAMI AYO CHAYANI NRP. 3115105011		DIGAMBAR	
DR. JEPPI GUNDELLANTO, MS NRP. 194031118071001 BINA STRUKTUR 5, LK. 2 (A-D) NRP. 1973030390601002		DOSEN PEMBIMBING	
KODE GBR		REVISI	
A85		NO. GBR	
10		JUMLAH LBR	
10		10	




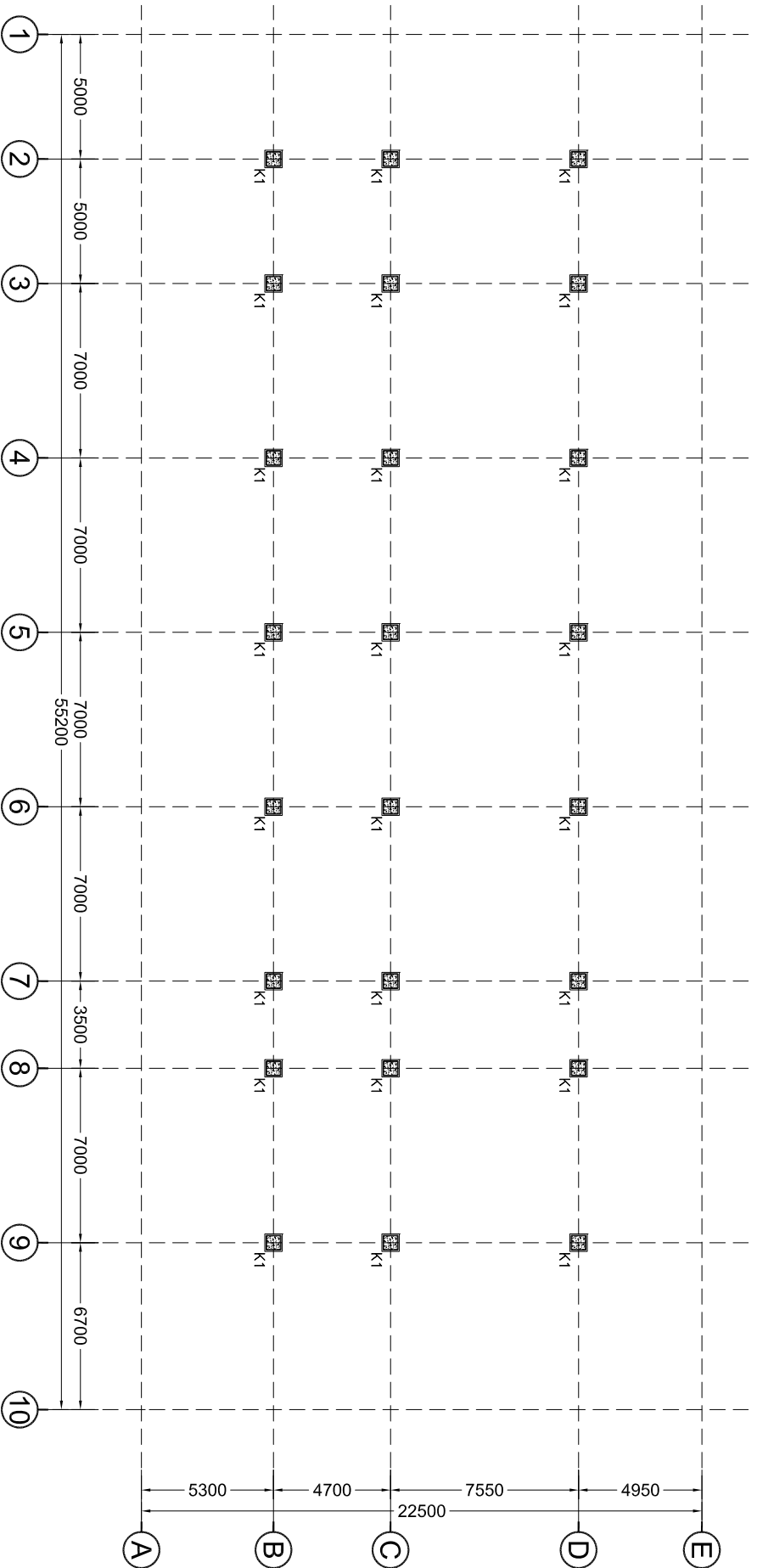


## DENAH KOLOM LT.SEMI BASEMENT

Skala 1:250

KETERANGAN	
KB	KOLOM BETON 1000X1000


 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	INSTITUT / UNIVERSITAS
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM	JUDUL, TUGAS AKHIR
DENAH KOLOM LT.SEMI BASEMENT	JUDUL GAMBAR
1 : 250	SKALA
PUTRI UTAMI AULI CHAYANI NRP. 3115105011	DIGAMBAR
Ir. JEPPI BERTALINGA, AS NRP. 194103118070101 BINA STRUKTUR & LIT. BLD NRP. 1971030390601002	DOSEN PEMBIMBING :
KODE GBR STR	NO. GBR 01
JUMLAH LBR 20	REVISI

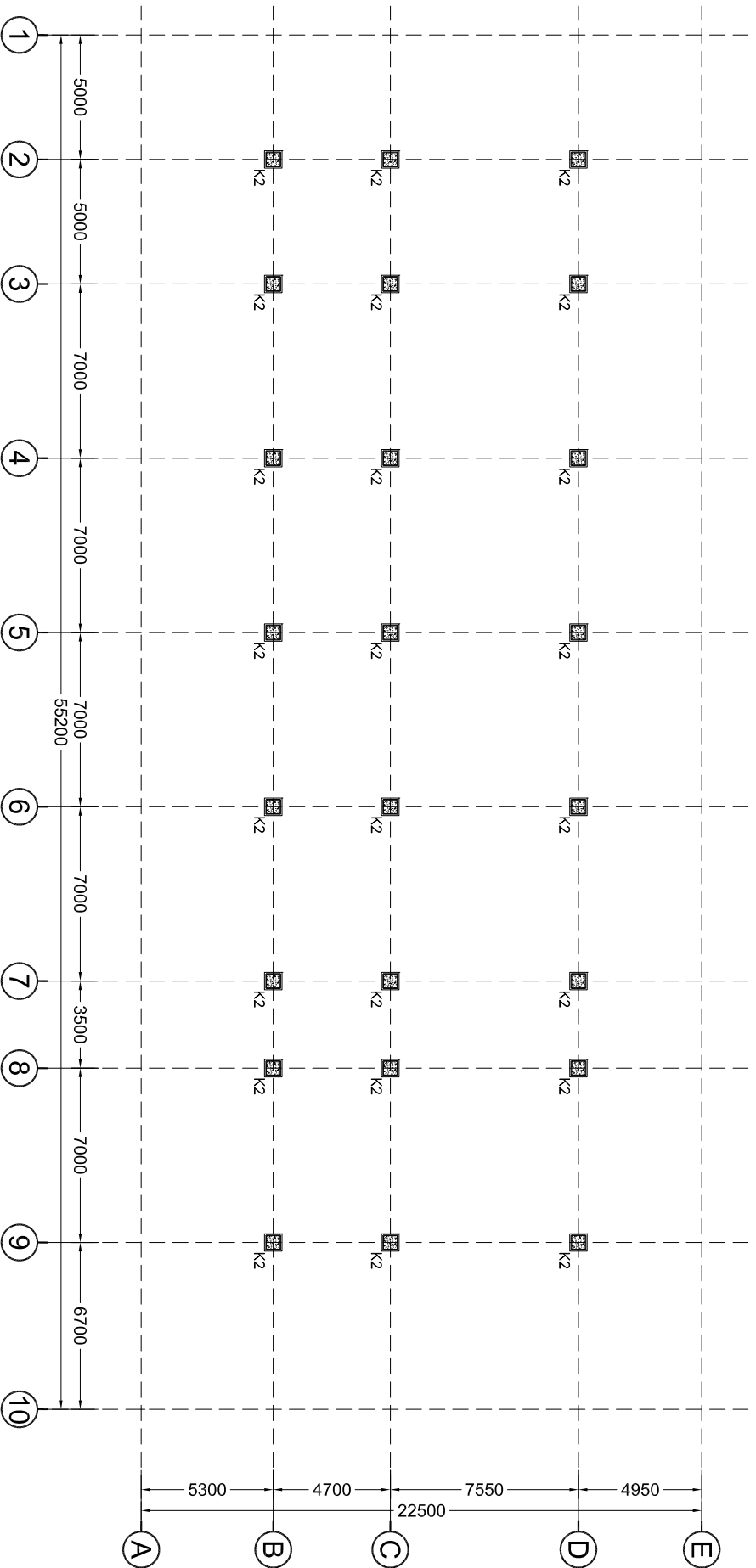


## DENAH KOLOM LT.1-4

Skala 1:250

KETERANGAN	
K1	KOLOM HSS 700X700X25X25


 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember		INSTITUT / UNIVERSITAS	
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM		JUDUL GAMBAR	
DENAH KOLOM LT.1-4		SKALA	
1 : 250		DIGAMBAR	
PUTRI ULMA AYO CHAYANI NRP. 3115105011		MAHASISWA :	
Ir. JEPPIREK RUCIJANTO, M.Eng. NIP. 19610311198031001 BUDISUSANTO, S.T., M.T., Ph.D. NIP. 197303031980621002		DOSEN PEMBIMBING :	
KODE GBR		REVISI	
STR		NO. GBR	
02		JUMLAH LBR	
20			

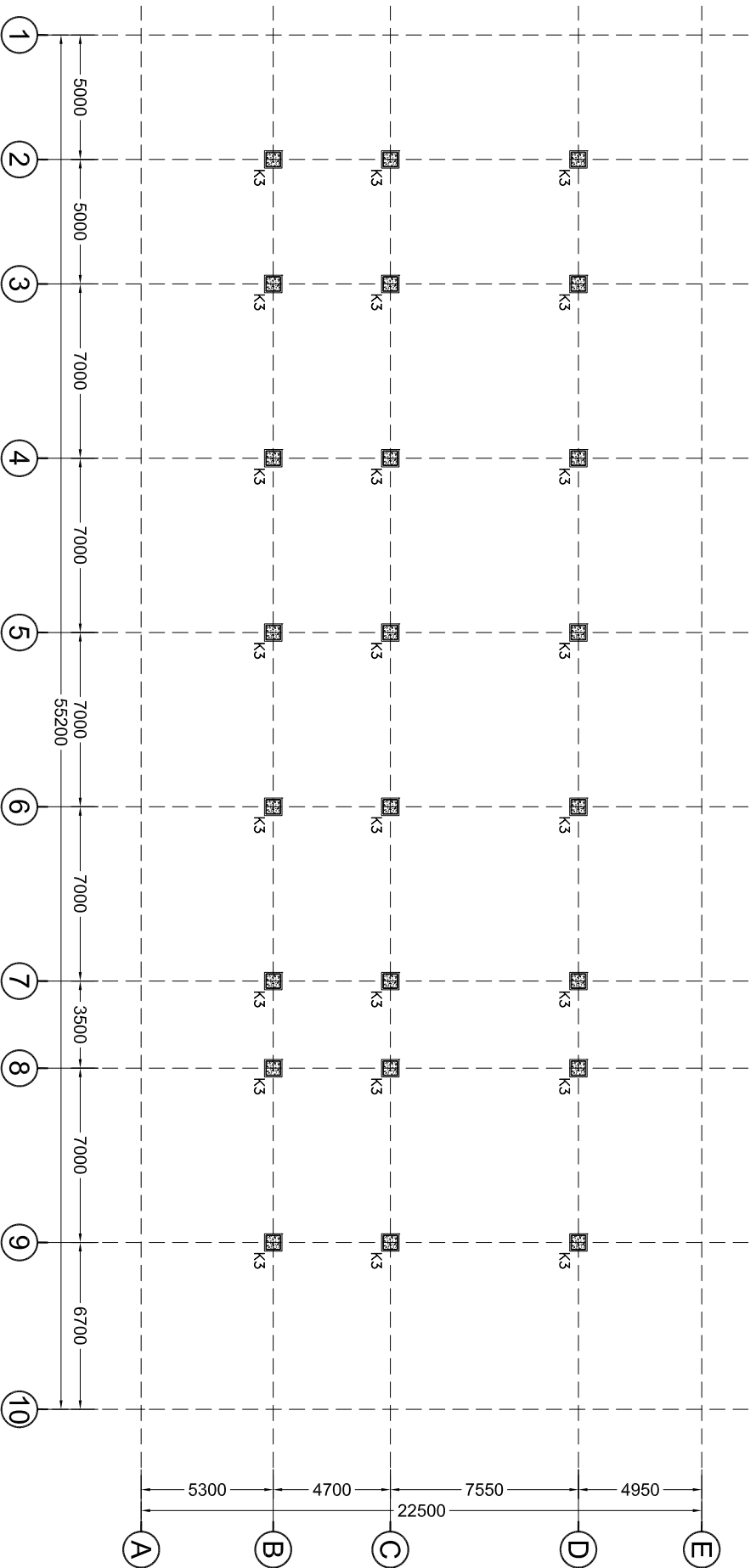


## DENAH KOLOM LT.5-7

Skala 1:250

KETERANGAN
K2   KOLOM HSS 650X650X22X22


 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	INSTITUT / UNIVERSITAS
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEKAGONAL CASTELLATED BEAM	JUDUL TUGAS AKHIR
DENAH KOLOM LT.5-7	JUDUL GAMBAR
1 : 250	SKALA
PUTRI UTAMI AULI CHAYANI NRP. 3115105011	DIGAMBAR MAHASISWA :
Ir. JEPPI BERTALANTA, AS NRP. 194031118071001 BINA SIKRANTO S.T., M.T., Ph.D NRP. 19730303199061002	DOSEN PEMBIMBING :
KODE GBR STR	NO. GBR 03
JMLAH LBR 20	

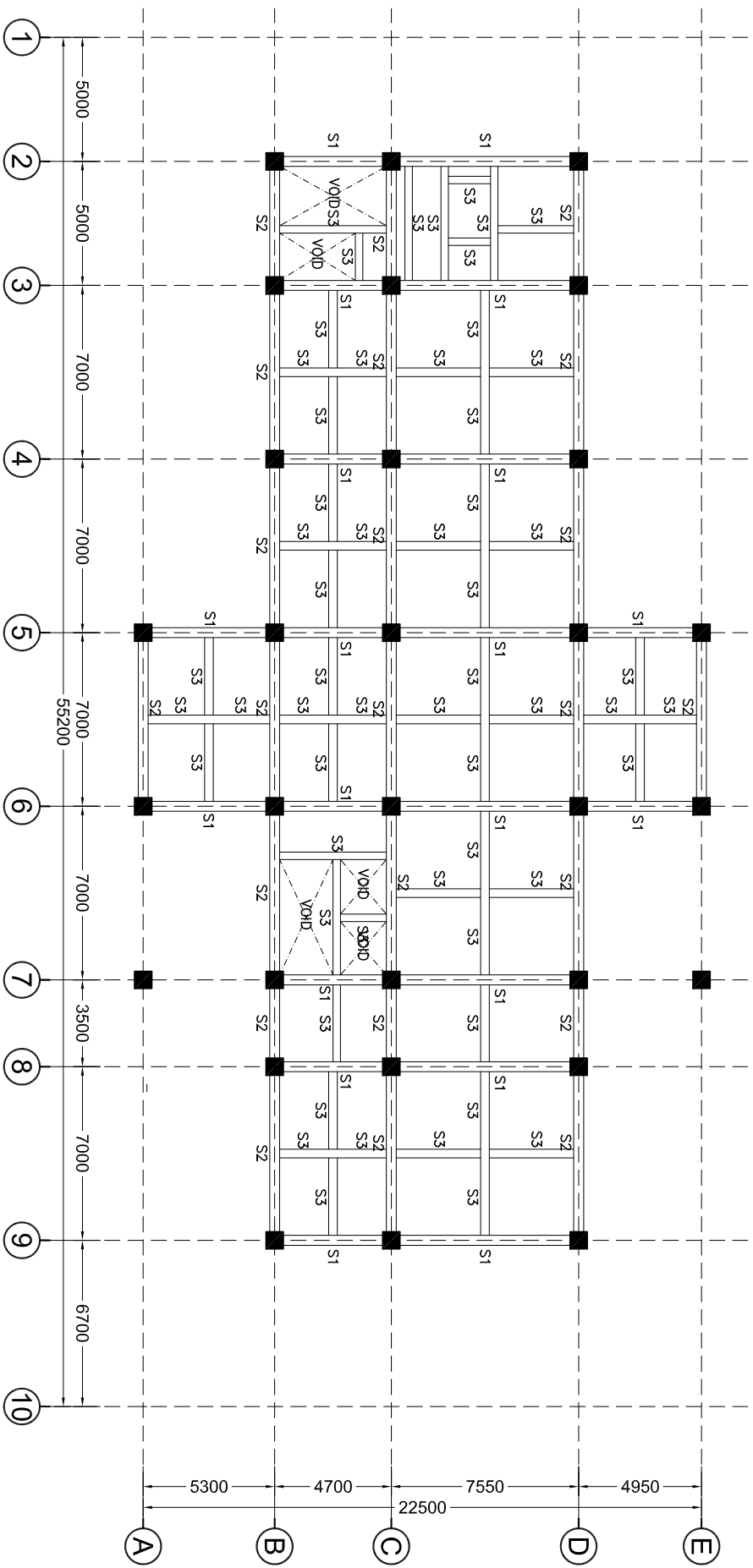


## DENAH KOLOM LT.8-10

Skala 1:250

KETERANGAN
K3   KOLOM HSS 600X600X19X19


 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	INSTITUT / UNIVERSITAS	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEKAGONAL CASTELLATED BEAM	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	DENAH KOLOM LT.8-10	SKALA	1 : 250	DIGAMBAR	MAHASISWA : PUTRI UTAMI AYO CHAYANI NRP. 3115105011	DIVERIFKA	DOSEN PEMBIMBING : Ir. JEPPI BERTALANGA, AS NRP. 194103118070101 BINA SARWANTO S.T., M.T., Ph.D NRP. 1971030390601002	KODE GBR	STR	NO. GBR	04	JUMLAH LBR	20
--	------------------------	---	-------------------	--------------	---------------------	-------	---------	----------	---	-----------	---	----------	-----	---------	----	------------	----

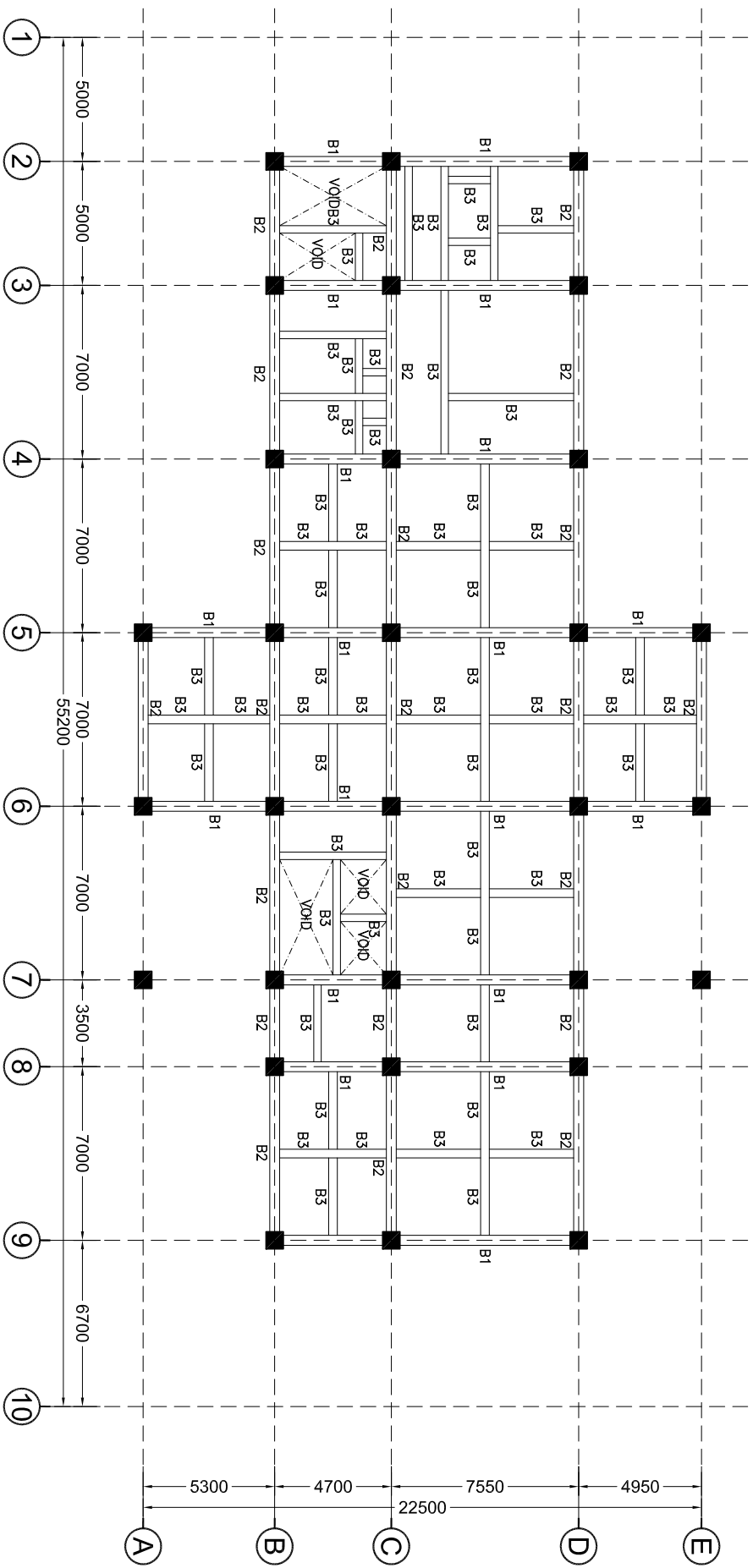


# DENAH SLOOF

Skala 1:250

KETERANGAN	
S1	SLOOF 450X650
S2	SLOOF 400X600
S3	SLOOF 250X350


 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	INSTITUT / UNIVERSITAS
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM	JUDUL / TUGAS AKHIR
DENAH SLOOF	JUDUL GAMBAR
1 : 250	SKALA
PUTRI UTAMI AULI CHAYANI NRP. 3115105011	DIGAMBAR
Ir. JEPPI BERTALANDA, AS NRP. 194031118071001 BINA SARWANTO S. I.T. (R.D) NRP. 1973030390601002	DOSEN PEMBIMBING :
KODE GBR STR	NO. GBR 05
JMLAH LBR 20	REVISI

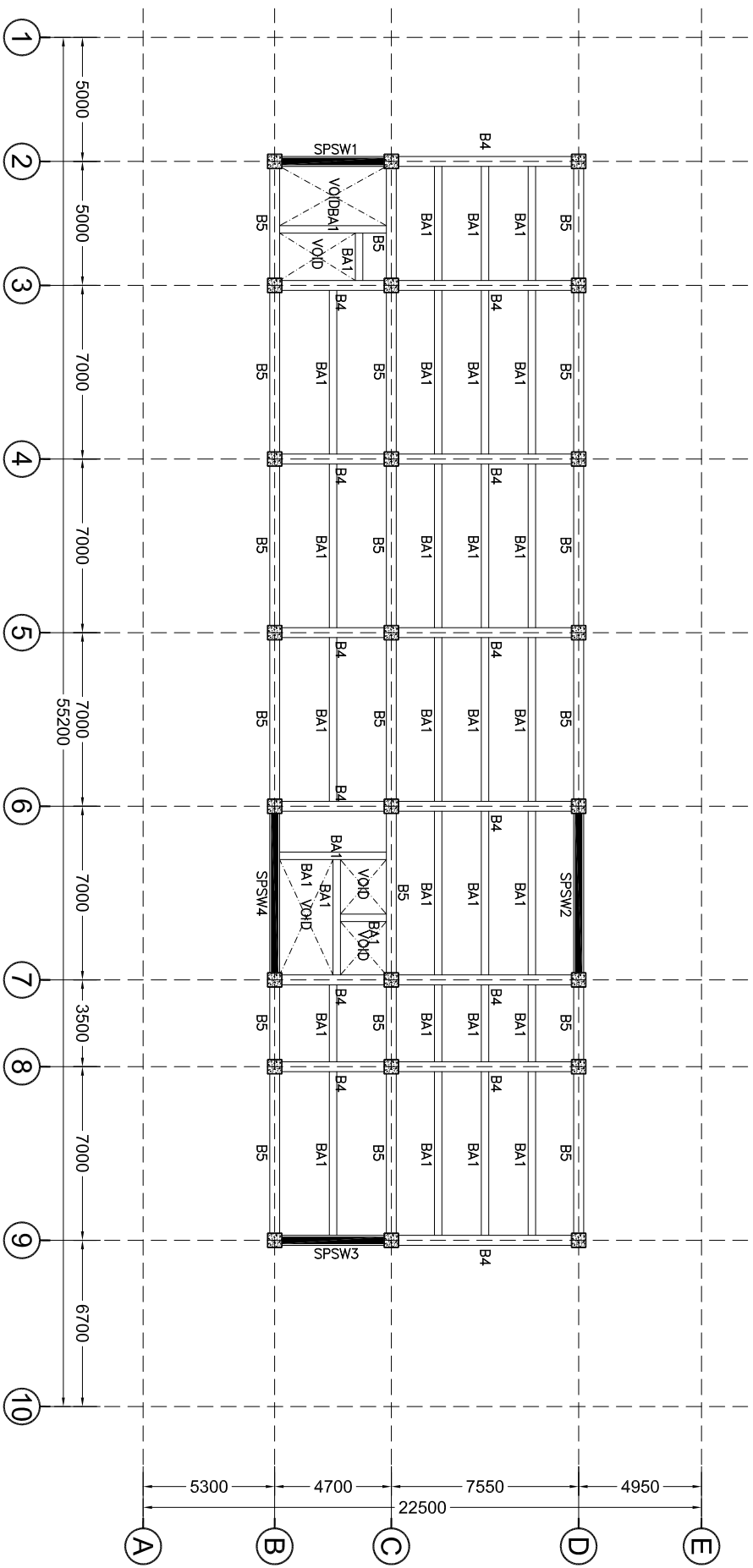


# DENAH BALOK LT.1

Skala 1:250

KETERANGAN	
B1	BALOK BETON 450X650
B2	BALOK BETON 400X600
B3	BALOK BETON 250X350


 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	INSTITUT / UNIVERSITAS
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM	JUDUL / TUGAS AKHIR
DENAH BALOK LT.1	JUDUL GAMBAR
1 : 250	SKALA
PUTRI UTAMI AULI CHAYANI NRP. 3115105011	DIGAMBAR MAHASISWA :
Ir. JEPPI BERTALANTA, AS NRP. 194103118071001 BINA SARWANTO S. I.T. (R.D) NRP. 1971030390601002	DOSEN PEMBIMBING :
KODE GBR STR	NO. GBR 06
JMLAH LBR 20	

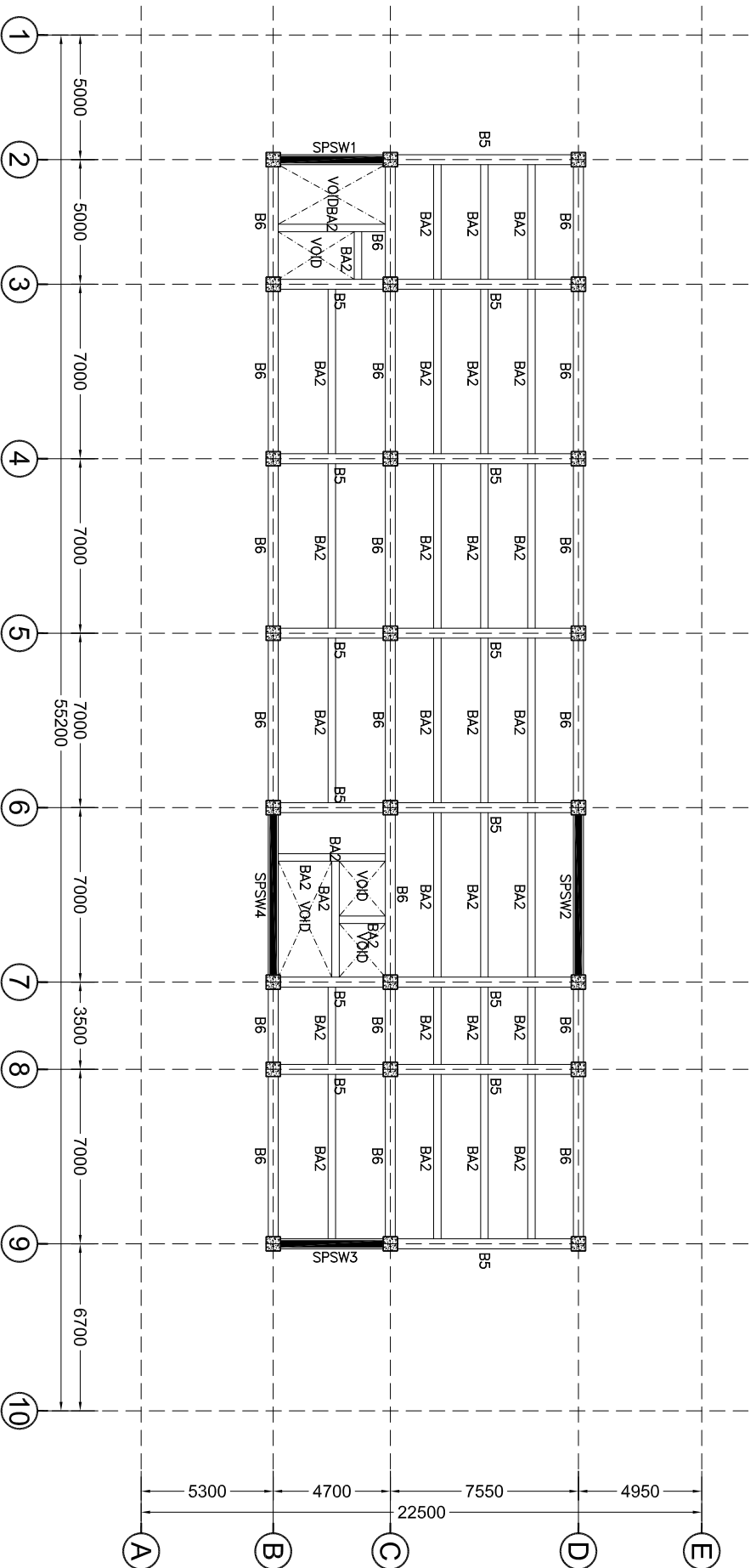


# DENAH BALOK LT.2-10

Skala 1:250

KETERANGAN	
B4	BALOK CASTELLATED 600X400X1.3X2.1
B5	BALOK CASTELLATED 525X350X1.2X1.9
BA1	BALOK 350X175X7X11


 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	INSTITUT / UNIVERSITAS
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM	JUDUL / TUGAS AKHIR
DENAH BALOK LT.2-10	JUDUL GAMBAR
1 : 250	SKALA
PUTRI UTAMI AYO CHAYANI NRP. 3115105011	DIGAMBAR
Ir. JEPPI BERTALINGA, AS NRP. 194103118071001 BINA SARWANTO S. I.T. (S.D) NRP. 19730303996021002	DOSEN PEMBIMBING :
KODE GBR	REVISI
STR	NO. GBR
	07
	JUMLAH LBR
	20



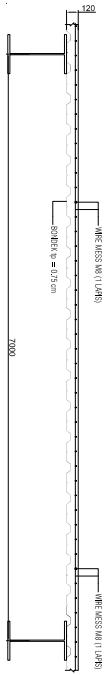
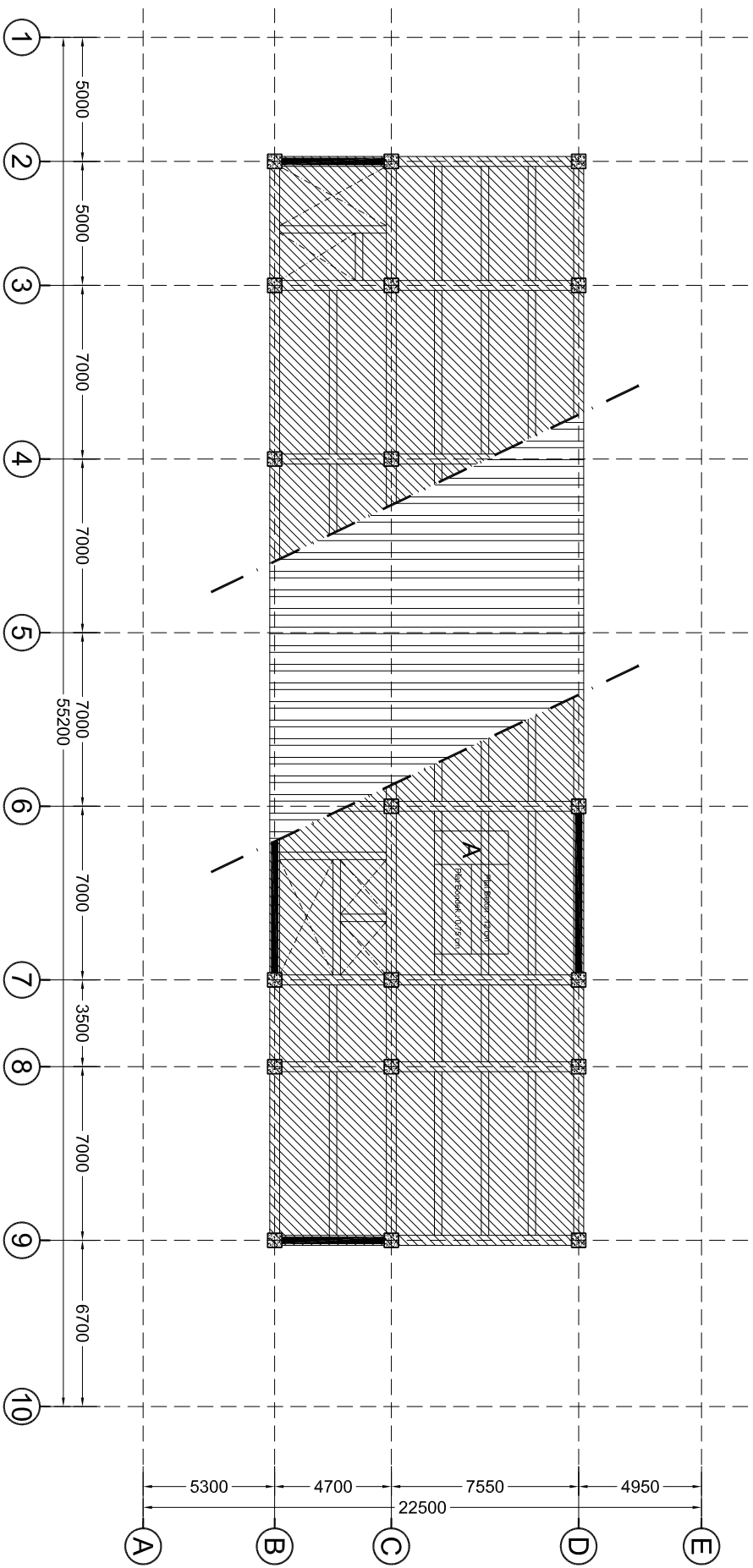
## DENAH BALOK Lt. Atap

Skala 1:250

KETERANGAN	
B5	BALOK CASTELLATED 525X350X12X19
B6	BALOK CASTELLATED 450X300X10X15
BA2	BALOK 300X150X6.5X11

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	INSTITUT / UNIVERSITAS
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM	JUDUL / TUGAS AKHIR
DENAH BALOK LT. ATAP	JUDUL GAMBAR
1 : 250	SKALA
PUTRI UTAMI AULI CAHYANI NRP. 3115105011	DIGAMBAR MAHASISWA :
Ir. JEPPI BERTALANGA, AS NRP. 19403118071001 BINA STRUKTUR 5E, LIT. AS.D NRP. 1973030939061002	DOSEN PEMBIMBING :
KODE GBR : STR NO. GBR : 08 JUMLAH LBR : 20	REVISI






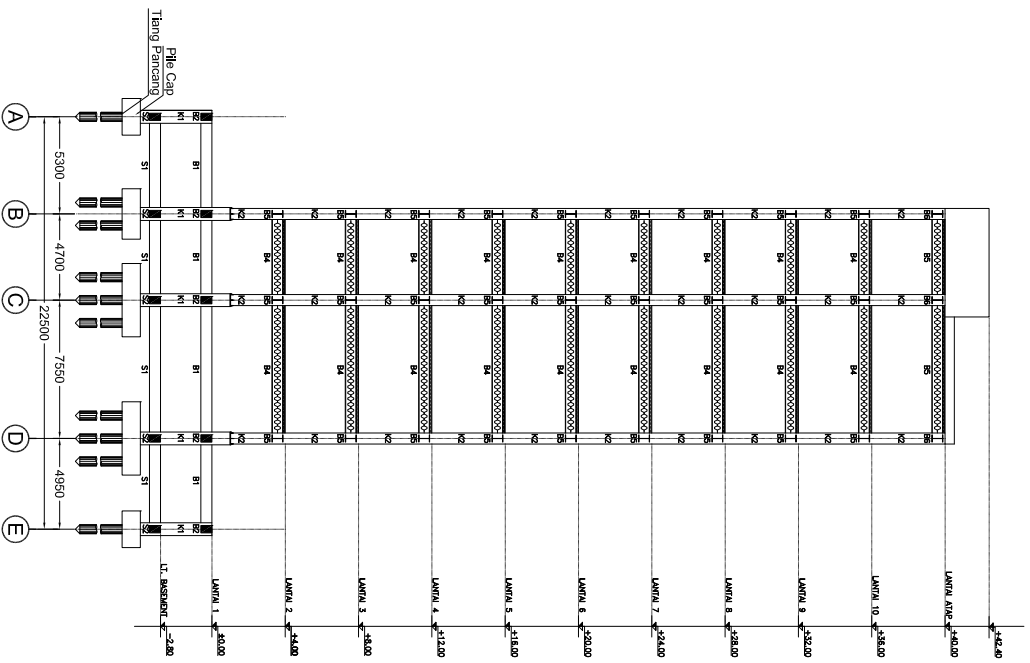
**DETAIL PLAT BONDEK**

Skala 1:30

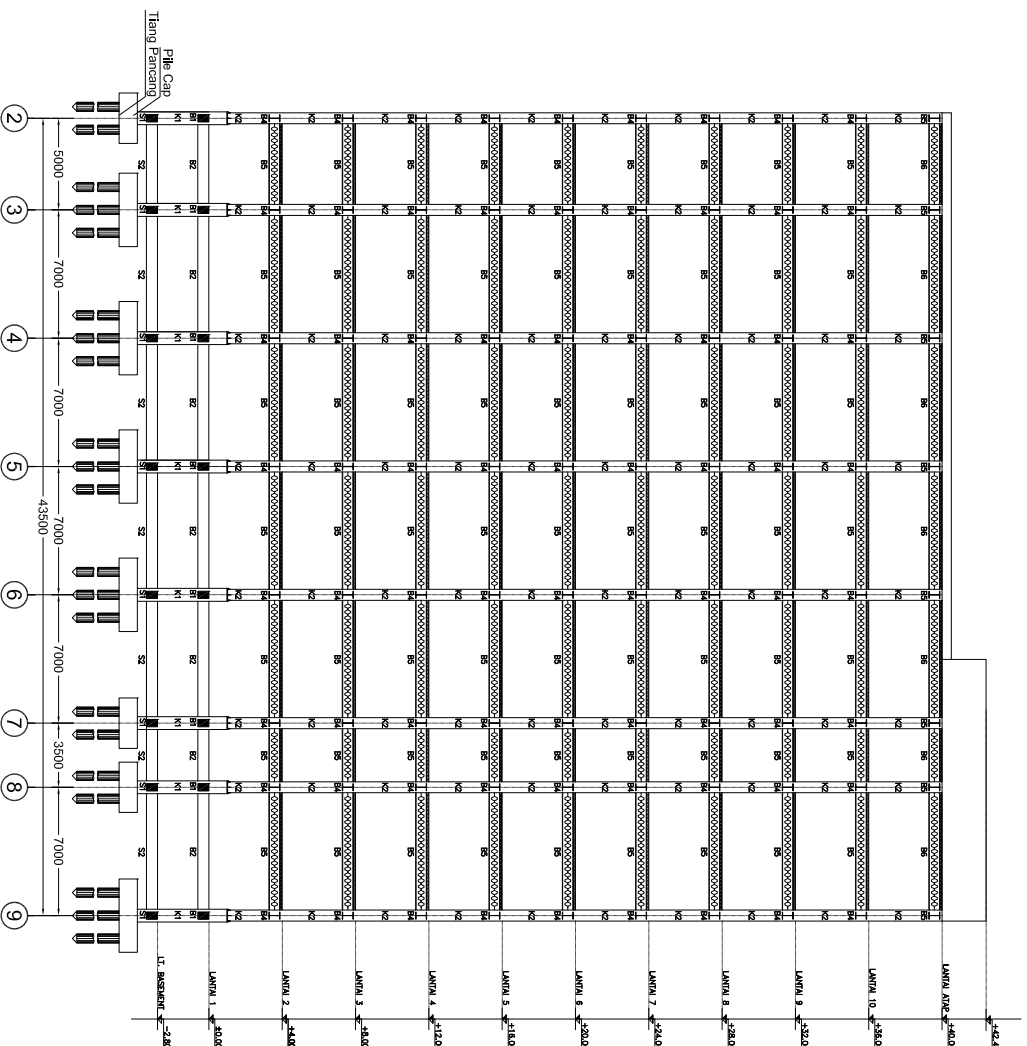
**DENAH PLAT LANTAI**

Skala 1:250


 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember		INSTITUT / UNIVERSITAS	
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM		JUDUL TUGAS AKHIR	
DENAH PLAT LANTAI DETAIL PLAT BONDEK		JUDUL GAMBAR	
1 : 250 1 : 30		SKALA	
PUTRI UTAMI AYO CHAYANI NRP. 3115105011		DIGAMBAR	
Ir. JEPPI BERTALANTA, AS NRP. 194103118071001 BINA STRUKTUR & LIT. BLD NRP. 1971030390601002		DOSEN PEMBIMBING	
KODE GBR STR		REVISI	
NO. GBR 09		JUMLAH LBR 20	

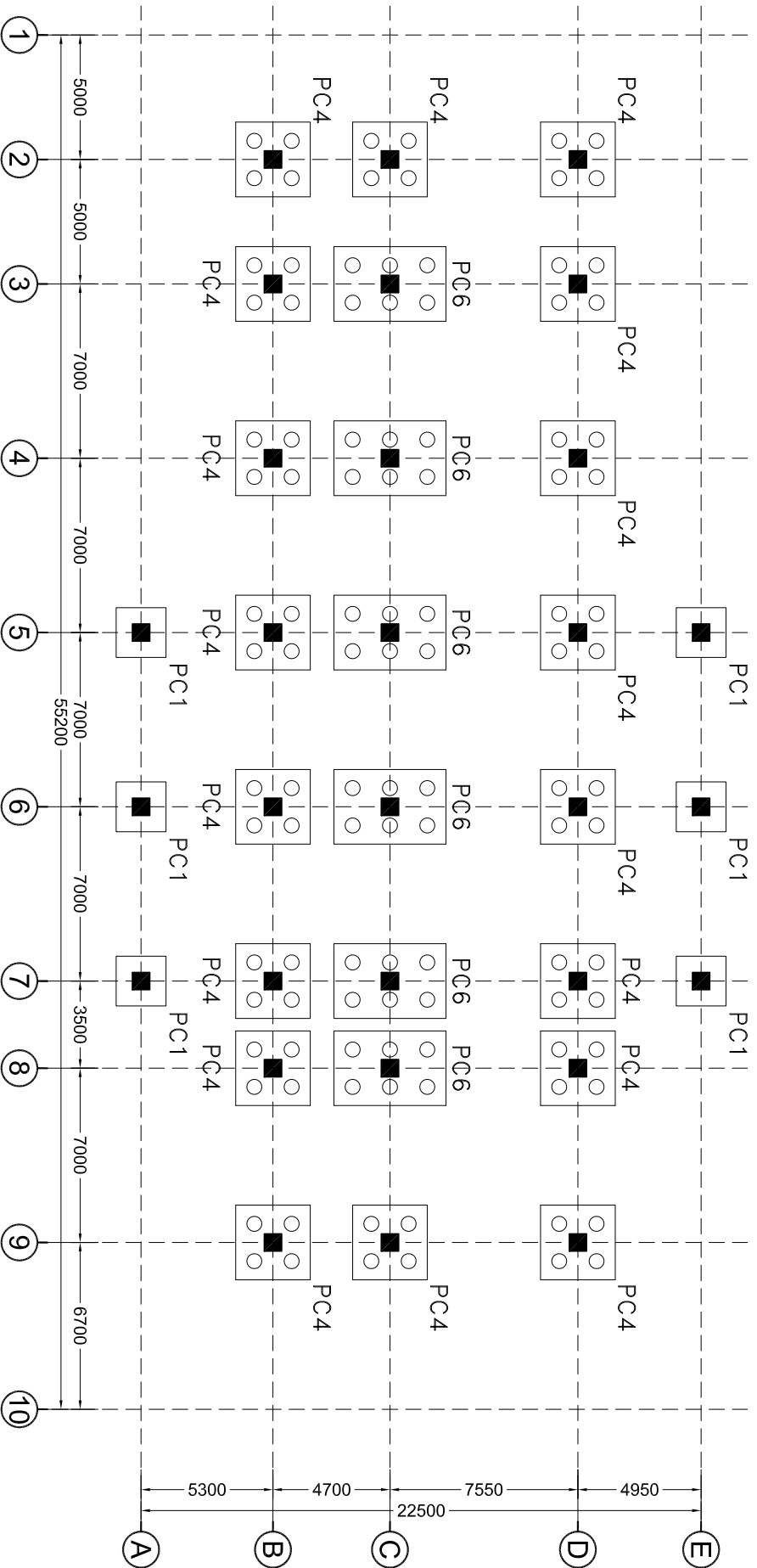


**PORTALAS-5**  
Skala 1:400



**PORTALAS-C**  
Skala 1:400

 <p>INSTITUT / UNIVERSITAS <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember</p>	<p>JUDUL TUGAS AKHIR</p> <p>MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM</p>	<p>JUDUL GAMBAR</p> <p>PORTAL AS-5 &amp; PORTAL AS-C</p>	<p>SKALA</p> <p>1 : 400</p>	<p>DIGAMBAR</p> <p>MAHASISWA : PUTRI UTAMI AYO CHAYANI NRP. 3115105011</p>	<p>DIPERIKSA</p> <p>DOSEN PEMBIMBING : Ir. HERYN BERDEJANTO, AS NIP. 1941031198701001 BIMB. SURVIVANT &amp; I.T. F.A.D NIP. 19730309199601002</p>	<p>REVISI</p> <table border="1"> <tr> <td>KODE GBR</td> <td>NO. GBR</td> <td>JUMLAH LBR</td> </tr> <tr> <td>STR</td> <td>10</td> <td>20</td> </tr> </table>	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR	STR	10	20
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR										
STR	10	20										

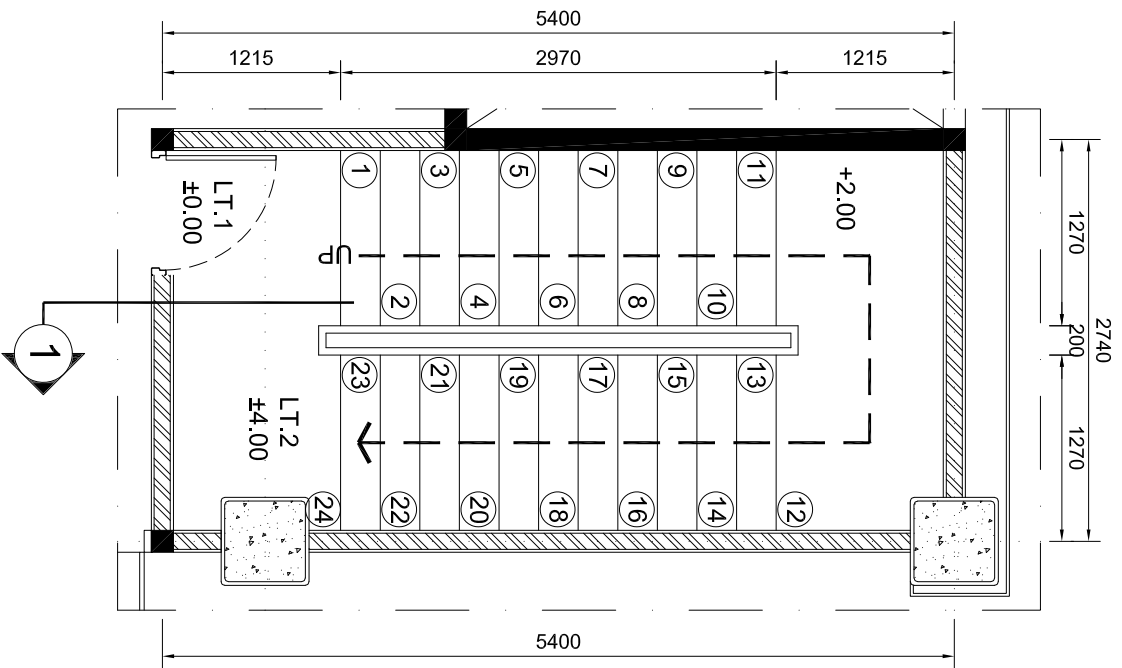


## DENAH PONDASI

Skala 1:250

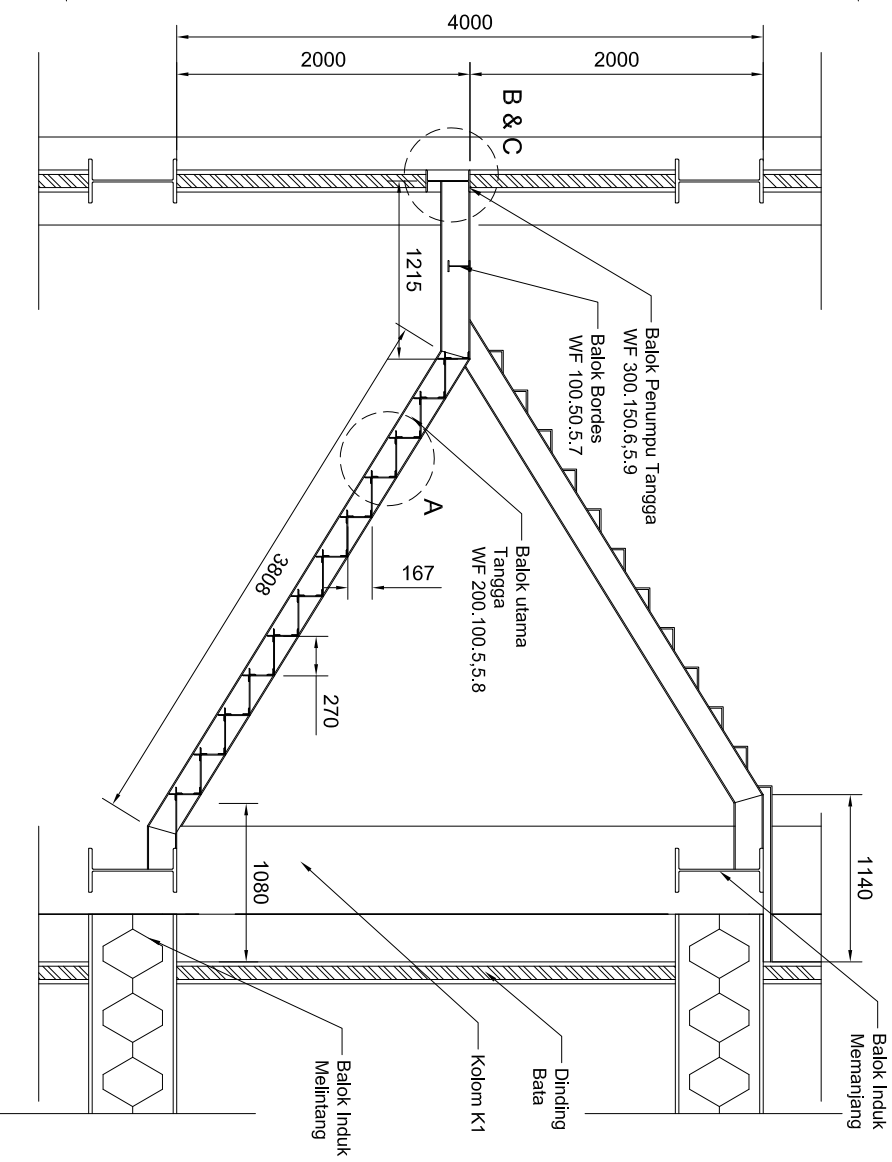
NOTASI	KETERANGAN
	PC1 1500x1500x500 Bore Pile #600-15000
	PC4 3000x3000x500 Bore Pile 4-#600-15000
	PC6 3000x4500x500 Bore Pile 6-#600-15000

	INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR
		MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM	DENAH PONDASI
	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA
	1 : 250	MAHASISWA :	DOSEN PEMBIMBING :
		PUTRI UTAMI AYO CHAYANI NRP. 3115105011	Ir. JEPPI BERTILANTO, AS NRP. 194103118071001 BIRM. SIKHANTO S. IAT. Ph.D NRP. 1973030390601002
	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
	STR	11	20



### DENAH TANGGA

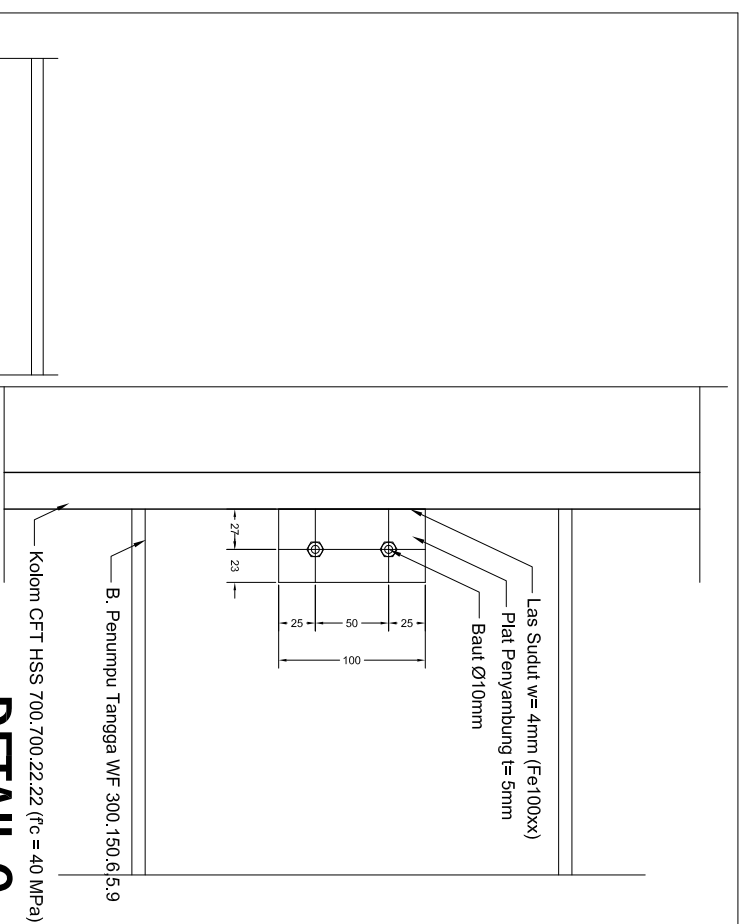
Skala 1:50



### POTONGAN 1

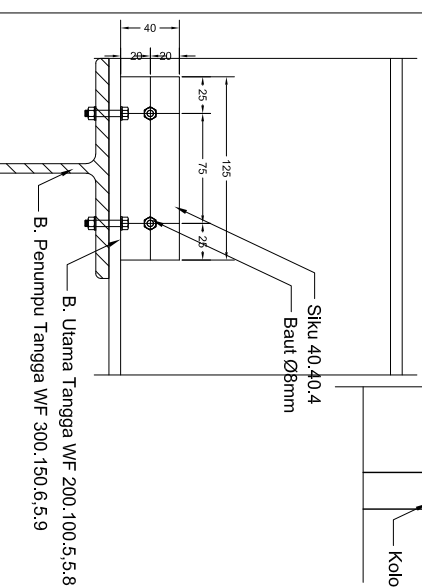
Skala 1:50

INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI						
ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM	DENAH TANGGA & POTONGAN 1	1 : 50	PUTRI UTAMI AYO CHAYANI NRP. 3115105011	Dr. JEPPI WIDYANANDA, M.Eng NRP. 194031118071001 BIMB. SURYANTO S.T., M.T., Ph.D NRP. 197303028199061002	<table border="1"> <tr> <th>KODE GBR</th> <th>NO. GBR</th> <th>JUMLAH LBR</th> </tr> <tr> <td>STR</td> <td>12</td> <td>20</td> </tr> </table>	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR	STR	12	20
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR										
STR	12	20										



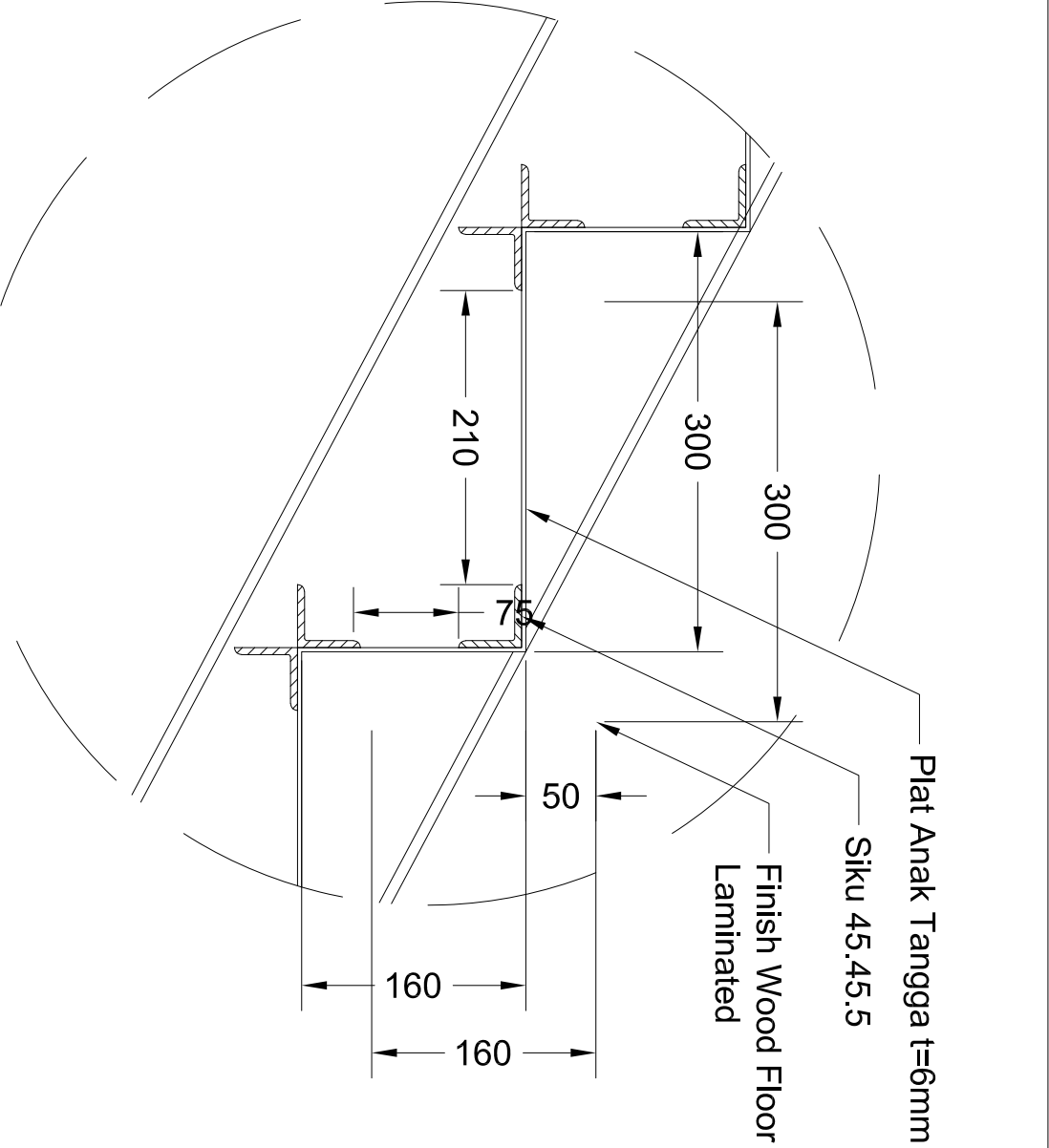
### DETAIL C

Skala 1:5




### DETAIL B

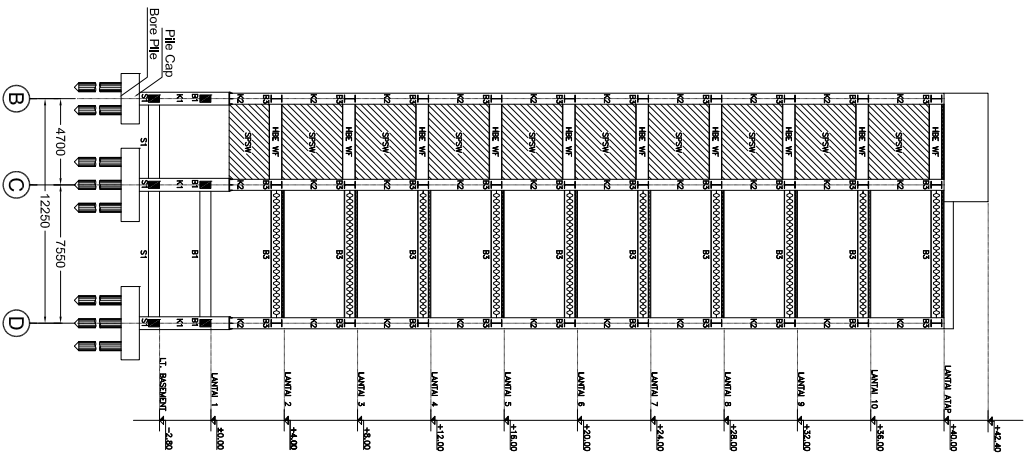
Skala 1:5



### DETAIL A

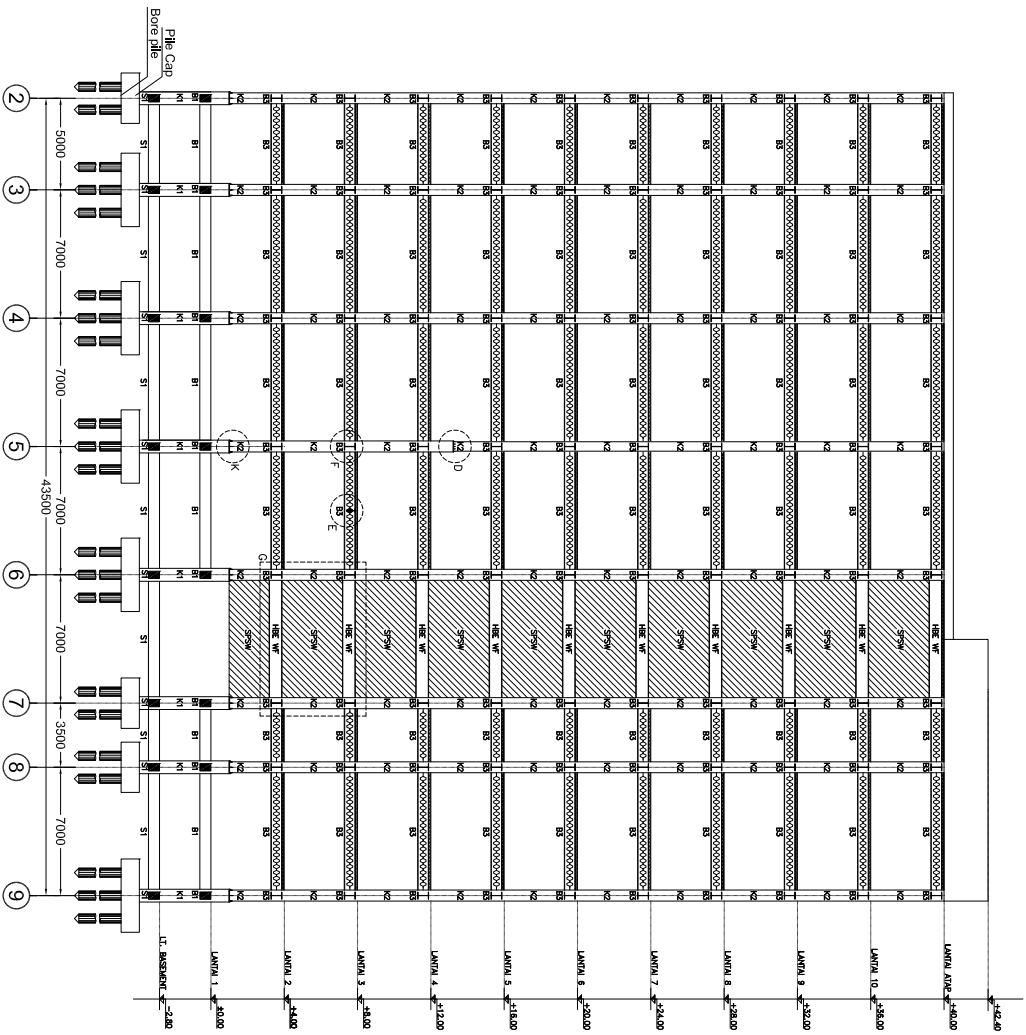
Skala 1:5

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember		INSTITUT / UNIVERSITAS	
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEKAGONAL CASTELLATED BEAM		JUDUL TUGAS AKHIR	
DETAIL A, B, C		JUDUL GAMBAR	
1 : 5		SKALA	
PUTRI UTAMI AULI CHAYANI NRP. 3115105011		DIGAMBAR	
Ir. JEREMIAH BERTALANTA, AS NRP. 1941031118071001 BIRM. SURABAYA ST. JKT. BR. D NRP. 19730303198061002		DIPERIKSA	
KODE GBR STR		REVISI	
NO. GBR 13		JUMLAH LBR 20	




### PORTALAS-2

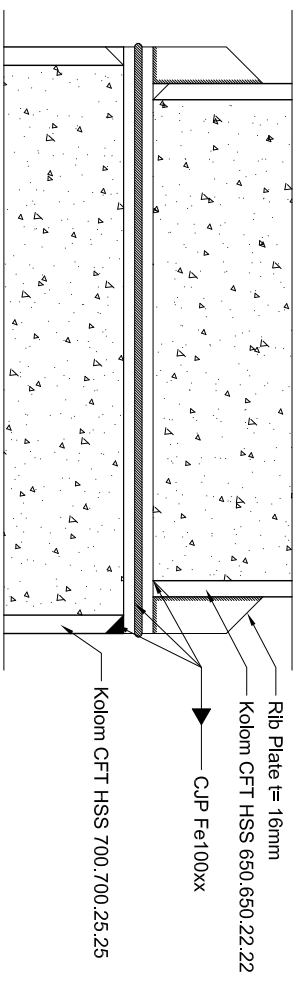
Skala 1:400



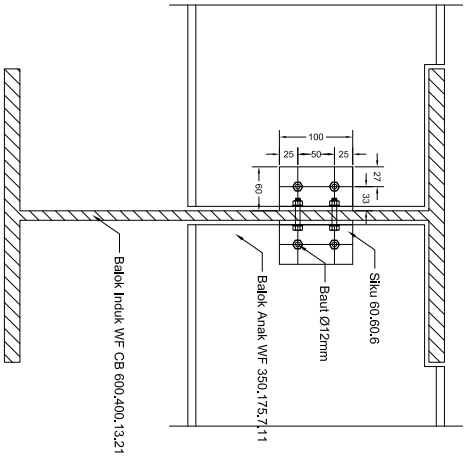
### PORTALAS-B

Skala 1:400

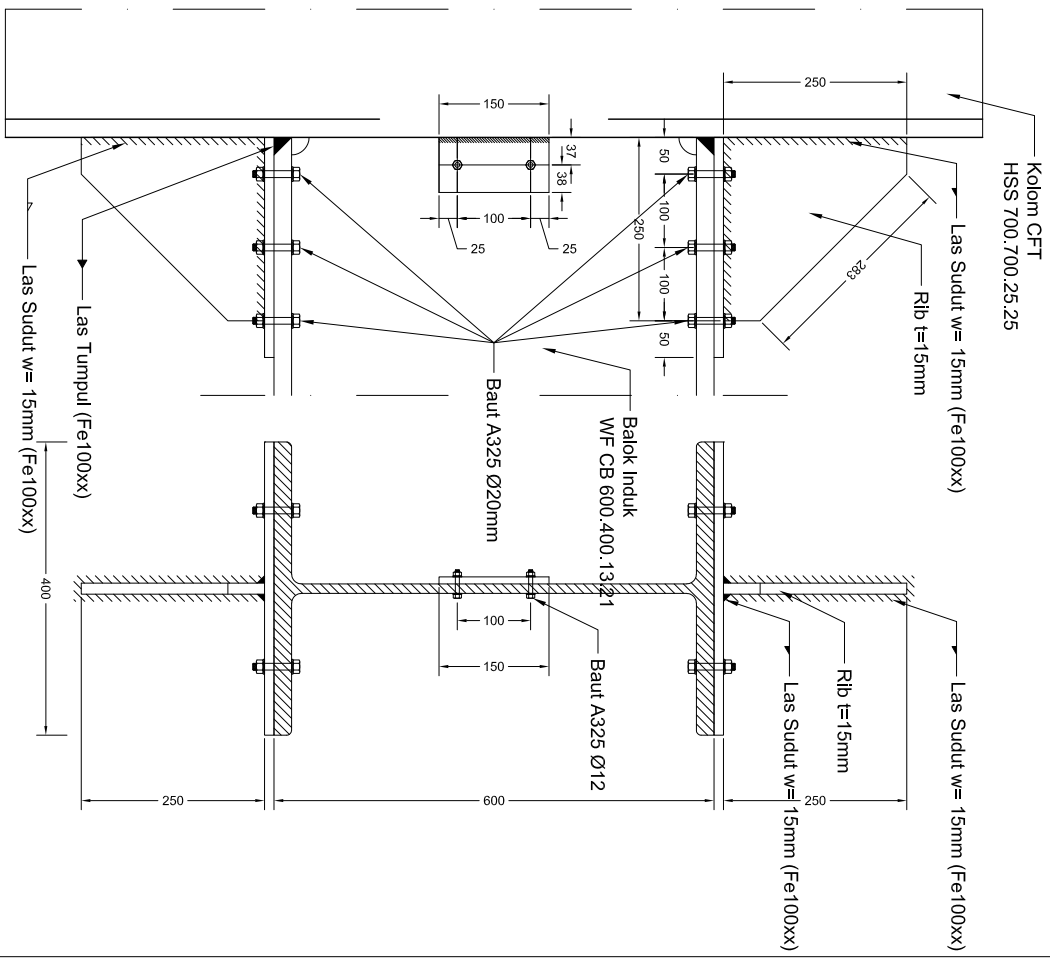
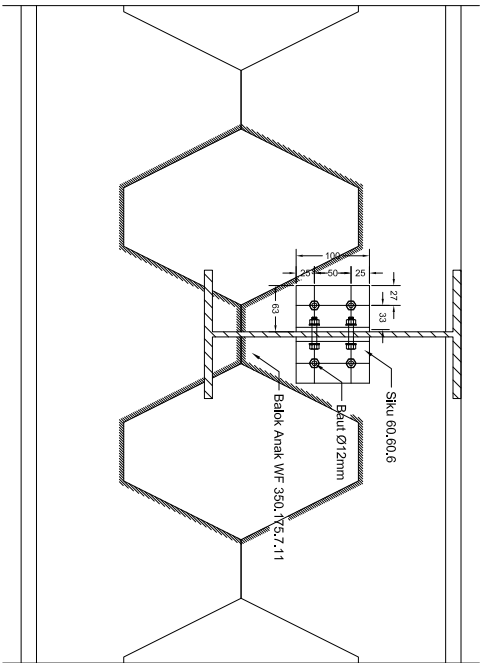
 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember		INSTITUT / UNIVERSITAS
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM		JUDUL TUGAS AKHIR
PORTAL AS-2 & PORTAL AS-B		JUDUL GAMBAR
1 : 400		SKALA
PUTRI UTAMA AYO CHAYANI NRP. 3115105011		DIGAMBAR
Ir. JERRY BERDELLANTO, M.Eng. NRP. 194031118071001 BIRM. SURABAYA 51, JLT. RAJ. D NRP. 19730303199061002		DIPERIKSA
KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
STR	14	20



**28** DETAIL D  
SKALA 1 : 10

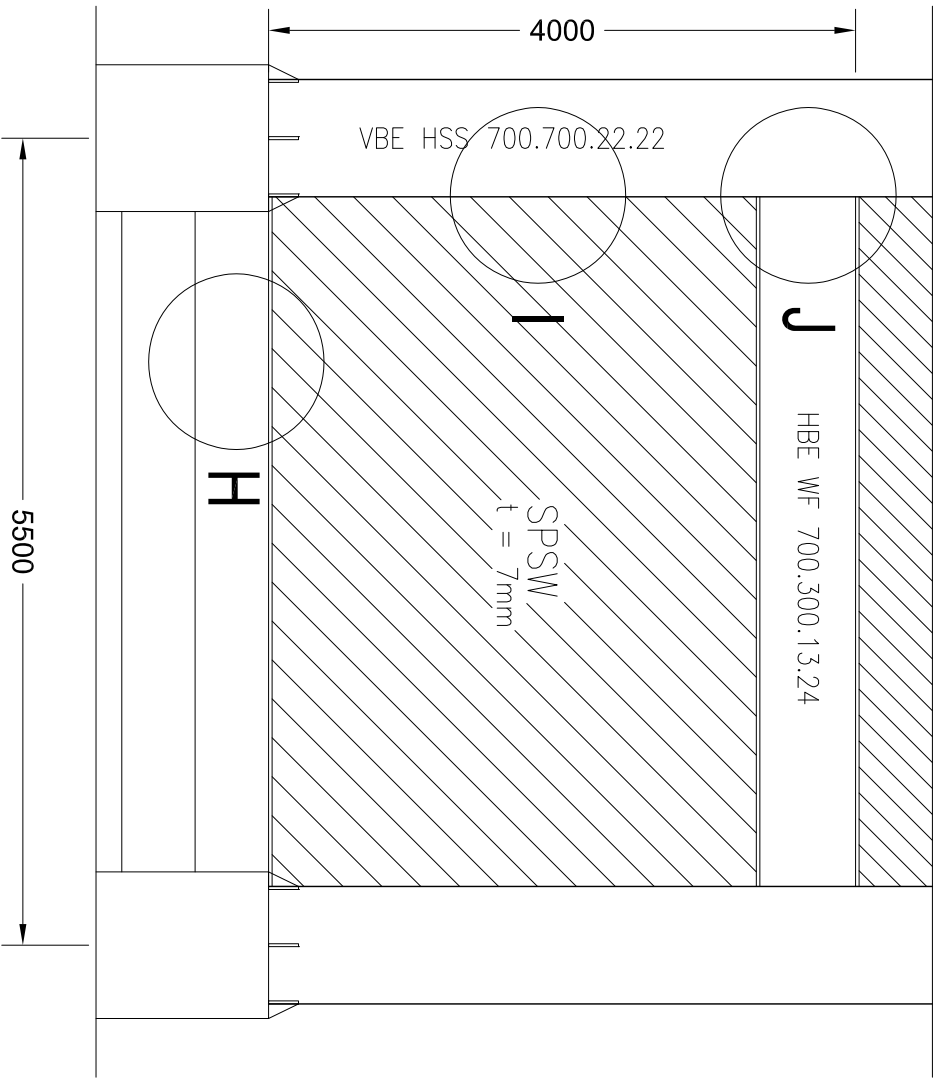


**29** DETAIL E  
SKALA 1 : 5

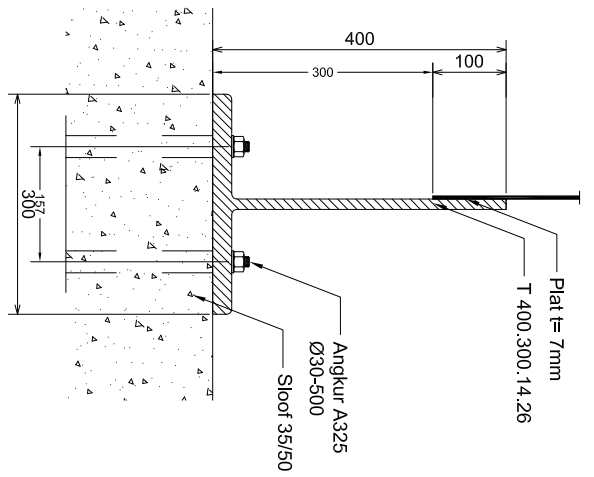


**30** DETAIL F  
SKALA 1 : 10

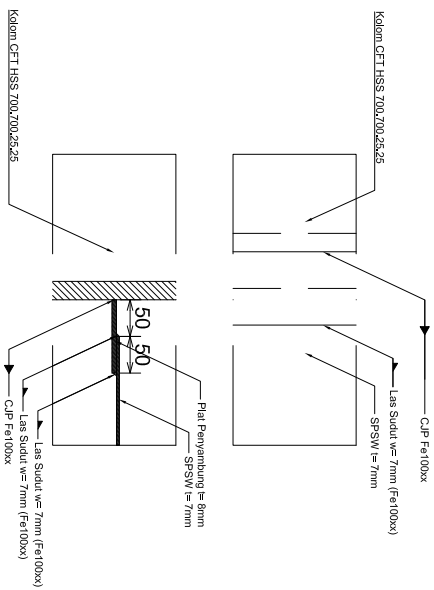
INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL / TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI		
ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM	DETAIL D, E, F	1 : 5 1 : 10	PUTRI UTAMA AULI CHAYANI NRP. 3115105011	Dr. JEPPI WIDYANTO, M.S NRP. 194031118071001 BIRM. SURYANTO S.T., M.T., Ph.D NRP. 197203028199061002	KODE GBR STR	NO. GBR 15	JUMLAH LBR 20




**31** DETAIL G  
SKALA 1 : 50



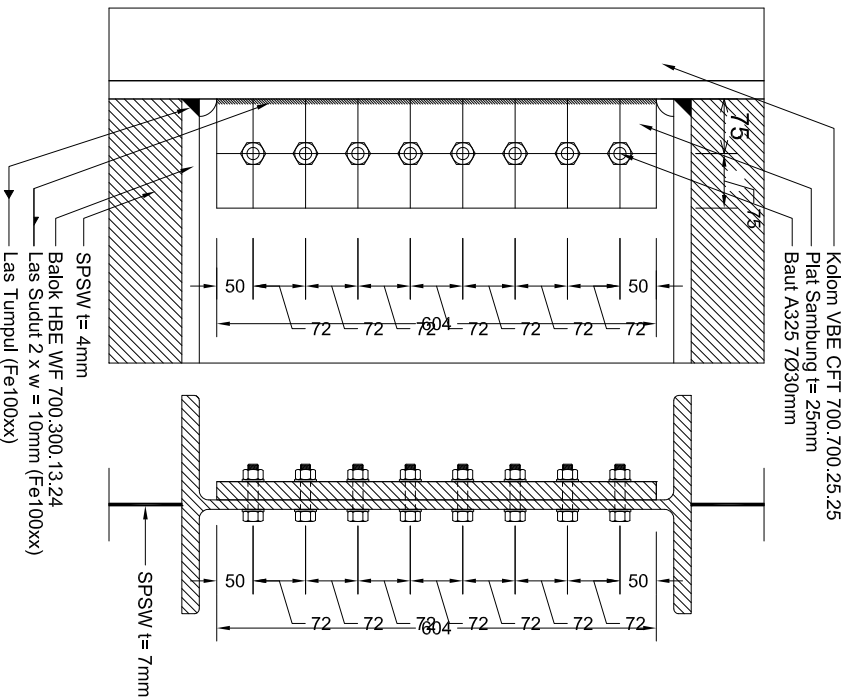
**32** DETAIL H  
SKALA 1 : 10



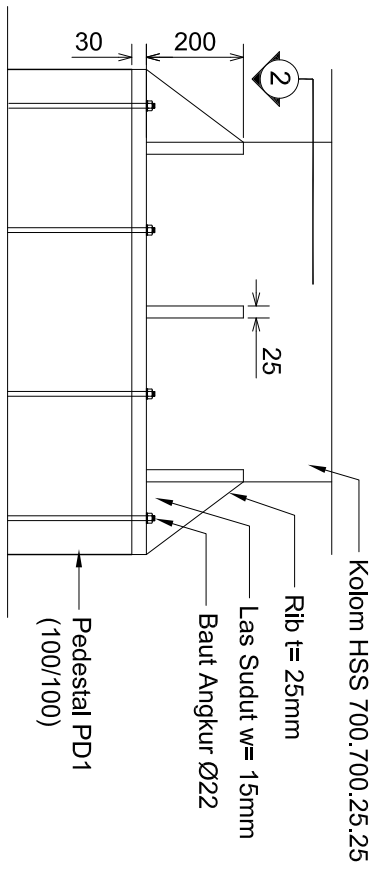
**33** DETAIL I  
SKALA 1 : 10

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember		INSTITUT / UNIVERSITAS	
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM		JUDUL / TUGAS AKHIR	
DETAIL G, H, I		JUDUL GAMBAR	
1 : 10 1 : 50		SKALA	
PUTRI ULTRIA AYU CHAYANI NRP. 3115105011		DIGAMBAR	
Dr. HIPPEN RECHUANTO, M.Eng. NIP. 19410311198071001 GUNASUBHARTO, ST. MT. ST. D. NIP. 1973070319890601002		DOSEN PEMBIMBING :	
KODE GBR		REVISI	
STR		NO. GBR	
16		JUMLAH LBR	
20			

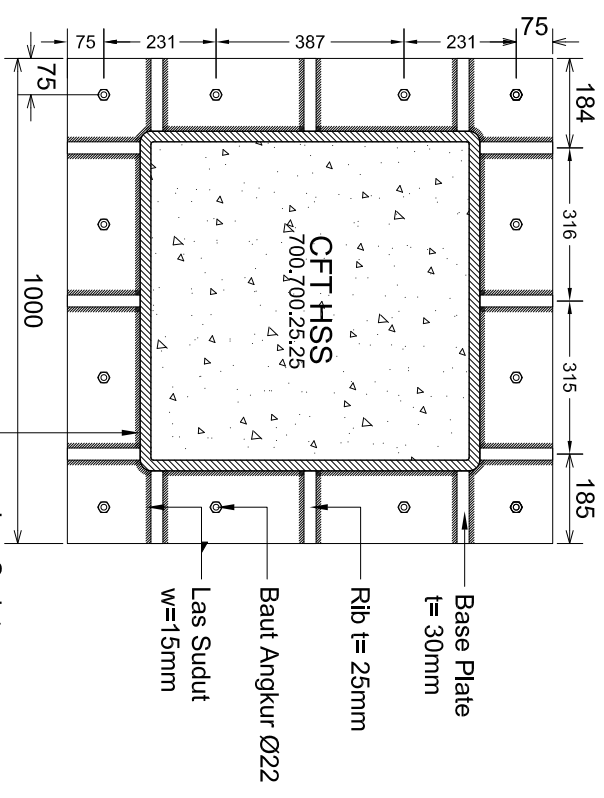





**34** DETAIL J  
SKALA 1:5



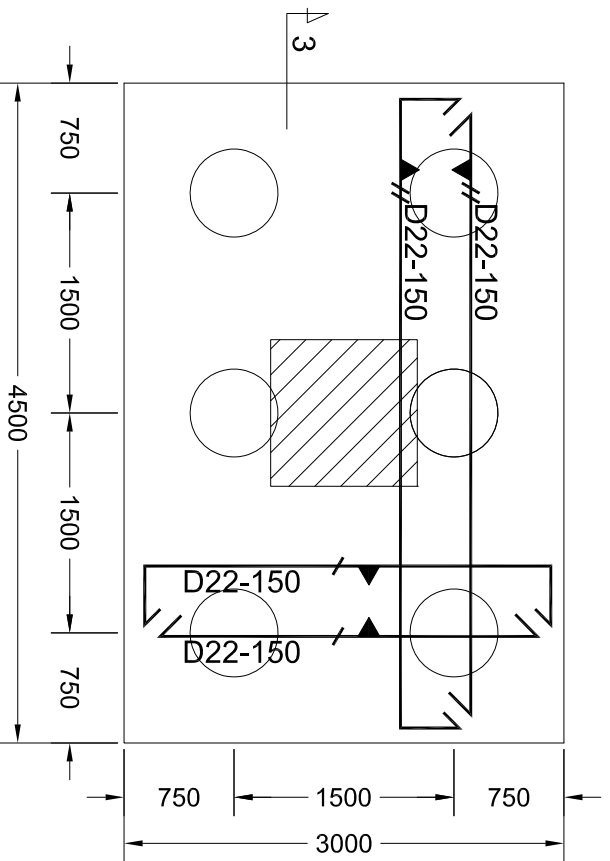
**35** DETAIL K  
SKALA 1:15



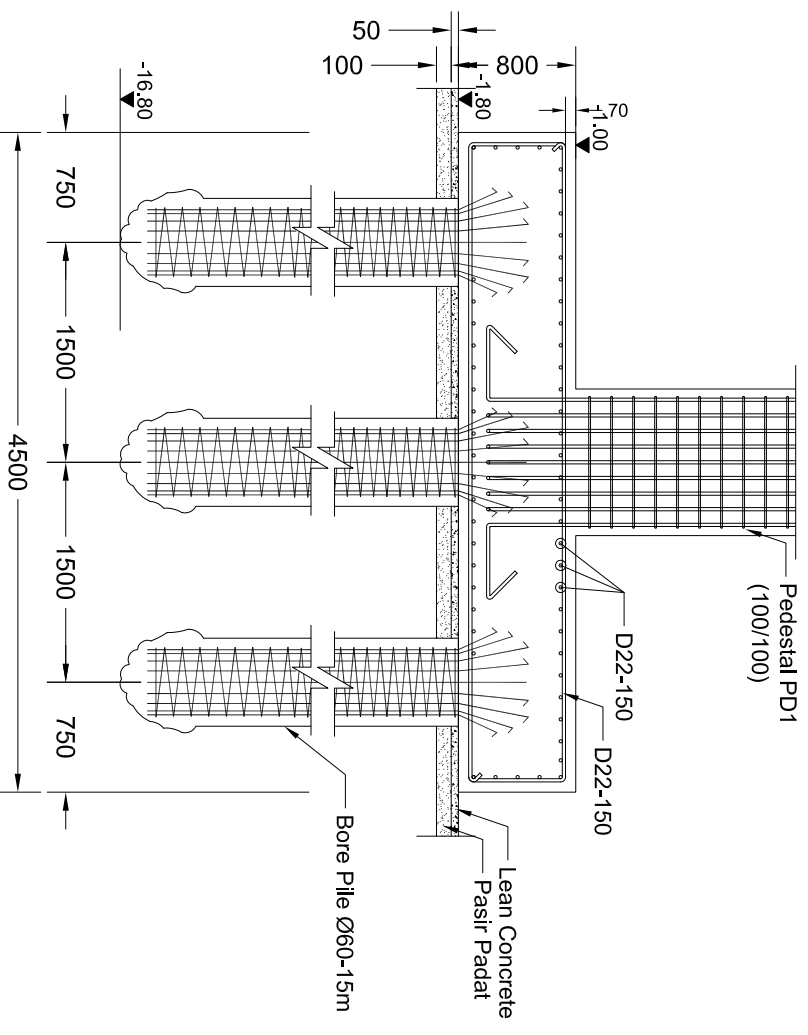
**36** POTONGAN 2  
SKALA 1:15

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	INSTITUT / UNIVERSITAS
MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLLUM DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM	JUDUL / TUGAS AKHIR
DETAIL J DAN K POTONGAN 2	JUDUL GAMBAR
1 : 5 1 : 15	SKALA
PUTU UTAMI ANUGRAHANI NRP. 3113100011	DIGAMBAR
DR. HERY KRISTIANTO, MS NRP. 196031196001001 DR. SUWANTO, ST, AN, PH.D NRP. 1910203196021002	DOSEN PEMBIMBING
STR	REVISI
NO. GBR 17	JUMLAH LBR 20

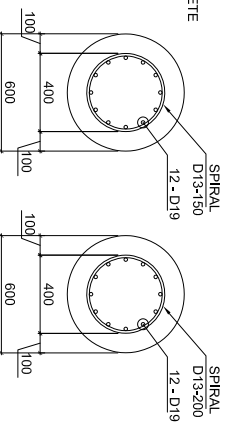
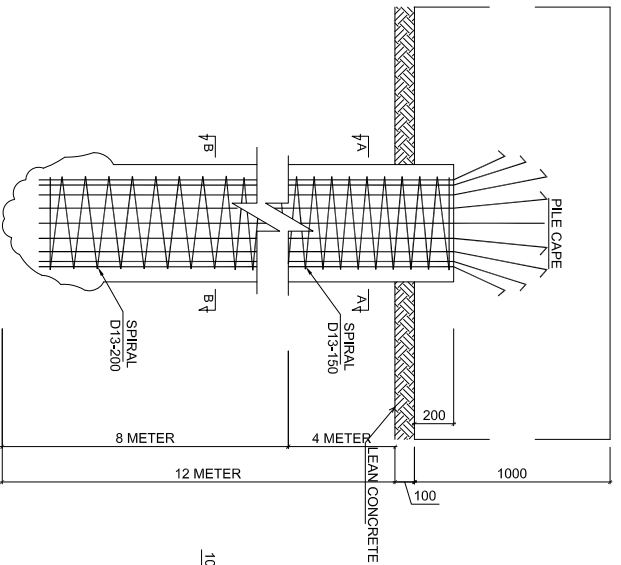





**DETAIL PC 6**  
Skala 1:50



**POTONGAN 3**  
Skala 1:50



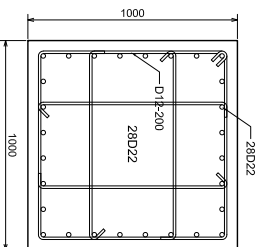
**DETAIL PENULLANGAN BORE PILE**  
Skala 1:50

 <b>ITS</b> Institut Teknologi Sepuluh Nopember	INSTITUT / UNIVERSITAS	MODERASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM	INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL GAMBAR	JUDUL TUGAS AKHIR
PUTRI UTAMI AULI CAHYANI NRP. 3115105011	MAHASISWA :	DETAIL PENULLANGAN PC2, PC3, PP1 POTONGAN 4,5,6	DOSEN PEMBIMBING :	SKALA	JUDUL GAMBAR
Iq. HERNI, BERTALANTA, AS NRP. 1941031118071001 BHM. SIKHANTO S. JAT. RA. D NRP. 19710303199061002	DOSEN PEMBIMBING :	1 : 50	REVISI	SKALA	JUDUL GAMBAR
KODE GBR	NO. GBR	QTY	KODE GBR	NO. GBR	QTY
STR	19	20	STR	19	20

SLOOF S1	
TUMPUAN	LAPANGAN
Dimensi Penampang	600 mm x 450 mm
Tulangan Atas	5D22
Tulangan Bawah	3D22
Torsi	Torsi
Sengkang	Ø13-150
Selmlnut Beton	70 mm
Dimensi Penampang	600 mm x 450 mm
Tulangan Atas	5D22
Tulangan Bawah	3D22
Torsi	Torsi
Sengkang	Ø13-150
Selmlnut Beton	70 mm

## KOLOM PEDESTAL PD1

TUMPUAN/LAPANGAN



Dimensi Penampang	1000 mm x 1000 mm
Tulangan Utama	28D22
Sengkang	D12-200
Selmlnut Beton	50 mm

## 49 DETAIL PENULANGAN SLOOF & PEDESTAL

SKALA 1 : NTS

	INSTITUT / UNIVERSITAS	JUDUL / TUGAS AKHIR	JUDUL GAMBAR	SKALA	DIGAMBAR	DIPERIKSA	REVISI	
	MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG HOTEL PREMIER INN SURABAYA DENGAN MENGGUNAKAN RECTANGULAR CONCRETE FILLED STEEL TUBE COLUMN DAN HEXAGONAL CASTELLATED BEAM	DETAIL PENULANGAN SLOOF DAN PEDESTAL	1 : NTS	PUTRI UTAMI ANU CHAYANI HRP: 3115105011	Ir. JEPPI BERTALANTA, AS NIP: 19430311198701001 BIMB. SURYANTO, ST. MT. PH.D NIP: 19720303199607002	KODE GBR	NO. GBR	JUMLAH LBR
						STR	20	20





TESTANA ENGINEERING, Inc.

A.1.1. BORING LOG

BOREHOLE #: DB - 1

PROJECT : Kantor, Showroom, Servis Mobil, DII.

DATE OF TESTING : 1 to 3 May 2013

GROUND WATER LEVEL : ± 1.20 m (sumbu)

LOCATION : Jl. Sulawesi No.89 & Jl. Biliton No.42-44, Sby.

DEPTH OF BORING : 36,5 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST		ATTERBERG LIMITS				y	Ge	eo	Sr		
		0	10	20	30	40	50	TYPE	c	φ	0					20	40
0	Demolition material (brick, sand, and gravel, contain limestone).																
1																	
2	Fine sand and silt, brown, trace of gravel, very loose to medium dense.																
3																	
4	Clay and silt, brownish gray, inorganic, trace of sand, very soft.																
5																	
6																	
7																	
8																	
9	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, contain crushed shell, very soft.																
10																	
11																	
12																	
13	Silt and clay, greenish gray, inorganic, trace of sand, trace of gravel, contain crushed shell, stiff consistency.																
14																	
15	Silt and clay, yellowish brown, inorganic, trace of sand, trace of gravel, contain crushed shell, very stiff consistency.																
16																	
17																	
18																	
19																	
20	Sand, brown, fine to coarse grained, little of silt, contain cobble (+/- 10cm) at 18.7 m, dense to very dense.																
21																	
22																	
23																	
24																	
25																	
26																	
27	Clay and silt, brownish gray, inorganic, trace of sand, stiff to very stiff consistency.																
28																	
29																	
30																	
31																	
32	Silt and clay, greenish gray, inorganic, trace of sand, very stiff consistency.																
33																	
34	Silt and clay, grey, inorganic, contain cobble (+/-10cm), very stiff consistency.																
35	End of Boring																
36																	
37																	
38																	
39																	
40																	

NOTE:

0 to 10 % = Trace	☐ = Undisturbed sample	SPT = Standard penetration test (blows / ft)	○ = W <sub>p</sub> = Moisture content, %
10 to 20 % = Little	⊠ = SPT	LU = Triaxial, Unconsolidated undrained	⊙ = W <sub>pl</sub> = Plastic limit, %
20 to 35 % = Some	⊞ = Core sample	CU = Triaxial, Consolidated undrained	Δ = W <sub>L</sub> = Liquid limit, %
35 to 50 % = Amd	⊚ = Cohesion intercept, kg/cm <sup>2</sup>	Vane = Vane shear test	γ = Bulk density, t/m <sup>3</sup>
	⊛ = Internal friction angle, deg	UCT = Unconfined compression strength, kg/cm <sup>2</sup>	G <sub>s</sub> = Specific gravity
		QT = Direct shear, quick test	eo = Void ratio
			Sr = Saturation, %





TESTANA ENGINEERING, Inc.

### A.1.2 BORING LOG

BOREHOLE #: DB - 2

PROJECT : Kantor, Showroom, Servis Mobil, Dik

DATE OF TESTING : 4 to 7 May 2013

GROUND WATER LEVEL : ± 1.20 m (sumur)

LOCATION : Jl. Sulawesi No.88 & Jl. Sultan No.42-44, Sby.

DEPTH OF BORING : 36.5 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST		ATTERBERG LIMITS				γ	G <sub>s</sub>	e <sub>v</sub>	S <sub>r</sub>	
		0	10	30	40	TYPE	c'	φ	0	20	40					60
0	Demolition material (brick, sand, and gravel, contain limestone).															
1																
2	Fine sand and silt, brown, trace of gravel, loose dense.															
3																
4	Clay and silt, brownish grey, inorganic, trace of sand.															
5	Sand some silt, grey, very loose.															
6																
7																
8																
9	Clay and silt, grey, inorganic, trace of sand, contain crushed shell, very soft.															
10																
11																
12																
13	Silt and clay, greenish grey, inorganic, trace of sand, trace of gravel, contain crushed shell, medium consistency.															
14	Silt and clay, yellowish brown, inorganic, trace of sand, trace of gravel, contain crushed shell, very stiff consistency.															
15	Silt and clay, brownish grey, inorganic, some sand, trace of gravel, contain crushed shell.															
16																
17																
18																
19																
20	Sand, brown, fine to coarse grained, little of silt, dense to very dense.															
21																
22	Clay and silt, brown, inorganic, little to some gravel, trace sand.															
23																
24																
25	Clay and silt, brownish grey, inorganic, trace of sand, stiff to very stiff consistency.															
26																
27																
28																
29																
30	Cobble, grey.															
31	Clay and silt, dark grey, inorganic, trace of sand.															
32	Silt and clay, greenish grey, inorganic, very stiff consistency.															
33																
34	Silt and clay, grey, inorganic, cemented at some depth, very stiff consistency.															
35																
36	End of Boring															
37																
38																
39																
40																

NOTE:

- 0 to 10 % = Trace
- 10 to 20 % = Little
- 20 to 35 % = Some
- 35 to 60 % = And

- = Undisturbed sample
- ⊠ = SPT
- = Core sample
- = Cohesion intercept, kg/cm<sup>2</sup>
- = Internal friction angle, deg

- SPT = Standard penetration test, (blows / ft)
- UU = Triaxial, Unconsolidated undrained
- CU = Triaxial, Consolidated undrained
- Vane = Vane shear test
- UCU = Unclassified compression strength, kg/cm<sup>2</sup>
- QT = Direct shear, quick test.

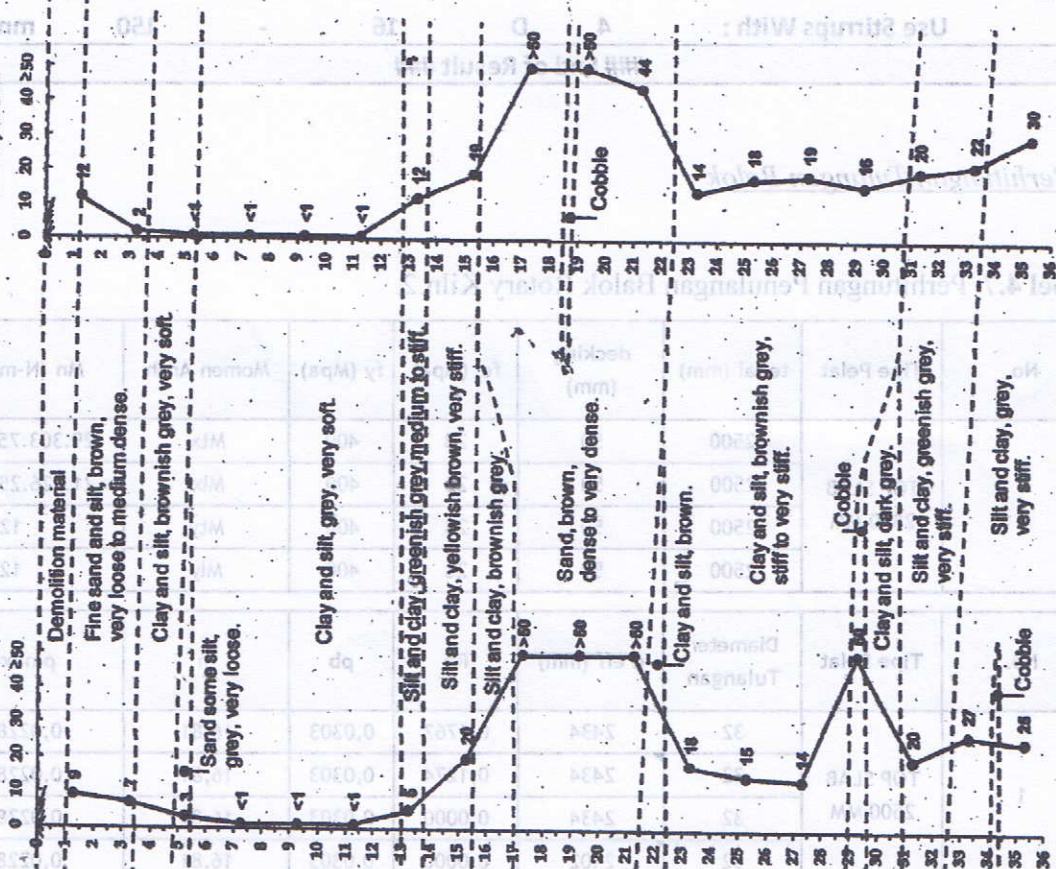
- = W<sub>n</sub> = Minimum water, %
- ⊙ = W<sub>p</sub> = Plastic limit, %
- △ = W<sub>L</sub> = Liquid limit, %
- γ = Bulk density, kg/m<sup>3</sup>
- G<sub>s</sub> = Specific gravity
- e<sub>v</sub> = Void ratio
- S<sub>r</sub> = Saturation, %





DB-2, N-SPT

DB-1, N-SPT



A.2. Soil Profile in Cross Section 1-1.

Red Nominal Shear Cap. Prov. (q<sub>u</sub>) : 963.411 KN

U<sub>s</sub> Springs With :

Lateral Steel Reinf. Spacing Used (s<sub>lateral</sub>) : 150 mm

Lateral Steel Reinf. Spacing Red. (s<sub>lateral</sub>) : 115.700 mm

Shear Cap. Min. Red [Reinf.] (V<sub>min</sub>) : 680 KN

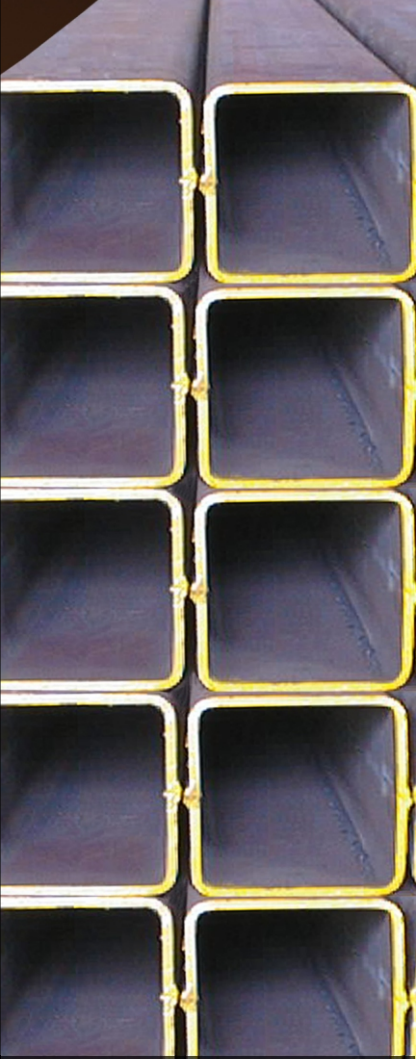
Shear Cap. Red. From Steel Reinf. (V<sub>s</sub>) : 697.103 KN

Concrete Shear Capacity (V<sub>c</sub>) : 748.897 KN

Nominal Shear Capacity Red. (V<sub>n</sub>) : 8180.000 KN

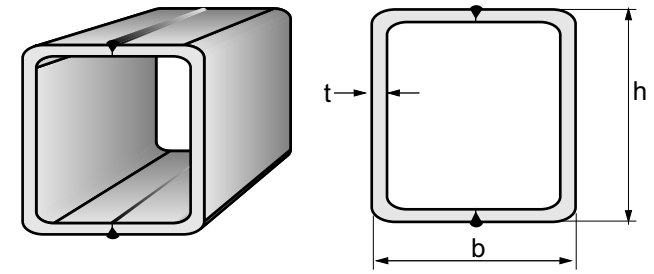
Shear Estimate (V<sub>e</sub>) : 6133.000 KN

Shear Reinforcement Calculation - Y (V<sub>33</sub>)



METRIC SIZE

DIMENSION	t	R	WEIGHT	AREA	MOMENT OF INERTIA	MOMENT OF RESISTANT	RADIUS OF GYRATION	
					$I_x = I_y$	$Z_x = Z_y$	$i_x = i_y$	
H	B				$cm^4$	$cm^3$	cm	
mm	mm	mm	kg/m	$cm^2$				
180	180	6.30	18	33.56	42.41	2,095.65	232.85	7.03
180	180	8.00	18	41.92	52.84	2,545.86	282.87	6.94
180	180	10.00	18	51.36	64.57	3,016.80	335.20	6.84
220	220	6.30	18	41.48	52.49	3,939.93	358.18	8.66
220	220	8.00	18	51.96	65.64	4,828.01	438.91	8.58
220	220	10.00	18	63.92	80.57	5,782.46	525.68	8.47
200	200	8.00	18	46.94	59.24	3,566.25	356.63	7.76
200	200	9.00	18	52.34	66.67	3,990.00	399.00	7.73
200	200	10.00	18	57.64	72.57	4,251.06	425.11	7.65
200	200	12.00	18	67.92	86.53	4,980.00	498.00	7.59
250	250	8.00	18	59.50	75.24	7,229.20	578.34	9.80
250	250	9.00	18	66.48	84.67	8,090.00	647.00	9.78
250	250	10.00	18	73.34	92.57	8,706.67	696.53	9.70
250	250	12.00	18	86.76	110.50	10,300.00	820.00	9.63
250	250	16.00	45	112.38	138.80	12,000.00	964.00	9.32
260	260	6.30	18	49.38	62.57	6,634.95	510.38	10.30
260	260	8.00	18	62.00	78.44	8,178.02	629.08	10.21
260	260	10.00	18	76.48	96.57	9,864.65	758.82	10.11
260	260	11.00	18	83.56	105.41	10,656.87	819.76	10.06
300	300	8.00	18	72.06	91.24	12,800.69	853.38	11.84
300	300	9.00	18	80.60	102.70	14,300.00	956.00	11.80
300	300	10.00	18	89.04	112.57	15,519.37	1,034.62	11.74
300	300	12.00	18	105.60	134.50	18,300.00	1,220.00	11.70
300	300	16.00	45	137.50	170.80	22,100.00	1,470.00	11.40
350	350	9.00	18	94.74	120.70	23,200.00	1,320.00	13.90
350	350	12.00	18	124.44	158.50	29,800.00	1,700.00	13.70
350	350	16.00	45	162.62	202.80	36,500.00	2,090.00	13.40
350	350	19.00	45	190.18	233.80	40,700.00	2,320.00	13.20
400	400	12.00	18	143.28	180.10	44,300.00	2,220.00	15.70
400	400	16.00	45	187.74	234.80	56,200.00	2,810.00	15.50
400	400	19.00	45	220.02	271.80	63,100.00	3,160.00	15.20
400	400	22.00	75	251.34	300.20	66,200.00	3,310.00	14.80
400	400	25.00	75	281.74	346.00	76,500.00	3,830.00	14.90
450	450	12.00	18	162.12	204.10	64,200.00	2,850.00	17.70
450	450	16.00	45	212.86	266.80	81,800.00	3,640.00	17.50
450	450	19.00	45	249.84	309.80	92,600.00	4,120.00	17.30
450	450	22.00	75	285.88	344.20	98,500.00	4,380.00	16.90
450	450	25.00	75	321.00	396.00	113,600.00	5,050.00	16.90
500	500	12.00	18	180.96	228.10	89,300.00	3,570.00	19.80
500	500	16.00	45	237.98	298.80	114,000.00	4,570.00	19.60
500	500	19.00	45	279.68	347.80	130,000.00	5,200.00	19.30
500	500	22.00	75	320.42	388.20	140,000.00	5,590.00	19.00
500	500	25.00	75	360.24	446.00	160,900.00	6,440.00	19.00
550	550	12.00	18	199.80	252.10	120,100.00	4,370.00	21.80
550	550	16.00	45	263.10	330.80	154,500.00	5,620.00	21.60
550	550	19.00	45	309.50	388.10	178,500.00	6,490.00	21.40
550	550	22.00	75	354.96	443.90	200,800.00	7,300.00	21.30
550	550	25.00	75	399.50	496.00	219,800.00	7,990.00	21.00
600	600	12.00	18	218.64	276.10	157,300.00	5,240.00	23.80
600	600	16.00	45	288.22	362.80	203,000.00	6,770.00	23.70
600	600	19.00	45	339.34	426.10	235,100.00	7,840.00	23.50
600	600	22.00	75	389.50	487.90	265,200.00	8,840.00	23.30
600	600	25.00	75	438.74	546.00	291,400.00	9,710.00	23.10
650	650	12.00	18	237.48	300.10	201,500.00	6,200.00	25.90
650	650	16.00	45	313.34	394.80	260,800.00	8,020.00	25.70
650	650	19.00	45	369.16	464.10	302,500.00	9,310.00	25.50
650	650	22.00	75	424.04	531.90	342,100.00	10,520.00	25.40
650	650	25.00	75	478.00	596.00	377,000.00	11,600.00	25.10
700	700	12.00	18	256.32	324.10	253,300.00	7,240.00	28.00
700	700	16.00	45	338.46	426.80	328,500.00	9,380.00	27.70
700	700	19.00	45	399.00	502.10	381,800.00	10,910.00	27.60
700	700	22.00	75	458.58	575.90	432,500.00	12,360.00	27.40
700	700	25.00	75	517.24	646.00	477,900.00	13,650.00	27.20



**CHEMICAL COMPOSITION**

GRADE	C (%) Max	Mn (%)	Si (%)	P (%) Max	S (%) Max
SS 400	-	-	-	0.040	0.040
A 36	0.25	1.40	1.40	0.040	0.040
SM 490 A & B	0.20	1.60 Max	0.55Max	0.035	0.035
GR 50 A	0.23	1.60 Max	0.55Max	0.050	0.050

**MECHANICAL PROPERTIES**

GRADE	Y.S (Mpa)			T.S (Mpa)	E (%)
	t ≤ 16 mm	16 mm ≤ t ≤ 40 mm	t ≤ 40 mm		
SS 400	245	235	215	400 - 510	21
A 36	250	250	250	400 - 550	20
SM 490 A & B	325	315	295	490 - 610	17
GR 50 A	355	345	340	490 - 640	18

**NOTE :**

- Standard length 6 m and 12 m
- Thickness Max. 25 mm
- Other specification/standard size on request can also be supplied
- Size 100 x 100 S/d 1000 x 1000 mm

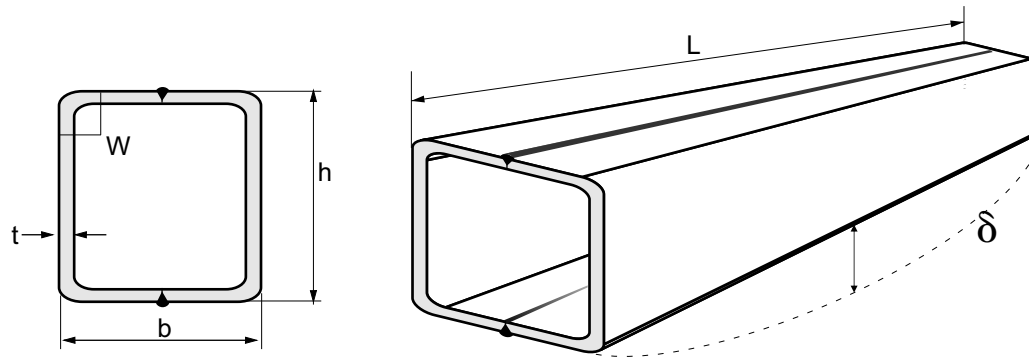
continue.....>>

**HEAD OFFICE & FACTORY**  
Jl. Imam Bonjol 4, Warung Bongkok,  
Sukadanau, Cikarang Barat,  
Bekasi 17520, West Java, INDONESIA  
Forming Department  
Phone DID : (62-21) 898 38 291 - 296  
Phone Flexy : (021) 7085 3154 - 158  
Fax : (62-21) 898 38 298  
e-mail : pji01@grdsteel.com  
pji02@grdsteel.com





## SHAPED AND TOLERANCE



DESCRIPTION	TOLERANCE
Length (L)	- 0 + 50 mm
Cross-Section (B)	JIS G 3466
Depletion ( $\delta$ )	1/1000 length max
Squareness (W)	$\pm 20$
Twisting	$\pm 4$ mm
Thickness	JIS G 3193

### Standard :

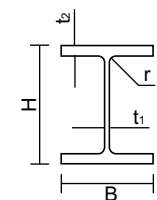
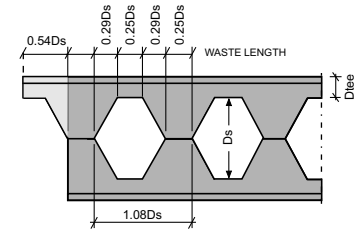
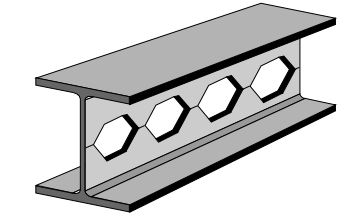
- Specification standard JIS & ASTM
- Material Standard SS 400, A36 & GR 50 A, B, C
- Bigger dimension will be produced, if there confirm before
- Semi Welding joint, partial penetration (AWS - D1.1 - 96)



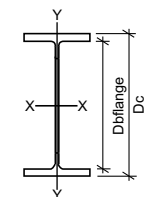
**HEAD OFFICE & FACTORY**  
Jl. Imam Bonjol 4, Warung Bongkok,  
Sukadana, Cikarang Barat,  
Bekasi 17520, West Java, INDONESIA  
Sales Department  
Phone DID : (62-21) 898 38 161 - 167  
Phone Flexy :  
(021) 7085 3164 - 165  
(021) 7085 3169  
Fax : (62-21) 8910 - 7711,  
(62-21) 8900-555 / 976 / 977  
e-mail : pjl01@grdsteel.com  
pjl02@grdsteel.com

METRIC SIZE

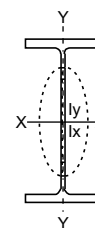
SECTIONAL INDEX		WEIGHT	DEPTH OF SECTION		WIDTH OF SECTION	THICKNESS		CORNER RADIUS	DEPTH OF CASTELATED HOLE	DEPTH OF CASTELATED TEE	DEPTH BETWEEN FLANGES	SECTION AREA		MOMENT OF INERTIA		RADIUS OF GYRATION		MODULUS OF SECTION	
			Original	Castellated		Web	Flange					Max	Min	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>	Z <sub>x</sub>	Z <sub>y</sub>
Original	Castellated	kg/m	H	Dc	B	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	r	Ds	Dtee	Dbflange	Gross	Net	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	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
100 X 100	150 X 100	17.2	100	150	100	6	8	10	105	22.5	134	24.90	18.57	905.3	134.0	7.0	2.7	120.7	26.8
150 X 75	225 X 75	14.0	150	225	75	5	7	8	154	35.5	211	21.60	13.85	1579.7	49.5	10.7	1.9	140.4	13.2
150 X 150	225 X 150	31.5	150	225	150	7	10	11	154	35.5	205	45.39	34.54	3889.6	563.0	10.6	4.0	345.7	75.1
200 X 100	300 X 100	21.3	200	300	100	5.5	8	11	205	47.5	284	32.66	21.36	4306.8	134.0	14.2	2.5	287.1	26.8
	297 X 99	18.2	198	297	99	4.5	7	11	202	47.5	283	27.64	18.50	3643.9	114.0	14.0	2.5	245.4	23.0
200 X 200	300 X 200	49.9	200	300	200	8	12	13	205	47.5	276	71.53	55.09	11139.0	1600.1	14.2	5.4	742.6	160.0
250 X 125	375 X 125	29.6	250	375	125	6	9	12	254	60.5	357	45.16	29.86	9491.5	294.1	17.8	3.1	506.2	47.0
	372 X 124	25.7	248	372	124	5	8	12	253	59.5	356	38.88	26.21	8189.6	255.0	17.7	3.1	440.3	41.1
250 X 250	375 X 250	72.4	250	375	250	9	14	16	254	60.5	347	103.43	80.48	25477.5	3650.2	17.8	6.7	1358.8	292.0
300 X 150	450 X 150	36.7	300	450	150	6.5	9	13	305	72.5	432	56.53	36.67	16895.1	508.1	21.5	3.7	750.9	67.7
	447 X 149	32.0	298	447	149	5.5	8	13	302	72.5	431	49.00	32.33	14664.0	442.0	21.3	3.7	656.1	59.3
300 X 300	450 X 300	94.0	300	450	300	10	15	18	305	72.5	420	134.80	104.25	47854.8	6750.3	21.4	8.0	2126.9	450.0
350 X 175	525 X 175	49.6	350	525	175	7	11	14	354	85.5	503	75.39	50.54	31847.5	984.1	25.1	4.4	1213.2	112.5
	519 X 174	41.4	346	519	174	6	9	14	350	84.5	501	63.06	42.00	25819.2	792.1	24.8	4.3	995.0	91.0
350 X 350	525 X 350	137	350	525	350	12	19	20	354	85.5	487	194.90	152.30	95013.1	13600.6	25.0	9.4	3619.5	777.2
400 X 200	600 X 200	66.0	400	600	200	8	13	16	405	97.5	574	100.12	67.68	55683.6	1740.2	28.7	5.1	1856.1	174.0
	594 X 199	56.6	396	594	199	7	11	16	401	96.5	572	86.02	57.92	46656.1	1450.1	28.4	5.0	1570.9	145.7
450 X 200	675 X 200	76.0	450	675	200	9	14	18	454	110.5	647	117.01	76.06	78747.4	1870.3	32.2	5.0	2333.3	187.0
500 X 200	750 X 200	89.6	500	750	200	10	16	20	505	122.5	718	139.20	88.65	112855.7	2140.5	35.7	4.9	3009.5	214.0
600 X 200	900 X 200	106	600	900	200	11	17	22	605	147.5	866	167.40	100.80	184103.0	2280.8	42.7	4.8	4091.2	228.1
588 X 300	882 X 300	151	588	882	300	12	20	28	593	144.5	842	227.78	156.56	274532.9	9021.0	41.9	7.6	6225.2	601.4
400 X 400	600 X 400	172	400	600	400	13	21	22	405	97.5	558	244.70	191.99	156913.2	22400.8	28.6	10.8	5230.4	1120.0
700 X 300	1050 X 300	185	700	1050	300	13	24	28	705	172.5	1002	281.00	189.29	473222.7	10801.5	50.0	7.6	9013.8	720.1
800 X 300	1200 X 300	210	800	1200	300	14	26	28	805	197.5	1148	323.40	210.63	690341.9	11702.2	57.2	7.5	11505.7	780.1



ORIGINAL SECTION



CASTELATED SECTION



**DIMENSIONAL TOLERANCE**

Flange width (B) (mm)	Depth (Dc) (mm)			Depth of cell form hole (Ds) (mm)
	Under 400	400 - 600	600 & over	
± 3.0	± 4.0	± 5.0	± 6.0	± 3.0

**CHEMICAL COMPOSITION**

GRADE	Chemical Composition (%)				
	C	Si	Mn	P	S
SS 400	-	-	-	0.05 max	0.05 max

**MECHANICAL PROPERTIES**

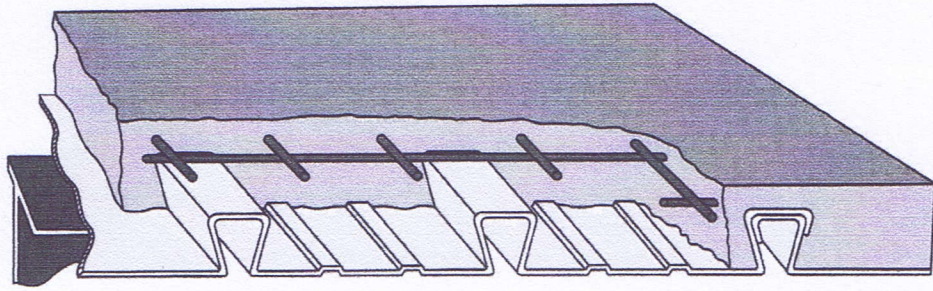
Classification	Yield Point N / mm <sup>2</sup> Thickness (mm)		Tensile Strength N / mm <sup>2</sup>	Elongation % Thickness (mm)		
	16 or Under	Over 16		5 or Under	5 to 16	Over 16
JIS G 3101 SS 400	245	235	400 - 510	21	17	21

**WELDING**

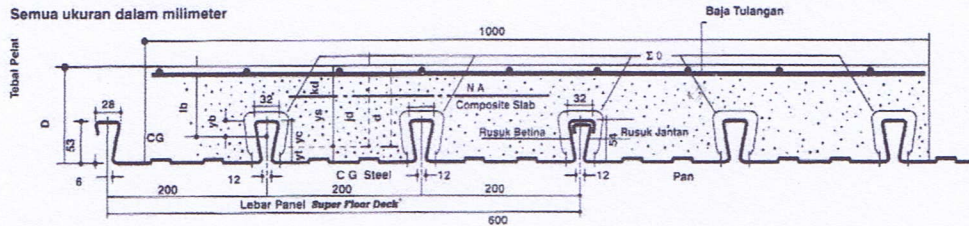
- As per AWS
- Welding material: E 6013



# Super Floor Deck®



## PERENCANAAN: Plat Lantai Komposit



### Tabel Perencanaan Praktis

Tabel Perencanaan Praktis berikut ini bisa membantu dalam perencanaan penggunaan **Super Floor Deck®** untuk suatu bangunan antara lain:

- Menunjukkan tabel plat beton untuk bentang tunggal, bentang ganda, dan bentang menerus.
- Kebutuhan tulangan negatif, serta perhitungan luas penampangnya, pada bentang ganda atau bentang menerus.
- Ketebalan plat beton pada bentang tertentu, serta berbagai beban (Super Imposed Load)
- Tiang penyangga sementara yang dibutuhkan untuk meniadakan lendutan awal pada waktu beton dan **Super Floor Deck®** belum berfungsi.

TABEL 1 : SIFAT PENAMPANG **Super Floor Deck®** PERLEBAR 1000 MM

Tebal Pelat mm	Berat per satuan luas kg / m <sup>2</sup>	Luas penampang mm <sup>2</sup>	Penampang efektif penuh		Momen lentur positif			Momen lentur negatif			I <sub>e</sub>	Gaya reaksi aman untuk perletakan tepi			Gaya reaksi aman untuk perletakan tengah		
			Yc	Yt	I <sub>p</sub>	Z <sub>pc</sub>	Z <sub>pt</sub>	I <sub>n</sub>	Z <sub>nc</sub>	Z <sub>nt</sub>		10 mm perletakan	Pertambahan per 10 mm	max	10 mm Of Bearing KN	Pertambahan per 10 mm	Max
0.75	10.1	1241	38.6	15.4	0.611	13.15	33.14	0.309	10.21	10.73	0.425	3.76	0.99	8.11	15.01	1.14	19.19

Catatan : I<sub>p</sub> = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif / Z<sub>nc</sub> = idem, dasar dek dalam daerah momen negatif (tegangan tekan) / I<sub>e</sub> = momen inersia ekuivalen untuk perhitungan lendutan bentang menerus  
 Notes : I<sub>n</sub> = idem untuk daerah momen negatif / Z<sub>pc</sub> = idem, puncak rusuk, dalam daerah momen positif (tegangan tekan) / I<sub>p</sub> = I<sub>p</sub> (1.25 - 0.25 (p/l))  
 Z<sub>nt</sub> = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik) / Z<sub>pt</sub> = idem, dasar dek, dalam daerah momen positif (tegangan tarik)

TABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS

Super Floor Deck® 0.75 MM	BENTANG TUNJANG TANPA TULANGAN NEGATIF SIMPLE SPAN CONDITION WITHOUT NEGATIVE REINFORCEMENT							BENTANG GANDA DENGAN TULANGAN NEGATIF DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT							BENTANG MENERUS DENGAN TULANGAN NEGATIF MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT																				
	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	700	1000														
BEBAN BERGUNA SUPER IMPOSED LOAD KG/M <sup>2</sup>	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	750	1000	200	300	400	500	600	700	1000														
TANG PERTANGGAH PROPPING	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH	TALAN PELAT SLAB DEPTH														
TAMPA PERTANGGAH NO. PROPS	1.50	9	9	9	9	9	9	9	0.75	9	0.91	9	1.07	9	1.24	9	1.40	9	1.66	9	2.06	9	0.59	9	0.73	9	0.85	9	0.98	9	1.11	9	1.31	9	1.65
	1.75	9	9	9	9	9	10	9	1.03	9	1.25	9	1.48	9	1.71	9	1.94	9	2.29	10	2.53	9	0.81	9	0.99	9	1.17	9	1.35	9	1.53	9	1.81	10	2.00
	2.00	9	9	9	9	9	10	9	1.36	9	1.65	9	1.95	9	2.26	9	2.57	9	3.04	10	3.35	9	1.07	9	1.31	9	1.55	9	1.79	9	2.03	9	2.39	10	2.65
	2.25	9	9	9	9	9	10	9	1.73	9	2.12	9	2.50	9	2.90	9	3.29	9	3.89	11	3.85	9	1.37	9	1.66	9	1.96	9	2.30	9	2.60	9	3.08	11	3.04
2.50	9	9	9	9	9	10	9	2.16	9	2.65	9	3.13	9	3.62	9	4.11	10	4.29	14	3.69	9	1.71	9	2.09	9	2.48	9	2.86	9	3.25	10	3.39	14	2.92	
2.75	10	10	10	10	11	12	15	9	2.64	9	3.24	9	3.83	10	3.94	11	4.02	12	4.29	15	4.23	9	2.09	9	2.25	9	3.02	10	3.11	11	3.18	12	3.39	15	3.33
SATU BARIS PERTANGGAH ONE ROW PROPS	3.00	10	10	10	11	12	13	9	3.17	9	3.87	10	4.10	11	4.28	12	4.41	13	4.74	9	2.51	9	3.07	10	3.25	11	3.38	12	3.49	13	3.75				
3.25	11	11	11	12	13	14	10	3.41	10	4.13	10	4.87	12	4.65	13	4.83	14	5.22	10	2.70	10	3.27	10	3.84	12	3.67	13	3.82	14	4.12					
3.50	12	12	12	12	13	15	11	3.68	11	4.42	11	5.18	12	5.44	13	5.64	15	5.71	11	2.90	11	3.49	11	4.09	12	4.29	13	4.46	15	4.51					
3.75	13	13	13	13	14	11	4.25	11	5.11	11	5.99	13	5.83	14	6.09	11	3.36	11	4.04	11	4.73	13	4.61	14	4.81										
DUA BARIS PERTANGGAH TWO ROW PROPS	4.00	14	14	14	14	15	12	4.55	12	5.43	12	6.33	14	6.24	15	6.55	12	3.59	12	4.28	12	4.99	14	4.93	15	5.17									
4.50							13	5.49	13	6.51	14	7.06	15	7.53	13	4.34	13	5.14	14	5.68	15	5.95													
5.00							15	6.20	15	7.27	15	8.90	15	4.90	15	5.73	15	6.58																	

Catatan : - BEBAN MATI (BERAT SENDIRI **Super Floor Deck®** DAN PELAT BETON) SUDAH DIPERHITUNGKAN  
 - BEBAN BERGUNA DALAM TABEL ADALAH JUMLAH BEBAN HIDUP DAN BEBAN-BEBAN FINISHING LAINNYA  
 - MUTU BAJA TULANGAN U - 48



## BIODATA PENULIS



**Putri Utami Ayu Cahyani**, dilahirkan di Surabaya, 03 Agustus 1993, merupakan anak tunggal. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK YP Wonokitri Surabaya tahun 1999, SDN Pakis 1 368 Surabaya tahun 2005, SMP Hang Tuah 1 Surabaya tahun 2008, SMA Giki 2 Surabaya tahun 2011, D3 Teknik Sipil ITS Surabaya tahun 2014. Selama menempuh pendidikan di D3 Teknik Sipil ITS, penulis aktif dalam beberapa kegiatan kemahasiswaan diantaranya mewakili

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan untuk lomba Bola Voli Putri di DIES NATALIS ITS. Juga aktif dalam acara dan kegiatan kampus diantaranya menjadi panitia pada acara *Bridge Construction Competition- Tower Construction Competition*. Setelah lulus dari D3 Teknik Sipil ITS Surabaya tahun 2014, penulis mengikuti Tes Masuk Program S1 Lintas Jalur yang diselenggarakan ITS Surabaya dan diterima di Jurusan Teknik Sipil Lintas Jalur FTSP - ITS tahun 2015, Terdaftar sebagai Mahasiswa dengan NRP 3115105011. Penulis dapat dihubungi melalui *email* : [putriutamiayucahyani@gmail.com](mailto:putriutamiayucahyani@gmail.com)