



---

TUGAS AKHIR - RC09 1380

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
PUNCAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
DENGAN SISTEM GANDA PADA WILAYAH GEMPA KUAT**

**ANZHARI EZA PUTRA  
NRP 3107 100 016**

**DOSEN PEMBIMBING  
DATA IRANATA, ST MT Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2014**



---

FINAL PROJECT - RC09 1380

**MODIFICATION DESIGN OF PUNCAK KERTAJAYA APARTMENT  
BUILDING STRUCTURE WITH DUAL SYSTEM STEEL STRUCTURE  
FOR STRONG QUAKE AREAS**

**ANZHARI EZA PUTRA  
NRP 3107 100 016**

**SUPERVISOR  
DATA IRANATA, ST MT Ph.D**

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering And Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2014**

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG  
APARTEMEN PUNCAK KERTAJAYA  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM  
GANDA PADA WILAYAH GEMPA KUAT**

Nama Mahasiswa : Anzhari Eza Putra  
NRP : 3107 100 016  
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS  
Dosen Konsultasi : Data Iranata, ST. MT. PhD

***Abstrak***

Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam pembangunan gedung bertingkat tinggi adalah gempa. Syarat dalam merencanakan bangunan tahan gempa adalah stabil, kuat, dan kaku antar sambungannya. Pada dasarnya beban gempa adalah beban lateral yang bersifat bolak-balik sehingga struktur harus diberi pengaku untuk menahannya. Pada struktur baja umumnya digunakan pengaku yang disebut juga bresing.

Dalam Tugas Akhir ini dibahas modifikasi perencanaan struktur gedung Apartemen Puncak Kertajaya Surabaya yang lokasinya akan dipindahkan ke Bengkulu yang

mempunyai zona gempa 6. Modifikasi perencanaan ini menggunakan struktur baja dengan sistem ganda. Perencanaan yang dilakukan disini meliputi perencanaan plat lantai, tangga, lift, atap, balok, bresing, kolom dan pondasi. Awalnya gedung ini didesain menggunakan beton pracetak yang selanjutnya akan dimodifikasi menggunakan Sistem Ganda yang terdiri dari Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan Sistem Rangka Bresing Eksentris (SRBE).

Setelah dilakukan modifikasi desain dengan sistem ganda ini, struktur dapat menahan berbagai beban gempa, akan tetapi perlu dilakukan studi yang lebih mendalam untuk menghasilkan perencanaan struktur dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan estetika. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dilaksanakan mendekati kondisi sesungguhnya di lapangan dan hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan yaitu kuat, ekonomis, dan tepat waktu dalam pelaksanaannya.

**Kata Kunci** : baja, Apartemen Puncak Kertajaya, zona gempa 6, sistem ganda

**DESIGN MODIFICATION OF PUNCAK KERTAJAYA  
APARTMENT BUILDING STRUCTURE WITH DUAL  
SYSTEM STEEL STRUCTURE FOR STRONG QUAKE  
AREA**

Name of Student : Anzhari Eza Putra  
NRP : 3107 100 016  
Department : Civil Engineering FTSP-ITS  
Supervisor : Data Iranata, ST. MT. PhD

***Abstract***

One of many things that need to be concerned on high story building construction is earthquake. When designing an earthquake resistant building requires stable, strong, and rigid between the joints. Basically earthquake load is a lateral load whose frequently characteristic so that the structure need to have bracing for hold that load.

This Final Project discussing about modificate design of Puncak Kertajaya Apartment in Surabaya City which will be allocated to Bengkulu City with scale 6 of quake zone. This design modification use dual system steel structure. This design involve floor plate design, stairs, lift, roof, beam, bracing, column and foundation. At first, this building designed with

precast concrete and then will be modified with dual system which consist Moment Resisting Frame (MRF) and Eccentric Braced Frame (EBF).

After old design had modified, the building structure can resist any earthquake loads but still need to studied more to create structure design by considering technical, economic, and aesthetic aspects. So structure design expected to be implemented close to real conditions at the field and the results convenient to the purpose of design, which is strong, economic, and can be on time for its implementation.

**Keyword,** : steel, puncak kertajaya apartment, scale 6 of quake zone, dual system.

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
JANAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA DENGAN  
SISTEM GANDA PADA WILAYAH GEMPA KUAT**

**TUGAS AKHIR**

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

**Oleh :  
ANZHARI EZA PUTRA  
NRP. 3107 100 016**

**Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :**



**Data Iranata, ST. MT. PhD  
NIP. 132310239**

**SURABAYA**

**2014**

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillahirobbil'alamin*, dengan mengucapkan rasa syukur yang sedalam-dalamnya kehadiran Allah SWT, yang tanpa taufik dan hidayah-Nya manusia tidak ada artinya. Semoga sholawat dan salam selalu tercurah kepada suri tauladan kita Nabi akhir jaman Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat dan seluruh pengikutnya yang setia memegang risalahnya sampai akhir zaman.

Adapun Tugas Akhir ini dibuat dengan tujuan untuk memenuhi syarat menyelesaikan Tugas Akhir Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya. Tugas Akhir ini terdiri dari delapan bab antara lain bab pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi, Perencanaan Struktur Sekunder, Analisa Struktur dan Pembebanan, Struktur Utama, Perencanaan Pondasi, dan Penutup. Semua informasi yang disajikan di dalam Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang nyata dalam bidang ketekniksipilan.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang besar penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada:

- 1 Tuhan Yang Maha Esa, yang selalu melimpahkan rahmat dan hidayahnya agar selalu bersemangat mengerjakan Tugas Akhir ini.
- 2 Orang tua yang selalu membimbing saya sehingga dapat melakukan studi sampai sekarang.



- 3 Bapak Data Iranata, ST. MT. PhD selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan dan waktunya dalam penyelesaian Tugas Akhir.
- 4 Ibu Endah Wahyuni, ST. M.Sc Ph.D selaku dosen konsultasi dan dosen wali, atas segala bimbingan dan waktunya dalam membantu semua urusan kuliah saya.
- 5 Teman-teman S50,S51,S52,S53,S54 yang telah banyak membantu dan memberikan support demi penyelesaiannya tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk pengembangan selanjutnya. Akhir kata semoga tugas akhir ini bermanfaat dan dapat dijadikan bahan pembelajaran.

Surabaya, Juli 2014

Hormat saya,

**Penulis**

## DAFTAR ISI

|   | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| Halaman Cover .....                             | i              |
| Lembar Pengesahan.....                          | iii            |
| Abstrak .....                                   | vii            |
| Kata Pengantar .....                            | xi             |
| Daftar Isi .....                                | xiii           |
| Daftar Tabel.....                               | xxi            |
| Daftar Gambar.....                              | xvi            |
| Daftar Lampiran .....                           | xxii           |
| <br><b>BAB I PENDAHULUAN</b>                    |                |
| 1.1 Latar Belakang.....                         | 1              |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                        | 3              |
| 1.3 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah.....      | 4              |
| 1.4 Tujuan .....                                | 4              |
| 1.5 Manfaat .....                               | 5              |
| <br><b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>              |                |
| 2.1 Umum .....                                  | 7              |
| 2.2 Konsep Perencanaan Struktr Baja Tahan Gempa | 7              |
| 2.2.1 Beban Gempa .....                         | 8              |
| 2.2.2 Kinerja Struktur Gedung Tahan Gempa.....  | 13             |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 2.2.3   | Beban dan Kombinasi Pembebanan .....                                    | 14 |
| 2.2.4   | Perencanaan LRFD.....   | 18 |
| 2.3     | Perencanaan Elemen Struktur .....                                       | 20 |
| 2.3.1   | Kolom.....  | 20 |
| 2.3.2   | Balok .....   | 26 |
| 2.3.3   | Sambungan .....   | 31 |
| 2.3.3.1 | Kuat Rencana Sambungan Baut .....                                       | 32 |
| 2.3.3.2 | Tata Letak Baut .....   | 34 |
| 2.3.3.3 | Pertemuan Elemen Struktur Pada Sambungan<br>Baut .....                  | 36 |
| 2.4     | Konsep Desain Bresing Konsentris .....                                  | 36 |
| 2.4.1   | Persyaratan Umum Rangka Bresing.....                                    | 39 |
| 2.4.2   | Persyaratan Khusus Untuk Sistem Rangka<br>Bresing Eksentrik (SRBE)..... | 39 |
| 2.5     | Struktur Pondasi .....  | 42 |
| 2.5.1   | Daya Dukung Pondasi Tiang Tunggal .....                                 | 43 |
| 2.5.2   | Daya Dukung Pondasi Tiang Grup.....                                     | 43 |
| 2.5.3   | Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Grup                                  | 44 |
| 2.5.4   | Perencanaan Poer .....  | 46 |

### **BAB III METODOLOGI**

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.1   | Diagram Alur Pengerjaan Tugas Akhir ..... | 51 |
| 3.2   | Metodologi Penyelesaian .....             | 52 |
| 3.2.1 | Pengumpulan Data .....                    | 52 |
| 3.2.2 | Studi Literatur.....                      | 52 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 3.2.3   | Preliminary Desain .....                            | 53 |
| 3.2.4   | Perencanaan Struktur Sekunder.....                  | 53 |
| 3.2.5   | Perhitungan Beban Struktur .....                    | 53 |
| 3.2.6   | Permodelan Struktur.....                            | 54 |
| 3.2.7   | Kontrol Perencanaan Struktur Utama.....             | 54 |
| 3.2.7.1 | Kontrol Desain .....                                | 54 |
| 3.2.7.2 | Kontrol Perhitungan Elemen Struktur<br>Primer ..... | 55 |
| 3.2.7.3 | Kontrol Sambungan.....                              | 55 |
| 3.2.8   | Perhitungan Struktur Bawah .....                    | 55 |
| 3.2.8.1 | Perhitungan Daya Dukung Tanah .....                 | 56 |
| 3.2.8.2 | Kontrol Kekuatan Tiang Pondasi .....                | 56 |
| 3.2.8.3 | Perencanaan Poer .....                              | 56 |
| 3.2.8.4 | Perencanaan Sloof.....                              | 56 |
| 3.2.9   | Penggambaran Teknik.....                            | 56 |
| 3.2.10  | Kesimpulan.....                                     | 56 |

## **BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER**

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.1   | Perencanaan Dimensi Plat Lantai Gedung..... | 73 |
| 4.1.1 | Plat Lantai Atap.....                       | 73 |
| 4.1.2 | Plat Lantai Apartemen.....                  | 74 |
| 4.2   | Perencanaan Balok Anak .....                | 76 |
| 4.2.1 | Balok Anak Lantai Atap.....                 | 76 |
| 4.2.2 | Balok Anak Lantai Apartemen.....            | 80 |
| 4.3   | Perencanaan Balok Lift.....                 | 84 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 4.3.1 Balok Penumpu Lift .....   | 86  |
| 4.4 Perencanaan Tangga .....     | 91  |
| 4.4.1 Tangga Lantai 1-19 .....   | 91  |
| 4.4.2 Anak Tangga .....          | 93  |
| 4.4.3 Bordes.....                | 97  |
| 4.4.4 Balok Utama Tangga.....    | 102 |
| 4.4.5 Balok Penumpu Tangga ..... | 112 |

## **BAB V PERMODELA STRUKTUR**

|  |     |
|--|-----|
| 5.1 Pembebanan Struktur Utama .....            | 121 |
| 5.1.1 Berat Total Bangunan.....                | 122 |
| 5.1.2 Kombinasi Pembebanan .....               | 125 |
| 5.2 Pembebanan Gempa Dinamis.....              | 127 |
| 5.2.1 Lantai Tingkat Sebagai Diafragma.....    | 127 |
| 5.2.2 Arah Pembebanan.....                     | 128 |
| 5.2.3 Faktor Respon Gempa (C).....             | 128 |
| 5.2.4 Respon Spektrum Rencana.....             | 129 |
| 5.2.5 Faktor Reduksi Gempa (R).....            | 130 |
| 5.2.6 Faktor Keutamaan (I) .....               | 130 |
| 5.2.7 Analisis P- $\Delta$ .....               | 131 |
| 5.3 Kontrol Desain .....                       | 131 |
| 5.3.1 Kontrol Partisipasi Massa.....           | 134 |
| 5.3.2 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum..... | 136 |
| 5.3.3 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental .. | 140 |
| 5.3.4 Kontrol Batasan Simpangan (Drift).....   | 142 |

## **BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER**

|                |   |     |
|----------------|---|-----|
| <b>6.1</b>     | Perencanaan Elemen Struktur Primer .....          | 145 |
| <b>6.1.1</b>   | Bresing Konsentris Khusus .....                   | 145 |
| <b>6.1.1.1</b> | Kontrol Distribusi eban Lateral .....             | 145 |
| <b>6.1.1.2</b> | Kontrol Penampang .....                           | 148 |
| <b>6.1.2</b>   | Perhitungan Elemen Balok .....                    | 156 |
| <b>6.1.2.1</b> | Balok Lantai Apartemen .....                      | 157 |
| <b>6.1.2.2</b> | Balok Lantai Atap .....                           | 161 |
| <b>6.1.3</b>   | Perhitungan Kolom.....                            | 165 |
| <b>6.1.3.1</b> | Kolom Lantai 1-3 .....                            | 165 |
| <b>6.1.3.2</b> | Kolom Lantai 4-7 .....                            | 170 |
| <b>6.1.3.3</b> | Kolom Lantai 8-11 .....                           | 174 |
| <b>6.1.3.4</b> | Kolom Lantai 12-15 .....                          | 179 |
| <b>6.1.3.5</b> | Kolom Lantai 16-19 .....                          | 184 |
| <b>6.2</b>     | Perencanaan Sambungan .....                       | 189 |
| <b>6.2.1</b>   | Sambungan Antar Kolom.....                        | 189 |
| <b>6.2.2</b>   | Sambungan Kolom Dengan Base Plate.....            | 193 |
| <b>6.2.3</b>   | Sambungan Balok Induk Dengan Kolom....            | 202 |
| <b>6.2.4</b>   | Sambungan Batang Bresing Bawah .....              | 207 |
| <b>6.2.5</b>   | Sambungan Batang Bresing Pada Balok<br>Atas ..... | 213 |
| <b>6.2.6</b>   | Sambungan Balok Anak Dengan Balok<br>Induk .....  | 216 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>6.2.7</b> Sambungan Balok Tangga Dengan Balok<br>Induk .....  | 219 |
| <b>6.2.8</b> Sambungan Balok Tangga Dengan Balok<br>Bordes ..... | 222 |

## **BAB VII PERENCANAAN PONDASI**

|   |     |
|---|-----|
| <b>7.1</b> Umum .....   | 223 |
| <b>7.2</b> Data Tanah .....   | 224 |
| <b>7.3</b> Kriteria Desain .....  | 224 |
| <b>7.4</b> Daya Dukung Tanah .....  | 225 |
| <b>7.4.1</b> Daya Dukung Tanah Tiang Pancang<br>Tunggal.....                    | 225 |
| <b>7.4.2</b> Daya Dukung Tanah Tiang Pancang<br>Kelompok.....                   | 227 |
| <b>7.4.3</b> Repetisi Beban-Beban Diatas Tiang<br>Kelompok.....                 | 228 |
| <b>7.5</b> Perhitungan Pondasi.....   | 229 |
| <b>7.5.1</b> Data Dukung Satu Tiang Pancang.....                                | 229 |
| <b>7.5.2</b> Perhitungan Tiang Pancang Kelompok<br>(Pile Group).....            | 231 |
| <b>7.6</b> Perencanaan Poer Pada Kolom .....                                    | 234 |
| <b>7.6.1</b> Kontrol Geser Pons .....   | 235 |
| <b>7.6.2</b> Analisa Daya Dukung Lateral Dengan<br>Metode Ultimit (Brooms)..... | 239 |
| <b>7.6.3</b> Penulangan Poer .....  | 240 |

|  |     |
|--|-----|
| 7.7 Perencanaan Sloof (Tie Beam) ..... | 245 |
| <b>BAB VII PENUTUP</b>                 |     |
| 8.1 Kesimpulan .....                   | 249 |
| 8.2 Saran .....                        | 250 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....            | 251 |
| <b>LAMPIRAN</b>                        |     |
| <b>BIODATA PENULIS</b>                 |     |



*“ halaman ini sengaja dikosongkan ”*

## DAFTAR TABEL

|   | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| Tabel 2.1 Kategori resiko bangunan gedung dan struktur lainnya<br>untuk beban gempa .....   | 9              |
| Tabel 2.2 Faktor keutamaan gempa .....  | 13             |
| Tabel 2.2 Faktor keutamaan gempa .....  | 13             |
| Tabel 2.3 Klasifikasi situs .....   | 16             |
| Tabel 2.4 Koefisien situs, $F_a$ .....  | 17             |
| Tabel 2.5 Koefisien situs, $F_v$ .....  | 17             |
| Tabel 2.6 Klasifikasi sistem struktur, sistem pemikul beban<br>gempa faktor modifikasi respon (R), dan kuat cadang<br>struktur ( $\Omega_0$ ) ..... | 18             |
| Tabel 2.7 Batas-batas bentang pengekang lateral.....  | 36             |
| Tabel 2.8 Ukuran las sudut.....   | 46             |
| Tabel 5.1 Berat bangunan Lantai 19 (atap) .....   | 125            |
| Tabel 5.2 Berat bangunan Lantai 16-18 .....   | 125            |
| Tabel 5.3 Berat bangunan Lantai 12-15 .....   | 126            |
| Tabel 5.4 Berat bangunan Lantai 8-11 .....  | 126            |
| Tabel 5.5 Berat bangunan Lantai 4-7 .....   | 127            |
| Tabel 5.6 Berat bangunan Lantai 1-3 .....   | 127            |
| Tabel 5.7 Rekapitulasi berat total bangunan .....   | 128            |

|  |     |
|--|-----|
| Tabel 5.8 Hasil output participacing mass ratio .....                                      | 136 |
| Tabel 5.9 Waktu getar hasil analisa ETABS 9.7.1 .....                                      | 138 |
| Tabel 5.10 Base shear respon spektrum .....  | 138 |
| Tabel 5.11 Simpangan struktur akibat beban gempa dinamik<br>RSPX & RSPY .....              | 142 |
| Tabel 5.12 Kontrol batas layan dan kinerja batas ultimate akibat<br>beban gempa RSPX ..... | 143 |
| Tabel 5.13 Kontrol batas layan dan kinerja batas ultimate akibat<br>beban gempa RSPY ..... | 144 |
| Tabel 6.1 Distribusi beban lateral ke batang bresing tarik .....                           | 146 |

## DAFTAR GAMBAR

|  | <b>Halaman</b> |
|--|----------------|
| Gambar 2.1 Peta untuk $S_s$ (parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-resiko tertarget ( $MCE_R$ ), periode ulang gempa = 2500 tahun, $T=0,2$ detik ; kelas situs SB ..... | 9              |
| Gambar 2.2 Peta untuk $S_s$ (parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-resiko tertarget ( $MCE_R$ ), periode ulang gempa = 2500 tahun, $T=1,0$ detik ; kelas situs SB ..... | 10             |
| Gambar 2.4 Sket pondasi tiang pancang grup .....   | 59             |
| Gambar 2.5 Penampang kritis pada pondasi .....   | 61             |
| Gambar 2.6 Kontrol geser ponds pile cap akibat beban tiang .....   | 64             |
| Gambar 3.1 Diagram alur metodologi penyelesaian tugas akhir .....  | 66             |
| Gambar 4.1 Penulangan bondek atap .....  | 74             |
| Gambar 4.2 Penulangan bondek lantai apartemen .....  | 76             |
| Gambar 4.3 Denah pembebanan balok anak atap .....  | 77             |
| Gambar 4.4 Denah pembebanan balok anak apartemen.....  | 81             |

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 4.5 Denah lift.....   | 85  |
| Gambar 4.6 Hoistway section .....  | 86  |
| Gambar 4.7 Denah tangga.....   | 92  |
| Gambar 4.8 Pelat anak tangga.....  | 93  |
| Gambar 4.9 Sketsa pembebanan plat tangga.....                                      | 95  |
| Gambar 4.10 Bordes.....  | 98  |
| Gambar 4.11 Sketsa pembebanan balok utama tangga .....                             | 105 |
| Gambar 4.12 Bidang M tangga .....  | 107 |
| Gambar 4.13 Bidang D tangga .....  | 108 |
| Gambar 4.14 Bidang N tangga.....   | 109 |
| Gambar 4.15 Pembebanan balok penumpu tangga .....                                  | 115 |
| Gambar 5.1 Denah struktur .....  | 122 |
| Gambar 5.2 Tampak 3D bangunan gedung.....  | 122 |
| Gambar 5.3 Grafik nilai C-T zona gempa 6.....                                      | 131 |
| Gambar 5.4 Ragam perbandingan tahanan elemen struktur terhadap<br>gaya dalam ..... | 134 |
| Gambar 6.1 Gaya dalam momen .....  | 159 |
| Gambar 7.1 Denah Tiang Pancang.....  | 232 |
| Gambar 7.2 Geser ponds akibat kolom .....  | 235 |
| Gambar 7.3 Geser ponds akibat tiang pancang .....                                  | 238 |
| Gambar 7.4 Analisa poer sebagai balok kantilever .....                             | 241 |
| Gambar 7.5 Diagram interaksi aksial vs momen.....                                  | 247 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dalam bidang konstruksi ada dua jenis material struktur yang paling umum digunakan, yaitu baja dan beton atau penggabungan kedua jenis material tersebut. Beton untuk struktur memiliki umur layanan yang terbatas. Beton juga dapat mengalami kegagalan konstruksi apabila timbul keretakan akibat daya lentur dari beton terlewat. Dampak dari kegagalan konstruksi tersebut ialah kerugian finansial dan dapat membahayakan jiwa manusia yang berada dalam konstruksi tersebut. Pembuatan beton ialah dengan cara dicor langsung pada tempat yang telah direncanakan dan membutuhkan pekerja dengan jumlah yang cukup di lapangan. Sedangkan berbeda dengan baja, baja dibuat dengan cara fabrikasi sesuai dengan standar dan kemudian dipasang di lokasi, memberikan keuntungan lebih dengan mempercepat pengerjaan di lapangan serta menghemat biaya konstruksi.

Konstruksi baja merupakan suatu alternatif yang menguntungkan dalam pembangunan gedung dan struktur lainnya dalam skala kecil maupun besar. Hal ini dikarenakan material baja mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan bahan konstruksi yang lain. Baja mempunyai kekuatan yang tinggi dan kuat pada kekuatan tarik maupun tekan oleh karena itu baja adalah elemen struktur yang memiliki batasan sempurna yang akan menahan beban jenis tarik aksial, tekan aksial, dan lentur dengan fasilitas yang hampir sama. Berat jenis baja tinggi, tetapi perbandingan antara kekuatan terhadap beratnya juga tinggi sehingga komponen baja tersebut tidak terlalu berat

jika dihubungkan dengan kapasitas muat bebannya. Di samping kekuatannya yang besar untuk menahan kekuatan tarik dan tekan tanpa membutuhkan banyak volume, baja juga mempunyai sifat-sifat lain yang menguntungkan yaitu kekuatan tinggi, kemudahan pemasangan, keseragaman, dan daktilitas.

Beberapa keunggulan baja sebagai bahan struktur dapat diuraikan sebagai berikut. Kekuatan baja jauh lebih tinggi daripada beton maupun kayu. Kekuatan yang tinggi ini terdistribusi secara merata. Kekuatan yang tinggi ini mengakibatkan struktur yang terbuat dari baja lebih ringan daripada struktur dengan bahan lain. Dengan demikian kebutuhan pondasi juga lebih kecil. Selain itu baja mempunyai sifat mudah dibentuk. Struktur dari baja dapat dibongkar untuk kemudian dipasang kembali, sehingga elemen struktur baja dapat dipakai berulang-ulang dalam berbagai bentuk. Kebanyakan struktur bangunan dengan material baja menggunakan profil baja solid. Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam pembangunan gedung bertingkat tinggi adalah gempa. Syarat dalam merencanakan bangunan tahan gempa adalah stabil, kuat, dan kaku antar sambungannya. Pada dasarnya beban gempa adalah beban lateral yang bersifat bolak-balik sehingga struktur harus diberi pengaku untuk menahannya. Namun penggunaan struktur baja tahan gempa masih belum banyak diaplikasikan pada bangunan-bangunan tinggi di Indonesia. Oleh karena itu, diperlukan analisis struktur rangka baja tahan gempa pada berbagai wilayah di Indonesia.

SNI 03-1729-2002 mengklasifikasikan beberapa macam struktur untuk bangunan baja tahan gempa, yang meliputi :

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
2. Sistem Rangka Pemikul Momen Terbatas (SRPMT)
3. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)

4. Sistem Rangka Bresing Pemikul Momen Khusus (SRBPMK)
5. Sistem Rangka Bresing Konsentris Khusus (SRBKK)
6. Sistem Rangka Bresing Konsentris Biasa (SRBKB)
7. Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE)

Struktur Rangka Bresing Eksentrik (SRBE) telah dikenal memiliki kelebihan dibandingkan Struktur Rangka Bresing Konsentrik (SRBK). Peran bresing sebagai pengaku dan link yang daktail sebagai penyerap energi gempa yang efektif, secara bersama-sama meningkatkan kinerja SRBE sebagai struktur baja tahan gempa. Studi yang telah dilakukan diluar sejauh ini telah membuktikan bahwa SRBE dengan link yang pendek menunjukkan kinerja yang lebih baik sebagai penyerap energi akibat beban lateral siklik, yaitu melalui kelelahan geser yang stabil dan efektif. Karena itu pada tugas akhir ini digunakan Sistem Ganda dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE).

## **1.2 Rumusan Permasalahan**

### **1.2.1 Permasalahan Utama**

Bagaimana melakukan perencanaan memodifikasi gedung Apartemen Puncak Kertajaya di Bengkulu menggunakan Struktur Baja dengan Sistem Ganda.

### **1.2.2 Rincian Permasalahan**

1. Bagaimana menentukan preliminary desain penampang struktur baja.
2. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi plat, balok anak, lift, dan tangga.
3. Bagaimana melakukan permodelan dan analisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS 9.7.1



4. Bagaimana merencanakan struktur utama yang meliputi balok dan kolom.
5. Bagaimana merencanakan Bresing Eksentris pada struktur bangunan.
6. Bagaimana merencanakan sambungan.
7. Bagaimana merencanakan pondasi.
8. Bagaimana mengembangkan hasil perhitungan dan perancangan ke dalam gambar teknik.

### **1.3 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah**

Untuk menghindari penyimpangan permasalahan dalam proposal Tugas Akhir ini, maka diperlukan suatu batasan masalah yaitu :

1. Perencanaan tidak meninjau metode pelaksanaan dan biaya konstruksi
2. Perencanaan ini tidak termasuk memperhitungkan sistem utilitas bangunan, perencanaan pembuangan saluran air bersih dan kotor, instalasi/jaringan listrik, finishing, dan sebagainya.

### **1.4 Tujuan**

Tujuan yang diharapkan dalam perencanaan struktur gedung ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan preliminary desain penampang struktur baja.
2. Merencanakan struktur sekunder yang meliputi plat, balok anak, lift, dan tangga.

3. Memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS 9.7.1.
4. Merencanakan struktur utama yang meliputi balok dan kolom.
5. Merencanakan Bresing Eksentris pada struktur bangunan.
6. Merencanakan sambungan.
7. Merencanakan Pondasi
8. Mengembangkan hasil perhitungan dan perancangan ke dalam gambar teknik.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang bisa didapatkan dari perancangan ini adalah :

1. Hasil perancangan ini dapat dijadikan acuan untuk perencanaan bangunan yang akan dirancang ulang dengan struktur baja.
2. Dari perencanaan ini bisa diketahui hal-hal yang harus diperhatikan pada saat perancangan sehingga kegagalan struktur bisa diminimalisasi.

*“ halaman ini sengaja dikosongkan ”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Indonesia merupakan daerah gempa aktif, berdasarkan SNI 03-1726-2012 wilayah gempa di Indonesia dibagi menjadi 6 wilayah. Bangunan harus didesain supaya mampu menahan gempa yang kira-kira akan terjadi di daerahnya. Dalam memilih sistem struktur yang tepat, ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan misalnya tinggi bangunan, arsitektural, dan fungsi bangunan. Dengan mendesain bangunan sesuai dengan berbagai ketentuan yang ada di SNI diharapkan struktur bangunan tersebut tidak mengalami keruntuhan pada saat terjadi gempa. Di dalam SNI 03-1726-2012 dijelaskan mengenai ketentuan-ketentuan pengelompokkan gedung beraturan dan tidak beraturan, daktilitas struktur, pembebanan gempa nominal, wilayah gempa Indonesia beserta respon spectrum gempa untuk masing-masing wilayah, kinerja struktur gedung, dan lain-lain.

#### **2.2 Konsep Perencanaan Struktur Baja Tahan Gempa**

Struktur suatu bangunan bertingkat tinggi harus dapat memikul beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut, diantaranya beban gravitasi dan beban lateral. Beban gravitasi adalah beban mati struktur dan beban hidup, sedangkan yang termasuk beban lateral adalah beban angin dan beban gempa.

Tujuan desain bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur dan kehilangan korban jiwa, dengan tiga kriteria standar sebagai berikut :

1. Gempa ringan → bangunan tidak boleh rusak secara structural dan arsitektural (komponen arsitektural diperbolehkan terjadi kerusakan seminimum mungkin)
2. Gempa sedang → Komponen struktural (balok dan kolom) tidak diperbolehkan rusak sama sekali tetapi komponen arsitektural diperbolehkan terjadi kerusakan (seperti : kaca).
3. Gempa Berat → Boleh terjadi kerusakan pada komponen struktural tetapi tidak menyebabkan keruntuhan bangunan.

Perencanaan struktur dapat direncanakan dengan mengetahui skenario keruntuhan dari struktur tersebut dalam menahan beban maksimum yang bekerja. Pelaksanaan konsep desain kapasitas struktur adalah memperkirakan urutan kejadian dari kegagalan suatu struktur berdasarkan beban maksimum yang dialami struktur. Sehingga kita merencanakan bangunan dengan elemen-elemen struktur tidak dibuat sama kuat terhadap gaya yang direncanakan, tetapi ada elemen-elemen struktur atau titik pada struktur yang dibuat lebih lemah dibandingkan dengan yang lain dengan harapan di titik itulah kegagalan struktur terjadi pada saat beban maksimum bekerja.

### **2.2.1 Beban Gempa (SNI 03-1726-2012)**

Struktur gedung yang tidak memenuhi ketentuan menurut SNI 03-1726-2012 ditetapkan sebagai struktur gedung tidak beraturan, untuk itu pengaruh Gempa Rencana harus

ditinjau sebagai pengaruh pembebanan gempa dinamik, sehingga analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik.

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

Tingkat keutamaan ( $I$ ) struktur dalam kepentingannya saat masa layan disajikan dalam tabel berikut ini :

*Tabel 2.1 Kategori resiko bangunan gedung dan struktur lainnya untuk beban gempa*

*(Sumber : SNI 03-1726-2012)*

| Jenis Pemanfaatan  | Kategori Resiko |
|--|-----------------|
| Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :<br>- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, | I               |

|   |     |
|---|-----|
| <p>dan perikanan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>   |     |
| <p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I,III,IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen / rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan / Mall</li> <li>- Bangunan industry</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul> | II  |
| <p>Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi</p>   | III |

|   |  |
|---|--|
| <p>untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Bioskop</li><li>- Gedung pertemuan</li><li>- Stadion</li><li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li><li>- Fasilitas penitipan anak</li><li>- Penjara</li><li>- Bangunan untuk orang jompo</li></ul> <p>Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk ke dalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan atau gangguan missal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li><li>- Fasilitas penanganan air</li><li>- Fasilitas penanganan limbah</li><li>- Pusat telekomunikasi</li></ul> <p>Gedung dan struktur lainnya yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk,</p> |  |
|---|--|



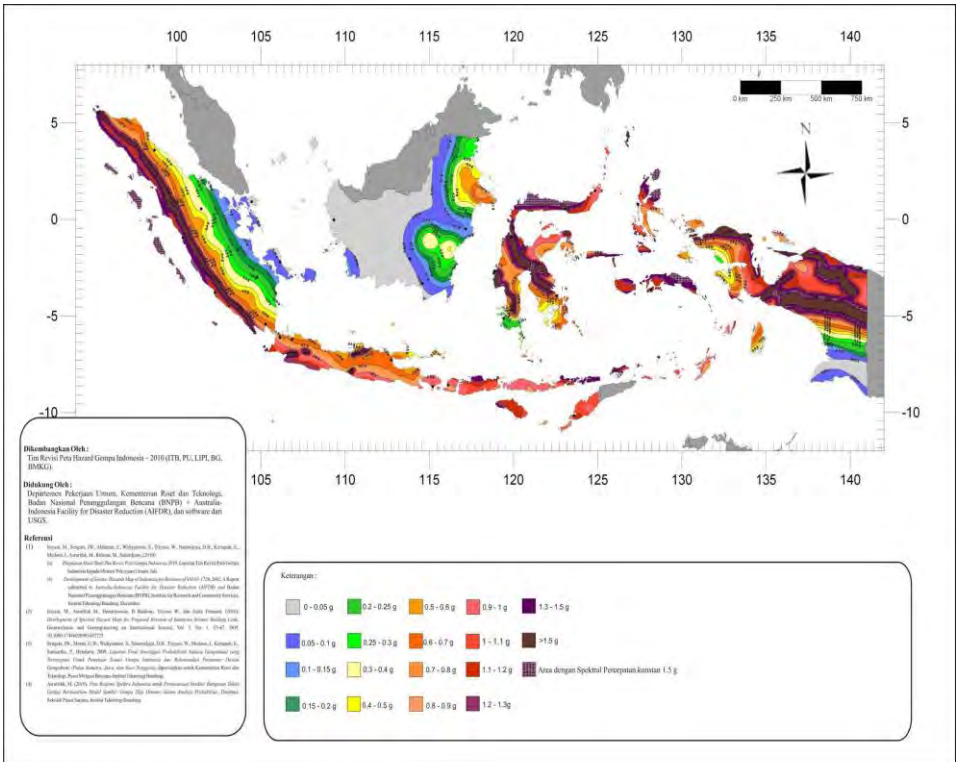
|   |    |
|---|----|
| <p>tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia yang berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>   |    |
| <p>Gedung dan struktur lainnya yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedan dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, badai angin, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap</li> </ul> | IV |

|  |  |
|--|--|
| <p>darurat</p> <p>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</p> <p>Gedung dan struktur lainnya yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV</p> |  |
|--|--|

*Tabel 2.2 Faktor keutamaan gempa (Sumber : SNI 03-1726-2012)*

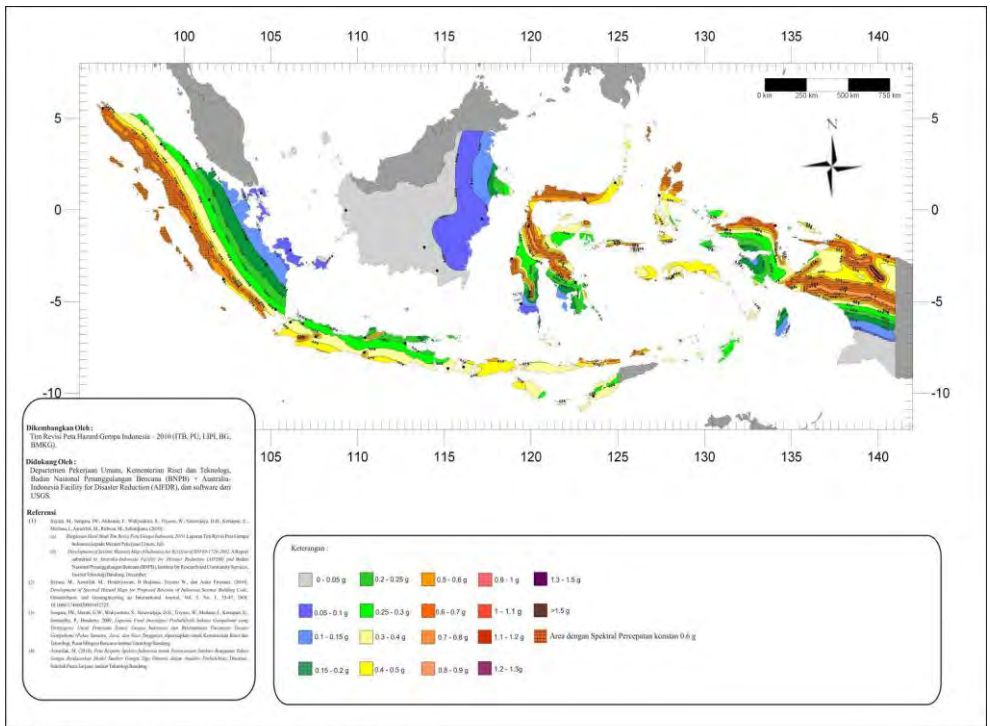
| Kategori Resiko | Faktor Keutamaan Gempa, Ie |
|-----------------|----------------------------|
| I atau II       | 1,0                        |
| III             | 1,25                       |
| IV              | 1,50                       |

Parameter percepatan tanah ( $S_S, S_1$ ) :



Catatan: Nilai-nilai lebih detail percepatan spektral respons dapat dilihat pada program SpektroInfo dalam CD yang menyertai dokumen standar ini.

Gambar 2.1 Peta untuk  $S_S$  (parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-tertarget ( $MCE_R$ ), periode ulang gempa = 2500 tahun,  $T=0,2$  detik ; kelas situs SB (Sumber : SNI 03-1726-2012)



Catatan: Nilai-nilai lebih detail percepatan spektral respons dapat dilihat pada program Spekrtrandi dalam CD yang menyertai dokumen standar ini

*Gambar 2.2 Peta untuk  $S_s$  (parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-tertarget ( $MCE_R$ ), periode ulang gempa = 2500 tahun ,  $T=1,0$  detik ; kelas situs SB (Sumber : SNI 03-1726-2012)*

## Klasifikasi Situs (SA-SF) :

Tabel 2.3 Klasifikasi situs (Sumber : SNI 03-1726-2012)

| Kelas Situs   | Vs (m/detik)  | N atau Nch   | Su (kPa)      |
|---|---|--------------|---------------|
| Sa (batuan keras)   | > 1500  | N/A          | N/A           |
| SB (batuan)   | 750 sampai 1500   | N/A          | N/A           |
| SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)   | 350 sampai 750  | > 50         | $\geq 100$    |
| SD (tanah sedang)   | 175 sampai 350  | 15 sampai 50 | 50 sampai 100 |
| SE (tanah lunak)  | < 175   | < 15         | < 50          |
|   | Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :  |              |               |
|   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, <math>PI &gt; 20</math></li> <li>2. Kadar air, <math>w \geq 40 \%</math></li> <li>3. Kuat geser niralir <math>S_u &lt; 25 \text{ kPa}</math></li> </ol>   |              |               |
| SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1) | <p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah</li> <li>2. Lempung sangat organik dan atau gambut (ketebalan <math>H &gt; 3 \text{ m}</math>)</li> <li>3. Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5 \text{ m}</math> dengan Indeks Plastisitas, <math>PI &gt; 75</math>)</li> <li>4. Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan <math>H &gt; 35 \text{ m}</math> dengan <math>S_u &lt; 50 \text{ kPa}</math></li> </ol> |              |               |

Faktor Koefisien Situs ( $F_a$ ,  $F_v$ )Tabel 2.4 Koefisien Situs,  $F_a$  (Sumber : SNI 03-1726-2012)

| Kelas Situs | Parameter respons spektral percepatan gempa MCER<br>terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$ |             |              |           |                 |
|-------------|--|-------------|--------------|-----------|-----------------|
|             | $S_s \leq 0,25$  | $S_s = 0,5$ | $S_s = 0,75$ | $S_s = 1$ | $S_s \geq 1,25$ |
| SA          | 0.8  | 0.8         | 0.8          | 0.8       | 0.8             |
| SB          | 1  | 1           | 1            | 1         | 1               |
| SC          | 1,2  | 1,2         | 1,1          | 1         | 1               |
| SD          | 1,6  | 1,4         | 1,2          | 1,1       | 1               |
| SE          | 2,5  | 1,7         | 1,2          | 0,9       | 0,9             |
| SF          | SSb  |             |              |           |                 |

Tabel 2.5 Koefisien Situs,  $F_v$  (Sumber : SNI 03-1726-2012)

| Kelas Situs | Parameter respons spektral percepatan gempa MCER<br>terpetakan pada perioda pendek, $T=1,0$ 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  | 1           | 1           | 1           | 1              |
| SC          | 1,7  | 1,6         | 1,5         | 1,4         | 1,3            |
| SD          | 2,4  | 2           | 1,8         | 1,6         | 1,5            |
| SE          | 3,5  | 3,2         | 2,8         | 2,4         | 2,4            |
| SF          | SSb  |             |             |             |                |

Nilai faktor modifikasi respon ( $R$ ) ditentukan berdasarkan tipe struktur yang akan direncanakan. Berikut ini adalah nilai faktor modifikasi respon untuk berbagai tipe struktur tahan gempa.

Tabel 2.6 Klasifikasi sistem struktur, sistem pemikul beban gempa faktor modifikasi respon ( $R$ ), dan kuat cadang struktur ( $\Omega_0$ ) (Sumber : SNI 03-1729-2012)

| Sistem penahan-gaya seismik                   | Koefisien modifikasi respons, $R^a$ | Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^g$ | Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$ | Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_s$ (m) <sup>c</sup> |              |                 |                 |                 |
|---|-------------------------------------|--|-------------------------------------|---|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|   |                                     |  |                                     | Kategori desain seismik   |              |                 |                 |                 |
|   |                                     |  |                                     | B   | C            | D <sup>d</sup>  | E <sup>d</sup>  | F <sup>e</sup>  |
| <b>A. Sistem dinding penumpu</b>              | <b>7.1.1</b>                        | <b>7.1.2</b>                           | <b>7.1.3</b>                        | <b>7.1.4</b>  | <b>7.1.5</b> | <b>7.1.6</b>    | <b>7.1.7</b>    | <b>7.1.8</b>    |
| 1. Dinding geser beton bertulang khusus       | 5                                   | 2½                                     | 5                                   | TB  | TB           | 48              | 48              | 30              |
| 2. Dinding geser beton bertulang biasa        | 4                                   | 2½                                     | 4                                   | TB  | TB           | Ti              | Ti              | Ti              |
| 3. Dinding geser beton polos didetail         | 2                                   | 2½                                     | 2                                   | TB  | Ti           | Ti              | Ti              | Ti              |
| 4. Dinding geser beton polos biasa            | 1½                                  | 2½                                     | 1½                                  | TB  | Ti           | Ti              | Ti              | Ti              |
| 5. Dinding geser pracetak menengah            | 4                                   | 2½                                     | 4                                   | TB  | TB           | 12 <sup>x</sup> | 12 <sup>x</sup> | 12 <sup>k</sup> |
| 6. Dinding geser pracetak biasa               | 3                                   | 2½                                     | 3                                   | TB  | Ti           | Ti              | Ti              | Ti              |
| 7. Dinding geser batu bata bertulang khusus   | 5                                   | 2½                                     | 3½                                  | TB  | TB           | 48              | 48              | 30              |
| 8. Dinding geser batu bata bertulang menengah | 3½                                  | 2½                                     | 2¼                                  | TB  | TB           | Ti              | Ti              | Ti              |
| 9. Dinding geser batu bata bertulang biasa    | 2                                   | 2½                                     | 1¼                                  | TB  | 48           | Ti              | Ti              | Ti              |

| Sistem penahan-gaya seismik  | Koefisien modifikasi respons, $R^a$ | Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^g$ | Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$ | Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_s$ (m) <sup>f</sup> |    |                 |                 |                 |
|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|---|----|-----------------|-----------------|-----------------|
|  |                                     |  |                                     | Kategori desain seismik   |    |                 |                 |                 |
|  |                                     |  |                                     | B   | C  | D <sup>d</sup>  | E <sup>d</sup>  | F <sup>e</sup>  |
| 10. Dinding geser batu bata polos didetail   | 2                                   | 2½                                     | 1¼                                  | TB  | Ti | Ti              | Ti              | Ti              |
| 11. Dinding geser batu bata polos biasa  | 1½                                  | 2½                                     | 1¼                                  | TB  | Ti | Ti              | Ti              | Ti              |
| 12. Dinding geser batu bata prategang  | 1½                                  | 2½                                     | 1¼                                  | TB  | Ti | Ti              | Ti              | Ti              |
| 13. Dinding geser batu bata ringan (AAC) bertulang biasa   | 2                                   | 2½                                     | 2                                   | TB  | 10 | Ti              | Ti              | Ti              |
| 14. Dinding geser batu bata ringan (AAC) polos biasa   | 1½                                  | 2½                                     | 1½                                  | TB  | Ti | Ti              | Ti              | Ti              |
| 15. Dinding rangka ringan (kayu) dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja                   | 6½                                  | 3                                      | 4                                   | TB  | TB | 20              | 20              | 20              |
| 16. Dinding rangka ringan (baja canal dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang ditujukan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja | 6½                                  | 3                                      | 4                                   | TB  | TB | 20              | 20              | 20              |
| 17. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya   | 2                                   | 2½                                     | 2                                   | TB  | TB | 10              | Ti              | Ti              |
| 18. Sistem dinding rangka ringan (baja canal dingin) menggunakan bresing strip datar   | 4                                   | 2                                      | 3½                                  | TB  | TB | 20              | 20              | 20              |
| <b>B. Sistem rangka bangunan</b>   |                                     |  |                                     |   |    |                 |                 |                 |
| 1. Rangka baja dengan bresing eksentris  | 8                                   | 2                                      | 4                                   | TB  | TB | 48              | 48              | 30              |
| 2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus  | 6                                   | 2                                      | 5                                   | TB  | TB | 48              | 48              | 30              |
| 3. Rangka baja dengan bresing konsentris biasa   | 3¼                                  | 2                                      | 3¼                                  | TB  | TB | 10 <sup>f</sup> | 10 <sup>f</sup> | Ti <sup>f</sup> |
| 4. Dinding geser beton bertulang khusus  | 6                                   | 2½                                     | 5                                   | TB  | TB | 48              | 48              | 30              |
| 5. Dinding geser beton bertulang biasa   | 5                                   | 2½                                     | 4½                                  | TB  | TB | Ti              | Ti              | Ti              |

|  |    |    |    |    |    |                 |                 |                 |
|--|----|----|----|----|----|-----------------|-----------------|-----------------|
| 6. Dinding geser beton polos detail  | 2  | 2½ | 2  | TB | Ti | Ti              | Ti              | Ti              |
| 7. Dinding geser beton polos biasa   | 1½ | 2½ | 1½ | TB | Ti | Ti              | Ti              | Ti              |
| 8. Dinding geser pracetak menengah   | 5  | 2½ | 4½ | TB | TB | 12 <sup>c</sup> | 12 <sup>c</sup> | 12 <sup>c</sup> |
| 9. Dinding geser pracetak biasa  | 4  | 2½ | 4  | TB | Ti | Ti              | Ti              | Ti              |
| 10. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris  | 8  | 2  | 4  | TB | TB | 48              | 48              | 30              |
| 11. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus  | 5  | 2  | 4½ | TB | TB | 48              | 48              | 30              |
| 12. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa  | 3  | 2  | 3  | TB | TB | Ti              | Ti              | Ti              |
| 13. Dinding geser pelat baja dan beton komposit  | 6½ | 2½ | 5½ | TB | TB | 48              | 48              | 30              |
| 14. Dinding geser baja dan beton komposit khusus   | 6  | 2½ | 5  | TB | TB | 48              | 48              | 30              |
| 15. Dinding geser baja dan beton komposit biasa  | 5  | 2½ | 4½ | TB | TB | Ti              | Ti              | Ti              |
| 16. Dinding geser batu bata bertulang khusus   | 5½ | 2½ | 4  | TB | TB | 48              | 48              | 30              |
| 17. Dinding geser batu bata bertulang menengah   | 4  | 2½ | 4  | TB | TB | Ti              | Ti              | Ti              |
| 18. Dinding geser batu bata bertulang biasa  | 2  | 2½ | 2  | TB | 48 | Ti              | Ti              | Ti              |
| 19. Dinding geser batu bata polos didetail   | 2  | 2½ | 2  | TB | Ti | Ti              | Ti              | Ti              |
| 20. Dinding geser batu bata polos biasa  | 1½ | 2½ | 1½ | TB | Ti | Ti              | Ti              | Ti              |
| 21. Dinding geser batu bata prategang  | 1½ | 2½ | 1½ | TB | Ti | Ti              | Ti              | Ti              |
| 22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser   | 7  | 2½ | 4½ | TB | TB | 22              | 22              | 22              |
| 23. Dinding rangka ringan (baja canal dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja | 7  | 2½ | 4½ | TB | TB | 22              | 22              | 22              |

| Sistem penahan-gaya seismik  | Koefisien modifikasi respons, $R^a$ | Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^g$ | Faktor pembesaran defleksi, $C_d^h$ | Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_s$ (m) <sup>c</sup> |    |                   |                 |                 |
|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|---|----|-------------------|-----------------|-----------------|
|  |                                     |  |                                     | Kategori desain seismik   |    |                   |                 |                 |
|  |                                     |  |                                     | B   | C  | D <sup>d</sup>    | E <sup>d</sup>  | F <sup>e</sup>  |
| 24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya | 2½                                  | 2½                                     | 2½                                  | TB  | TB | 10                | TB              | TB              |
| 25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk                  | 8                                   | 2½                                     | 5                                   | TB  | TB | 48                | 48              | 30              |
| 26. Dinding geser pelat baja khusus                                      | 7                                   | 2                                      | 6                                   | TB  | TB | 48                | 48              | 30              |
| <b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>                                    |                                     |  |                                     |   |    |                   |                 |                 |
| 1. Rangka baja pemikul momen khusus                                      | 8                                   | 3                                      | 5½                                  | TB  | TB | TB                | TB              | TB              |
| 2. Rangka batang baja pemikul momen khusus                               | 7                                   | 3                                      | 5½                                  | TB  | TB | 48                | 30              | Ti              |
| 3. Rangka baja pemikul momen menengah                                    | 4½                                  | 3                                      | 4                                   | TB  | TB | 10 <sup>k,l</sup> | Ti <sup>h</sup> | Ti <sup>l</sup> |
| 4. Rangka baja pemikul momen biasa                                       | 3½                                  | 3                                      | 3                                   | TB  | TB | Ti <sup>o</sup>   | Ti <sup>h</sup> | Ti <sup>l</sup> |
| 5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus                           | 8                                   | 3                                      | 5½                                  | TB  | TB | TB                | TB              | TB              |
| 6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah                         | 5                                   | 3                                      | 4½                                  | TB  | TB | Ti                | Ti              | Ti              |
| 7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa                            | 3                                   | 3                                      | 2½                                  | TB  | Ti | Ti                | Ti              | Ti              |
| 8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus                   | 8                                   | 3                                      | 5½                                  | TB  | TB | TB                | TB              | TB              |
| 9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah                 | 5                                   | 3                                      | 4½                                  | TB  | TB | Ti                | Ti              | Ti              |
| 10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen       | 6                                   | 3                                      | 5½                                  | 48  | 48 | 30                | Ti              | Ti              |
| 11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa                   | 3                                   | 3                                      | 2½                                  | TB  | Ti | Ti                | Ti              | Ti              |
| 12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan       | 3½                                  | 3 <sup>o</sup>                         | 3½                                  | 10  | 10 | 10                | 10              | 10              |



|  |    |    |    |    |    |    |    |                   |
|--|----|----|----|----|----|----|----|-------------------|
| <b>D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan</b> |    |    |    |    |    |    |    |                   |
| 1. Rangka baja dengan bresing eksentris  | 8  | 2½ | 4  | TB | TB | TB | TB | TB                |
| 2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus  | 7  | 2½ | 5½ | TB | TB | TB | TB | TB                |
| 3. Dinding geser beton bertulang khusus  | 7  | 2½ | 5½ | TB | TB | TB | TB | TB                |
| 4. Dinding geser beton bertulang biasa   | 6  | 2½ | 5  | TB | TB | TI | TI | TI                |
| 5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris   | 8  | 2½ | 4  | TB | TB | TB | TB | TB                |
| 6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus   | 6  | 2½ | 5  | TB | TB | TB | TB | TB                |
| 7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit   | 7½ | 2½ | 6  | TB | TB | TB | TB | TB                |
| 8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus  | 7  | 2½ | 6  | TB | TB | TB | TB | TB                |
| 9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa   | 6  | 2½ | 5  | TB | TB | TI | TI | TI                |
| 10. Dinding geser batu bata bertulang khusus   | 5½ | 3  | 5  | TB | TB | TB | TB | TB                |
| 11. Dinding geser batu bata bertulang menengah   | 4  | 3  | 3½ | TB | TB | TI | TI | TI                |
| 12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk  | 8  | 2½ | 5  | TB | TB | TB | TB | TB                |
| 13. Dinding geser pelat baja khusus  | 8  | 2½ | 6½ | TB | TB | TB | TB | TB                |
| <b>E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempayang ditetapkan</b>     |    |    |    |    |    |    |    |                   |
| 1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus  | 6  | 2½ | 5  | TB | TB | 10 | TI | TI <sup>1/4</sup> |
| 2. Dinding geser beton bertulang khusus  | 6½ | 2½ | 5  | TB | TB | 48 | 30 | 30                |

| Sistem penahan-gaya seismik  | Koefisien modifikasi respons, $R^a$ | Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega_0^b$ | Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$ | Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>c</sup> |    |                |                   |                   |
|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|---|----|----------------|-------------------|-------------------|
|  |                                     |  |                                     | Kategori desain seismik   |    |                |                   |                   |
|  |                                     |  |                                     | B   | C  | D <sup>d</sup> | E <sup>d</sup>    | F <sup>e</sup>    |
| 3. Dinding geser batu bata bertulang biasa   | 3                                   | 3                                      | 2½                                  | TB  | 48 | TI             | TI                | TI                |
| 4. Dinding geser batu bata bertulang menengah  | 3½                                  | 3                                      | 3                                   | TB  | TB | TI             | TI                | TI                |
| 5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus   | 5½                                  | 2½                                     | 4½                                  | TB  | TB | 48             | 30                | TI                |
| 6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing biasa   | 3½                                  | 2½                                     | 3                                   | TB  | TB | TI             | TI                | TI                |
| 7. Dinding geser baja dan beton komposit biasa   | 5                                   | 3                                      | 4½                                  | TB  | TB | TI             | TI                | TI                |
| 8. Dinding geser beton bertulang biasa   | 5½                                  | 2½                                     | 4½                                  | TB  | TB | TI             | TI                | TI                |
| <b>F. Sistem interaktif dinding geser-rangka dengan rangka pemikul momen beton bertulang biasa dan dinding geser beton bertulang biasa</b> | 4½                                  | 2½                                     | 4                                   | TB  | TI | TI             | TI                | TI                |
| <b>G. Sistem kolom kantilever didetail untuk memenuhi persyaratan untuk :</b>  |                                     |  |                                     |   |    |                |                   |                   |
| 1. Sistem kolom baja dengan kantilever khusus  | 2½                                  | 1¼                                     | 2½                                  | 10  | 10 | 10             | 10                | 10                |
| 2. Sistem kolom baja dengan kantilever biasa   | 1¼                                  | 1¼                                     | 1¼                                  | 10  | 10 | TI             | TI <sup>1/2</sup> | TI <sup>1/2</sup> |
| 3. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus   | 2½                                  | 1¼                                     | 2½                                  | 10  | 10 | 10             | 10                | 10                |
| 4. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah   | 1½                                  | 1¼                                     | 1¼                                  | 10  | 10 | TI             | TI                | TI                |
| 5. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa  | 1                                   | 1¼                                     | 1                                   | 10  | TI | TI             | TI                | TI                |
| 6. Rangka kayu   | 1½                                  | 1¼                                     | 1¼                                  | 10  | 10 | 10             | TI                | TI                |

## 2.2.2 Kinerja Struktur Gedung Tahan Gempa

Sesuai dengan persyaratan SNI 03-1726-2012. Kinerja batas layan mensyaratkan bahwa simpangan antar tingkat tidak boleh melebihi  $\frac{0,03}{R}$  kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm. Kinerja batas layan ini dimaksudkan untuk membatasi terjadinya pelelahan baja pada saat terjadi gempa. Selain itu, kinerja batas layan juga dimaksudkan untuk mencegah kerusakan non struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Kinerja batas *ultimate* ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar tingkat maksimum akibat gempa rencana dan kondisi struktur berada di ambang keruntuhan. Persyaratan ini dimaksudkan untk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan yang dapat menimbulkan korban jiwa dan untuk mencegah terjadinya benturan dengan korban jiwa dan untuk mencegah terjadinya benturan dengan gedung tetangga atau bagian struktur lain yang dipisah dengan dilatasi. Simpangan dan simpangan antar tingkat ini harus dihitung akibat pembebanan gempa nominal yang dikalikan dengan suatu faktor pengali  $\xi$ . Untuk struktur gedung beraturan, nilai  $\xi$  diambil sebesar :

1. Untuk struktur gedung beraturan  $\xi = 0,7 R$
2. Untuk struktur gedung tak beraturan  $\xi = \frac{0,7R}{faktorskala}$

Diisyaratkan bahwa simpangan antar tingkat tidak boleh melebihi 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan pada saat terjadi gempa arah X dan Y.

### 2.2.3 Beban dan Kombinasi Pembebanan

Perencanaan pembebanan pada struktur ini berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983 dan SNI 03-1726-2012. Pembebanan tersebut antara lain :

1. Beban Mati (PPIUG 1983 Bab 1 pasal 1.1)

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesing-mesing serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. Yang nilainya tertera pada tabel 2.1 PPIUG 1983 sebagai berikut :

- Berat jenis beton bertulang :  $2400 \text{ kg/m}^3$
- Berat jenis pasangan bata :  $1700 \text{ kg/m}^3$
- Berat jenis aspal :  $14 \text{ kg/m}^2$
- Berat jenis plafon :  $11 \text{ kg/m}^2$
- Berat jenis penggantung :  $7 \text{ kg/m}^2$
- Berat jenis AC dan perpipaan :  $10 \text{ kg/m}^2$

2. Beban Hidup (PPIUG 1983 Bab 1 pasal 1.2)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan hidup lantai dan atap tersebut.

3. Beban Angin (PPIUG 1983 Bab 1 pasal 1.3)

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam

tekanan udara. Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam  $\text{kg/m}^2$ , ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup yang ditentukan dalam pasal 4.2 (PPIUG 1983) dengan koefisien-koefisien angin yang ditentukan dalam pasal 4.3 (PPIUG 1983).

#### 4. Beban Gempa (SNI 03-1726-2012)

Beban gempa adalah gaya-gaya yang berasal dari gerakan-gerakan tanah dikombinasi dengan sifat-sifat dinamis struktur karena seringkali percepatan horizontal tanah lebih besar daripada percepatan vertikal, dan struktur secara umum lebih sensitif terhadap gerakan horizontal daripada gerakan vertikal, maka pengaruh gempa horizontal seringkali lebih menentukan daripada pengaruh gempa vertikal. Tahanan komponen struktur baja dalam memikul gaya mengikuti preferensi berikut ini :

- Tarik : baik → keruntuhan leleh bersifat daktail
- Tekan : kurang baik → stabilitas (tekuk lentur, tekuk lokal)
- Lentur : sedang → stabilitas (tekuk torsi, tekuk lokal, tekuk lateral)
- Geser : lemah → getas, tekuk lokal
- Torsi : buruk → getas, tekuk lokal

Berdasarkan beban-beban tersebut di atas maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan terfaktor SNI 03-1729-2002 di bawah ini :

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

Keterangan :

D : beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap.

L : beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.

La : beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.

H : beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.

W : beban angin.

E : beban gempa, yang ditentukan menurut SNI 03-1726-2012, atau penggantinya dengan,  $\gamma_L = 0,5$  bila  $L < 5\text{kPa}$ , dan  $\gamma_L = 1$  bila  $L > 5\text{kPa}$ .

Secara umum  $D$ ,  $L$ ,  $L_a$ ,  $W$ ,  $E$ , dan  $H$  masing-masing dapat berupa lentur, geser, aksial, dan torsi. Tahanan setiap komponen struktur harus diperiksa terhadap semua kombinasi pembebanan tersebut di atas. Faktor beban untuk  $L$  di dalam kombinasi pembebanan pada persamaan (3), (4), dan (5) harus sama dengan 1,0 untuk garasi parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum, dan semua daerah di mana beban hidup lebih besar dari 5 kPa.

$E_h$  adalah pengaruh dari komponen horizontal beban gempa yang ditetapkan untuk struktur bangunan. Dalam SNI 03-1726-2012 diisyaratkan bahwa pengaruh komponen horizontal beban gempa yang dikalikan suatu faktor amplifikasi  $\Omega_0$  dan  $E_h$  harus digunakan sebagai ganti dari  $E_h$  seperti dalam kombinasi beban di bawah ini. Faktor amplifikasi  $\Omega_0$  atau faktor kuat cadang struktur.

Kombinasi beban dengan memperhatikan faktor kuat cadang struktur  $\Omega_0$  adalah :

$$1,2D + \gamma L L + \Omega_0 E_h$$

$$0,9D - + \Omega_0 E_h$$

Dengan  $\gamma L = 0,5$  bila  $L < 5$  kPa dan  $\gamma L = 1$  bila  $L \geq 5$  kPa.

Keterangan :

$D$  : pengaruh beban mati yang disebabkan oleh berat komponen struktur dan beban tetap pada struktur.

$L$  : pengaruh beban hidup akibat pengguna gedung dan peralatan bergerak

$E_h$  : pengaruh dari komponen horizontal beban gempa.

$\Omega_0$  : faktor kuat cadang struktur.

Pengaruh orthogonalitas beban gempa, yaitu pengaruh pembebanan gempa pada dua arah yang saling tegak lurus, harus dipertimbangkan dalam perencanaan struktur bangunan. Pengaruh orthogonalitas tidak perlu ditinjau bila dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa digunakan  $\Omega_0 E_h$ .

#### **2.2.4 Perencanaan LFRD (Load Resistance Factor Design)**

Perencanaan menggunakan konsep LFRD berdasarkan peraturan AISC (*American Institute of Steel Construction*). Perencanaan struktur baja yang selama ini dilakukan di Indonesia menganut konsep tegangan ijin atau lebih dikenal dengan *Allowable Stress Design* (ASD).

Metode ASD telah digunakan selama kurun waktu 100 tahun dan dalam 20 tahun terakhir telah bergeser ke perencanaan batas (LFRD) yang lebih rasional dan berdasarkan konsep probabilitas.

Keadaan batas adalah kondisi struktur di ambang batas kemampuan dalam memenuhi fungsi-fungsinya. Keadaan atas dibagi dalam dua kategori yaitu tahanan dan kemampuan layan. Keadaan batas tahanan (atau keamanan) adalah perilaku struktur saat mencapai tahanan plastik, tekuk, leleh, fraktur, guling, dan gelincir. Keadaan batas kemampuan layan berkaitan

dengan kenyamanan penggunaan bangunan, antara lain masalah lendutan, getaran, perpindahan permanen, dan retak-retak.

Kuat rencana setiap komponen struktur tidak boleh kurang dari kekuatan yang dibutuhkan yang ditentukan berdasarkan kombinasi pembebanan LRFD

$$R_o \leq \phi \cdot R_n$$

Dimana :

$R_o$  = kekuatan yang dibutuhkan (LRFD)

$R_n$  = kekuatan nominal

$\phi$  = faktor tahanan (<1,0) (SNI: faktor reduksi)

Berikut ini faktor tahanan digunakan dalam perencanaan menggunakan metode LRFD.

- Komponen struktur tarik :  $\phi = 0,9$  keadaan batas leleh  
 $\phi = 0,75$  keadaan batas fraktur
- Komponen struktur tekan :  $\phi_c = 0,85$
- Komponen struktur lentur :  $\phi_b = 0,9$  untuk lentur  
 $\phi_v = 0,9$  untuk geser
- Untuk las :  $\phi$  mengikuti di atas
- Alat pengencang (baut/keling) :  $\phi = 0,75$

### 2.2.5 Sistem Ganda

Sistem ganda terdiri dari 1) rangka ruang yang memikul seluruh beban gravitasi, 2) pemikul beban lateral berupa dinding geser atau rangka bresing dengan rangka pemikul



momen. Rangka pemikul momen harus direncanakan secara terpisah dan mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari seluruh beban lateral, 3) kedua sistem harus direncanakan mampu memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral dengan memperhatikan interaksi sistem ganda suatu struktur yang gaya-gaya lateralnya dipikul oleh rangka ruang pemikul momen daktail, yang bekerja sejajar dengan rangka diperkaku dan yang memenuhi persyaratan pada Tabel 2.6 untuk suatu sistem pengaku ganda.

### **2.2.6 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)**

Ruang lingkup SRPM adalah suatu struktur rangka batang pemikul momen yang dipasang sumbu horizontal. Pada SRPM ada suatu segmen khusus yang terdiri dari beberapa panel dengan batang-batangnya direncanakan secara khusus. SRPM direncanakan mengalami deformasi inelastic yang cukup besar pada segmen khusus saat memikul gaya-gaya akibat beban gempa rencana. Jarak antar kolom pada SRPM dibatasi tidak lebih dari 20 meter dan tinggi keseluruhan tidak lebih dari 2 meter. Kolom-kolom dan segmen lainnya selain segmen khusus harus direncanakan untuk tetap dalam keadaan elastic akibat gaya-gaya yang dihasilkan oleh segmen khusus pada saat mengalami pelelehan penuh hingga tahap perkerasan regangan. SRPM harus memenuhi ketentuan

#### **2.2.6.1 Kekompakan**

Batang diagonal pada segmen khusus harus dibuat dari batang plat dengan perbandingan lebar terhadap tebal lebih kecil atau sama dengan 2,5. Perbandingan lebar terhadap tebal

batang-batang tepi tidak boleh melebihi nilai  $\lambda_p$  pada SNI 03-1729-2002 Tabel 15.7-1. Perbandingan lebar terhadap tebal penampang siku dan pelat sayap dan pelat badan penampang T yang dipakai untuk batan-batang tepi pada segmen khusus tidak boleh melebihi  $135/\sqrt{f_y}$ .

### **2.2.6.2 Bresing Lateral**

Batang tepi atas dan bawah dari SRPM harus dikekang secara lateral pada ujung-ujung segmen khusus, dan pada interval tidak melebihi  $L_p$  di sepanjang bentang SRPM. Setiap bresing lateral pada ujung dan di dalam segmen khusus harus direncanakan mempunyai kuat rencana paling tidak 5% dari kuat tekan aksial nominal  $N_{nc}$  batang tepi pada segmen khusus. Bresing lateral diluar segmen khusus harus mempunyai kuat rencana paling tidak 2,5% dari kuat tekan nominal  $N_{nc}$  yang terbesar dari batang tepi yang berdekatan.

## **2.3. Perencanaan Elemen Struktur**

### **2.3.1 Kolom**

Kontrol perhitungan kolom :

#### Kontrol Penampang

Penampang tidak boleh termasuk dalam kategori penampang langsing :

Pelat sayap :

;

Pelat badan :

$$\lambda < \lambda_r$$

;

$$\lambda < \lambda_r$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \frac{250}{\sqrt{f_y}} \quad (\mathbf{OK})$$

;

$$\frac{h}{t_w} < \frac{665}{\sqrt{f_y}} \quad (\mathbf{OK})$$

Kontrol Kekakuan Portal (SNI 03-1729-2002 Pasal 7.6.3.3)

$$G = \frac{\sum \left( \frac{I_c}{L_c} \right)}{\sum \left( \frac{I_b}{L_b} \right)}$$

Dari nilai G, dapat diperoleh nilai kc (faktor panjang tekuk)

Amplifikasi Momen Struktur Portal (SNI 03-1729-2002 Pasal 7.4.3.2)

$$Mu = B_1 M_{nt} + B_2 M_{tt}$$

$$B_1 = \frac{Cm}{\left( 1 - \frac{Pu}{Pe_1} \right)} \geq 1$$

dimana :

$$Pe_1 = \frac{\pi^2 EI}{(KcL)^2}$$

$$Cm = 0.6 - 0.4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right)$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - \sum Pu \left( \frac{\Delta oh}{\sum HL} \right)}$$

$$\text{atau } B_2 = \frac{1}{1 - \left( \frac{\sum Pu}{\sum Pe_2} \right)}$$

$$\text{dimana : } Pe_2 = \frac{\pi^2 EI}{(KcL)^2}$$

### Kontrol Komponen Tekan

$$\lambda_c = \frac{K_c \cdot xL}{\pi \cdot r} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (\text{SNI } 03 - 1729 - 2002 \text{ Pasal } 7.6.1)$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} \quad (\text{SNI } 03 - 1729 - 2002 \text{ Pasal } 7.6.2)$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega}$$

untuk :

$$\lambda_c \leq 0,25 \quad \text{maka} \quad \omega = 1$$

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \quad \text{maka} \quad \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$$

$$\lambda_c \geq 1,2 \quad \text{maka} \quad \omega = 1,25 \lambda_c^2$$

#### Kontrol Tekuk Lateral

$$M_u \leq \phi M_n \quad (\text{SNI } 03 - 1729 - 2002 \text{ Pasal } 8.1.1)$$

dimana :

- $M_u$  = Momen lentur rencana (Nmm)  
 $M_n$  = Kuat lentur nominal penampang (Nmm)  
 $\phi$  = Faktor reduksi (0,9)

**a. Bentang Pendek ( $L_b \leq L_p$ )(SNI 03 - 1729 - 2002 Pasal 8.3.3)**

$$M_n = M_p$$

$$L_p = 1.76 \times r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

dimana :

$r_y$  = jari-jari girasi terhadap sumbu lemah

**b. Bentang Menengah ( $L_p \leq L_b \leq L_r$ ) (SNI 03 - 1729 - 2002 Pasal 8.3.4)**

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

$$L_r = \frac{r_y \cdot X_1}{(f_y - f_r)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (f_y - f_r)^2}}$$

(SNI 03 - 1729 - 2002 Tabel 8.3.2)

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}} \quad ; \quad X_2 = 4 \frac{I_w}{l_y} \left( \frac{S_x}{GJ} \right)^2$$

dimana :

$I_w$  = konstanta puntir lengkung

$J$  = konstanta puntir torsi

$$C_b = \frac{12.5M_{\max}}{2.5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2.30$$

(SNI 03 – 1729 – 2002 Pasal 8.3.1)

c. **Bentang Panjang** ( $L_r \leq L_b$ ) (SNI 03 – 1729 – 2002 Pasal 8.3.5)

$$M_n = M_{cr} \leq M_p$$

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

**Persamaan Interaksi Aksial-Momen** (SNI 03 – 1729 – 2002  
Pasal 8.3.5)

$$\text{Jika } \frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2 \text{ maka } \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi b \cdot M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$\text{Jika } \frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2 \text{ maka } \frac{P_u}{2\phi P_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi b \cdot M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

### 2.3.2 Balok

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

$$M_u \leq \phi M_n$$

dimana :

$M_u$  adalah momen lentur terfaktor

$\phi$  adalah faktor reduksi = 0,9

$M_n$  adalah kuat nominal dari momen lentur penampang

- Kelangsingan Penampang

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



Pelat sayap

; Pelat badan

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f}$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \text{ (kompak)}$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \text{ (kompak)}$$

$$\lambda_p = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} \text{ (tidak kompak)}$$

$$\lambda_p = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} \text{ (tidak kompak)}$$

Penentuan  $M_n$  dengan kondisi batas Tekuk Torsi Lateral dengan Penampang Kompak ( $\lambda \leq \lambda_p$ )

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

Tabel 2.7 Batas-batas bentang pengekang lateral

| Profil                   | $L_p$   | $L_r$  |
|--------------------------|---|--|
| Profil I dan kanal ganda | $1,76r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$<br>dengan<br>$r_y \sqrt{\frac{I_y}{A}}$ adalah jari-jari girasi terhadap sumbu lemah | $r_y \left[ \frac{X_1}{f_L} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 f_L^2}}$<br>dengan $f_L = f_y - f_r$<br>$X_1 = \frac{\pi}{S} \sqrt{\frac{EGJA}{2}}$<br>$X_2 = 4 \left( \frac{S}{GJ} \right)^2 \frac{I_w}{I_y}$<br>$I_w$ adalah konstanta puntir lengkung |

|                                  |                                  |                                 |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
|                                  |                                  | J adalah konstanta puntir torsi |
| Profil kotak pejal atau berongga | $0,13Er_y \frac{\sqrt{JA}}{M_p}$ | $2Er_y \frac{\sqrt{JA}}{M_r}$   |

1. Kondisi plastis sempurna ( $L_b \leq L_p$ )

$$M_n = M_p = Z_x F_y \leq 1,5 \cdot M_y$$

2. Kondisi tekuk torsi-lateral inelastik ( $L_p < L_b < L_t$ )

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - M_t) \left( \frac{L_b - L_p}{L_t - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (2.35)$$

Dimana :

$C_b$  = faktor pengali momen lentur nominal (bending coefficients)

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

Keterangan :

- $M_{max}$  adalah momen maksimum dari bentang yang ditinjau
- $M_A$  adalah momen pada  $\frac{1}{4}$  bentang yang ditinjau

- $M_B$  adalah momen pada  $\frac{1}{2}$  bentang yang ditinjau
- $M_C$  adalah momen pada  $\frac{3}{4}$  bentang yang ditinjau

Nilai  $M_n$  dibatasi tidak boleh lebih besar dari nilai  $M_p$  yaitu harga momen lentur pada kondisi plastik sempurna tanpa mengalami tekuk lokal maupun torsi-lateral.

3. Kondisi tekuk torsi lateral elastik ( $L_b \geq L_p$ )

$$M_n = M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{EI_y GJ + \left(\frac{\pi E}{L}\right)^2 I_y I_x} \leq M_p$$

• Geser Pada Balok

Pelat badan yang memikul gaya geser perlu ( $V_u$ ) harus memenuhi :

$$V_u \leq \phi V_n$$

Dimana :

$\phi$  adalah faktor reduksi kuat geser, diambil 0,9

$V_n$  adalah kuat geser nominal, dianggap disambungkan hanya oleh plat badan.

Kuat geser nominal  $V_n$ , ditentukan oleh kondisi batas leleh atau tekuk pada plat badan.

a. Leleh pada plat badan (plastik sempurna)

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

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{k_n E}{F_{yw}}}$$

dengan :

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

Maka kuat geser nominal plat badan harus dihitung sebagai berikut :

$$V_n = 0,6 f_{yw} A_w$$

A = jarak antara plat pengaku lateral penumpang

$f_{yw}$  = tegangan leleh plat badan

$A_w$  = luas kotor plat badan

b. Tekuk inelastik pada plat badan

Jika kelangsingan plat badan memenuhi hubungan :

$$1,1 \sqrt{\frac{k_n E}{f_{yw}}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 1,37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_{yw}}}$$

Maka kuat geser nominal plat badan harus dihitung sebagai berikut :

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

c. Tekuk elastik pada plat badan

Jika kelangsingan plat badan memenuhi hubungan :

$$\frac{h}{t_w} \geq 1,37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_{yw}}}$$

Maka kuat geser nominal plat badan harus dihitung sebagai berikut :

$$V_n = \frac{0,9 E \cdot k_n \cdot A_w}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2}$$

### 2.3.3 Sambungan

Sambungan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sebuah struktur baja. Sambunga berfungsi untuk

menyalurkan gaya-gaya dalam (momen, lintang/geser, dan/atau aksial) antar komponen-komponen struktur yang disambung, sesuai dengan perilaku struktur yang direncanakan. Keandalan sebuah struktur baja untuk bekerja dengan mekanisme yang direncanakan sangat tergantung oleh keandalan sambungan.

Berdasarkan perilaku struktur yang direncanakan, sambungan dapat dibagi menjadi :

1. **Sambungan kaku** adalah sambungan yang memiliki kekakuan cukup untuk mempertahankan sudut-sudut di antara komponen-komponen struktur yang disambungkan. Hal ini disebabkan sambungan mampu memikul momen yang bekerja, sehingga deformasi titik kumpul tidak terlalu berpengaruh terhadap distribusi gaya dalam maupun terhadap deformasi keseluruhan struktur.
2. **Sambungan semi-kaku** adalah sambungan yang tidak memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut-sudut antara komponen struktur yang disambung. Akan tetapi memiliki kapasitas yang cukup untuk memberikan kekangan yang dapat diukur terhadap besarnya perubahan sudut-sudut tersebut.
3. **Sambungan sederhana** adalah sambungan yang tidak memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut-sudut di antara komponen struktur yang disambung. Ujung komponen struktur yang disambung dianggap tidak menahan kekangan sehingga dianggap bebas momen.

Suatu sistem sambungan terdiri dari :

- a. Komponen struktur yang disambung, dapat berupa balok, kolom, batang tarik, atau batang tekan.
- b. Alat penyambung, dapat berupa pengencang, baut biasa, baut mutu tinggi, dan paku keling, atau sambungan las seperti las tumpul, las sudut, dan las pengisi.
- c. Elemen penyambung, berupa plat buhul atau plat penyambung.

Filosofi dasar perencanaan sambungan adalah suatu sistem sambungan harus direncanakan lebih kuat daripada komponen struktur yang disambungkan dan deformasi yang terjadi pada sambungan masih berada dalam batas kemampuan deformasi sambungan. Dengan demikian, keandalan struktur akan ditentukan oleh kekuatan elemen-elemennya.

### 2.3.3.1 Kuat Rencana Sambungan Baut

Sebuah sambungan baut yang memikul gaya terfaktor,  $R_u$ , harus direncanakan sedemikian rupa sehingga selalu terpenuhi hubungan :

$$R_u = \phi R_n$$

dimana :

$\phi$  = faktor reduksi kuat sambungan baut = 0,75

$R_n$  = kuat nominal terkecil dari baut, plat-plat penyambung dan elemen-elemen yang disambung.

Nilai kuat nominal  $R_n$  ditentukan sesuai dengan mekanisme transfer gaya-gaya dalam yang harus dipikul sistem sambungan.

**a. Baut dalam geser**

Kuat geser rencana dari satu baut dihitung sebagai berikut :

$$V_d = r_1 V_n = r_1 \phi_f f_u^b A_b$$

Keterangan :

$r_1 = 0,5$  untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

$r_1 = 0,4$  untuk baut dengan ulir pada bidang geser

$\phi_f = 0,75$  adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$f_u^b$  adalah tegangan tarik putus baut

$A_b$  adalah luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

Kuat geser nominal baut yang mempunyai beberapa bidang geser (bidang geser majemuk) adalah jumlah kekuatan masing-masing yang dihitung untuk setiap bidang geser.

**b. Baut yang memikul gaya tarik**

Kuat tarik rencana satu baut dihitung sebagai berikut :

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f \cdot 0,75 \cdot f_u^b A_b$$

Keterangan :

$\phi_f = 0,75$  adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$f_u^b$  adalah tegangan tarik putus baut

$A_b$  adalah luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

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

Baut yang memikul gaya geser terfaktor,  $V_u$ , dan gaya tarik terfaktor,  $T_u$ , secara bersamaan harus memenuhi kedua persyaratan berikut ini :

$$f_{uv} = \frac{V_u}{n A_b} \leq r_1 \phi_f f_u^b m$$

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f f_1 A_b \geq \frac{T_u}{n}$$

$$f_1 \leq f_1 - r_2 f_{uv} \leq f_2$$

Keterangan :

$\phi_f = 0,75$  adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$n$  adalah jumlah baut

$m$  adalah jumlah bidang geser

untuk baut mutu tinggi :

$f_1 = 807$  Mpa,  $f_2 = 621$  Mpa

$r_2 = 1,9$  untuk baut dengan ulir pada bidang geser

$r_2 = 1,5$  untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

untuk baut mutu normal :

$f_1 = 410$  Mpa,  $f_2 = 310$  Mpa

$r_2 = 1,9$

### 2.3.3.2 Tata Letak Baut

Tata letak baut sangat mempengaruhi kinerja sistem sambungan. Pengaturan ini dilakukan untuk mencegah kegagalan pada plat dan untuk memudahkan pemasangan, akan tetapi disarankan agar jarak antar baut tidak terlalu besar untuk mencegah pemborosan bahan yang disambung serta mengurangi variasi tegangan di antara baut dan mencegah korosi.

#### a. Jarak tepi minimum

Jarak minimum dari pusat pengencang ke tepi plat atau plat sayap profil harus memenuhi spesifikasi :

- Tepi dipotong dengan tangan 1,75 db
- Tepi dipotong dengan mesin 1,50 db
- Tepi profil bukan hasil potongan 1,25 db



Dengan  $d_b$  adalah diameter nominal baut pada daerah tak berulir.

- b. Jarak maksimum  
Jarak antar baut ditentukan tidak boleh lebih besar dari  $15 t_p$  (dengan  $t_p$  adalah tebal plat lapis tertipis di dalam sambungan), atau 200 mm.
- c. Jarak tepi maksimum  
Jarak dari pusat tiap pengencang ke tepi terdekat suatu bagian yang berhubungan dengan tepi yang lain tidak boleh lebih dari 12 kali tebal plat lapis luar tertipis dalam sambungan dan juga tidak boleh melebihi 150 mm.
- d. Posisi sambungan  
Adakalanya profil baja yang tersedia di lapangan tidak cukup panjang untuk membentuk suatu batang dalam rangkaian struktur. Untuk itu, dilakukan penyambungan dari dua atau lebih profil baja yang ada. Untuk melakukan penyambungan sebaiknya ditempatkan sambungan pada posisi di mana gaya dalam struktur adalah yang terkecil di sepanjang profil yang akan disambung.

### **2.3.3.3 Pertemuan Elemen Struktur Pada Sambungan Baut**

Komponen struktur yang menyalurkan gaya-gaya pada sambungan, sumbu netralnya harus direncanakan untuk bertemu pada suatu titik. Bila terdapat eksentrisitas pada sambungan komponen struktur dan sambungannya harus dapat memikul momen yang diakibatkannya.

### **2.3.3.4 Sambungan Las**

Pengelasan harus memenuhi standar SII yang berlaku (2441-89, 2442-89, 2443-89, 2444-89, 2445-89, 2446-89, dan

2447-89), atau penggantinya. Jenis las yang digunakan adalah las tumpul, sudut, pengisi, atau tersusun. Mutu las harus memenuhi ketentuan yang disebut dalam SNI 03-1729-2002 butir 13.5.1.1.

### 2.3.3.5 Las Tumpul

Las Tumpul Penetrasi Penuh adalah las tumpul di mana terdapat penyatuan antara las dan bahan induk sepanjang kedalaman penuh sambungan. Las Tumpul Penetrasi Sebagian adalah las tumpul di mana kedalaman penetrasi lebih kecil daripada kedalaman penuh sambungan. Ukuran las adalah jarak antara permukaan luar las (tidak termasuk perkuatannya) terhadap kedalaman penetrasinya yang terkecil. Khusus sambungan antara dua bagian yang membentuk T atau siku, ukuran las penetrasi penuh adalah tebal bagian yang menumpu. Tebal rencana las ditetapkan sebagai berikut :

- a) Las Tumpul Penetrasi Penuh: tebal rencana las untuk las tumpul penetrasi penuh adalah ukuran las;
- b) Las Tumpul Penetrasi Sebagian: tebal rencana las untuk las tumpul penetrasi sebagian ditetapkan sesuai dengan ketentuan dibawah ini:
  - (i) Sudut antara bagian yang disambung  $\leq 60^\circ$   
 Satu sisi:  $tt = (d - 3)$  mm  
 Dua sisi:  $tt = (d3 + d4 - 6)$  mm
  - (ii) Sudut antara bagian yang disambung  $> 60^\circ$   
 Satu sisi:  $tt = d$  mm  
 Dua sisi:  $tt = (d3 + d4)$  mm

dengan  $d$  adalah kedalaman yang dipersiapkan untuk las ( $d3$  dan  $d4$  adalah nilai untuk tiap sisi las).

Panjang efektif las tumpul adalah panjang las ukuran penuh yang menerus. Luas efektif las tumpul adalah perkalian

panjang efektif dengan tebal rencana las. Sambungan las tumpul antara bagian yang tebalnya berbeda atau lebarnya tidak sama yang memikul gaya tarik harus mempunyai peralihan halus antara permukaan dan ujung. Peralihan harus dibuat dengan melandaikan bagian yang lebih tebal atau dengan melandaikan permukaan las atau dengan kombinasi dari keduanya. Kelandaian peralihan antara bagian-bagian tidak boleh lebih tajam dari 1:1.

### 2.3.3.6 Las Sudut

Ukuran las sudut ditentukan oleh panjang kaki. Panjang kaki harus ditentukan sebagai panjang  $tw_1$ ,  $tw_2$ , dari sisi yang terletak sepanjang kaki segitiga yang terbentuk dalam penampang melintang las (lihat SNI 03-1729-2002 Gambar 13.5-2). Bila kakinya sama panjang, ukurannya adalah  $tw$ . Bila terdapat sela akar, ukuran  $tw$  diberikan oleh panjang kaki segitiga yang terbentuk dengan mengurangi sela akar. Ukuran minimum las sudut, selain dari las sudut yang digunakan untuk memperkuat las tumpul, ditetapkan sesuai dengan Tabel 2.8 kecuali bila ukuran las tidak boleh melebihi tebal bagian yang tertipis dalam sambungan.

*Tabel 2.8 Ukuran las sudut*

| Tebal bagian paling tebal, $t$ [mm] | Tebal minimum las sudut, $tw$ [mm] |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| $t \leq 7$                          | 3                                  |
| $7 < t \leq 10$                     | 4                                  |
| $10 < t \leq 15$                    | 5                                  |
| $15 < t$                            | 6                                  |

Ukuran maksimum las sudut sepanjang tepi

Ukuran maksimum las sudut sepanjang tepi komponen yang disambung adalah:

- a) Untuk komponen dengan tebal kurang dari 6,4 mm, diambil setebal komponen;
- b) Untuk komponen dengan tebal 6,4 mm atau lebih, diambil 1,6 mm kurang dari tebal komponen kecuali jika dirancang agar memperoleh tebal rencana las tertentu.

#### Panjang efektif

Panjang efektif las sudut adalah seluruh panjang las sudut berukuran penuh. Panjang efektif las sudut paling tidak harus 4 kali ukuran las; jika kurang, maka ukuran las untuk perencanaan harus dianggap sebesar 0,25 dikali panjang efektif. Persyaratan panjang minimum berlaku juga pada sambungan pelat yang bertumpuk (*lap*). Tiap segmen las sudut yang tidak menerus (selang-seling) harus mempunyai panjang efektif tidak kurang dari 40 mm dan 4 kali ukuran nominal las. Luas efektif las sudut adalah perkalian panjang efektif dan tebal rencana las.

#### Kuat las sudut

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

$$R_u \leq \phi R_n w$$

dengan,

$$\phi f R_n w = 0,75 t t (0,6 f_{uw}) \text{ (las)}$$

$$\phi f R_n w = 0,75 t t (0,6 f_u) \text{ (bahan dasar)}$$

dengan  $\phi f = 0,75$  faktor reduksi kekuatan saat fraktur

Keterangan:

$f_{uw}$  adalah tegangan tarik putus logam las, MPa

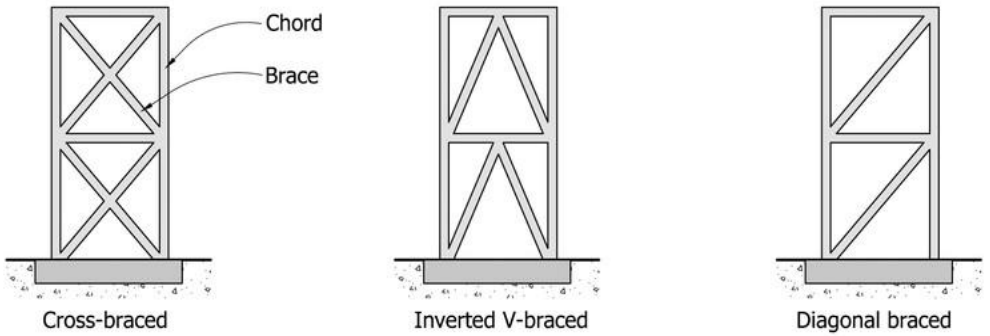
$f_u$  adalah tegangan tarik putus bahan dasar, MPa

$t$  adalah tebal rencana las, mm

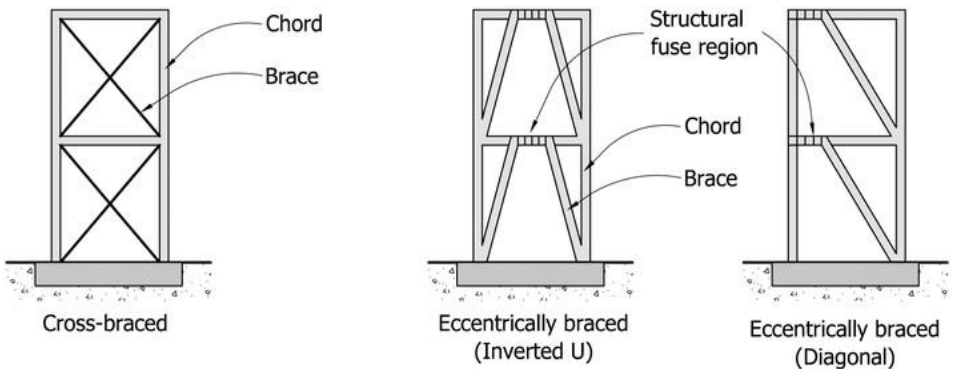
## 2.4 Konsep Desain Bresing Eksentris

Pada struktur gedung tinggi, kekakuan merupakan syarat penting untuk diperhatikan, karena kekakuan dapat menahan gaya beban lateral. Adanya aksi gaya beban lateral pada portal (*frame*) dapat menimbulkan momen lentur, momen puntir, gaya geser dan gaya aksial pada semua elemen struktur. Sehingga gaya-gaya tersebut menyebabkan perlemahan pada struktur tersebut. Dan untuk mengatasinya adalah dengan menggunakan rangka pengaku bresing.

*Eccentrically Braced Frames* (EBF) merupakan konsep desain gabungan antara konsep daktilitas dan disipasi energi yang baik dari desain *Moment-Resisting Frames* (MRF) dengan karakteristik kekakuan elastik yang tinggi dari desain *Centrically Braced Frames* (CBF). Karakteristik yang membedakan EBF dengan desain struktur tahan gempa MRF dan CBF adalah adanya penghubung yang terdapat pada setidaknya salah satu ujung dari bracing yang disebut sebagai link (Gambar 2.3). Konsep desain tahan gempa EBF adalah elemen link ditetapkan sebagai bagian yang akan rusak sedangkan elemen lain diharapkan tetap berada dalam kondisi elastik. Kelehan yang terjadi pada elemen link dapat berupa kelelahan geser atau kelelahan lentur. Tipe kelelahan ini sangat tergantung pada panjang link tersebut. (Engelhardt dan Popov, 1989;1992)



### Tension and compression



### Tension-only

### Eccentric

*Gambar 2.3 Perbedaan bresing konsentris dan bresing eksentris*

Pada SRBE ada suatu bagian dari balok yang disebut *Link* dan direncanakan secara khusus. SRBE diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis yang cukup besar pada *Link* saat

memikul gaya- gaya akibat beban gempa rencana. Kolom-kolom, batang bresing, dan bagian dari balok di luar *Link* harus direncanakan untuk tetap dalam keadaan elastis akibat gaya-gaya yang dihasilkan oleh *Link* pada saat mengalami pelelehan penuh hingga tahap perkerasan regangan. SRBE harus memenuhi ketentuan di bawah ini.

#### 2.4.1 *Link*

*Link* adalah bagian dari balok yang direncanakan untuk mendisipasi energi pada saat terjadi gempa kuat. *Link* harus memenuhi perbandingan lebar terhadap tebal sesuai dengan SNI 03-1729-2002 Tabel 15.7-1. Tegangan leleh bahan baja yang digunakan pada *Link* tidak boleh melebihi 350 MPa. Pelat badan dari *Link* harus berupa pelat tunggal tanpa pelat pengganda dan tanpa penetrasi. Kecuali diatur pada Sni 03-1729-2002 Butir 15.13.2.6, kuat geser rencana *Link*,  $\phi V_n$ , harus lebih besar daripada kuat geser perlu  $V_u$ , dengan:

$V_n$  = kuat geser nominal *Link*, diambil yang terkecil dari  $V_p$  atau  $2 M_p / e$

$$V_p = 0,6 f_y (d - 2 \cdot t_f) t_w$$

$$\phi = 0,9$$

$e$  adalah panjang *Link*

Apabila beban aksial terfaktor pada *Link*,  $N_u$ , tidak melebihi  $0,15 N_y$ , dengan  $N_y = A_g F_y$ , pengaruh gaya aksial pada kuat geser rencana *Link* tidak perlu diperhitungkan. Apabila beban terfaktor pada *Link*,  $N_u$ , melebihi  $0,15 N_y$ , ketentuan tambahan berikut ini harus dipenuhi:

- 1) Kuat geser rencana *Link* harus ditentukan sebagai nilai terkecil dari  $\phi V_{pa}$  atau  $2\phi M_{pa} / e$ , dengan:

$$V_{pa} = V_p \sqrt{1 - (N_u/N_y)^2}$$

$$M_{pa} = 1,18M_p \left(1 - (N_u/N_y)^2\right)$$

$$\emptyset = 0,9$$

2) Panjang *Link* tidak boleh melebihi :

$$\left[1,15 - 0,5\rho (A_w/A_g)\right]1,6M_p/V_p \text{ untuk } \rho (A_w/A_g) \geq 0,3$$

$$1,6M_p/V_p \text{ untuk } \rho (A_w/A_g) < 0,3$$

Sudut Rotasi *Link* adalah sudut inelastis antara *Link* dan bagian balok di luar *Link* pada saat simpangan antar lantai sama dengan simpangan antar lantai rencana,  $\Delta M$ . Sudut Rotasi *Link* tidak boleh melebihi harga-harga berikut:

- 1) 0,08 radian untuk  $e \leq 1,6M_p/V_p$  ;
- 2) 0,02 radian untuk  $e \leq 2,6M_p/V_p$  ;
- 3) Nilai Sudut Rotasi *Link* ditentukan dengan interpolasi linier untuk nilai  $e$  yang berada di antara keduanya.

#### 2.4.2 Pengaku *Link*

Di titik pertemuan dengan batang bresing, pada *Link* harus dipasang pengaku setinggi badan *Link* dan berada di kedua sisi pelat badan *Link*. Pengaku tersebut harus mempunyai lebar total tidak kurang dari  $(bf - 2 tw)$  dan ketebalan yang tidak kurang dari nilai terbesar dari 0,75  $tw$  atau 10 mm, dengan  $bf$  dan  $tw$  adalah lebar pelat sayap dan tebal pelat badan *Link*.



Pengaku badan antara harus direncanakan pada *Link* dengan ketentuan sebagai berikut:

- 1) *Link* dengan panjang  $\leq 1,6M_p/V_p$  harus direncanakan memiliki pengaku antara dengan spasi tidak melebihi harga- harga berikut:  $(30t_w - d/5)$  untuk Sudut Rotasi *Link* 0,08 radian, atau  $(52t_w - d/5)$  untuk Sudut Rotasi *Link*  $\leq 0,02$  radian. Interpolasi linier digunakan untuk Sudut Rotasi *Link* di antara 0,08 radian dan 0,02 radian.
- 2) *Link* dengan panjang di antara  $2,6M_p/V_p$  dan  $5M_p/V_p$  harus direncanakan memiliki pengaku antara berspasi  $1,5b_f$  dari setiap ujung *Link*.
- 3) *Link* dengan panjang di antara  $1,6M_p/V_p$  dan  $2,6M_p/V_p$  harus direncanakan memiliki pengaku antara yang memenuhi ketentuan butir 1 dan butir 2 di atas.
- 4) *Link* dengan panjang lebih besar dari  $5M_p/V_p$  tidak memerlukan pengaku antara.
- 5) Pengaku antara pada *Link* harus direncanakan setinggi pelat badan. Pengaku *Link* dengan tinggi profil lebih kecil dari 600 hanya diperlukan pada salah satu sisi pelat badan *Link*. Ketebalan pengaku satu sisi tersebut tidak boleh lebih kecil dari harga terbesar di antara  $t_w$  atau 10 mm, dan lebarnya tidak boleh lebih kecil dari  $(b_f/2 - t_w)$ . Untuk *Link* dengan tinggi profil lebih besar daripada 600 mm, pengaku antara harus direncanakan pada kedua sisi dari pelat badan *Link*.

Sambungan las sudut yang menghubungkan pengaku dengan pelat badan *Link* harus mempunyai kuat rencana yang cukup untuk memikul gaya sebesar  $A_f$ , dengan  $A_{st}$  adalah luas penampang pengaku. Kuat rencana las sudut yang menghubungkan pengaku dan pelat sayap *Link* harus mampu memikul gaya sebesar  $A_{st}f_y/4$ .

Sambungan *Link* ke kolom harus memenuhi persyaratan tambahan sebagai berikut : Sambungan *Link* ke kolom harus direncanakan berdasarkan hasil pengujian siklik yang menunjukkan kemampuan rotasi inelastis 20% lebih besar daripada nilai yang dihitung pada saat terjadinya simpangan antar lantai rencana,  $\Delta M$ . Apabila digunakan perkuatan pada sambungan balok-ke-kolom diujung *Link* dan kelelahan dihindarkan terjadi pada bagian *Link* yang diperkuat maka *Link* boleh dianggap sebagai bagian balok dari ujung perkuatan sampai ke sambungan bresing. Bila digunakan *Link* jenis ini dan panjang *Link* tidak melebihi  $1,6M_p/V_p$ , maka pengujian siklik terhadap sambungan yang diperkuat tidak diperlukan bila kuat rencana bagian yang diperkuat dan sambungan balok-ke-kolom lebih besar atau sama dengan kuat perlu yang dihitung berdasarkan keadaan *Link* yang mengalami pengerasan regangan sesuai dengan SNI 03-1729-2002 Butir 15.13.6.1. Pengaku setinggi pelat badan sesuai SNI 03-1729-2002 Butir 15.13.3.1 harus ditempatkan diperalihan antara *Link* dan perkuatan. Pengekang lateral pada *Link* Pada ujung-ujung *Link*, pengekang lateral harus ditempatkan pada kedua pelat sayap *Link* (atas dan bawah). Pengekang lateral tersebut harus mempunyai kekuatan rencana sebesar 6% dari kuat nominal pelat sayap *Link* sebesar  $R_y f_y b_f t_f$ .

### **2.4.3 Batang Bresing Dan Balok Diluar *Link***

Kuat kombinasi-aksial-dan-lentur perlu batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang ditimbulkan oleh 1,25 kali kuat geser nominal dari *Link* sebesar  $1,25R_y V_n$ , dengan  $V_n$  ditentukan sesuai dengan SNI 03-1729-2002 Butir 15.13.2. Kuat rencana batang bresing, seperti ditentukan pada Butir 11, harus lebih besar daripada kuat perlu yang disebutkan di atas.

Balok di luar *Link* harus direncanakan memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- 1) Kuat perlu balok yang terletak di luar *Link* harus ditentukan berdasarkan gaya-gaya yang ditimbulkan oleh paling tidak 1,1 kali kuat geser nominal *Link* sebesar  $R_y V_n$  , dengan  $V_n$  ditentukan sesuai dengan SNI 03-1729-2002 Butir 15.13.2. Kuat rencana balok di luar *Link* ini dapat ditentukan menggunakan ketentuan kuat rencana yang dihitung berdasarkan Butir 8 dan mengalikannya dengan faktor  $R_y$ ;
- 2) Bila diperlukan, balok di luar *Link* harus direncanakan menggunakan pengekang lateral untuk menjaga kestabilan balok. Pengekang lateral harus direncanakan pada kedua pelat sayap balok (atas dan bawah), dan masing-masing pengekang lateral harus mempunyai kuat perlu sebesar paling sedikit 2% dari kuat nominal pelat sayap balok sebesar  $f_y b_y t_f$ .

Pada sambungan antara batang bresing dan balok diujung *Link*, pertemuan as batang bresing dan as balok harus terletak di ujung *Link* atau di dalam *Link*. Kuat perlu sambungan batang bresing-ke-balok, pada ujung *Link* dari batang bresing, harus ditentukan lebih besar atau sama dengan kuat nominal batang bresing seperti yang ditentukan pada SNI 03-1729-2002 Butir 15.13.6.1. Tidak ada bagian dari sambungan ini yang boleh melampaui panjang *Link*. Apabila batang bresing memikul sebagian momen ujung *Link* maka sambungan harus direncanakan sebagai sambungan kaku.

Perbandingan antara lebar dan tebal batang bresing harus memenuhi nilai  $\lambda_p$  yang ditentukan dalam SNI 03-1729-2002 Tabel 7.5-1.

#### 2.4.4 Sambungan Balok Ke Kolom

Sambungan balok ke kolom pada ujung jauh *Link* diijinkan direncanakan sebagai sendi pada bidang pelat badan. Kuat rencana sambungan harus mampu memikul torsi terhadap sumbu memanjang balok yang dihitung sebagai dua buah gaya yang sama besar dan berlawanan arah masing-masing sebesar 2% dari kuat nominal pelat sayap balok sebesar  $f_y$ ,  $b_f$ ,  $t_f$  dan bekerja dalam arah lateral pada pelat sayap balok.

#### 2.5 Base Plate

Perhitungan *Base Plate*

$$e = \frac{M_{ux}}{P_u} > \frac{H}{6}$$

$$h' > we + c_1$$

dimana :

$we$  = jarak baut ke tepi

$c_1$  = jarak minimum untuk kunci

$$H \geq d + 2h'$$

$$h = H - we$$

$$b = (B - 0,8bf)/2$$

Dimensi :

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

$$f_{cu}' = 0,85 \times f'_c \times \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

$$a = h - \sqrt{h^2 - \frac{Pu(2h - H) + 2Mu}{\phi \times f_{cu}' \times B}} \quad (2.58)$$

$$T_u = (\phi \times f_{cu}' \times B \times a) - Pu$$

### Perhitungan Baut Angkur

$$\phi R_n = 0,75 \times f_{ub} \times (0,5 A_b)$$

$$\phi R_n \geq \frac{T_u}{n}$$

## 2.6 Struktur Pondasi

Pondasi umumnya berlaku sebagai elemen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Dalam perencanaan pondasi dipergunakan pondasi tiang pancan dengan data tanah yang digunakan untuk perencanaan daya dukung didapat dari hasil SPT (*Standart Penetration Test*).

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah, daya dukung juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung izin tiang.

Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

- Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
- Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

### 2.6.1 Daya Dukung Pondasi Tiang Tunggal

Perencanaan struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang. Data tanah yang digunakan adalah data sondir.

- Kekuatan Tanah  
Menggunakan rumus konvensional dan faktor keamanan (SF1=3 dan SF2=5)

$$P_{ijin\ 1\ tiang} = \frac{A_{tiang} \cdot C_n}{3} + \frac{K \cdot JHP}{5}$$

dimana :

- Nilai konus (Cn) diambil 8D ke atas dan 4D ke bawah
- Luas permukaan ujung tiang (A) =  $1/4 \cdot \pi \cdot d^2$
- Panjang keliling tiang (K) =  $\pi \cdot d$
- Kekuatan bahan

$$\bar{P}_b = Atp \cdot f_c \cdot ijin$$

dimana :  $f_c \cdot ijin = 0,45 f_c$

- Kemampuan tiang ( $P_{ijin}$ ) adalah nilai terkecil diantara kekuatan tanah atau kekuatan bahan

## 2.6.2 Daya Dukung Pondasi Tiang Grup

- Kebutuhan tiang pancang ( $n$ ) untuk pondasi tiang grup

$$n = \frac{P}{P_{ijin}} \quad (2.53)$$

- Untuk kasus daya dukung grup pondasi, harus dikoreksi terlebih dahulu dengan koefisien efisiensi  $C_e$

$$Q_{L(grup)} = Q_{L(1\ tiang)} \cdot n \cdot C_e \quad (2.54)$$

dimana :

$n$  = jumlah tiang dalam grup

$C_e$  = koefisien efisiensi

Koefisien efisiensi ( $C_e$ ) tiang grup dipakai rumus menurut *Whitaker*

$$\frac{1}{n^2} = 1 + \frac{n^2 \cdot Pu_{tunggal}^2}{Pu_{blok}^2} \quad (2.55)$$

$$\eta = \sqrt{\frac{Pu_{blok}^2}{Pu_{blok}^2 + (n \cdot Pu_{tunggal})}} \quad (2.56)$$

Keterangan :

$Pu_{blok}$  =  $Pu$  ijin blok

$Pu_{tunggal}$  =  $Pu$  ijin 1 tiang sebelum dibagi SF

$n$  = jumlah tiang pancang dalam satu kelompok

## 2.6.3 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Grup

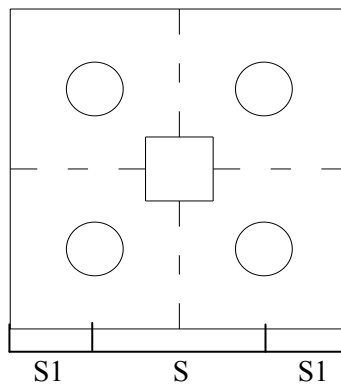
- Perhitungan jarak tiang sebagai berikut :
  - jarak as ke as tiang pancang  $1,5D \leq S \leq 3,0D$

- jarak tepi ke as tiang pancang  $1,0D \leq S1 \leq 1,5D$

dimana :

S = jarak antar tiang pancang

D = Diameter tiang pancang



Gambar 2.4 Sket pondasi tiang pancang grup

Untuk perhitungan pondasi, faktor beban yang digunakan sebesar 1. Karena nilai *Safety Factor* (SF) perhitungan kekuatan tanah sebesar 3.

- P tiang yang diizinkan  
 $P_{max} \leq P_{izin}$

$$P = \frac{P}{n} \pm \frac{My \cdot x_{max}}{x^2} \pm \frac{Mx \cdot y_{max}}{y^2}$$

$$P_{max} = \frac{P}{n} + \frac{My \cdot x_{max}}{x^2} + \frac{Mx \cdot y_{max}}{y^2} < P_{ijin}$$



$$P_{min} = \frac{P}{n} - \frac{M_y \cdot x_{max}}{x^2} - \frac{M_x \cdot y_{max}}{y^2} > 0$$

dimana :

$n$  = Jumlah tiang pancang

$M_x$  = Momen yang bekerja pada arah X

$M_y$  = Momen yang bekerja pada arah Y

$x_{max}$  = Jarak as tiang pancang terhadap sumbu X

$y_{max}$  = Jarak as tiang pancang terhadap sumbu Y

$\sum x^2$  = Jumlah kuadrat jarak as tiang pancang terhadap sumbu X

$\sum y^2$  = Jumlah kuadrat jarak as tiang pancang terhadap sumbu Y

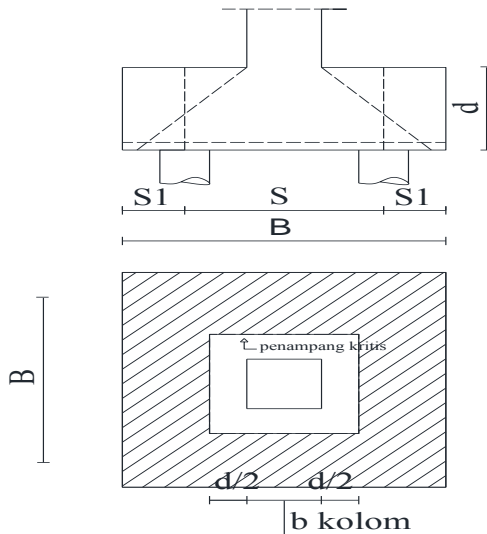
#### 2.6.4 Perencanaan Poer

- Merencanakan ketinggian (h) poer  
Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons, dimana nilai  $V_c$  diambil dari persamaan :

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_o \cdot d \quad (2.59)$$

$$V_c = \left(\frac{a_2 \cdot d}{b_o} + 2\right) \cdot \frac{\sqrt{f_c} \cdot b_o \cdot d}{12} \quad (2.60)$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c} \cdot b_o \cdot d$$



Gambar 2.5 Penampang kritis pada pondasi

dimana :

$\beta c$  = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

$b_o$  = keliling dari penampang kritis

$$= 4 \cdot (0,5 \cdot d + b \text{ kolom} + 0,5 \cdot d)$$

- Kontrol geser satu arah

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

$\Phi V_c$  , dimana nilai  $\Phi$  adalah 0,75 (SNI 03-2847-2002 pasal 11.3.2.(3))

$$Vu = \sigma_u \cdot B \cdot b_o$$

$$\Phi Vc \geq Vu$$

- Kontrol geser dua arah

$$b_o = 4 \cdot (0,5 \cdot d + b \text{ kolom} + 0,5 \cdot d)$$

$$Vc = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_o \cdot d$$

$\Phi Vc$ , dimana nilai  $\Phi$  adalah 0,75

$$\sigma_u = \frac{P}{A}$$

$$Vu = \sigma_u \cdot (A_{poer} + A_{pons})$$

$$\Phi Vc \geq Vu$$

- Menentukan momen yang terjadi :

$$Mu = (P \cdot x) - (1/2 \cdot q \cdot l^2)$$

- Menghitung penulangan :

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c}$$

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

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

$$As = \rho \cdot b \cdot s$$

- Kontrol geser pons pada poer akibat beban aksial dari tiang pancang :

Kekuatan geser pondasi di daerah sekitar tiang pancang yang dipikul harus ditentukan dengan kerja dua arah pada plat pondasi. Penampang kritis untuk geser pons ini terletak sepanjang lintasan yang terletak sejauh  $\frac{1}{2} d$  dari muka tiang pancang, yang mengelilingi tiang pancang yang dipikul oleh plat pondasi.

Untuk mencapai kondisi kerja balok dua arah, maka syarat jarak tiang pancang ke tepi harus lebih besar dari  $1,5 \times$  diameter tiang pancang tersebut. Gambar 2.9 di bawah ini menjelaskan cara menentukan penampang kritis akibat aksial tiang pancang pada asumsi kerja dua arah.

- Kontrol geser ponds 2 arah  
Kuat geser yang disumbangkan beton diambil terkecil, sesuai SNI 03-2847-2002 pasal 13.12.2.1.a – pasal 13.12.2.1.

$$V_u \leq \phi \cdot V_c$$

Dimana  $V_n$  diambil nilai terkecil dari

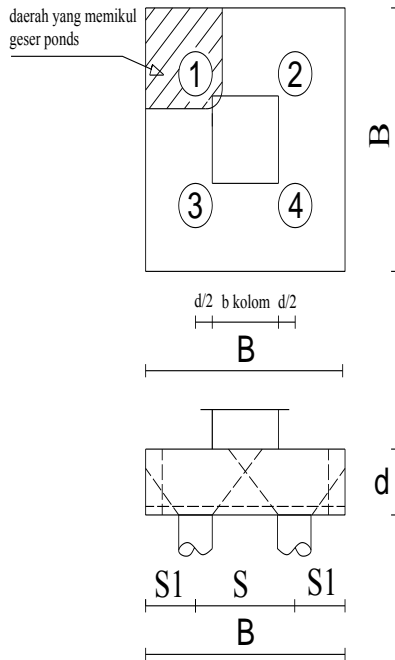
$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c}\right) \cdot b_o \cdot d$$

atau

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f_c} \cdot b_o \cdot d$$

$V_u < \phi \cdot V_c \rightarrow$  tidak perlu tulangan geser

$V_u > \phi \cdot V_c \rightarrow$  tebal poer tidak mencukupi



*Gambar 2.6 Kontrol geser ponds pile cap akibat beban tiang*

dimana :

$\beta_c$  = Rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom

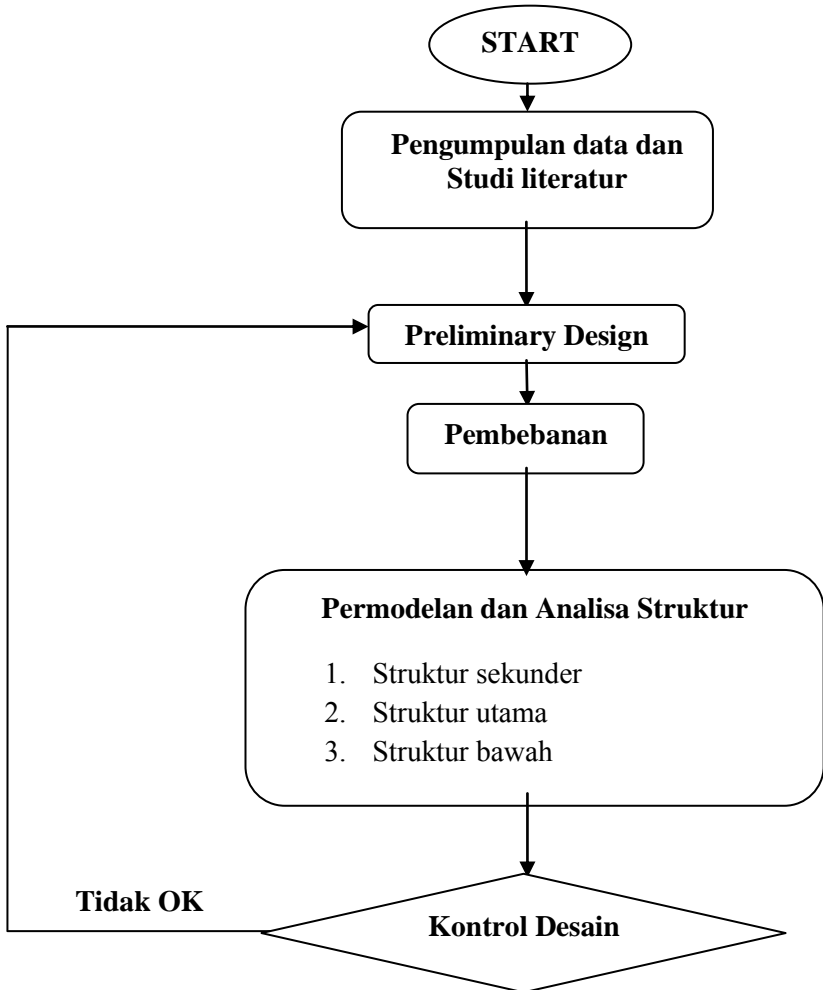
$b_o$  = Perimeter penampang kritis

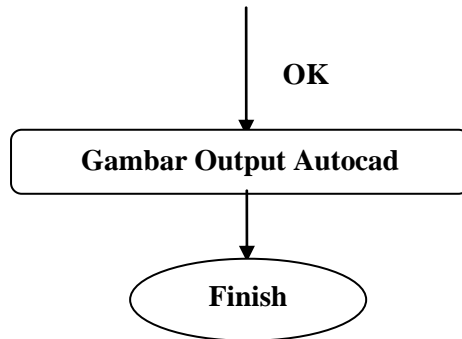
$d$  = Tinggi manfaat pelat

## BAB III

### METODOLOGI

#### 3.1 Diagram Alur Penyelesaian Tugas Akhir





*Gambar 3.1 Diagram alur metodologi penyelesaian tugas akhir*

## **3.2 Metodologi Penyelesaian**

Dari diagram alur di atas dapat dijelaskan metodologi yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

### **3.2.1 Pengumpulan Data**

Mencari data umum bangunan dan data tanah Gedung Apartemen Puncak Kertajaya.

#### Data Umum Bangunan

1. Nama Gedung : Apartemen Puncak Kertajaya
2. Lokasi : Jl. Arif Rahman Hakim Surabaya
3. Fungsi : Apartemen
4. Jumlah Lantai : 19 lantai & 1 lantai atap
5. Tinggi Gedung : 56,80 m
6. Zona Gempa : 2
7. Struktur Utama : Beton Pracetak

### 3.2.2 Studi Literatur

Melakukan studi terhadap literatur yang telah dikumpulkan yang berkaitan dengan topik Tugas Akhir. Mengenai perencanaan bangunan struktur baja menggunakan Sistem Ganda literatur yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983
- b. RSNI 03-1726-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung
- c. SNI 03-1729-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung
- d. AISC-LRFD
- e. Buku-buku referensi struktur baja
- f. Browsing penelitian-penelitian dan jurnal-jurnal terdahulu melalui internet

Adapun Tugas Akhir ini akan dimodifikasi perencanaannya menjadi data modifikasi gedung yang sesuai dengan topik Tugas Akhir ini, yaitu :

- Nama Gedung : Apartemen Puncak Kertajaya Tower B
- Lokasi Gedung : Kota Bengkulu
- Fungsi Gedung : Apartemen
- Zona Gempa : 6
- Tinggi Gedung : 76 m
- Material Struktur : Baja
- Mutu Baja : BJ 37
- Mutu Beton : f'c 30
- Sistem Struktur : Sistem Ganda
- Gambar modifikasi gedung dapat dilihat pada lampiran



### 3.2.3 Preliminary Desain

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

### 3.2.4 Perencanaan Struktur Sekunder

Perencanaan struktur sekunder meliputi plat lantai, balok anak, struktur tangga, struktur balok lift.

### 3.2.5 Perhitungan Beban Struktur

Melakukan perhitungan beban struktur

- **Beban Mati (PPIUG 1983 Bab 1 pasal 1.1)**  
Beban mati terdiri 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.
- **Beban Hidup (PPIUG 1983 Bab 1 pasal 1.2)**  
Beban hidup terdiri dari beban yang diakibatkan oleh pemakaian gedung dan tidak termasuk beban mati, beban konstruksi dan beban akibat fenomena alam (lingkungan).
- **Beban Angin (PPIUG 1983 Bab 1 pasal 1.3)**  
Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.
- **Beban Gempa (RSNI 03-1726-201X)**
- **Kombinasi Pembebanan (SNI 03-1729-2002)**  
Pembebanan struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan di bawah ini :
  - $1,4D$
  - $1,2D + 1,6L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$
  - $1,2D + 1,6 (L_a \text{ atau } H) + (\gamma L \text{ atau } 0,8W)$
  - $1,2D + 1,3W + \gamma L \text{ atau } 0,5 (L_a \text{ atau } H)$

- $1,2D + 1,0E + \gamma L$
- $0,9D + (1,3W \text{ atau } 1,0E)$

### **3.2.6 Permodelan Struktur**

Melakukan permodelan struktur menggunakan program ETABS 9.7.1 yang direncanakan permodelan struktur ruang 3 dimensi.

### **3.2.7 Kontrol Perencanaan Struktur Utama**

#### **3.2.7.1 Kontrol Desain**

Analisa struktur terhadap beban gempa dikontrol berdasarkan RSNI 03-1726-201X.

- Kontrol Partisipasi Massa (RSNI 1726 pasal 7.2.1)
- Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum (RSNI 1726 pasal 7.1.3)
- Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental (RSNI 03-1726-201X pasal 5.6)
- Kontrol Kinerja Struktur Gedung (RSNI 1726 pasal 8)

#### **3.2.7.2 Kontrol Perhitungan Elemen Struktur Primer**

Desain elemen struktur primer dikontrol berdasarkan SNI 03-1729-2002 agar dapat memikul gaya-gaya yang terjadi. Perencanaan elemen struktur primer meliputi :

- Bresing Eksentris
- Balok
- Kolom

#### **3.2.7.3 Kontrol Sambungan**

Dalam perencanaan sambungan harus disesuaikan dengan bentuk struktur agar perilaku yang timbul nantinya tidak

menimbulkan pengaruh-pengaruh yang buruk bagi bagian struktur lain yang direncanakan. Perencanaan sambungan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Gaya-gaya dalam yang disalurkan berada dalam keseimbangan dengan gaya-gaya yang bekerja pada sambungan
- Deformasi sambungan masih berada dalam batas kemampuan deformasi sambungan
- Sambungan dan komponen yang berdekatan harus mampu memikul gaya-gaya yang bekerja padanya

### **3.2.8 Perhitungan Struktur Bawah**

Melakukan perhitungan elemen struktur pondasi dengan data-data yang telah tersedia

- Data tanah
- Data tiang pancang dan kekuatannya

#### **3.2.8.1 Perhitungan Daya Dukung Tanah**

#### **3.2.8.2 Kontrol Kekuatan Tiang Pondasi**

Kekuatan tiang pancang dihitung berdasarkan *end point bearing* dan *friction* nya.

#### **3.2.8.3 Perencanaan Poer**

- Kontrol geser pond pada poer
- Penulangan geser dan lentur poer

#### **3.2.8.4 Perencanaan Sloof**

Penulangan lentur dan geser sloof

### **3.2.9 Penggambaran Teknik**

Melakukan penggambaran gambar hasil perencanaan struktur menggunakan program AutoCAD 2007.

### **3.2.10 Kesimpulan**

Melakukan ringkasan terhadap hasil-hasil perencanaan struktur.

*“ halaman ini sengaja dikosongkan ”*

## BAB IV

### PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

#### 4.1 Perencanaan Dimensi Plat Lantai Gedung

Perencanaan plat lantai pada gedung ini menggunakan bantuan tabel perencanaan praktis yang ada dari PT BRC LYSAGHT INDONESIA. Spesifikasi yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Beban mati (berat sendiri bondek dan plat beton) sudah diperhitungkan
- Berat berguna yang digunakan adalah jumlah beban hidup dan beban-beban finishing lainnya
- Beton menggunakan mutu K-225 kg/cm<sup>2</sup>
- Bondex menggunakan tebal 0,75 mm
- Tulangan susut menggunakan wiremesh M5

##### 4.1.1 Plat Lantai Atap

Peraturan pembebanan pada struktur plat lantai atap ini menggunakan SNI 03-1727-1989 tentang Tata Cara Pembebanan Indonesia Untuk Rumah dan Gedung.

Beban Mati :

- |  |  |
|--|--|
| - Berat spesi (2cm) 2 x 21 kg/m <sup>2</sup> | = 42 kg/m <sup>2</sup>                     |
| - Berat aspal (1cm) 1 x 14 kg/m <sup>2</sup> | = 14 kg/m <sup>2</sup>                     |
| - Berat plafon                               | = 11 kg/m <sup>2</sup>                     |
| - Berat ducting dan plumbing                 | = 10 kg/m <sup>2</sup>                     |
|  | <b>q<sub>D</sub> = 79 kg/m<sup>2</sup></b> |

Beban Hidup :

- Lantai atap  $q_L = 100 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

- $Q_u = q_D + q_L = 79 + 100 = 179 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2$

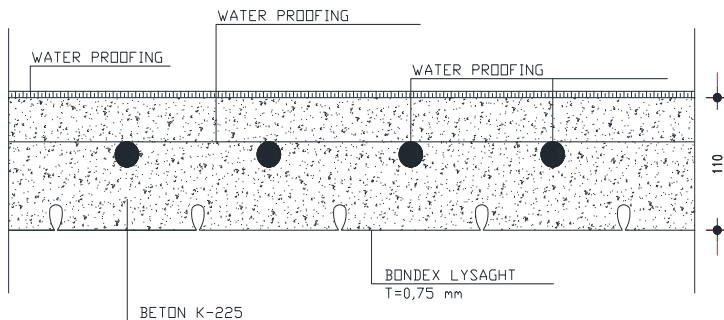
Data-data Bondex

- bentang = 3,33 m
- beban berguna =  $200 \text{ kg/m}^2$
- bentang menerus dengan tulangan negatif, tebal plat diambil 11 cm, dan tulangan negatif  $2,70 \text{ cm}^2/\text{m}$

Digunakan tulangan  $\emptyset 10$  ( $A_s = 0,785 \text{ cm}^2$ )

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

- $n = \frac{2,70}{0,785} = 3,43 \approx 4$  buah
- Jarak antar tulangan  $s = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$
- Jadi dipasang tulangan negatif  $\emptyset 10 - 250$



*Gambar 4.1 Penulangan bondek atap*

### 4.1.2 Plat Lantai Apartemen

Peraturan pembebanan pada struktur plat lantai ruangan apartemen ini menggunakan PPIUG 1983.

Beban Mati :

- Berat spesi (2 cm)  $2 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 48 \text{ kg/m}^2$
  - Berat keramik (1 cm)  $1 \times 24 \text{ kg/m}^2 = 24 \text{ kg/m}^2$
  - Berat plafon  $= 11 \text{ kg/m}^2$
  - *Ducting* dan *plumbing*  $= 10 \text{ kg/m}^2$
- $q_D = 93 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup :

- Lantai apartemen  $q_L = 250 \text{ kg/m}^2$

Beban Berguna :

- $Q_u = q_D + q_L = 93 + 250 = 343 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2$

Data-data bondek

- bentang = 3,3 m
- beban berguna =  $400 \text{ kg/m}^2$
- bentang menerus dengan tulangan negatif, tebal plat diambil 11 cm, dan tulangan negatif  $4,09 \text{ cm}^2/\text{m}$

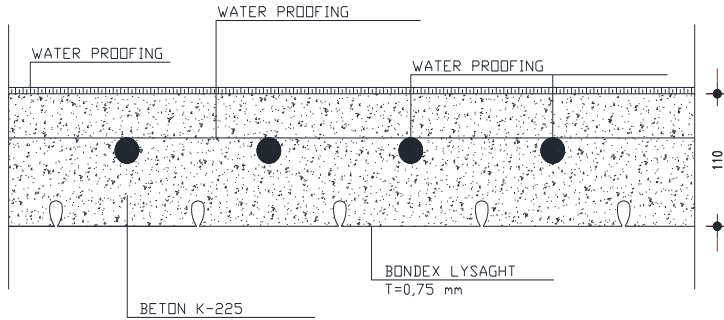
Digunakan tulangan  $\emptyset 10$  ( $A_s = 0,785 \text{ cm}^2$ )

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah :

- $n = \frac{4,09}{0,785} = 5,21 = 6 \text{ buah}$
- jarak antar tulangan  $= \frac{1000}{6} = 166 \text{ mm}$



- jadi dipasang tulangan negatif  $\text{Ø } 10 - 166$



*Gambar 4.2 Penulangan bondek lantai apartemen*

## 4.2 Perencanaan Balok Anak

Fungsi dari balok anak adalah meneruskan serta membagi beban yang dipikul plat lantai ke balok induk.

### 4.2.1 Balok anak lantai atap

Menggunakan profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9

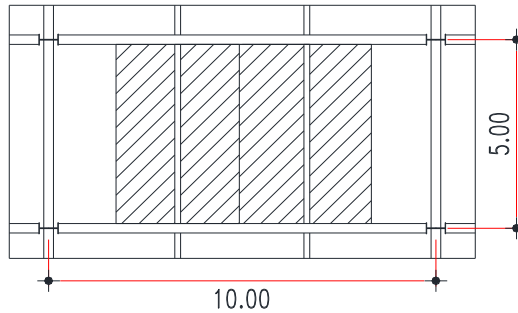
$$W = 36,72 \text{ kg/m} \quad r = 13 \text{ mm}$$

$$A = 46,78 \text{ cm}^2 \quad Z_x = 522 \text{ cm}^3$$

$$t_w = 6,5 \text{ mm} \quad i_y = 3,3 \text{ cm}$$

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

$$d = 300 \text{ mm} \quad h = 300 - 2(9 + 13) = 256 \text{ mm}$$



Gambar 4.3 Denah pembebanan balok anak atap

**a. Pembebanan pada balok anak lantai atap**

- Beban mati

$$\text{Berat plat bondek} = 10,1 \text{ kg/m}^2$$

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

$$\text{Berat beton (110 mm)} 0,11 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 264 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat plafon} = 11 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat ducting dan plumbing} = 10 \text{ kg/m}^2$$

$$= 323,1 \text{ kg/m}^2$$

Berat perhitungan plat lantai

$$323,1 \text{ kg/m}^2 \times 3,3 \text{ m} = 1066,23 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil} = 36,72 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 1102,95 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup (Tabel 3.1 PPIUG 1983)

$$q_L = 5 \text{ m} \times 100 \text{ kg/m}^2 = 500 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor :

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\ &= 1,2 \cdot 1102,95 + 1,6 \cdot 500 = 2123,54 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

**b. Gaya dalam pada balok anak lantai atap**

- Momen yang terjadi

$$\begin{aligned} M_U &= \frac{1}{8} \cdot q_U \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 2123,54 \cdot 5^2 \\ &= 6636,0625 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Gaya geser yang terjadi

$$\begin{aligned} V_U &= \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times 2123,54 \times 5 \\ &= 5308,85 \text{ kg} \end{aligned}$$

**c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur**

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Plat sayap

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

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 8,33 < 10,97 \text{ maka penampang kompak}$$

Plat badan

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

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 39,38 < 108,44$  maka penampang kompak

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2400 \cdot 522 = 1252800 \text{ kgcm} \\ = 12528 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 12528$$

$$= 11275,2 \text{ kgm} \geq 6636,0625 \text{ kgm} \dots \text{ok!}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral panjang tak terkekang diasumsikan sama dengan jarak penghubung geser praktis deck ( $L_b = 40 \text{ cm}$ ).

$$1,76iy \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 3,3 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 167,66 \text{ cm}$$

$L_b < L_p \rightarrow 40 < 167,66$  (bentang pendek)

- Karena bentang pendek, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2400 \cdot 522 = 1252800 \text{ kgcm} \\ = 12528 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 12528$$

$$= 11275,2 \text{ kgm} \geq 6636,0625 \text{ kgm} \dots \text{ok!}$$

#### d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} = 39,38 \quad : \quad \frac{1100}{\sqrt{240}} = 71$$

$$\text{karena } \frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow 39,38 < 71$$

$$\begin{aligned} \text{maka } V_n &= 0,6 f_y A_w \\ &= 0,6 \times 2400 \times (30 \times 0,65) = 28080 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &\geq V_u \\ \emptyset V_n &= 0,9 \cdot 28080 \text{ kg} \\ &= 25272 \text{ kg} \geq 5308,85 \text{ kg} \dots \text{ok!} \end{aligned}$$

**e. Kontrol lendutan**

$$L = 500 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{500}{360} = 1,39 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^0 &= \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{16,0295 \times 500^4}{2000000 \times 7210} \\ &= 0,58 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,58 \text{ cm} < 1,39 \text{ cm} \dots \text{ok!}$$

**4.2.2 Balok anak lantai apartemen**

Menggunakan profil WF 350 x 175 x 6 x 9

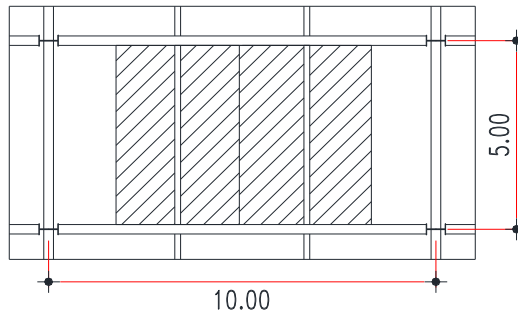
$$W = 41,4 \text{ kg/m} \quad r = 14 \text{ mm}$$

$$A = 52,68 \text{ cm}^2 \quad Z_x = 641 \text{ cm}^3$$

$$t_w = 6 \text{ mm} \quad i_y = 3,88 \text{ cm}$$

$$t_b = 9 \text{ mm} \quad I_x = 11100 \text{ cm}^4$$

$$d = 350 \text{ mm} \quad h = 350 - 2(9 + 14) = 304 \text{ cm}$$



*Gambar 4.4 Denah pembebanan balok anak apartemen*

**a. Pembebanan pada balok anak lantai apartemen**

- Beban mati

$$\text{Berat plat bondek} = 10,1 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat beton (110 mm)} 0,11 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 264 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat spesi (2 cm)} 2 \times 21 \text{ kg/m}^2 = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat keramik (1 cm)} 1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat plafon} = 11 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat ducting dan plumbing} = 10 \text{ kg/m}^2$$

$$= 361,1 \text{ kg/m}^2$$

Berat perhitungan plat lantai

$$361,1 \text{ kg/m}^2 \times 3,3 \text{ m} = 1191,63 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil} = 41,4 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 1233,03 \text{ kg/m}$$

- Beban hidup (Tabel 3.1 PPIUG 1983)

$$q_L = 5 \text{ m} \times 100 \text{ kg/m}^2 = 500 \text{ kg/m}$$

- Beban berfaktor :

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 \cdot q_D + 1,6 \cdot q_L \\ &= 1,2 \cdot 1233,03 + 1,6 \cdot 500 = 2279,636 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

### b. Gaya dalam pada balok anak lantai apartemen

- Momen yang terjadi

$$\begin{aligned} M_U &= \frac{1}{8} \cdot q_U \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 2279,636 \cdot 5^2 \\ &= 7123,8625 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Gaya geser yang terjadi

$$\begin{aligned} V_U &= \frac{1}{2} \times q_U \times L = \frac{1}{2} \times 2279,636 \times 5 \\ &= 5699,09 \text{ kg} \end{aligned}$$

### c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Plat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{175}{2(9)} = 9,72$$

$$\lambda = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 9,72 < 10,97 \text{ maka penampang kompak}$$

Plat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{304}{6} = 50,67$$

$$\lambda = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 50,67 < 108,44$  maka penampang kompak

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2400 \cdot 641 = 1538400 \text{ kgcm} \\ = 15384 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 15384$$

$$= 13845,6 \text{ kgm} \geq 6950,6125 \text{ kgm} \dots \text{ok!}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral panjang tak terkekang diasumsikan sama dengan jarak penghubung geser praktis deck ( $L_b = 40 \text{ cm}$ ).

$$1,76iy \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \cdot 3,88 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 197,13 \text{ cm}$$

$L_b < L_p \rightarrow 40 < 197,13$  (bentang pendek)

- Karena bentang pendek, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2400 \cdot 641 = 1538400 \text{ kgcm} \\ = 15384 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \cdot 15384$$

$$= 13845,6 \text{ kgm} \geq 7123,8625 \text{ kgm} \dots \text{ok!}$$

#### d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

$$\frac{h}{t_w} = 50,67 \quad : \quad \frac{1100}{\sqrt{240}} = 71$$

$$\text{karena } \frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow 42,86 < 71$$



$$\begin{aligned} \text{maka } V_n &= 0,6 f_y A_w \\ &= 0,6 \times 2400 \times (35 \times 0,7) = 30240 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &\geq V_u \\ \emptyset V_n &= 0,9 \cdot 30240 \text{ kg} \\ &= 27216 \text{ kg} \geq 5699,09 \text{ kg} \dots \text{ok!} \end{aligned}$$

#### e. Kontrol lendutan

$$L = 500 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{500}{360} = 1,39 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f^0 &= \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \cdot L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{17,33 \times 500^4}{2000000 \times 11100} \\ &= 0,635 \text{ cm} \end{aligned}$$

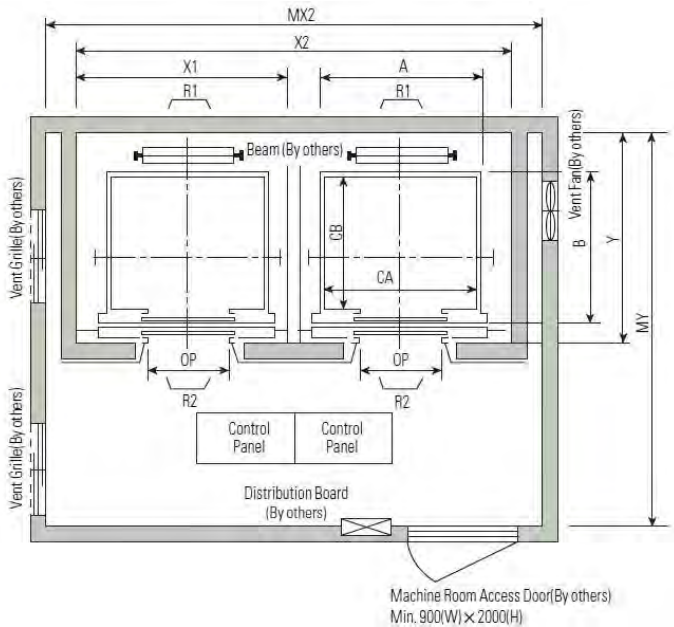
$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,635 \text{ cm} < 1,39 \text{ cm} \dots \text{ok!}$$

### 4.3 Perencanaan Balok Lift

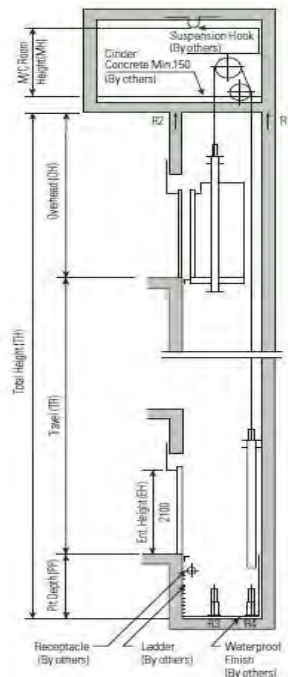
Pada perencanaan balok lift ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung lift. Pada bangunan ini menggunakan lift penumpang dengan data-data sebagai berikut (untuk lebih jelasnya lihat lampiran brosur lift) :

- Tipe lift : *Passenger Elevators*
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 10 Orang / 700 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 800 mm
- Dimensi ruang luncur (*hoistway inside*)  
2 Car : 3700 x 1830 mm<sup>2</sup>
- Dimensi sangkar (*Car size*)  
Internal : 1400 x 1250 mm<sup>2</sup>  
Eksternal : 1460 x 1405 mm<sup>2</sup>

- Dimensi ruang mesin (2 Car) : 4000 x 3600 mm<sup>2</sup>
- Beban reaksi ruang mesin  
 $R_1 = 4200 \text{ kg}$   
 $R_2 = 2700 \text{ kg}$



*Gambar 4.5 Denah lift*



Gambar 4.6 Hoistway section

### 4.3.1 Balok penumpu lift

Balok penumpu lift direncanakan menggunakan profil

WF 300 x 150 x 6,5 x 9 dengan data sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll}
 W = 36,7 \text{ kg/m} & S_x = 481 \text{ cm}^3 & r = 13 \text{ mm} \\
 A = 46,78 \text{ cm}^2 & I_x = 7210 \text{ cm}^4 & i_x = 12,40 \text{ cm} \\
 t_w = 6,5 \text{ mm} & I_y = 508 \text{ cm}^4 & i_y = 3,29 \text{ cm} \\
 b = 150 \text{ mm} & d = 300 \text{ mm} & t_f = 9 \text{ mm} \\
 h = 300 - 2 \cdot (9 + 13) = 256 \text{ mm} & & Z_x = 522 \text{ cm}^3
 \end{array}$$

**a. Pembebanan pada balok penumpu lift**

- Beban mati
 

|                                     |               |      |
|-------------------------------------|---------------|------|
| Berat profil balok penggantung lift | = 36,70       | kg/m |
| Berat sambungan, dll(10%)           | = 3,67        | kg/m |
|                                     | $q_D = 40,37$ | kg/m |

- Beban merata ultimate

$$q_U = 1,2 \cdot q_D$$

$$= 1,2 \cdot 40,37 = 48,444 \text{ kg/m}$$

- Beban terpusat lift

Pada pasal 4.7 Impact Load RSNI-03-1727 (Peraturan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung) menyatakan bahwa semua beban elevator harus ditingkatkan 100% untuk beban kejut dan tumpuan struktur harus direncanakan berdasarkan batas lendutan, atau spesifikasi teknik dari pembuat.

Pada Tabel 4.2 Faktor Elemen Beban Hidup (KLL)

$$PU_1 = R_1 \cdot KLL = 4200 \times 2 = 8400 \text{ kg}$$

$$PU_2 = R_2 \cdot KLL = 2700 \times 2 = 5400 \text{ kg}$$

**b. Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penumpu lift**

- Reaksi perletakan

$$R_A = R_B = \frac{PU_1 \cdot 3,1 + PU_2 \cdot 0,9 + \frac{1}{2} \cdot q_U \cdot L^2}{5}$$

$$= \frac{8400 \cdot 3,1 + 8400 \cdot 0,9 + \frac{1}{2} \cdot 48,44 \cdot 4^2}{5}$$

$$= 8496,89 \text{ kg}$$

- Momen maksimum

$$M_{\max} = (8496,89 \times 2) - (8400 \times 1,1) - (1/2 \cdot 48,44 \cdot 2^2)$$

$$M_{\max} = 7765,887 \text{ kgm}$$

- Gaya geser

$$V_U = (1/2 \cdot 48,44 \cdot 4) + (1/2 \cdot R_1 \cdot 2)$$

$$V_U = 8496,888 \text{ kg}$$

### c. Kontrol penampang profil terhadap gaya lentur

- Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Plat sayap

$$\lambda = \frac{b}{2.t_f} = \frac{150}{2.9} = 8,33$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 8,33 < 10,97$  , maka penampang kompak

Bagian badan

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

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{250}} = 108,44$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 39,38 < 108,44$  , maka penampang kompak

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2400 \cdot 522 = 1252800 \text{ kgcm}$$

$$= 12528 \text{ kgm}$$

- Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 12528$$

$$= 11275,2 \text{ kgm} \geq 7656,88 \text{ kgm} \dots \text{ok!}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = 400 \text{ cm}$$

$$L_p = 167,43 \text{ cm (dari tabel } L_p \text{ dan } L_r)$$

$$L_r = 497,21 \text{ cm (dari tabel } L_p \text{ dan } L_r)$$

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

$$M_y = S_x \cdot f_y = 481 \cdot 2400 = 1154400 \text{ kgcm}$$

$$= 11544 \text{ kgm}$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y = 522 \cdot 2400 = 1252800 \text{ kgcm}$$

$$= 12528 \text{ kgm}$$

$$M_r = S_x \cdot (f_y - f_r) = 481 \cdot (2400 - 700) = 817700 \text{ kgcm} \\ = 8177 \text{ kgm}$$

$$M_A = M_C = R_A \cdot 1 - R_1 \cdot 0,1 - \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot 1^2 \\ M_A = M_C = 8496,89 \cdot 1 - 8400 \cdot 0,1 - \frac{1}{2} \cdot 48,44 \cdot 1^2 \\ = 7632,67 \text{ kgm}$$

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

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 7632,67}{2,5 \cdot 7632,67 + 3 \cdot 7632,67 + 4 \cdot 7632,67 + 3 \cdot 7632,67} \leq 2,3$$

$$C_b = 1,00 \leq 2,3$$

$$M_n = C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right]$$

$$M_n = 1,00 \left[ 8177 + (12528 - 8177) \frac{497,21 - 400}{497,21 - 167,43} \right]$$

$$M_n = 9459,55 \text{ kgm} < M_p \text{ maka dipakai } M_n$$

- Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 9459,55$$

$$= 8513,59 \text{ kgm} \geq 7656,88 \text{ kgm} \dots \text{ok!}$$

#### d. Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kontrol geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{256}{6,5} = 39,38 \quad ; \quad \frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{240}} = 71,00$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \quad \longrightarrow \quad 39,38 < 71,00$$

maka  $V_n = 0,6 f_y A_w$

$$= 0,6 \times 2400 \times (25,6 \times 0,65) = 28080 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 28080 \text{ kg}$$

$$= 25272 \text{ kg} \geq 9776,88 \text{ kg} \dots \text{ok!}$$

#### e. Kontrol lendutan

$$L = 500 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{500}{240} = 2,08 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5(qU)l^4}{384 \cdot EI_x} + \frac{P \cdot a}{24 EI_z} (3L^2 - 4a^2)$$

$$= \frac{5(0,4844)500^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 7210} + \frac{8400 \cdot 90}{24 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 7210} (3 \cdot 400^2 - 4 \cdot 90^2)$$

$$= 0,99 \text{ cm}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,99 \text{ cm} < 2,08 \text{ cm} \dots \text{ok!}$$

## 4.4 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari struktur bangunan bertingkat sebagai penunjang antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Pada gedung Apartemen Puncak Kertajaya ini struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan menggunakan konstruksi dari baja.

#### 4.4.1 Tangga lantai 1-19 tipikal

- Tinggi antar lantai = 400 cm
- Panjang bordes = 500 cm
- Panjang tangga = 300 cm
- Lebar tangga = 200 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Lebar pegangan tangga = 10 cm

- Perencanaan jumlah injakan tangga :  
Persyaratan-persyaratan jumlah injakan tangga

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

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

Dimana : t = tinggi injakan (cm)

i = lebar injakan (cm)

a = kemiringan tangga

- Perhitungan jumlah injakan tangga

$$\text{Tinggi injakan (t)} = 15 \text{ cm}$$

$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{200}{15} = 13 \text{ buah} \approx 14 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah injakan (n)} = 14 - 1 = 13 \text{ buah}$$

$$60 \text{ cm} \leq (2 \times 15 + 30) \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq (60) < 65 \text{ cm} \dots \text{ok!}$$

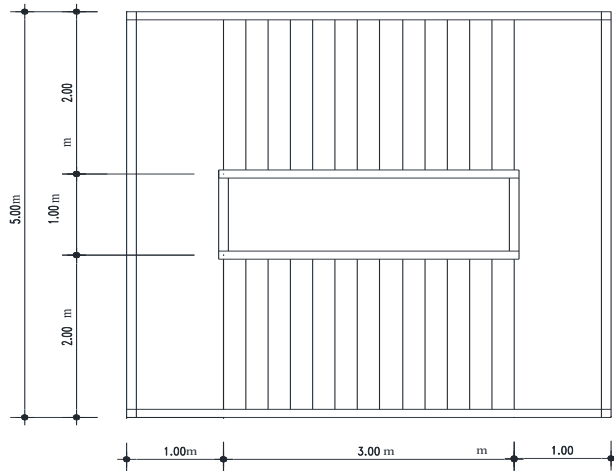
$$\text{Lebar bordes} = 100 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar tangga} = 200 \text{ cm}$$

$$a = \text{arc tg} \left( \frac{200}{300} \right) = 33,69^\circ$$

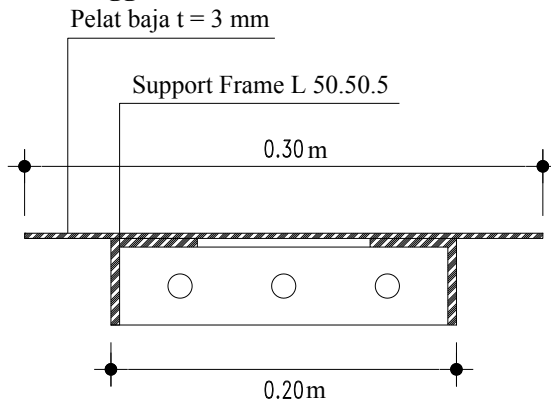
$$25^\circ < 33,69^\circ < 40^\circ$$





*Gambar 4.7 Denah tangga*

#### 4.4.2 Anak Tangga



Gambar 4.8 Pelat anak tangga

##### a. Kontrol lendutan

- Perencanaan tebal plat anak tangga  
 Tebal plat tangga = 3 mm  
 Berat jenis baja = 7850 kg/m<sup>3</sup>  
 Mutu baja BJ 37 → Tegangan leleh baja = 2400 kg/m<sup>2</sup>
- Perencanaan pembebanan plat tangga  
 Beban mati  
 Berat plat = 0,003 x 2 x 7850 = 47,1 kg/m  
 Alat penyambung (10%) = 4,71 kg/m  
 $q_D = 51,81 \text{ kg/m}$   
 Beban hidup  
 $q_L = 300 \times 2 = 600 \text{ kg/m}$
- Perhitungan  $M_D$  dan  $M_L$   
 $M_D = 1/8 q_D l^2 = 0,125 \times 51,81 \times 0,20^2 = 0,259 \text{ kgm}$   
 $M_L = 1/8 q_L l^2 = 0,125 \times 600 \times 0,20^2 = 3 \text{ kgm}$

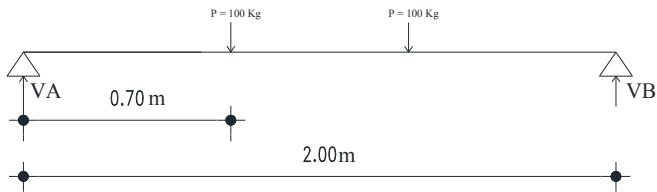
- Perhitungan kombinasi pembebanan  $M_U$   
 $M_U = 1,4 M_D = 1,4 \times 0,259 \text{ kgm} = 0,362 \text{ kgm}$   
 $M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L = 1,2 \times 0,259 + 1,6 \times 3$   
 $= 5,1 \text{ kgm (menentukan)}$
- Kontrol momen lentur  
 $Z_X = \frac{1}{4} b h^2 = 0,25 \times 200 \times 0,20^2 = 2 \text{ cm}^3$   
 $\emptyset M_n = \emptyset Z_X \times f_y = 0,9 \times 2 \times 2400 = 4320 \text{ kgcm}$   
 Syarat :  $\emptyset M_n > M_u$   
 $43,2 \text{ kgm} > 5,1 \text{ kgm} \dots \text{ok!}$
- Kontrol lendutan  
 $f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{20}{360} = 0,0556$   
 $I_x = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 200 \times 0,2^3 = 0,13 \text{ cm}^4$   
 $f^o = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) l^4}{EI} = \frac{5}{384} \times \frac{(6,5181) 20^4}{2.10^6 \cdot 0,12} = 0,0509$   
 $f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,0509 \text{ cm} < 0,0556 \text{ cm} \dots \text{ok!}$

### b. Perencanaan pengaku anak tangga

Direncanakan menggunakan profil siku 50 x 50 x 5 dengan data sebagai berikut :

$$\begin{array}{lll}
 b = 50 \text{ mm} & I_x = 11 \text{ cm}^4 & Z_x = 3,05 \text{ cm}^3 \\
 t_w = 5 \text{ mm} & I_y = 11 \text{ cm}^4 & i_x = 1,51 \text{ cm} \\
 W = 3,77 \text{ kg/m} & A = 4,80 \text{ cm}^2 & i_y = 1,51 \text{ cm}
 \end{array}$$

- Perencanaan pembebanan



*Gambar 4.9 Sketsa pembebanan plat tangga*

Beban mati (1/2 lebar injakan)

$$\text{Berat plat} = 0,10 \times 0,003 \times 7850 = 2,355 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat baja siku } 50 \times 50 \times 5 = 3,77 \text{ kg/m}$$

$$= 6,125 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung (10\%)} = 0,613 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 6,738 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (1/2 lebar injakan)

$$q_L = 300 \times 0,10 = 30 \text{ kg/m}$$

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

- Perhitungan  $M_D$  dan  $M_L$

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

$$= 0,125 \times 6,738 \times 2^2 = 3,36875 \text{ kgm}$$

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

$$= 0,125 \times 30 \times 2^2 = 15 \text{ kgm}$$

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

$$= 1/3 \cdot 100 \cdot 2 = 66,67 \text{ kgm}$$

$$V_u = \frac{1}{2} (1,2 \times q_D \times 1) + \frac{1}{2} (1,6 \times P \times 2)$$

$$= \frac{1}{2} (1,2 \times 6,738 \times 1) + \frac{1}{2} (1,6 \times 100 \times 2)$$

- = 164,0425 kg
- Perhitungan kombinasi pembebanan  $M_U$ 

$$M_U = 1,4 M_D$$

$$= 1,4 \times 3,36875 = 4,71 \text{ kgm}$$

$$M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$

$$= 1,2 \times 3,36875 + 1,6 \times 66,67 = 110,709 \text{ kgm}$$

- Kontrol penampang profil  
Plat sayap :

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{50}{5} = 10$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$\lambda < \lambda_p$  penampang kompak

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$Z_x = (t_w \times d) \frac{1}{2} d + (t_w(b-t_w)) \frac{1}{2} t_w$$

$$= (0,5 \times 5) 0,5 \times 5 + (0,5 \times (5-0,5)) 0,5 \times 0,5$$

$$= 6,8125 \text{ cm}^3$$

$$M_p = f_y \times Z_x = 2400 \times 6,8125 = 16350 \text{ kgcm} = 163,50 \text{ kgm}$$

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 163,50$$

$$= 147,15 \text{ kgm} \geq 110,709 \text{ kgm} \dots \text{ok!}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{t} = \frac{45}{5} = 9; \frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{240}} = 71$$

$$\frac{h}{t} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \text{plastis}$$

$$\begin{aligned} \text{maka } V_n &= 0,6 f_y A_w \\ &= 0,6 \times 2400 \times (5 \times 0,5) \\ &= 3600 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &\geq V_u \\ \emptyset V_n &= 0,9 \times 3600 \text{ kg} \\ &= 3240 \text{ kg} \geq 164,0425 \text{ kg} \dots \text{ok!} \end{aligned}$$

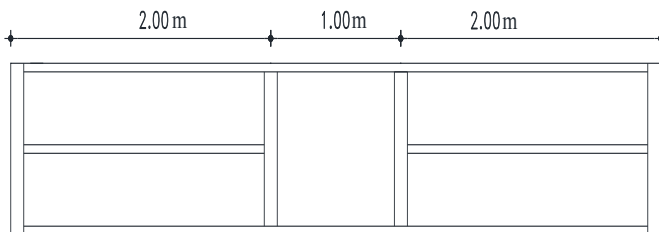
- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{200}{240} = 0,83 \text{ cm}$$

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) L^4}{E I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{0,367 \times 200^4}{2000000 \times 13600} = 0,35 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \rightarrow 0,35 \text{ cm} < 0,83 \text{ cm} \dots \text{ok!}$$

#### 4.4.3 Bordes



Gambar 4.10 Bordes

### a. Plat bordes

$$\text{Tebal plat bordes} = 4 \text{ mm}$$

$$\text{Berat jenis baja} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Mutu baja BJ 37} \rightarrow \text{tegangan leleh baja} = 2400 \text{ kg/m}^2$$

- Perencanaan pembebanan plat bordes

Beban mati

$$\text{Berat plat} = 0,004 \times 2 \times 7850 = 62,8 \text{ kg/m}$$

$$\text{Alat penyambung (10\%)} = 6,28 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 69,08 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$q_L = 300 \text{ kg/m}$$

- Perhitungan  $M_D$  dan  $M_L$

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

$$= 0,125 \times 69,08 \times (0,5)^2 = 2,158 \text{ kgm}$$

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

$$= 0,125 \times 300 \times (0,5)^2 = 9,375 \text{ kgm}$$

- Kombinasi pembebanan  $M_U$

$$M_U = 1,4 M_D$$

$$= 1,4 \times 2,158 = 3,022 \text{ kgm}$$

$$M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$

$$= 1,2 \times 2,158 + 1,6 \times 9,375 = 17,5905 \text{ kgm}$$

- Kontrol momen lentur

$$Z_x = 1/4 bh^2 = 0,25 \times 200 \times 0,4^2 = 8 \text{ cm}^3$$

$$M_n = Z_x \cdot f_y = 8 \times 2400 = 19200 \text{ kgcm}$$

- Cek kemampuan penampang  
 $\phi_b \cdot M_n \geq M_u$   
 $\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 19200$   
 $= 17280 \text{ kgcm} \geq 1759,05 \text{ kgcm} \dots \text{ok!}$
- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{50}{240} = 0,208$$

$$I_x = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} \times 200 \times 0,4^3 = 1,067 \text{ cm}^4$$

$$f^o = \frac{5}{384} \times \frac{(q_D + q_L) \times L^4}{EI} = \frac{5}{384} \times \frac{(3,6908) \times (50)^4}{2000000 \times 1,067} = 0,14 \text{ cm}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,14 \text{ cm} < 0,208 \text{ cm} \dots \text{ok!}$$

## b. Perencanaan balok bordes

Direncanakan memakai profil

WF 100 x 50 x 5 x 7

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

$$b = 50 \text{ mm} \quad Z_x = 42 \text{ cm}^3 \quad I_x = 187 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 5 \text{ mm} \quad W = 9,3 \text{ kg/m}$$

- Perencanaan pembebanan balok bordes  
 Beban hidup  
 Lantai apartemen  
 (Tabel 3.1 PPIUG 1983) = 250 kg/m<sup>2</sup>  
 Total beban hidup ( $q_L$ ) = 0,5 x 250 = 125 kg/m  
 $V_L = \frac{1}{2} \times q_L \times L = \frac{1}{2} \times 125 \times 2$   
 $= 125 \text{ kg}$



$$M_L = 1/8 \times q_L \times L^2 = 1/8 \times 125 \times (2)^2 \\ = 62,5 \text{ kgm}$$

Beban mati

$$\text{Berat plat} = 0,004 \times 0,5 \times 7850 = 15,7 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil} = 9,3 \text{ kg/m}$$

$$= 25 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sambungan dan lain-lain } 10\% = 2,5 \text{ kg/m}$$

$$q_D = 27,5 \text{ kg/m}$$

$$V_D = 1/2 \cdot q_D \cdot L = 1/2 \times 27,5 \times 2 \\ = 27,5 \text{ kg}$$

$$M_D = 1/8 \cdot q_D \cdot L^2 = 1/8 \times 27,5 \times (2)^2 \\ = 13,75 \text{ kgm}$$

- Kombinasi pembebanan

$$V_U = 1,2 V_D + 1,6 V_L$$

$$= 1,2 (27,5) + 1,6 (125) = 233 \text{ kg}$$

$$M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$

$$= 1,2 (13,75) + 1,6 (62,5) = 116,5 \text{ kgm}$$

- Kontrol penampang

Plat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{2 \times 7} = 3,571$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,973$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$  penampang kompak

Plat badan :

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

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,443$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$  penampang kompak

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2400 \times 42$$

$$= 100800 \text{ kgcm}$$

- Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 100800$$

$$= 90720 \text{ kgcm} \geq 11650 \text{ kgcm} \dots \text{ok!}$$

- Kontrol kuat geser

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

$$\frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{240}} = 71,004$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \rightarrow \text{plastis}$$

$$\text{maka } V_n = 0,6 f_y A_w$$

$$= 0,6 \times 2400 \times (10 \times 0,5) = 7200 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 7200 \text{ kg}$$

$$= 6480 \text{ kg} \geq 233 \text{ kg} \dots \text{ok!}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{200}{240} = 0,83 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi (SAP 2000) = 0,09 cm < 0,83 cm...**ok!**

#### 4.4.4 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 x 100 x 4,5 x 7, dengan spesifikasi sebagai berikut :

$$W = 18,2 \text{ kg/m} \qquad I_x = 1580 \text{ cm}^4$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa} \qquad r = 11 \text{ mm}$$

$$Z_x = 170 \text{ cm}^3 \qquad i_y = 2,21 \text{ cm}$$

$$A_g = 23,18 \text{ cm}^2$$

$$h = 198 - 2(7+11) = 162 \text{ mm}$$

- Perencanaan pembebanan anak tangga

Beban mati (anak tangga)

$$\text{Berat plat} = 0.003 \times 1 \times 7850 = 23,55 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil siku} = 3,77 \times 2 = 7,54 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat profil balok} &= 18,2 / \cos 33,69 = 21,873 \text{ kg/m} \\ &= 52,963 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\text{Berat alat penyambung (10\%)} = 5,296 \text{ kg/m}$$

$$q_{D1} = 58,26 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$q_{L1} = 300 \times 1 = 300 \text{ kg/m}$$

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

$$= 1,2 \times 58,26 + 1,6 \times 300$$

$$= 549,912 \text{ kg/m}$$

- Perencanaan pembebanan bordes

Beban mati

$$\text{Berat profil} = 18,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat bordes } 0,004 \times 1 \times 7850 = 31,4 \text{ kg/m}$$

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

$$\text{Berat penyambung 10\%} = 4,96 \text{ kg/m}$$

$$q_{D2} = 54,56 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$q_{L2} = 300 \times 1 = 300 \text{ kg/m}$$

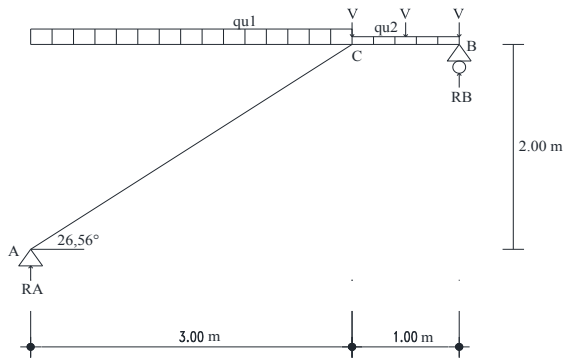
$$q_{U2} = 1,2 q_D + 1,6 q_L$$

$$= 1,2 \times 54,56 + 1,6 \times 300$$

$$= 545,472 \text{ kg/m}$$

Beban terpusat akibat balok bordes

$$V = 9,3 \times 1 = 9,3 \text{ kg}$$



Gambar 4.11 Sketsa pembebanan balok utama tangga

- Perhitungan pembebanan

$$\begin{aligned}\sum M_A &= -Rb(4) + q_{u1}(3)(1,5) + q_{u2}(1)(3,5) \\ &\quad + V(3 + 3,5 + 4) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Rb &= \frac{2465,543+1909,152+97,65}{4} \\ &= 1118,086 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum M_B &= -Ra(4) + q_{u1}(3)(2,5) + q_{u2}(1)(0,5) \\ &\quad + V(1 + 0,5) \\ &= 0\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Ra &= \frac{4109,2384+272,736+13,95}{4} \\ &= 1098,981 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}\sum V &= Ra + Rb - qu_1(2) - qu_2(1) - V(3) \\ &= 1098,981 + 1118,086 - 1643,6953 - 545,472 - 27,9 \\ &= 0 \dots \text{ok!}\end{aligned}$$

### **Bid. M**

A - C :

$$\begin{aligned}M_x &= Ra \cdot x - \frac{1}{2} qu_1 \cdot x^2 \\ &= 1098,981 \cdot x - \frac{1}{2} 547,89 \cdot x^2\end{aligned}$$

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

$$\frac{dM_x}{dx} = 1098,981 - 547,89 \cdot x = 0$$

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

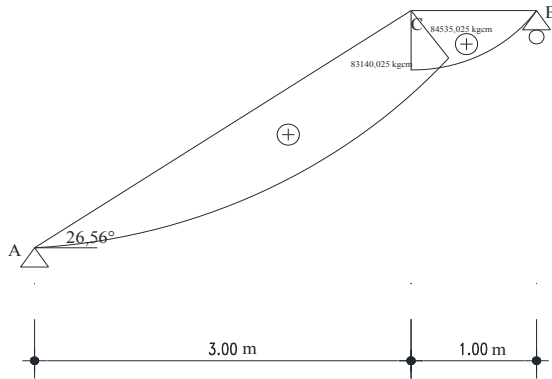
$$\begin{aligned} \rightarrow M_{\max} &= 1098,981 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 547,89 \cdot (x)^2 \\ &= 1102,174 \text{ kgm} \\ &= 110217,45 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

B – C :

Momen pada titik C ( $x = 1 \text{ m}$  dari kanan)

$$\begin{aligned} x &= 1 \text{ m} \rightarrow M_{C \text{ Kanan}} \\ &= R_b \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q_{u_2} \cdot x^2 \\ &= 845,35025 \text{ kgm} = 84535,025 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x &= 3 \text{ m} \rightarrow M_{C \text{ kiri}} \\ &= R_a \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q_{u_1} \cdot x^2 \\ &= 831,40025 \text{ kgm} = 83140,025 \text{ kgcm} \end{aligned}$$



Gambar 4.12 Bidang M tangga

**Bid. D**

A – C :

$x = 0 \text{ m}$

$$\begin{aligned} D_A &= R_a \cos 33,69^\circ \\ &= 917,548 \text{ kg} \end{aligned}$$

$x = 3 \text{ m}$

$$\begin{aligned} D_{C \text{ kiri}} &= R_a \cdot \cos 33,69^\circ - q_{u1} \cdot (L_{AC}) \cdot \cos 33,69^\circ \\ &= -455,114 \text{ kg} \end{aligned}$$

B – C :

$x = 0 \text{ m}$  (dari kanan)

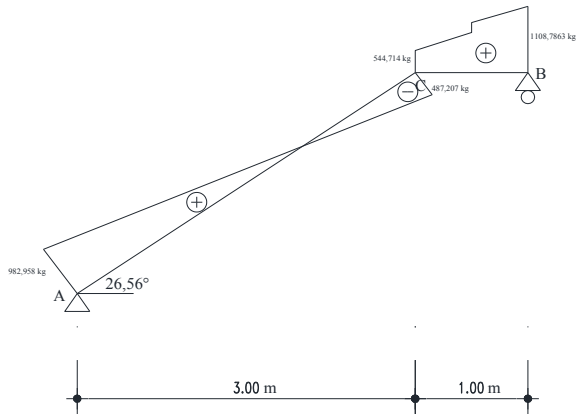
$$D_{B \text{ kiri}} = R_b - V = 1118,086 - 9,3 = 1108,7863 \text{ kg}$$



$x = 1 \text{ m}$  (dari kanan)

$$D_{C \text{ kanan}} = R_b - qu_2 \cdot (L_{CB}) - V \cdot (3)$$

$$= 544,714 \text{ kg}$$



*Gambar 4.13 Bidang D tangga*

**Bid. N**

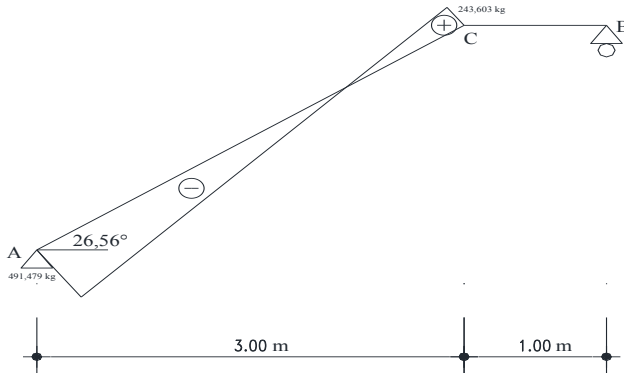
$$N_A = - R_a \cdot \sin 26,56^\circ$$

$$= - 491,479 \text{ kg}$$

$$N_{C \text{ kiri}} = - R_a \cdot \sin 26,56^\circ + qu_1 \cdot L_{AC} \cdot \sin 26,56^\circ$$

$$= 243,603 \text{ kg}$$

$$N_{C \text{ kanan B}} = 0 \text{ kg}$$



Gambar 4.14 Bidang N tangga

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

Plat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{99}{2 \times 7} = 7,071$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,973$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 7,071 < 10,973$  , maka penampang kompak

Plat badan :

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{162}{4,5} = 3,6$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 36 < 108,44$  , maka penampang kompak

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2400 \cdot 170 = 408000 \text{ kgcm} \\ &= 4080 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 4080 \\ &= 3672 \text{ kgm} \geq 567,08 \text{ kgm} \dots \text{ok!} \end{aligned}$$

b. Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = \sqrt{28^2 + 18^2} = 33,29 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \cdot i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 2,21 \times \sqrt{\frac{2000000}{2400}} \\ &= 112,28 \text{ cm} \end{aligned}$$

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

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2400 \cdot 170 = 408000 \text{ kgcm} \\ &= 4080 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ \phi_b \cdot M_n &= 0,9 \times 4080 \\ &= 3672 \text{ kgm} \geq 567,08 \text{ kgm} \dots \text{ok!} \end{aligned}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{tw} = \frac{162}{4,5} = 36$$

$$\frac{1100}{\sqrt{fy}} = \frac{1100}{\sqrt{240}} = 71,004$$

$$\text{maka } V_n = 0,6 \cdot fy \cdot Aw$$

$$= 0,6 \times 2400 \times (19,8 \times 0,45) = 128304 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 128304 \text{ kg}$$

$$= 115473 \text{ kg} \geq 982,958 \text{ kg} \dots \text{ok!}$$

- Persamaan interaksi tekan - lentur

$$L = \sqrt{(300)^2 + (200)^2} = 360,55 \text{ cm}$$

$$Kc = 0,7 \text{ (sendi - jepit)}$$

$$\lambda_c = \frac{kc \cdot L}{\pi \cdot iy} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{0,7 \cdot 360,55}{\pi \cdot 2,21} \sqrt{\frac{2400}{2000000}}$$

$$= 1,2 \rightarrow 0,25 \leq \lambda_c \leq 1,2$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 1,2} = 1,796$$

$$P_n = \frac{Ag \cdot fy}{\omega} = \frac{23,18 \times 2400}{1,796} = 30967,183 \text{ kg}$$

$$\emptyset P_n = 0,85 \times 30967,183$$

$$= 26322,10573 \text{ kg}$$

$$\frac{Pu}{\emptyset P_n} = \frac{917,548}{26322,10573} = 0,0348 < 0,2 \text{ maka}$$

$$= \frac{Pu}{\phi P_n} + \left[ \frac{M_{ux}}{\phi b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi b M_{ny}} \right] \leq 1,0$$

$$= 0,336 < 1 \dots \text{ok!}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{\sqrt{(300)^2 + (200)^2}}{240}$$

$$= 1,502$$

$$f^o = \frac{5}{384} \times \frac{(qD + qL)L^4}{EI} = \frac{5}{384} \times \frac{(7,128)360,55^4}{2000000 \times 1580}$$

$$= 0,496 \text{ cm}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,496 \text{ cm} < 1,502 \text{ cm} \dots \text{ok!}$$

#### 4.4.5 Balok Penumpu Tangga

Balok utama direncanakan menggunakan profil

WF 250 x 125 x 6 x 9

$$W = 29,6 \text{ kg/m} \quad r = 12 \text{ mm}$$

$$A = 37,66 \text{ cm}^2 \quad Z_x = 352 \text{ cm}^3$$

$$S_x = 324 \text{ cm}^3 \quad I_x = 4050 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 294 \text{ cm}^4 \quad i_x = 10,4 \text{ cm}$$

$$i_y = 2,79 \text{ cm} \quad d = 250 \text{ mm}$$

$$h = 250 - 2(9 + 12) = 208 \text{ cm}$$

- Pembebanan anak tangga

Beban mati (anak tangga)

$$\text{Berat plat} = 0,003 \times 1 \times 7850 = 23,55 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil siku} = 3,77 \times 2 = 7,54 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil balok} = 18,2 / \cos 33,69 = 21,873 \text{ kg/m}$$

$$= 52,963 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat alat penyambung (10\%)} = 5,2963 \text{ kg/m}$$

$$q_{D1} = 58,26 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$q_{L1} = 300 \times 1 = 300 \text{ kg/m}$$

$$q_{U1} = 1,2 q_{D1} + 1,6 q_L$$

$$= 1,2 \times 58,26 + 1,6 \times 300 = 549,912 \text{ kg/m}$$

- Pembebanan bordes

Beban mati

$$\text{Berat profil} = 18,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat bordes} = 0,004 \times 1 \times 7850 = 31,4 \text{ kg/m}$$

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

$$\text{Berat penyambung (10\%)} = 4,96 \text{ kg/m}$$

$$q_{D2} = 54,56 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$q_{L2} = 300 \times 1 = 300 \text{ kg/m}$$

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

$$= 1,2 \times 54,56 + 1,6 \times 300 = 545,472 \text{ kg/m}$$

Beban terpusat akibat balok bordes

$$V = 9,3 \times 1 = 9,3 \text{ kg}$$

- Perhitungan pembebanan

$$\sum M_A = -Rb(3) + q_{u1}(2)(1) + q_{u2}(1)(2.5) + V(2 + 2,5 + 3) = 0$$

$$Rb = \frac{999,92 + 1233,318 + 62,775}{3}$$

$$= 765,3378 \text{ kg}$$

$$\sum M_B = -Rb(3) + q_{u1}(2)(2) + q_{u2}(1)(0.5) + V(1 + 0,5) = 0$$

$$Ra = \frac{1999,841 + 246,6636 + 122,55}{3}$$

$$= 753,0198 \text{ kg}$$

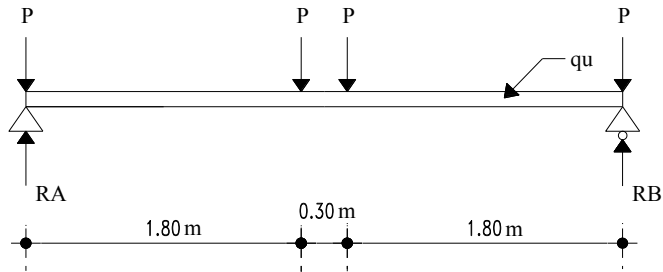
Kontrol:

$$\sum V = Ra + Rb - q_{u1}(2) - q_{u2}(1) - V(3)$$

$$= 753,0198 + 765,3378 - 999,9204 - 493,3272 - 25,11$$

$$= 0 \dots \mathbf{ok!}$$

Gaya  $R_A = R_B$  menjadi beban terpusat  $P$  yang menumpu pada balok penumpu tangga, seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.15 Pembebanan balok penumpu tangga

- Reaksi perletakan

$$\begin{aligned}
 R_A = R_B &= \frac{P \cdot 3,9 + P \cdot 2,1 + P \cdot 1,8 + \frac{1}{2} q_U \cdot 3,9^2}{4} \\
 &= \frac{753,0198 \cdot 3,9 + 753,0198 \cdot 2,1 + 753,0198 \cdot 1,8 + \frac{1}{2} \cdot 29,6 \cdot 3,9^2}{4} \\
 &= 1524,6656 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Momen maksimum

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= (1524,6656 \times 1,95) - (753,0198 \times 1,95) - \\
 &\quad (753,0198 \times 0,15) - (0,5 \times 29,6 \times 1,95^2) \\
 &= 1335,47936 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Gaya geser

$$V_U = (0,5 \times 29,6 \times 1,95) + (0,5 \times 753,0198 \times 3,9)$$



$$= 1497,24861 \text{ kg}$$

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

Plat sayap :

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{125}{2 \times 9} = 6,94$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,973$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 7,071 < 10,973$  , maka penampang kompak

Plat badan :

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{208}{6} = 34,67$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44$$

$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow 36 < 108,44$  , maka penampang kompak

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = fy \cdot Z_x = 2400 \cdot 352 = 844800 \text{ kgcm}$$

$$= 8448 \text{ kgm}$$

Cek kemampuan penampang

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

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 8448$$

$$= 7603,2 \text{ kgm} \geq 1264,0316 \text{ kgm} \dots \text{ok!}$$

b. Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = 400 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 2,79 \times \sqrt{\frac{2000000}{2400}}$$

$$= 141,751 \text{ cm}$$

$$L_r = 446,52 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{bentang menengah}$$

$$M_y = S_x \cdot f_y$$

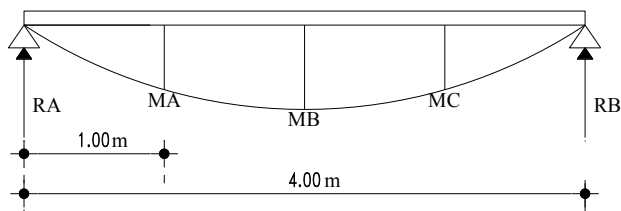
$$= 324 \cdot 2400 = 777600 \text{ kgcm} = 7776 \text{ kgm}$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 352 \cdot 2400 = 844800 \text{ kgcm} = 8448 \text{ kgm}$$

$$M_r = S_x \cdot (f_y - f_r)$$

$$= 324 \cdot (2400 - 700) = 550800 \text{ kgcm} = 5508 \text{ kgm}$$



Gambar 4.16 Posisi  $M_A$ ,  $M_B$ ,  $M_C$

$$\begin{aligned}
 M_A = M_C &= R_A \cdot 1 - P \cdot 1 - 0,5 \cdot q_U \cdot 1^2 \\
 &= 1565,2396 \cdot 1 - 753,0198 \cdot 1 - 0,5 \cdot 29,6 \cdot 1^2 \\
 &= 797,4198
 \end{aligned}$$

$$M_B = M_{max} = 1264,0316 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{12,5M_{max}}{2,5M_{max}+3M_A+4M_B+3M_C} \leq 2,3 \\
 &= \frac{12,5 \times 1264,0316}{2,5 \times 1264,0316 + 3 \times 797,4198 + 4 \times 1264,0316 + 3 \times 797,4198} \leq 2,3 \\
 &= 1,21 \leq 2,3
 \end{aligned}$$

$$M_n = C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right]$$

$$M_n = 1,21 \left[ 5508 + (8448 - 5508) \frac{446,52 - 400}{446,52 - 141,751} \right]$$

$$M_n = 7239,535 \text{ kgm} < M_p \text{ maka dipakai } M_p$$

- Cek kemampuan penampang
 
$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_p &\geq M_u \\ \phi_b \cdot M_p &= 0,9 \times 8448 \\ &= 7603,2 \text{ kgcm} \geq 1264,031 \text{ kgcm} \dots \text{ok!} \end{aligned}$$
- Kontrol penampang profil terhadap gaya geser

Kontrol Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{208}{6} = 34,67 ; \frac{1100}{\sqrt{f_y}} = \frac{1100}{\sqrt{240}} = 71,00$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}} \rightarrow 34,67 < 71,00 \rightarrow \text{plastis}$$

$$\text{maka } V_n = 0,6 fy A_w$$

$$= 0,6 \times 2400 \times (25 \times 0,6) = 21600 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u$$

$$\emptyset V_n = 0,9 \times 21600 \text{ kg}$$

$$= 19440 \text{ kg} \geq 2213,357 \text{ kg} \dots \text{ok!}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{400}{240}$$

$$= 1,67 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi (SAP 2000) = 0,266 cm < 0,83 cm...**ok!**

*“ halaman ini sengaja dikosongkan ”*

## BAB V

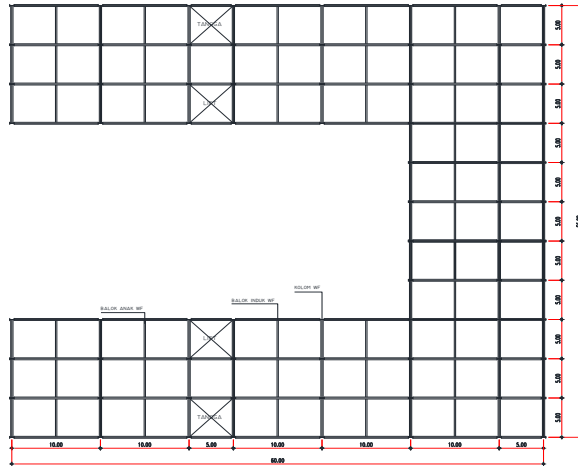
### ANALISA STRUKTUR DAN PEMBEBANAN

#### 5.1 Umum

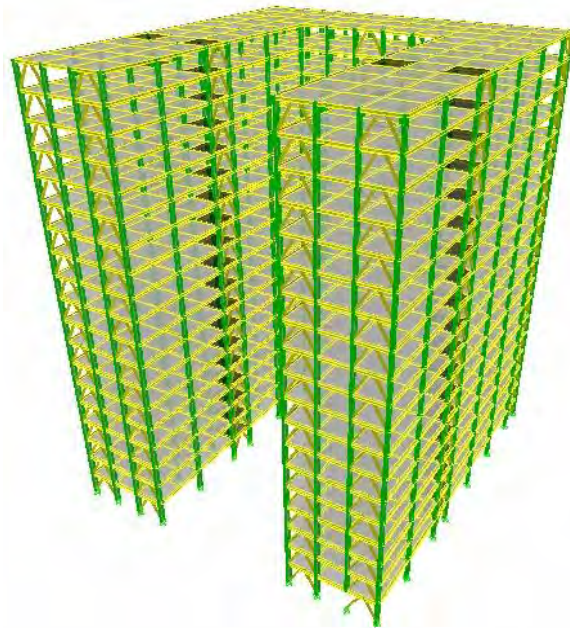
Dalam analisa struktur, struktur utama merupakan komponen utama dimana kekakuannya mempengaruhi perilaku dari gedung tersebut. Struktur utama ini berfungsi untuk menahan pembebanan yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral yang berupa beban gempa. Komponen utama terdiri dari balok, kolom dan bresing.

Merencanakan beban gempa adalah bertujuan untuk mendapatkan suatu hasil dari nilai gempa yang nantinya berpengaruh terhadap kekuatan dari struktur gedung. Beban gempa direncanakan sesuai peraturan gempa SNI 03-1726-2012. Beban gempa rencana dicek terhadap kontrol nilai gaya geser dasar (*base shear*), waktu getar alami fundamental (T), dan simpangan (*drift*).

Permodelan struktur pada tugas akhir ini menggunakan sistem ganda, yaitu dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE). Struktur yang direncanakan untuk bangunan apartemen terdiri dari 19 lantai dan atap dengan total tinggi struktur 76 meter. Denah dari struktur apartemen Puncak Kertajaya yang digunakan adalah denah dari Tower B sebagai berikut :



*Gambar 5.1 Denah struktur*



*Gambar 5.2 Tampak 3D Bangunan Gedung*

## 5.2 Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan struktur didasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) dengan konfigurasi 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 :

- Berat sendiri beton bertulang yang terdapat pada plat *metaldeck*, dan *roofdeck* yang memiliki massa jenis sebesar  $2400 \text{ kg/m}^3$
- Mutu beton yang digunakan adalah 30 MPa
- Berat sendiri baja profil yang terpasang sebagai struktur rangka baja berupa kolom, balok, dan bresing ditetapkan bermassa jenis sebesar  $7850 \text{ kg/m}^3$ . Mutu baja yang digunakan adalah BJ37 dengan spesifikasi  $f_y = 240 \text{ MPa}$  dan  $f_u = 370 \text{ MPa}$
- Beban dinding yang dianggap hanya dipasang pada keempat bagian sisi perimeter sebagai dinding penutup bangunan ditetapkan sebesar  $250 \text{ kg/m}^2$
- Beban dinding partisi yang direncanakan dipasang pada bagian dalam bangunan ditetapkan sebesar  $40 \text{ kg/m}^2$
- Beban lift adalah beban terpusat pada balok lantai teratas. Besar beban lift terlampir

Dengan rincian pembebanan sebagai berikut :

- a. Plat atap  $q_D = 79 \text{ kg/m}^2$
- b. Plat lantai apartemen  $q_D = 93 \text{ kg/m}^2$



## 2. Beban mati (*Dead Load*)

Beban hidup akan bertumpu pada plat *metaldeck* untuk selanjutnya didistribusikan kepada balok-balok dan kolom sekitarnya secara *tributory area*.

Dengan rincian pembebanan sebagai berikut :

Lantai atap = 100 kg/m<sup>2</sup>

Lantai apartemen = 250 kg/m<sup>2</sup>

## 3. Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Perhitungan beban gempa pada bangunan dilakukan dengan menganalisa beban gempa dinamik. Berdasarkan tipe tanah yang terlampir, pada gedung ini tipe tanahnya adalah tanah lunak, sedangkan wilayah gempa daerah Irian Jaya termasuk dalam wilayah gempa 6.

### 5.2.1 Berat Total Bangunan

Perhitungan berat per lantai bangunan ini berdasarkan PPIUG 1983. Perhitungan nilai total berat bangunan ini akan digunakan dalam perhitungan penentuan gaya geser dasar ragam respon yang pertama ( $V_1$ ).

- Berat Bangunan Lantai 19 (atap)

*Tabel 5.1 Berat Bangunan Lantai 19 (atap)*

| Beban              | Berat | Satuan            | Total Panjang | Jumlah             |
|--------------------|-------|-------------------|---------------|--------------------|
|                    |       |                   |               | (kg)               |
| Kolom              | 179,2 | kg/m <sup>2</sup> | 304           | 54476,8            |
| Balok Eksterior    | 114   | kg/m <sup>2</sup> | 320           | 36480              |
| Balok Interior     | 114   | kg/m <sup>2</sup> | 535           | 60990              |
| Balok Anak         | 36,75 | kg/m <sup>2</sup> | 175           | 6431,25            |
| Balok Penumpu Lift | 36,75 | kg/m <sup>2</sup> | 10            | 367,5              |
| Bresing            | 56,2  | kg/m <sup>2</sup> | 124,0877109   | 6973,729353        |
| Plat Bondex        | 79    | kg/m <sup>2</sup> | 2075          | 163925             |
| Dinding Perimeter  | 250   | kg/m <sup>2</sup> | 256           | 64000              |
| Dising Partisi     | 40    | kg/m <sup>2</sup> | 568           | 22720              |
| Beban Lift         | 13800 | kg/m <sup>2</sup> |               | 13800              |
| Beban Hidup        | 100   | kg/m <sup>2</sup> | 2075          | 207500             |
| <b>Beban Total</b> |       |                   |               | <b>637664,2794</b> |

- Berat Bangunan Lantai 16-18

*Tabel 5.2 Berat Bangunan Lantai 16-18*

| Beban              | Berat | Satuan            | Total Panjang | Jumlah             |
|--------------------|-------|-------------------|---------------|--------------------|
|                    |       |                   |               | (kg)               |
| Kolom              | 179,2 | kg/m <sup>2</sup> | 304           | 54476,8            |
| Balok Eksterior    | 114   | kg/m <sup>2</sup> | 320           | 36480              |
| Balok Interior     | 114   | kg/m <sup>2</sup> | 535           | 60990              |
| Balok Anak         | 41,4  | kg/m <sup>2</sup> | 175           | 7245               |
| Balok Penumpu Lift | 36,75 | kg/m <sup>2</sup> | 0             | 0                  |
| Bresing            | 56,2  | kg/m <sup>2</sup> | 124,0877109   | 6973,729353        |
| Plat Bondex        | 93    | kg/m <sup>2</sup> | 2075          | 192975             |
| Dinding Perimeter  | 250   | kg/m <sup>2</sup> | 256           | 64000              |
| Dising Partisi     | 40    | kg/m <sup>2</sup> | 568           | 22720              |
| Beban Lift         | 13800 | kg/m <sup>2</sup> |               | 13800              |
| Beban Hidup        | 250   | kg/m <sup>2</sup> | 83            | 20750              |
| <b>Beban Total</b> |       |                   |               | <b>480410,5294</b> |

- Berat Bangunan Lantai 12-15

*Tabel 5.3 Berat Bangunan Lantai 12-15*

| Beban              | Berat | Satuan            | Total Panjang | Jumlah             |
|--------------------|-------|-------------------|---------------|--------------------|
|                    |       |                   |               | (kg)               |
| Kolom              | 212   | kg/m <sup>2</sup> | 304           | 64448              |
| Balok Eksterior    | 114   | kg/m <sup>2</sup> | 320           | 36480              |
| Balok Interior     | 114   | kg/m <sup>2</sup> | 535           | 60990              |
| Balok Anak         | 41,4  | kg/m <sup>2</sup> | 175           | 7245               |
| Balok Penumpu Lift | 36,75 | kg/m <sup>2</sup> | 0             | 0                  |
| Bresing            | 56,2  | kg/m <sup>2</sup> | 124,0877109   | 6973,729353        |
| Plat Bondex        | 93    | kg/m <sup>2</sup> | 2075          | 192975             |
| Dinding Perimeter  | 250   | kg/m <sup>2</sup> | 256           | 64000              |
| Dising Partisi     | 40    | kg/m <sup>2</sup> | 568           | 22720              |
| Beban Lift         | 13800 | kg/m <sup>2</sup> |               | 13800              |
| Beban Hidup        | 250   | kg/m <sup>2</sup> | 83            | 20750              |
| <b>Beban Total</b> |       |                   |               | <b>490381,7294</b> |

- Berat Bangunan Lantai 8-11

*Tabel 5.4 Berat Bangunan Lantai 8-11*

| Beban              | Berat | Satuan            | Total Panjang | Jumlah             |
|--------------------|-------|-------------------|---------------|--------------------|
|                    |       |                   |               | (kg)               |
| Kolom              | 302   | kg/m <sup>2</sup> | 304           | 91808              |
| Balok Eksterior    | 114   | kg/m <sup>2</sup> | 320           | 36480              |
| Balok Interior     | 114   | kg/m <sup>2</sup> | 535           | 60990              |
| Balok Anak         | 41,4  | kg/m <sup>2</sup> | 175           | 7245               |
| Balok Penumpu Lift | 36,75 | kg/m <sup>2</sup> | 0             | 0                  |
| Bresing            | 56,2  | kg/m <sup>2</sup> | 124,0877109   | 6973,729353        |
| Plat Bondex        | 93    | kg/m <sup>2</sup> | 2075          | 192975             |
| Dinding Perimeter  | 250   | kg/m <sup>2</sup> | 256           | 64000              |
| Dising Partisi     | 40    | kg/m <sup>2</sup> | 568           | 22720              |
| Beban Lift         | 13800 | kg/m <sup>2</sup> |               | 13800              |
| Beban Hidup        | 250   | kg/m <sup>2</sup> | 83            | 20750              |
| <b>Beban Total</b> |       |                   |               | <b>517741,7294</b> |

- Berat Bangunan Lantai 4-7

*Tabel 5.5 Berat Bangunan Lantai 4-7*

| Beban              | Berat | Satuan            | Total Panjang | Jumlah             |
|--------------------|-------|-------------------|---------------|--------------------|
|                    |       |                   |               | (kg)               |
| Kolom              | 369,7 | kg/m <sup>2</sup> | 304           | 112388,8           |
| Balok Eksterior    | 114   | kg/m <sup>2</sup> | 320           | 36480              |
| Balok Interior     | 114   | kg/m <sup>2</sup> | 535           | 60990              |
| Balok Anak         | 41,4  | kg/m <sup>2</sup> | 175           | 7245               |
| Balok Penumpu Lift | 36,75 | kg/m <sup>2</sup> | 0             | 0                  |
| Bresing            | 56,2  | kg/m <sup>2</sup> | 124,0877109   | 6973,729353        |
| Plat Bondex        | 93    | kg/m <sup>2</sup> | 2075          | 192975             |
| Dinding Perimeter  | 250   | kg/m <sup>2</sup> | 256           | 64000              |
| Dinsing Partisi    | 40    | kg/m <sup>2</sup> | 568           | 22720              |
| Beban Lift         | 13800 | kg/m <sup>2</sup> |               | 13800              |
| Beban Hidup        | 250   | kg/m <sup>2</sup> | 83            | 20750              |
| <b>Beban Total</b> |       |                   |               | <b>538322,5294</b> |

- Berat Bangunan Lantai 1-3

*Tabel 5.6 Berat Bangunan Lantai 1-3*

| Beban              | Berat | Satuan            | Total Panjang | Jumlah             |
|--------------------|-------|-------------------|---------------|--------------------|
|                    |       |                   |               | (kg)               |
| Kolom              | 419,8 | kg/m <sup>2</sup> | 304           | 127619,2           |
| Balok Eksterior    | 114   | kg/m <sup>2</sup> | 320           | 36480              |
| Balok Interior     | 114   | kg/m <sup>2</sup> | 535           | 60990              |
| Balok Anak         | 41,4  | kg/m <sup>2</sup> | 175           | 7245               |
| Balok Penumpu Lift | 36,75 | kg/m <sup>2</sup> | 0             | 0                  |
| Bresing            | 56,2  | kg/m <sup>2</sup> | 124,0877109   | 6973,729353        |
| Plat Bondex        | 93    | kg/m <sup>2</sup> | 2075          | 192975             |
| Dinding Perimeter  | 250   | kg/m <sup>2</sup> | 256           | 64000              |
| Dinsing Partisi    | 40    | kg/m <sup>2</sup> | 568           | 22720              |
| Beban Lift         | 13800 | kg/m <sup>2</sup> |               | 13800              |
| Beban Hidup        | 250   | kg/m <sup>2</sup> | 83            | 20750              |
| <b>Beban Total</b> |       |                   |               | <b>553552,9294</b> |

Dari Hasil perhitungan berat struktur tiap lantai, dilakukan rekapitulasi sebagai berikut :

Tabel 5.7 Rekapitulasi berat total bangunan

| LANTAI       | BERAT TOTAL (Wt)  |
|--------------|-------------------|
|              | Kg                |
| 19(atap)     | 631266,73         |
| 18           | 474826,73         |
| 17           | 474826,73         |
| 16           | 474826,73         |
| 15           | 483642,73         |
| 14           | 483642,73         |
| 13           | 483642,73         |
| 12           | 483642,73         |
| 11           | 498538,73         |
| 10           | 498538,73         |
| 9            | 498538,73         |
| 8            | 498538,73         |
| 7            | 491242,73         |
| 6            | 491242,73         |
| 5            | 491242,73         |
| 4            | 491242,73         |
| 3            | 506442,73         |
| 2            | 506442,73         |
| 1            | 506442,73         |
| <b>Total</b> | <b>9468771,86</b> |

### 5.1.2 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 03-1729-2002 bangunan baja tahan gempa sebagai berikut :

1,4 DL

1,2 DL + 1,6 LL

1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 W

1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 W

1,2 DL + 1,0 LL +  $\Omega$  E

0,9 DL + 1,0 W

0,9 DL +  $\Omega$ E

Keterangan :

DL : beban mati

LL : beban hidup

E : beban gempa yang dinyatakan dalam 2 arah

W : beban angin

Dengan  $\Omega$  adalah faktor kuat cadang struktur sebesar 2,5 sesuai tabel 15.2-1 SNI 03-1729-2002 untuk sitem ganda dengan SRPM dan SRBE. Faktor kuat cadang struktur hanya diaplikasikan terhadap beban gempa sebagai antisipasi terhadap kemungkinan kegagalan struktur. Faktor kuat cadang yang merupakan koefisien beban gempa dianggap sama untuk keseluruhan bagian struktur baik elemen kolom, balok maupun bresing sehingga saat terjadi beban gempa yang melebihi beban desain gempa dapat dijamin bahwa struktur selain bagian sambungan dan bresing berperilaku elastis.

Tiga kombinasi pertama merupakan kombinasi pembebanan yang dipengaruhi oleh beban mati dan hidup saja. Sedangkan dua kombinasi pembebanan berikutnya telah dipengaruhi oleh beban gempa. Namun, saat terjadi gempa dianggap beban hidup tereduksi menjadi setengahnya.

## **5.2 Pembebanan Gempa Dinamis**

Pada struktur gedung apartemen ini mempunyai jumlah lantai 19 tingkat dengan ketinggian 76 m. Struktur gedung ini menurut SNI 03-1726-2012 ditetapkan sebagai struktur gedung tidak beraturan. Dimana untuk struktur gedung tidak beraturan, pengaruh gempa rencana akan ditinjau sebagai pengaruh gempa dinamik, sehingga analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik.

### **5.2.1 Lantai Tingkat Sebagai Diafragma**

Menurut SNI 03-1726-2012 bahwa lantai tingkat, atap beton dan sistem lantai dengan ikatan suatu struktur gedung, dapat dianggap sangat kaku dalam bidangnya dan karenanya dapat dianggap bekerja sebagai diafragma terhadap beban gempa horizontal.

### **5.2.2 Arah Pembebanan**

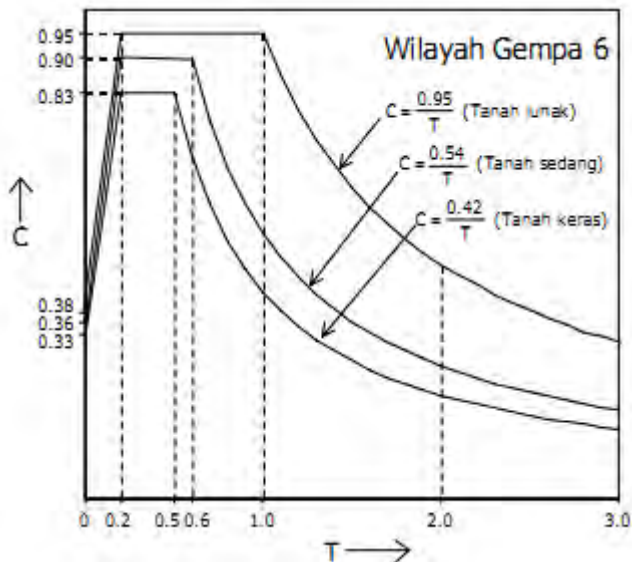
Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah  $x$  dan  $y$  secara bolak-balik dan periodikal. Menurut SNI 03-1726-2012. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa 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

### 5.2.3 Faktor Respon Gempa (C)

Faktor Respon Gempa (C) dinyatakan dalam percepatan gravitasi yang Nilai Faktr Respon Gempa ( $C_1$ ) bergantung pada waktu getar alami struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam spektrum respon gempa rencana.

Respon Spektrum gempa rencana untuk masing-masing wilayah gempa ditetapkan grafik nilai C-T dalam gambar SNI 03-1726-2012. Dimana pada perencanaan gedung ditetapkan Respon Spektrum gempa rencana wilayah gempa 6 pada tanah lunak.



Gambar 5.3 Grafik nilai C-T zona gempa 6



Pada gambar dapat dilihat untuk menentukan nilai faktor respon gempa ( $C_i$ ) pada tanah lunak didapat dengan nilai  $\frac{0,95}{T}$  dimana  $T$  adalah waktu getar alami struktur gedung yang didapat dari hasil running program setelah men-*define* Respon Spektrum Rencana dan men-*plot* grafik C-T pada analisa Respon Spektrum.

#### **5.2.4 Respon Spektrum Rencana**

Menurut SNI 03-1726-2012 menyatakan bahwa analisis Respon Spektrum Gempa Rencana, nilai ordinatnya harus dikalikan dengan  $I/R$ . Lalu karena nilai  $C$  dinyatakan dengan percepatan gravitasi, maka nilai  $C$  harus dikalikan faktor pengali percepatan gravitasi sebesar 9,81 m/s. Seperti yang telah direncanakan sebelumnya nilai  $I$  diambil 1 untuk perumahan dan  $R = 8$  karena menggunakan sistem ganda dengan menggabungkan SRPM dan SRBE.

#### **5.2.5 Faktor Reduksi Gempa (R)**

Gedung ini direncanakan dengan sistem ganda dengan menggabungkan SRPM dan SRBE, sehingga berdasarkan tabel 9 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai faktor daktilitas ( $\mu$ ) = 4,1 nilai faktor reduksi gempa ( $R$ ) = 8 dan nilai faktor tahanan struktur ( $f$ ) = 2,2

#### **5.2.6 Faktor Keutamaan (I)**

Gedung ini direncanakan sebagai bangunan penghunian (apartemen) sehingga pada tabel 2 SNI 03-1726-2012 didapatkan ( $I$ ) = 1.

#### **5.2.7 Analisis P- $\Delta$**

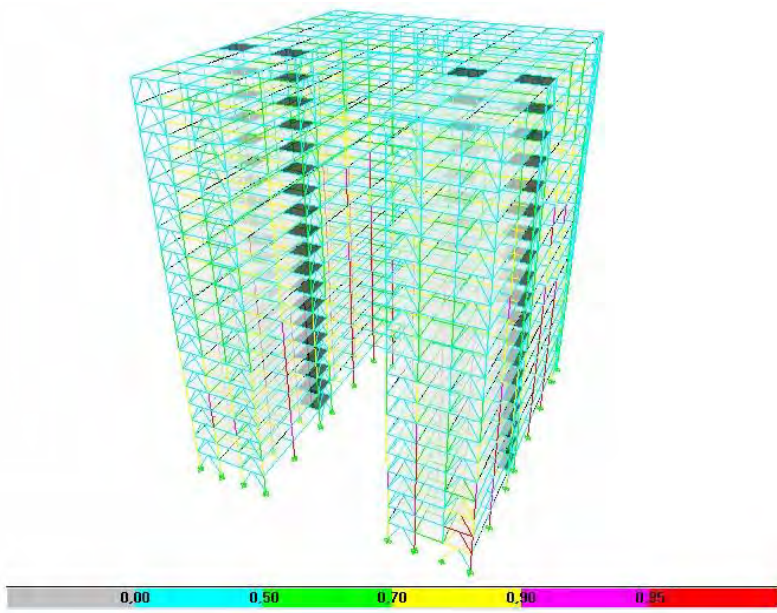
Karena struktur pada tugas akhir ini mempunyai tinggi 76m serta jumlah lantai 19 tingkat sehingga tidak sesuai dengan

SNI 03-1726-2012, maka pada analisa struktur harus dianalisa menggunakan pengaruh P- $\Delta$ . Pengaruh P- $\Delta$  yaitu suatu gejala yang terjadi akibat beban gempa lateral menimbulkan beban lateral tambahan akibat momen guling yang terjadi oleh beban grafitasi yang titik tangkapnya menyimpang ke samping. Pada program bantu ETABS 9.7.1 pengaruh P- $\Delta$  dimasukkan pada saat *Set Analysis Option*.

### **5.3 Kontrol Desain**

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu ETABS 9.7.1, penampang elemen struktur akan dianalisa sesuai dengan kebutuhan rencana struktur gedung tersebut yang mengacu pada ketentuan-ketentuan perencanaan elemen-elemen struktur berdasarkan SNI 03-1729-2002 mengenai baja tahan gempa.

Gaya-gaya dalam yang terjadi pada struktur hasil output dari ETABS 9.7.1 mula-mula dicek terhadap kekuatan elemen strukturnya seperti gambar berikut ini.



*Gambar 5.4 Ragam perbandingan tahanan elemen struktur terhadap gaya dalam*

Berdasarkan ragam tahanan elemen struktur pada gambar di atas dapat diketahui nilai rasio gaya dalam ultimate terhadap kekuatan nominal elemen struktur. Karena hasil perhitungan program ETABS 9.7.1 merupakan alat bantu dalam mendesain profil baja dan perbedaan kode desain yang ada pada program tersebut dengan ketentuan-ketentuan yang didasarkan pada SNI 03-1729-2002. Maka, selanjutnya dilakukan penyesuaian tahanan dimulai dari elemen bresing, balok, lalu kolom optimasi secara manual menggunakan program excel.

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

- Kontrol partisipasi massa
- Kontrol nilai akhir respon spektrum
- Kontrol waktu getar alami fundamental
- Kontrol kinerja struktur gedung

### **5.3.1 Kontrol Partisipasi Massa**

Menurut SNI 03-1726-2012, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respon total harus sekurang-kurangnya 90%.

Dalam hal ini digunakan bantuan program ETABS 9.7.1 untuk mengeluarkan output partisipasi massa seperti pada Tabel 5.8 berikut :

Tabel 5.8 Hasil output participating Mass Ratios

| Mode | Period   | UX      | UY      | UZ | SumUX   | SumUY   | SumUZ |
|------|----------|---------|---------|----|---------|---------|-------|
| 1    | 4,895695 | 0,0047  | 72,6485 | 0  | 0,0047  | 72,6485 | 0     |
| 2    | 4,015009 | 73,6199 | 0,0046  | 0  | 73,6246 | 72,6531 | 0     |
| 3    | 3,60103  | 0,0222  | 0,0716  | 0  | 73,6468 | 72,7247 | 0     |
| 4    | 1,46844  | 0,0004  | 15,0172 | 0  | 73,6472 | 87,7419 | 0     |
| 5    | 1,231493 | 13,2601 | 0,0001  | 0  | 86,9074 | 87,742  | 0     |
| 6    | 1,062695 | 0       | 0,0379  | 0  | 86,9074 | 87,78   | 0     |
| 7    | 0,764998 | 0       | 5,4439  | 0  | 86,9074 | 93,2238 | 0     |
| 8    | 0,657331 | 4,805   | 0       | 0  | 91,7124 | 93,2239 | 0     |
| 9    | 0,54725  | 0       | 0,0279  | 0  | 91,7124 | 93,2518 | 0     |
| 10   | 0,513341 | 0       | 2,6584  | 0  | 91,7124 | 95,9101 | 0     |
| 11   | 0,433072 | 2,4385  | 0       | 0  | 94,151  | 95,9102 | 0     |
| 12   | 0,383853 | 0       | 1,3915  | 0  | 94,151  | 97,3017 | 0     |
| 13   | 0,359283 | 0       | 0,0668  | 0  | 94,151  | 97,3684 | 0     |
| 14   | 0,316692 | 1,437   | 0       | 0  | 95,588  | 97,3685 | 0     |
| 15   | 0,308177 | 0       | 0,8183  | 0  | 95,588  | 98,1867 | 0     |
| 16   | 0,265585 | 0       | 0,0827  | 0  | 95,588  | 98,2695 | 0     |
| 17   | 0,25869  | 0       | 0,474   | 0  | 95,588  | 98,7435 | 0     |
| 18   | 0,246214 | 0,9776  | 0       | 0  | 96,5656 | 98,7435 | 0     |
| 19   | 0,223622 | 0       | 0,35    | 0  | 96,5656 | 99,0935 | 0     |
| 20   | 0,21028  | 0       | 0,0136  | 0  | 96,5656 | 99,107  | 0     |
| 21   | 0,199285 | 0,7123  | 0,0003  | 0  | 97,278  | 99,1073 | 0     |
| 22   | 0,198836 | 0,0007  | 0,258   | 0  | 97,2786 | 99,3653 | 0     |
| 23   | 0,179632 | 0       | 0,1934  | 0  | 97,2786 | 99,5587 | 0     |
| 24   | 0,174006 | 0       | 0,0044  | 0  | 97,2787 | 99,5631 | 0     |
| 25   | 0,165891 | 0,5543  | 0       | 0  | 97,8329 | 99,5631 | 0     |
| 26   | 0,164966 | 0       | 0,1381  | 0  | 97,8329 | 99,7012 | 0     |
| 27   | 0,153398 | 0       | 0,1069  | 0  | 97,8329 | 99,8082 | 0     |
| 28   | 0,148456 | 0       | 0,0024  | 0  | 97,8329 | 99,8106 | 0     |
| 29   | 0,144028 | 0       | 0,0564  | 0  | 97,8329 | 99,867  | 0     |
| 30   | 0,140958 | 0,4397  | 0       | 0  | 98,2726 | 99,867  | 0     |
| 31   | 0,136666 | 0       | 0,0473  | 0  | 98,2726 | 99,9143 | 0     |
| 32   | 0,130859 | 0       | 0,0286  | 0  | 98,2726 | 99,9428 | 0     |
| 33   | 0,12941  | 0       | 0,0008  | 0  | 98,2726 | 99,9436 | 0     |
| 34   | 0,12637  | 0       | 0,0209  | 0  | 98,2726 | 99,9646 | 0     |
| 35   | 0,122851 | 0       | 0,0279  | 0  | 98,2726 | 99,9925 | 0     |
| 36   | 0,121835 | 0,3534  | 0       | 0  | 98,626  | 99,9925 | 0     |
| 37   | 0,121408 | 0       | 0,0031  | 0  | 98,626  | 99,9956 | 0     |
| 38   | 0,11908  | 0       | 0,0006  | 0  | 98,626  | 99,9962 | 0     |
| 39   | 0,114761 | 0       | 0,0009  | 0  | 98,626  | 99,9971 | 0     |
| 40   | 0,106959 | 0,2899  | 0       | 0  | 98,9159 | 99,9971 | 0     |
| 41   | 0,103247 | 0       | 0,0008  | 0  | 98,9159 | 99,9979 | 0     |
| 42   | 0,095094 | 0,2355  | 0       | 0  | 99,1514 | 99,9979 | 0     |
| 43   | 0,093951 | 0,0003  | 0,0006  | 0  | 99,1516 | 99,9985 | 0     |
| 44   | 0,086585 | 0,0003  | 0,0005  | 0  | 99,1519 | 99,999  | 0     |
| 45   | 0,085658 | 0,1985  | 0       | 0  | 99,3504 | 99,999  | 0     |
| 46   | 0,080435 | 0       | 0,0003  | 0  | 99,3505 | 99,9993 | 0     |
| 47   | 0,078506 | 0,1343  | 0       | 0  | 99,4847 | 99,9993 | 0     |
| 48   | 0,076023 | 0       | 0,0002  | 0  | 99,4848 | 99,9995 | 0     |
| 49   | 0,072983 | 0,1335  | 0       | 0  | 99,6183 | 99,9995 | 0     |
| 50   | 0,072078 | 0,0001  | 0,0001  | 0  | 99,6184 | 99,9996 | 0     |
| 51   | 0,069137 | 0       | 0,0001  | 0  | 99,6184 | 99,9998 | 0     |
| 52   | 0,068357 | 0,0746  | 0       | 0  | 99,693  | 99,9998 | 0     |
| 53   | 0,065414 | 0       | 0,0001  | 0  | 99,693  | 99,9999 | 0     |
| 54   | 0,063839 | 0,0974  | 0       | 0  | 99,7904 | 99,9999 | 0     |
| 55   | 0,06256  | 0,0001  | 0,0001  | 0  | 99,7905 | 100     | 0     |
| 56   | 0,059201 | 0,0738  | 0       | 0  | 99,8643 | 100     | 0     |
| 57   | 0,055258 | 0,1357  | 0       | 0  | 100     | 100     | 0     |

Sehingga dari tabel di atas menunjukkan bahwa pada mode ke 7 telah memenuhi syarat partisipasi massa 90% sesuai SNI 03-1726-2012.

### 5.3.2 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 03-1726-2012, nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 80% nilai respons ragam yang pertama.

$$V \geq 0,8 \cdot V_1$$

Dimana  $V_1$  adalah gaya geser dasar nominal sebagai respon ragam yang pertama terhadap pengaruh gempa rencana

$$V_1 = \frac{C_1 \cdot I}{R} \cdot Wt \quad (\text{SNI 03-1726-2012})$$

Dimana :

$I$  = faktor keutamaan

$R$  = faktor reduksi gempa

$V$  = beban geser dasar nominal statik ekuivalen

$C_1$  = nilai faktor respons gempa ragam pertama

$W_1$  = berat total gedung

Untuk mendapatkan nilai  $C_1$  pada perhitungan  $V_1$  maka direncanakan dengan nilai waktu getar alami fundamental  $T$  dari ragam yang pertama output ETABS 9.7.1 yang tampak pada tabel di bawah ini.

Tabel 5.9 Waktu getar hasil analisa ETABS 9.7.1

| Mode | Period   | UX      | UY      |
|------|----------|---------|---------|
| 1    | 4,895695 | 0,0047  | 72,6485 |
| 2    | 4,015009 | 73,6199 | 0,0046  |
| 3    | 3,60103  | 0,0222  | 0,0716  |
| 4    | 1,46844  | 0,0004  | 15,0172 |
| 5    | 1,231493 | 13,2601 | 0,0001  |
| 6    | 1,062695 | 0       | 0,0379  |
| 7    | 0,764998 | 0       | 5,4439  |

Dari persamaan respon spektrum wilayah gempa 6 tanah lunak nilai  $C_1 = \frac{0,95}{T}$  sehingga didapat nilai :

$$C_1 = \frac{0,95}{T} = \frac{0,95}{0,4895695} = 2,3385651$$

Base ractions gempa ragam pertama dihitung sebagai berikut :

$$V_1 = \frac{C_1 \cdot I}{R} Wt = \frac{2,338565 \times 1}{8} \times 9468771,86 \text{ kg}$$

$$= 2767917,307 \text{ kg}$$

Dari analisa struktur menggunakan program ETABS 9.7.1 dengan asumsi-asumsi yang telah dijelaskan di atas, maka didapatkan output untuk nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

Tabel 5.10 Base shear respon spektrum

| Beban Gempa | Global FX (kg) | Global FY (kg) |
|-------------|----------------|----------------|
| RSPX        | 5771103,04     | 1709647,57     |
| RSPY        | 1732057        | 5696371,73     |

maka untuk arah X :

$$V_{RSPX} \geq 0,8 \cdot V_1$$

$$5771103,04 \geq 2214333,846 \text{ kg ... oke!}$$

maka untuk arah Y :

$$V_{RSPY} \geq 0,8 \cdot V_1$$

$$5696371,73 \geq 2214333,846 \text{ kg ... oke!}$$

Sehingga nilai akhir respon spektrum memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2012.

### 5.3.3 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Dengan nilai  $\zeta$  dari tabel 8 SNI 03-1726-2012 dan n adalah jumlah lantai dari gedung yang akan ditinjau, maka kontrol waktu getar alami fundamental (T) menjadi,

$$T < \zeta n$$

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung, waktu getar alami struktur gedung ( $T_1$ ) dibatasi sebagai berikut :

$$\zeta = 0,15 \text{ (SNI 03-1726-2012)}$$

$$n = \text{jumlah tingkat} = 19$$



Dari hasil analisa ETABS didapat,

$$T_x = 0,055 < (0,15 \times 19) = 2,85 \text{ detik ... oke!}$$

$$T_y = 0,055 < (0,15 \times 19) = 2,85 \text{ detik ... oke!}$$

Sehingga, berdasarkan waktu getar alami fundamental struktur gedung masih memenuhi batas kontrol waktu getar alami.

### 5.3.4 Kontrol Batasan Simpangan (drift)

- Kinerja batas layan

Kinerja batas layan struktur gedung ( $\Delta_s$ ) ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan, di samping untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur gedung, simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui  $\frac{0,03}{R}$  dikali tinggi antar tingkat atau dibatasi sebesar 30 mm diambil nilai yang terkecil. Nilai R didapatkan 8. Sehingga batasan simpangan batas layan gedung didapat :

$$\Delta s_1 = \frac{0,03}{R} \times h_1 = \frac{0,03}{8} \times 4000 = 15 \text{ mm}$$

- Kinerja batas ultimate

Sesuai SNI 03-1726-2012 kinerja batas ultimate ( $\Delta_m$ ) struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi struktur gedung di ambang keruntuhan, yaitu

untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang menimbulkan korban jiwa demi menjamin keamanan penghuni gedung.

Untuk gedung tidak beraturan

$$\xi = \frac{0,7R}{FS}$$

Dimana :  $R = 8$

$$FS = \frac{0,8V_1}{v_1} \geq 1 \text{ RSNi 03 - 1726 - 201X}$$

$$\xi = \frac{0,7 \times 8}{1} = 5,6$$

$$\Delta_M = \zeta \Delta_S = 5,6 \Delta_S$$

Dan tidak boleh lebih dari 0,02 kali tinggi tingkat (SNI 03-1726-2012)

Tinggi tingkat 4000 mm

$$\Delta_M \leq 0,02 \text{ h}$$

$$\Delta_M \leq 0,02 \times 4000$$

$$\Delta_M \leq 80 \text{ mm}$$

Akibat beban lateral (dalam hal ini beban gempa dinamik) didapatkan nilai-nilai simpangan antar lantai dan ditabelkan pada tabel 5.11 dibawah ini :

*Tabel 5.11 Simpangan struktur akibat beban gempa dinamik  
RSPX & RSPY*

| Tingkat | Zi | RSPX      |         | RSPY   |            |
|---------|----|-----------|---------|--------|------------|
|         |    | ARAH      |         | ARAH   |            |
|         | m  | X(mm)     | Y(mm)   | X(mm)  | Y(mm)      |
| 19      | 76 | 210,70001 | 139,345 | 94,737 | 147,328787 |
| 18      | 72 | 200,87501 | 133,722 | 91,313 | 133,456287 |
| 17      | 68 | 189,06901 | 127,522 | 87,345 | 121,391487 |
| 16      | 64 | 175,59401 | 120,799 | 82,93  | 112,2691   |
| 15      | 60 | 160,63701 | 113,589 | 78,118 | 103,8679   |
| 14      | 56 | 147,04151 | 105,803 | 73,059 | 101,275    |
| 13      | 52 | 135,34411 | 97,632  | 67,727 | 96,00289   |
| 12      | 48 | 122,56251 | 89,151  | 62,17  | 89,17869   |
| 11      | 44 | 113,70971 | 80,424  | 56,42  | 78,27249   |
| 10      | 40 | 104,64441 | 71,914  | 50,629 | 74,43879   |
| 9       | 36 | 92,73811  | 63,301  | 44,737 | 69,15199   |
| 8       | 32 | 85,5447   | 54,679  | 38,788 | 63,8649    |
| 7       | 28 | 70,5969   | 46,147  | 32,827 | 51,024     |
| 6       | 24 | 58,6636   | 37,544  | 26,949 | 44,1594    |
| 5       | 20 | 45,7624   | 29,321  | 21,186 | 41,4215    |
| 4       | 16 | 31,9276   | 21,646  | 15,635 | 38,8665    |
| 3       | 12 | 30,2082   | 14,667  | 10,434 | 33,5428    |
| 2       | 8  | 18,682    | 8,703   | 5,812  | 23,557     |
| 1       | 4  | 6,205     | 3,559   | 2,013  | 11,844     |

*Tabel 5.12 Kontrol batas layan dan kinerja batas ultimate akibat beban gempa RSPX*

| Tingkat | Zi | Δs       | Drift   | Syarat   | Ket. | Δs      | Drift | Syarat   | Ket. |
|---------|----|----------|---------|----------|------|---------|-------|----------|------|
|         |    |          | Δs      | Drift Δs |      |         | Δs    | Drift Δs |      |
|         | m  | mm       | mm      | mm       |      | mm      | mm    | mm       |      |
| 19      | 76 | 210,7    | 9,825   | 15       | OK   | 139,345 | 5,623 | 15       | OK   |
| 18      | 72 | 200,875  | 11,806  | 15       | OK   | 133,722 | 6,2   | 15       | OK   |
| 17      | 68 | 189,069  | 13,475  | 15       | OK   | 127,522 | 6,723 | 15       | OK   |
| 16      | 64 | 175,594  | 14,957  | 15       | OK   | 120,799 | 7,21  | 15       | OK   |
| 15      | 60 | 160,637  | 13,5955 | 15       | OK   | 113,589 | 7,786 | 15       | OK   |
| 14      | 56 | 147,0415 | 11,6974 | 15       | OK   | 105,803 | 8,171 | 15       | OK   |
| 13      | 52 | 135,3441 | 12,7816 | 15       | OK   | 97,632  | 8,481 | 15       | OK   |
| 12      | 48 | 122,5625 | 8,8528  | 15       | OK   | 89,151  | 8,727 | 15       | OK   |
| 11      | 44 | 113,7097 | 9,0653  | 15       | OK   | 80,424  | 8,51  | 15       | OK   |
| 10      | 40 | 104,6444 | 11,9063 | 15       | OK   | 71,914  | 8,613 | 15       | OK   |
| 9       | 36 | 92,73811 | 7,19341 | 15       | OK   | 63,301  | 8,622 | 15       | OK   |
| 8       | 32 | 85,5447  | 14,9478 | 15       | OK   | 54,679  | 8,532 | 15       | OK   |
| 7       | 28 | 70,5969  | 11,9333 | 15       | OK   | 46,147  | 8,603 | 15       | OK   |
| 6       | 24 | 58,6636  | 12,9012 | 15       | OK   | 37,544  | 8,223 | 15       | OK   |
| 5       | 20 | 45,7624  | 13,8348 | 15       | OK   | 29,321  | 7,675 | 15       | OK   |
| 4       | 16 | 31,9276  | 1,7194  | 15       | OK   | 21,646  | 6,979 | 15       | OK   |
| 3       | 12 | 30,2082  | 11,5262 | 15       | OK   | 14,667  | 5,964 | 15       | OK   |
| 2       | 8  | 18,682   | 12,477  | 15       | OK   | 8,703   | 5,144 | 15       | OK   |
| 1       | 4  | 6,205    | 6,205   | 15       | OK   | 3,559   | 3,559 | 15       | OK   |

*Tabel 5.13 Kontrol batas layan dan kinerja batas ultimate akibat beban gempa RSPY*

| Tingkat | Zi | $\Delta s$ | Drift      | Syarat           | Ket. | $\Delta s$ | Drift      | Syarat           | Ket. |
|---------|----|------------|------------|------------------|------|------------|------------|------------------|------|
|         |    |            | $\Delta s$ | Drift $\Delta s$ |      |            | $\Delta s$ | Drift $\Delta s$ |      |
|         |    |            | mm         | mm               |      |            | mm         | mm               |      |
| 19      | 76 | 94,737     | 3,424      | 15               | OK   | 147,3288   | 13,8725    | 15               | OK   |
| 18      | 72 | 91,313     | 3,968      | 15               | OK   | 133,4563   | 12,0648    | 15               | OK   |
| 17      | 68 | 87,345     | 4,415      | 15               | OK   | 121,3915   | 9,122387   | 15               | OK   |
| 16      | 64 | 82,93      | 4,812      | 15               | OK   | 112,2691   | 8,4012     | 15               | OK   |
| 15      | 60 | 78,118     | 5,059      | 15               | OK   | 103,8679   | 2,5929     | 15               | OK   |
| 14      | 56 | 73,059     | 5,332      | 15               | OK   | 101,275    | 5,27211    | 15               | OK   |
| 13      | 52 | 67,727     | 5,557      | 15               | OK   | 96,00289   | 6,8242     | 15               | OK   |
| 12      | 48 | 62,17      | 5,75       | 15               | OK   | 89,17869   | 10,9062    | 15               | OK   |
| 11      | 44 | 56,42      | 5,791      | 15               | OK   | 78,27249   | 3,8337     | 15               | OK   |
| 10      | 40 | 50,629     | 5,892      | 15               | OK   | 74,43879   | 5,2868     | 15               | OK   |
| 9       | 36 | 44,737     | 5,949      | 15               | OK   | 69,15199   | 5,28709    | 15               | OK   |
| 8       | 32 | 38,788     | 5,961      | 15               | OK   | 63,8649    | 12,8409    | 15               | OK   |
| 7       | 28 | 32,827     | 5,878      | 15               | OK   | 51,024     | 6,8646     | 15               | OK   |
| 6       | 24 | 26,949     | 5,763      | 15               | OK   | 44,1594    | 2,7379     | 15               | OK   |
| 5       | 20 | 21,186     | 5,551      | 15               | OK   | 41,4215    | 2,555      | 15               | OK   |
| 4       | 16 | 15,635     | 5,201      | 15               | OK   | 38,8665    | 5,3237     | 15               | OK   |
| 3       | 12 | 10,434     | 4,622      | 15               | OK   | 33,5428    | 9,9858     | 15               | OK   |
| 2       | 8  | 5,812      | 3,799      | 15               | OK   | 23,557     | 11,713     | 15               | OK   |
| 1       | 4  | 2,013      | 2,013      | 15               | OK   | 11,844     | 11,844     | 15               | OK   |

Dari hasil kontrol tabel-tabel di atas maka, struktur memenuhi kelayakan sesuai dengan SNI 03-1726-2012.

## **BAB VI**

### **PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER**

#### **6.1 Perencanaan Elemen Struktur Primer**

##### **6.1.1 Sistem Ganda**

Sesuai dengan SNI 03-1729-2002 butir 15.1 batang-batang bresing mempunyai persyaratan khusus yang harus dipenuhi.

##### **6.1.1.1 Kontrol Distribusi Beban Lateral**

Perhitungan distribusi beban lateral menggunakan kombinasi pembebanan gempa ke arah X dan Y. Beban lateral didistribusikan ke rangka bresing yang nilai gaya dalam aksialnya merupakan hasil keluaran program ETABS 9.7.1. Lalu dianalisis sejauh mana efektifitas bresing dalam memikul gayagempa melalui diagram vektor gaya yang telah ditransformasikan sesuai dengan rangka yang terpasang. Hasil analisa tersebut disampaikan pada tabel di bawah ini sebagai berikut :

Tabel 6.1 Distribusi beban lateral ke batang bresing tarik

| Lantai | RSPX      |      | RSPY      |      |
|--------|-----------|------|-----------|------|
|        | % Bresing | Ket. | % Bresing | Ket. |
| 19     | 35,89     | Oke  | 30,89     | Oke  |
| 18     | 30,57     | Oke  | 32,64     | Oke  |
| 17     | 30,66     | Oke  | 29,91     | Oke  |
| 16     | 28,81     | Oke  | 30,06     | Oke  |
| 15     | 30,93     | Oke  | 32,11     | Oke  |
| 14     | 37,47     | Oke  | 39,35     | Oke  |
| 13     | 35,86     | Oke  | 33,14     | Oke  |
| 12     | 36,42     | Oke  | 35,18     | Oke  |
| 11     | 37,17     | Oke  | 34,86     | Oke  |
| 10     | 34,76     | Oke  | 33,13     | Oke  |
| 9      | 30,01     | Oke  | 31,57     | Oke  |
| 8      | 39,48     | Oke  | 38,80     | Oke  |
| 7      | 27,25     | Oke  | 25,41     | Oke  |
| 6      | 36,31     | Oke  | 35,59     | Oke  |
| 5      | 28,65     | Oke  | 29,17     | Oke  |
| 4      | 32,09     | Oke  | 30,75     | Oke  |
| 3      | 33,05     | Oke  | 34,61     | Oke  |
| 2      | 30,19     | Oke  | 31,53     | Oke  |
| 1      | 31,85     | Oke  | 29,87     | Oke  |

Presentase gaya gempa yang dipikul oleh batang bresing tarik pada tabel di atas berkisar pada (25,41%-39,48%). Maka, berdasarkan hasil data di atas batang bresing telah memenuhi syarat konfigurasi sistem ganda SNI 03-1729-2002, yakni minimal 25% gaya gempa total harus dipikul oleh rangka bresing eksentrik.

### 6.1.1.2 Link

Untuk SRBE diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis yang cukup besar pada Link saat memikul gaya-gaya akibat beban gempa rencana. Kolom-kolom, batang bresing, dan bagian dari balok diluar link harus direncanakan untuk tetap dalam keadaan elastis akibat gaya-gaya yang dihasilkan oleh Link pada saat mengalami pelelehan penuh hingga tahap perkerasan regangan. Link direncanakan untuk mendisipasi energi pada saat terjadi gempa kuat sesuai SNI 03-1729-2002 ps 15.13

#### Data profil

WF 500 x 300 x 11 x 15

$$d = 482 \text{ mm} \qquad I_x = 60400 \text{ cm}^4$$

$$bf = 300 \text{ mm} \qquad I_y = 6760 \text{ cm}^4$$

$$tw = 11 \text{ mm} \qquad i_x = 20,4 \text{ cm}$$

$$tf = 15 \text{ mm} \qquad i_y = 6,82 \text{ cm}$$

$$A = 145,5 \text{ cm}^2 \qquad Z_x = 2500 \text{ cm}^3$$

$$r = 26 \text{ mm} \qquad Z_y = 451 \text{ cm}^3$$

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

Gaya dalam maksimum diperoleh dari out put ETABS, terjadi pada balok lantai 1, elemen B5 kombinasi 1,2D + 1,6L.

$$Mu = -4720,2 \text{ kgm}$$



$$V_u = 78308 \text{ kg}$$

### **Kuat rencana lentur link**

#### Cek kelangsingan penampang

Plat sayap

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \cdot 15} = 10$$

$$\lambda_f = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$\lambda_f \leq \lambda_p \rightarrow$  maka penampang kompak

Plat badan

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{11} = 36,36$$

$$\lambda_f = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44$$

$\lambda_f \leq \lambda_p \rightarrow$  maka penampang kompak

#### Cek pengaruh tekuk lateral

$L = 1000 \text{ cm}$ , pada struktur ini panjang tak terkekang diasumsikan sama dengan jarak penghubung geser praktis deck ( $L_b = 40 \text{ cm}$ ) karena penghubung geser menyatu dengan balok.

$$L_b = 40 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1095,737 \text{ cm}$$

Karena  $L_b < L_p$  maka balok bersifat plastis sempurna.

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \cdot f_y = 2500 \times 2400 = 6000000 \text{ kgcm} \\ &= 6000 \text{ kgm} \end{aligned}$$

rasio kapasitas

$$\frac{M_u}{\phi M_n} = \frac{4720,2}{0,9 \times 6000} = 0,87 < 1 \dots \text{ok!}$$

### **Kuat rencana geser link**

$$\begin{aligned} V_p &= 0,6 f_y (d - 2t_f) t_w \\ &= 0,6 \cdot 240 (482 - 2 \cdot 15) \cdot 11 \\ &= 715968 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_n = V_p = 715968 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = \text{kuat geser rencana Link} = 0,9 \times 715968 = 644371,2 \text{ kg}$$

$$\phi V_n > V_u = 644371,2 > 78308 \dots \text{ok!}$$

Rasio kapasitas penampang

$$\frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{78308}{644371,2} = 0,121 < 1 \text{ (memenuhi)}$$

### Interaksi lentur dan geser

$$\frac{Mu}{\phi Mn} + 0.625 \frac{Vu}{\phi Vu} \leq 1.375$$

$$0,87 + 0,625 \times 0,121 = 0,95 \leq 1,375 \text{ (memenuhi)}$$

### Pengaku Link :

Di titik pertemuan dengan batang bresing, pada Link harus dipasang pengaku setinggi badan Link dan berada di kedua sisi plat badan Link. Pengaku tersebut harus mempunyai lebar dan ketebalan yang tidak kurang dari :

$$\text{Lebar harus lebih dari } b_f - (2 t_w) = 300 - (2 \times 11) = 278 \text{ mm}$$

$$\text{Ketebalan harus lebih dari } 0,75 t_w = 0,75 \times 11 = 8,25 \text{ mm}$$

Jadi, diambil pengaku dengan lebar = 278 mm dan ketebalan = 8,25 mm.

### Pengekang lateral pada Link :

Pada ujung-ujung Link, pengekang lateral harus ditempatkan pada kedua plat sayap Link (atas dan bawah). Pengekang lateral tersebut harus mempunyai kekuatan rencana sebesar 6% dari kuat nominal plat sayap Link sebesar  $R_y f_y b_f t_f$ . Untuk profil dan batang baja gilas  $R_y$  adalah 1,5 bila digunakan BJ 41 atau yang lebih lunak.

Kekuatan rencana pengekang lateral pada Link

$$= 6\% (R_y \cdot f_y \cdot b_f \cdot t_f)$$

$$= 6\% (1,5 \cdot 240 \cdot 300 \cdot 15)$$

$$= 97200 \text{ kg}$$

Link ini tidak memakai pengaku antara karena panjang Link lebih dari  $5M_p/V_p$ , yaitu  $50\text{cm} > 41\text{cm}$ .

### **Batang bresing dan balok di luar Link**

Kuat kombinasi aksial dan lentur perlu batang bresing harus direncanakan berdasarkan gaya aksial dan momen lentur yang ditimbulkan oleh 1,25 kali kuat geser nominal dari Link sebesar  $1,25 R_y V_n$ . Kuat rencana bresing harus lebih besar daripada kuat perlu yang disebutkan di atas.

Bresing pada struktur ini didominasi oleh gaya aksial karena tidak direncanakan memikul momen yang besar agar perilakunya sesuai dengan kebutuhan leleh pada *Link*. Bresing yang didesain didasarkan pada besaran gaya normal yang dipikul olehnya. Besaran gaya-gaya dalam didapat dari program ETABS 9.7.1.

Data profil

WF 200 x 200 x 12 x 12

$$d = 200 \text{ mm} \qquad I_x = 4980 \text{ cm}^4$$

$$b_f = 200 \text{ mm} \qquad I_y = 1700 \text{ cm}^4$$

$$t_w = 12 \text{ mm} \qquad i_x = 8,35 \text{ cm}$$

$$t_f = 12 \text{ mm} \qquad i_y = 4,88 \text{ cm}$$

$$A = 71,53 \text{ cm}^2 \qquad Z_x = 498 \text{ cm}^3$$

$$r = 13 \text{ mm} \qquad Z_y = 167 \text{ cm}^3$$

$$h = 150 \text{ mm}$$

### **Gaya dalam**

Gaya dalam maksimum bresing diperoleh dari output ETAB, terjadi pada bresing lantai 5, elemen D6 kombinasi 0,9DL + Ey.

$$P_u = -108457 \text{ kg (tekan)}$$

$$P_u = 81502,62 \text{ kg (tarik)}$$

### **Persyaratan khusus bresing**

Persyaratan perbandingan lebar terhadap tebal penampang batang bresing untuk SRBE sesuai SNI 03-1729-2002 butir 15.13 yaitu : batang bresing harus bersifat kompak ( $\lambda < \lambda_p$ ).

### Cek kelangsingan penampang

Plat sayap

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \cdot 12} = 8,33$$

$$\lambda_p = \frac{135}{\sqrt{f_y}} = \frac{135}{\sqrt{240}} = 8,71$$

$\lambda_f \leq \lambda_p \rightarrow$  maka penampang kompak

Plat badan

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{150}{12} = 12,5$$

$$\lambda_f = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44$$

$\lambda_f \leq \lambda_p \rightarrow$  maka penampang kompak

Persyaratan kelangsingan batang bresing untuk SRBE sesuai dengan SNI 03-1729-2002 butir 15.13 yaitu :

kondisi tumpuan sendi-sendi,  $k_c = 1$

$$\frac{K_c L}{r} \leq \frac{2625}{\sqrt{f_y}} \text{ dengan } L = 458,9 \text{ cm}$$

$$\frac{1 \times 458,9}{13} \leq \frac{2625}{\sqrt{240}} \rightarrow 27,73 < 169,44$$

Maka batang bresing memenuhi persyaratan kelangsingan.

### Kuat tekan rencana

Persyaratan beban aksial terfaktor batang bresing untuk SRBE sesuai SNI 03-1729-2002 yaitu : beban aksial terfaktor pada batang bresing tidak boleh melebihi  $\phi_c \cdot N_n$

$$\text{Arah } -x \rightarrow \lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{360,56}{8,35} = 43,18$$

$$\text{Arah } -y \rightarrow \lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{360,56}{4,88} = 73,88$$

Tekuk menentukan arah x sama dengan arah y

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \cdot \lambda_y \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1}{\pi} \cdot 73,88 \sqrt{\frac{240}{200000}} = 0,815$$

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \text{ maka } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,815} = 1,356$$

Kuat nominal

$$N_n = A \cdot \frac{f_y}{\omega} = 71,53 \frac{2400}{1,356} = 126518,73 \text{ kg}$$

$$\phi_c N_n = 0,85 \times 126518,73 = 107540,92 \text{ kg}$$

Rasio beban aksial

$$\frac{N_U}{\phi_c N_n} = \frac{102853,18}{107540,92} = 0,956 < 1 \dots \text{ok!}$$

Maka batang bresing memenuhi persyaratan beban kuat aksial terfaktor.

Kuat tarik rencana

Persyaratan SNI 03-1729-2002 Kuat Perlu : kuat perlu sambungan bresing (termasuk dalam hal ini sambungan-sambungan balok ke kolom yang merupakan bagian dari sistem bresing) harus diambil sebagai nilai terkecil.

$P_u = 92174,32 \text{ kg}$  (menentukan)

$$\begin{aligned} 1,25 N_u &= 1,25 (R_y \cdot f_y \cdot b_f \cdot t_f) = 1,25 \times 1,5 \times 240 \times 200 \times 12 \\ &= 1080000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Persyaratan tarik batang bresing untuk SRBE sesuai SNI 03-1729-2002 yaitu : kuat tarik rencana batang-batang bresing dan sambungannya, berdasarkan kuat batas tarik faktor pada luas neto penampang efektif dan kuat geser fraktur yang ditetapkan, minimal sama dengan kuat perlu.

$$\phi N_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \times 2400 \times 71,53 = 154504,8 \text{ kg}$$

$$\phi N_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e \quad ; \quad A_e = A \cdot U$$

$$= 0,75 \times 3700 \times ((0,85 \times 71,53) \times 0,9)$$

$$= 151849,2488 \text{ kg (menentukan)}$$

Rasio batang tarik

$$\frac{P_u}{\phi_c N_n} = \frac{92174,32}{151849,2488} = 0,607 < 1 \dots \text{ok!}$$

### 6.1.2 Perhitungan Elemen Balok

Sistem rangka yang menggunakan bresing tipe V terbalik harus memenuhi persyaratan khusus sesuai SNI 03-1729-2002 yaitu :

1. Balok yang bersilangan dengan batang bresing harus menerus dari kolom ke kolom.
2. Balok yang bersilangan dengan batang bresing harus direncanakan untuk memikul pengaruh semua beban mati dan hidup berdasarkan kombinasi pembebanan



persamaan (2.2-2), (2.2-3), dan (2.2-4), dengan menganggap bahwa batang bresing tidak ada.

Profil balok yang dianalisa pada perhitungan ini diambil pada dua sisi bidang (sisi X dan sisi Y model) yang mempunyai gaya terbesar sehingga untuk balok yang lain disamakan.

### 6.1.2.1 Balok Lantai Apartemen

#### Data profil

WF 500 x 300 x 11 x 15

$$d = 482 \text{ mm} \qquad I_x = 60400 \text{ cm}^4$$

$$bf = 300 \text{ mm} \qquad I_y = 6760 \text{ cm}^4$$

$$tw = 11 \text{ mm} \qquad i_x = 20,4 \text{ cm}$$

$$tf = 15 \text{ mm} \qquad i_y = 6,82 \text{ cm}$$

$$A = 145,5 \text{ cm}^2 \qquad Z_x = 2500 \text{ cm}^3$$

$$r = 26 \text{ mm} \qquad Z_y = 451 \text{ cm}^3$$

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

#### Gaya dalam

Gaya dalam maksimum balok diperoleh dari out put ETABS, terjadi pada balok lantai 1, elemen B3 kombinasi 1,2D + 1,6L.

$$M_u = -3720,2 \text{ kgm}$$

$$V_u = 75311 \text{ kg}$$

### **Kuat rencana lentur balok**

#### Cek kelangsingan penampang

Plat sayap

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \cdot 15} = 10$$

$$\lambda_f = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$\lambda_f \leq \lambda_p \rightarrow$  maka penampang kompak

Plat badan

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{11} = 36,36$$

$$\lambda_f = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44$$

$\lambda_f \leq \lambda_p \rightarrow$  maka penampang kompak

#### Cek pengaruh tekuk lateral

$L = 1000 \text{ cm}$ , pada struktur ini panjang tak terkekang diasumsikan sama dengan jarak penghubung geser praktis deck ( $L_b = 40 \text{ cm}$ ) karena penghubung geser menyatu dengan balok.

$$L_b = 40 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1095,737 \text{ cm}$$

Karena  $L_b < L_p$  maka balok bersifat plastis sempurna.

$$\begin{aligned} M_n &= M_p = Z_x \cdot f_y = 2500 \times 2400 = 6000000 \text{ kgcm} \\ &= 6000 \text{ kgm} \end{aligned}$$

rasio kapasitas

$$\frac{M_u}{\phi M_n} = \frac{3720,2}{0,9 \times 6000} = 0,688 < 1 \dots \text{ok!}$$

### **Kuat rencana geser balok**

Cek kelangsingan penampang terhadap geser

$$\left. \begin{aligned} \lambda_w &= \frac{h}{t_w} = \frac{d-2(t_f+r)}{t_w} = \frac{400}{11} = 36,36 \\ 1,10 \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}} &= 1,10 \sqrt{\frac{9,5 \cdot 200000}{2400}} = 30,94 \\ k_n &= 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} = 5 + \frac{5}{\left(\frac{145,5}{400}\right)^2} = 9,5 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_w} < 1,10 \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}}$$

Oleh karena leleh bersifat plastis sempurna, maka kapasitas geser nominal adalah :

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w = 0,6 \times 2400 \times 145,5 = 209520 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0,9 \times 209520 = 188568 \text{ kg}$$

Rasio kapasitas penampang

$$\frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{75311}{188568} = 0,4 < 1 \text{ (memenuhi)}$$

### Interaksi lentur dan geser

$$\frac{Mu}{\phi Mn} + 0.625 \frac{Vu}{\phi Vu} \leq 1.375$$

$$0,688 + 0,625 \times 0,4 = 0,937 \leq 1,375 \text{ (memenuhi)}$$

### Kontrol lendutan



Gambar 6.1 Gaya dalam momen

$$f_{max} = \frac{5L^2}{48EI} \times [(Ms - 0,1) \times (Ma + Mb)]$$

$$Ms = 3412,548 \text{ (Momen Tengah Bentang)}$$

$$Ma = 3720,221 \text{ (Momen Ujung Terbesar)}$$

$$Mb = 3720,221 \text{ (Momen Ujung Terkecil)}$$

$$L = 1000 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{1000}{360} = 2,77 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f_{max} &= \frac{5L^2}{48EI} [(Ms - 0,1) \times (Ma + Mb)] \\ &= \frac{5 \times 1000^2}{48 \times 2000000 \times 49000} [(Ms - 0,1) \times (Ma + Mb)] \end{aligned}$$

$$= 0,93 \text{ cm}$$

$$f^o < f_{ijin} \rightarrow 0,93 \text{ cm} < 2,77 \text{ cm} \dots \text{ oke!!}$$

### 6.1.3 Perhitungan Kolom

Persyaratan SNI 03-1729-2002 butir 15.11.5.1 Kolom SRBE perbandingan lebar terhadap tebal penampang kolom dalam tekan sesuai butir 15.11.2.4 harus bersifat kompak.

Dimensi kolom direncanakan 5 tipe, kolom lantai 1-3, lantai 4-7, lantai 8-11, lantai 12-15, lantai 16- 19. Pada contoh perhitungan diambil gaya dalam terbesar yang mewakili tiap segmen.

#### 6.1.3.1 Kolom Lantai 1-3

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai 1 elemen C33. Pada perhitungan berikut kolom direncanakan dengan profil K 800 x 300 x 14 x 26. Panjang kolom 400 cm. Adapun data-data profil sebagai berikut :

K 800 x 300 x 14 x 26

$$H = 800 \text{ mm} \qquad I_x = 303700 \text{ cm}^4$$

$$bf = 300 \text{ mm} \qquad I_y = 315027 \text{ cm}^4$$

$$tw = 14 \text{ mm} \qquad ix = 23,83 \text{ cm}$$

$$tf = 26 \text{ mm} \qquad iy = 24,27 \text{ cm}$$

$$A = 534,8 \text{ cm}^2$$

$$S_x = 7592,5 \text{ cm}^3$$

$$r = 28 \text{ mm}$$

$$S_y = 7740,2 \text{ cm}^3$$

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

$$Z_x = 9202,116 \text{ cm}^3$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$Z_y = 9353,228 \text{ cm}^3$$

Dari hasil output ETABS v.9.2.0 untuk story 1 element C22 :

$$P_u = - 824142,65 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = - 1051349 \text{ kgcm}$$

$$M_{uy} = - 589077 \text{ kgcm}$$

### Kontrol penampang

Terhadap tekan :

$$\lambda_r = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2.26} = 5,76 \quad \lambda < \lambda_r \dots \text{ oke!!}$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{14} = 9,5 \quad \lambda < \lambda_r \dots \text{ oke!!}$$

Terhadap lentur :

Plat sayap

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2.26} = 5,76$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$\lambda_r \leq \lambda_p \rightarrow$  maka penampang kompak

Plat badan

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{400}{14} = 28,5$$

$$\lambda_f = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44$$

$\lambda_w \leq \lambda_r \rightarrow$  maka penampang kompak

Karena penampang kompak, maka  $M_{nx} = M_{ny} = M_p$

$$M_x = S_x \cdot f_y = 7592,5 \cdot 2400 = 18222000 \text{ kgcm}$$

$$1,5 M_x = 1,5 \times 18222000 = 27333000 \text{ kgcm}$$

$$M_{nx} = M_{px} = Z_x \cdot f_y = 9202,116 \cdot 2400 = 34524000 \text{ kgcm}$$

$$= M_{nx} < 1,5 M_x \dots \text{ oke!!}$$

$$M_y = S_y \cdot f_y = 7740,2 \cdot 2400 = 18576480 \text{ kgcm}$$

$$1,5 M_y = 1,5 \times 18576480 = 27864720 \text{ kgcm}$$

$$M_{ny} = M_{py} = Z_y \cdot f_y = 9353,228 \cdot 2400 = 22447747,2 \text{ kgcm}$$

$$= M_{ny} < 1,5 M_y \dots \text{ oke!!}$$

**Jadi diperoleh :  $M_{nx} = 34524000 \text{ kgcm}$**

$$\mathbf{M_{ny} = 22447747,2 \text{ kgcm}}$$

Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 400 \text{ cm}$$

Dari tabel diperoleh

$$L_p = 552,562 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p \rightarrow$  bentang pendek

Terhadap sumbu x :

Kontrol kekakuan portal :

$$G = \frac{\sum \left[ \frac{I_c}{L_c} \right]}{\sum \left[ \frac{I_b}{L_b} \right]}$$

$$G_A = \frac{2(303700/400)}{2\left(\frac{49000}{1000}\right)} = 15,4949$$

$G_B = 1$  (ujung kolom dianggap jepit)

Diperoleh : untuk portal tak bergoyang,  $k_c = 0,85$

untuk portal bergoyang,  $k_c = 19$

$$\lambda_x = \frac{k_c L}{i_x} = \frac{0,85 \cdot 400}{23,83} = 14,6$$



Terhadap sumbu y :

Kontrol kekakuan portal :

$$G = \frac{\sum \left[ \frac{I_c}{L_c} \right]}{\sum \left[ \frac{I_b}{L_b} \right]}$$

$$G_A = \frac{2(315027/400)}{2(16300/1000)} = 48,31702$$

$G_B = 1$  (ujung kolom dianggap jepit)

Diperoleh : untuk portal tak bergoyang,  $k_c = 0,87$

untuk portal bergoyang,  $k_c = 2,1$

$$\lambda_y = \frac{k_c L}{i_y} = \frac{0,87 \cdot 400}{24,27} = 14,34$$

Rumus interaksi

$$\lambda \text{ terbesar} = \lambda_y = 14,6$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{14,6}{\pi} \times \sqrt{\frac{2400}{2 \times 10^6}} = 0,16$$

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,16} = 0,957$$

$$P_n = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} = 534,8 \cdot \frac{2400}{0,957} = 1339887,172 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{824142,65}{0,85 \cdot 1339887,172} = 0,723 > 0,2 \rightarrow \text{RUMUS 1}$$



$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$Z_y = 7486223 \text{ cm}^3$$

Dari hasil output ETABS v.9.2.0 untuk story 4 element C15 :

$$P_u = - 655758 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = - 1188594,5 \text{ kgcm}$$

$$M_{uy} = - 658680,3 \text{ kgcm}$$

### Kontrol penampang

Terhadap tekan :

$$\lambda_r = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{350}{2.24} = 6,25 \quad \lambda < \lambda_r \dots \text{ oke!!}$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{350}{13} = 8,92 \quad \lambda < \lambda_r \dots \text{ oke!!}$$

Terhadap lentur :

Plat sayap

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{350}{2.24} = 7,29$$

$$\lambda_f = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$\lambda_f \leq \lambda_p \rightarrow$  maka penampang kompak

Plat badan

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{350}{13} = 26,92$$

$$\lambda_f = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44$$

$\lambda_f \leq \lambda_p \rightarrow$  maka penampang kompak

Karena penampang kompak, maka  $M_{nx} = M_{ny} = M_p$

$$M_x = S_x \cdot f_y = 6051,4 \cdot 2400 = 14523360 \text{ kgcm}$$

$$1,5 M_x = 1,5 \times 14523360 = 21785040 \text{ kgcm}$$

$$M_{nx} = M_{px} = Z_x \cdot f_y = 7356,335 \cdot 2400 = 17655204 \text{ kgcm}$$

$$= M_{nx} < 1,5 M_x \dots \text{ oke!!}$$

$$M_y = S_y \cdot f_y = 7740,2 \cdot 2400 = 18576480 \text{ kgcm}$$

$$1,5 M_y = 1,5 \times 18576480 = 27864720 \text{ kgcm}$$

$$M_{ny} = M_{py} = Z_y \cdot f_y = 7486,223 \cdot 2400 = 17966935,2 \text{ kgcm}$$

$$= M_{ny} < 1,5 M_y \dots \text{ oke!!}$$

**Jadi diperoleh :  $M_{nx} = 17655204 \text{ kgcm}$**

$$\mathbf{M_{ny} = 17966935,2 \text{ kgcm}}$$

Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 400 \text{ cm}$$

Dari tabel diperoleh

$$L_p = 552,562 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p \rightarrow$  bentang pendek

Terhadap sumbu x :

Kontrol kekakuan portal :

$$G = \frac{\sum \left[ \frac{I_c}{L_c} \right]}{\sum \left[ \frac{I_b}{L_b} \right]}$$

$$G_A = \frac{2(211800/400)}{2\left(\frac{49000}{1000}\right)} = 10,8$$

$G_B = 1$  (ujung kolom dianggap jepit)

Diperoleh : untuk portal tak bergoyang,  $k_c = 0,85$

untuk portal bergoyang,  $k_c = 2$

$$\lambda_x = \frac{k_c L}{i_x} = \frac{0,85 \cdot 400}{21,21} = 16,03$$

Terhadap sumbu y :

Kontrol kekakuan portal :

$$G = \frac{\sum \left[ \frac{I_c}{L_c} \right]}{\sum \left[ \frac{I_b}{L_b} \right]}$$

$$G_A = \frac{2(220791/400)}{2(16300/1000)} = 33,863$$

$G_B = 1$  (ujung kolom dianggap jepit)

Diperoleh : untuk portal tak bergoyang,  $k_c = 0,85$

untuk portal bergoyang,  $k_c = 2,2$

$$\lambda_y = \frac{k_c L}{i_y} = \frac{0,85 \cdot 400}{24,27} = 14,009$$

### Rumus interaksi

$$\lambda \text{ terbesar} = \lambda_y = 16,03$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{16,03}{\pi} \times \sqrt{\frac{2400}{2 \times 10^6}} = 0,17$$

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,17} = 0,965$$

$$P_n = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} = 471 \cdot \frac{2400}{1,059} = 1171119,77 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{655758}{0,85 \cdot 1171119,77} = 0,658 > 0,2 \rightarrow \text{RUMUS 1}$$

### Kontrol tekan lentur

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = 0,658 > 0,2 \rightarrow \text{maka } \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left[ \frac{M_{ux}}{\phi b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi b \cdot M_{ny}} \right] \leq 1,0$$

$$0,658 + \frac{8}{9} \left[ \frac{1188594,5}{0,9 \times 17655204} + \frac{658680,3}{0,9 \times 17966935,2} \right] \leq 1,0$$

$$0,825 \leq 1 \dots \text{ oke!!}$$

### 6.1.3.3 Kolom Lantai 8-11

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai 8 elemen C33. Pada perhitungan berikut kolom direncanakan dengan profil K 600 x 300 x 12 x 20. Panjang kolom 400 cm. Adapun data-data profil sebagai berikut :

K 600 x 300 x 12 x 20

$$H = 600 \text{ mm} \qquad I_x = 127020 \text{ cm}^4$$

$$bf = 300 \text{ mm} \qquad I_y = 132585 \text{ cm}^4$$

$$tw = 12 \text{ mm} \qquad i_x = 18,16 \text{ cm}$$

$$tf = 20 \text{ mm} \qquad i_y = 18,16 \text{ cm}$$

$$A = 385 \text{ cm}^2 \qquad S_x = 4320,4 \text{ cm}^3$$

$$r = 28 \text{ mm} \qquad S_y = 4419,5 \text{ cm}^3$$

$$h = 300 \text{ mm} \qquad Z_x = 5340,96 \text{ cm}^3$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa} \qquad Z_y = 5438,96 \text{ cm}^3$$

Dari hasil output ETABS v.9.2.0 untuk story 8 element C47 :

$$P_u = - 655758 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = - 1188594,5 \text{ kgcm}$$

$$M_{uy} = - 658680,3 \text{ kgcm}$$

### **Kontrol penampang**

Terhadap tekan :

$$\lambda_r = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \cdot 20} = 7,5 \quad \lambda < \lambda_r \dots \text{oke!!}$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{300}{12} = 2,5 \quad \lambda < \lambda_r \dots \text{oke!!}$$

Terhadap lentur :

Plat sayap

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \cdot 20} = 7,5$$

$$\lambda_f = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$\lambda_f \leq \lambda_p \rightarrow$  maka penampang kompak

Plat badan

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{300}{12} = 25$$

$$\lambda_f = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108,44$$

$\lambda_f \leq \lambda_p \rightarrow$  maka penampang kompak

Karena penampang kompak, maka  $M_{nx} = M_{ny} = M_p$



$$M_x = S_x \cdot f_y = 4320,4 \cdot 2400 = 10368960 \text{ kgcm}$$

$$1,5 M_x = 1,5 \times 10368960 = 15553440 \text{ kgcm}$$

$$M_{nx} = M_{px} = Z_x \cdot f_y = 1551,936 \cdot 2400 = 3724646,4 \text{ kgcm}$$

$$= M_{nx} < 1,5 M_x \dots \text{ oke!!}$$

$$M_y = S_y \cdot f_y = 4419,5 \cdot 2400 = 10606800 \text{ kgcm}$$

$$1,5 M_y = 1,5 \times 10606800 = 15910200 \text{ kgcm}$$

$$M_{ny} = M_{py} = Z_y \cdot f_y = 1580,088 \cdot 2400 = 3792211,2 \text{ kgcm}$$

$$= M_{ny} < 1,5 M_y \dots \text{ oke!!}$$

**Jadi diperoleh :  $M_{nx} = 3724646,4 \text{ kgcm}$**

**$M_{ny} = 3792211,2 \text{ kgcm}$**

Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 400 \text{ cm}$$

Dari tabel diperoleh

$$L_p = 552,562 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p \rightarrow$  bentang pendek

Terhadap sumbu x :

Kontrol kekakuan portal :

$$G = \frac{\sum \left[ \frac{I_c}{L_c} \right]}{\sum \left[ \frac{I_b}{L_b} \right]}$$

$$G_A = \frac{2(127020/400)}{2\left(\frac{49000}{1000}\right)} = 6,48$$

$G_B = 1$  (ujung kolom dianggap jepit)

Diperoleh : untuk portal tak bergoyang,  $kc = 0,85$

untuk portal bergoyang,  $kc = 1,75$

$$\lambda_x = \frac{k_c L}{i_x} = \frac{0,87 \cdot 400}{19,7} = 17,67$$

Terhadap sumbu y :

Kontrol kekakuan portal :

$$G = \frac{\sum \left[ \frac{I_c}{L_c} \right]}{\sum \left[ \frac{I_b}{L_b} \right]}$$

$$G_A = \frac{2(94400/400)}{2(23700/800)} = 8$$

$G_B = 1$  (ujung kolom dianggap jepit)

Diperoleh : untuk portal tak bergoyang,  $kc = 50$

untuk portal bergoyang,  $k_c = 2,2$

$$\lambda_x = \frac{k_c L}{i_x} = \frac{0,85,400}{11,1} = 30,63$$

### Rumus interaksi

$$\lambda \text{ terbesar} = \lambda_y = 30,63$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{30,63}{\pi} \times \sqrt{\frac{2400}{2 \times 10^6}} = 0,33$$

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,28} = 1,037$$

$$P_n = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} = 770,1 \cdot \frac{2400}{1,037} = 1782295,082 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{824142,65}{0,85 \cdot 1782295,082} = 0,54 > 0,2 \rightarrow \text{RUMUS 1}$$

### Kontrol tekan lentur

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = 0,54 > 0,2 \rightarrow \text{maka } \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left[ \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1,0$$

$$0,54 + \frac{8}{9} \left[ \frac{1051349}{0,9 \times 35962500} + \frac{589077}{0,9 \times 16782500} \right] \leq 1,0$$

$$0,63 \leq 1 \dots \text{ oke!!}$$

### 6.1.3.4 Kolom Lantai 12-15

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai 12 elemen C33. Pada perhitungan berikut kolom

direncanakan dengan profil K 600 x 200 x 11 x 17. Panjang kolom 400 cm. Adapun data-data profil sebagai berikut :

K 600 x 200 x 11 x 17

$$H = 600 \text{ mm} \quad I_x = 79880 \text{ cm}^4$$

$$bf = 200 \text{ mm} \quad I_y = 83229 \text{ cm}^4$$

$$tw = 11 \text{ mm} \quad i_x = 17,24 \text{ cm}$$

$$tf = 17 \text{ mm} \quad i_y = 17,24 \text{ cm}$$

$$A = 268,8 \text{ cm}^2 \quad S_x = 2662,7 \text{ cm}^3$$

$$r = 22 \text{ mm} \quad S_y = 2724,4 \text{ cm}^3$$

$$h = 300 \text{ mm} \quad Z_x = 3220,301 \text{ cm}^3$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa} \quad Z_y = 3269,694 \text{ cm}^3$$

Dari hasil output ETABS v.9.2.0 untuk story 12 element C52 :

$$P_u = - 655758 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = - 1188594,5 \text{ kgcm}$$

$$M_{uy} = - 658680,3 \text{ kgcm}$$

### **Kontrol penampang**

Terhadap tekan :

$$\lambda_r = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{407}{2.35} = 5,814 \quad \lambda < \lambda_r \dots \text{oke!!}$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{286}{20} = 4,8 \quad \lambda < \lambda_r \dots \text{oke!!}$$

Terhadap lentur :

Plat sayap

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{400}{2.70} = 2,85$$

$$\lambda_f = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$\lambda_f \leq \lambda_p \rightarrow$  maka penampang kompak

Plat badan

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{216}{45} = 4,8$$

$$\lambda_f = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 106,252$$

$\lambda_f \leq \lambda_p \rightarrow$  maka penampang kompak

Karena penampang kompak, maka  $M_{nx} = M_{ny} = M_p$

$$M_x = S_x \cdot f_y = 12000 \cdot 2400 = 28800000 \text{ kgcm}$$

$$1,5 M_x = 1,5 \times 28800000 = 43200000 \text{ kgcm}$$

$$M_{nx} = M_{px} = Z_x \cdot f_y = 14385 \cdot 2400 = 34524000 \text{ kgcm}$$

$$= M_{nx} < 1,5 M_x \dots \text{oke!!}$$

$$M_y = S_y \cdot f_y = 4370 \cdot 2400 = 10488000 \text{ kgcm}$$

$$1,5 M_y = 1,5 \times 10488000 = 15732000 \text{ kgcm}$$

$$M_{ny} = M_{py} = Z_y \cdot f_y = 6713 \cdot 2400 = 16111200 \text{ kgcm}$$

$$= M_{ny} < 1,5 M_y \dots \text{ oke!!}$$

**Jadi diperoleh :  $M_{nx} = 34524000 \text{ kgcm}$**

$$\mathbf{M_{ny} = 16111200 \text{ kgcm}}$$

Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 400 \text{ cm}$$

Dari tabel diperoleh

$$L_p = 552,562 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p \rightarrow$  bentang pendek

Terhadap sumbu x :

Kontrol kekakuan portal :

$$G = \frac{\sum \left[ \frac{I_c}{L_c} \right]}{\sum \left[ \frac{I_b}{L_b} \right]}$$

$$G_A = \frac{2(298000/400)}{2\left(\frac{23700}{800}\right)} = 25,14$$

$G_B = 1$  (ujung kolom dianggap jepit)

Diperoleh : untuk portal tak bergoyang,  $kc = 50$

untuk portal bergoyang,  $kc = 2,2$

$$\lambda_x = \frac{k_c L}{i_x} = \frac{0,87.400}{19,7} = 17,67$$

Terhadap sumbu y :

Kontrol kekakuan portal :

$$G = \frac{\sum \left[ \frac{I_c}{L_c} \right]}{\sum \left[ \frac{I_b}{L_b} \right]}$$

$$G_A = \frac{2(94400/400)}{2(23700/800)} = 8$$

$G_B = 1$  (ujung kolom dianggap jepit)

Diperoleh : untuk portal tak bergoyang,  $kc = 50$

untuk portal bergoyang,  $kc = 2,2$

$$\lambda_x = \frac{k_c L}{i_x} = \frac{0,85.400}{11,1} = 30,63$$

Rumus interaksi

$$\lambda \text{ terbesar} = \lambda_y = 30,63$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{30,63}{\pi} \times \sqrt{\frac{2400}{2 \times 10^6}} = 0,33$$

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,28} = 1,037$$

$$P_n = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} = 770,1 \cdot \frac{2400}{1,037} = 1782295,082 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{824142,65}{0,85 \cdot 1782295,082} = 0,54 > 0,2 \rightarrow \text{RUMUS 1}$$

### Kontrol tekan lentur

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = 0,54 > 0,2 \rightarrow \text{maka } \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left[ \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1,0$$

$$0,54 + \frac{8}{9} \left[ \frac{1051349}{0,9 \times 35962500} + \frac{589077}{0,9 \times 16782500} \right] \leq 1,0$$

$$0,63 \leq 1 \dots \text{ oke!!}$$

### 6.1.3.5 Kolom Lantai 16-19

Pada perencanaan ini ditunjukkan contoh perhitungan kolom lantai 16 elemen C33. Pada perhitungan berikut kolom direncanakan dengan profil K 500 x 200 x 10 x 16. Panjang kolom 400 cm. Adapun data-data profil sebagai berikut :

K 500 x 200 x 10 x 16

$$H = 500 \text{ mm} \qquad I_x = 49940 \text{ cm}^4$$

$$bf = 200 \text{ mm} \qquad I_y = 52189 \text{ cm}^4$$

$$tw = 10 \text{ mm} \qquad i_x = 14,79 \text{ cm}$$

$$tf = 16 \text{ mm} \qquad i_y = 15,17 \text{ cm}$$

$$A = 228,4 \text{ cm}^2 \qquad S_x = 1997,6 \text{ cm}^3$$



180

$$r = 20 \text{ mm}$$

$$S_y = 2046,6 \text{ cm}^3$$

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

$$Z_x = 2428,06 \text{ cm}^3$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$Z_y = 2470,812 \text{ cm}^3$$

Dari hasil output ETABS v.9.2.0 untuk story 16 element C61 :

$$P_u = -655758 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = -1188594,5 \text{ kgcm}$$

$$M_{uy} = -658680,3 \text{ kgcm}$$

### **Kontrol penampang**

Terhadap tekan :

$$\lambda_r = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{407}{2 \cdot 35} = 5,814 \quad \lambda < \lambda_r \dots \text{ oke!!}$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{286}{20} = 4,8 \quad \lambda < \lambda_r \dots \text{ oke!!}$$

Terhadap lentur :

Plat sayap

$$\lambda_f = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{400}{2 \cdot 70} = 2,85$$

$$\lambda_f = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{240}} = 10,97$$

$\lambda_f \leq \lambda_p \rightarrow$  maka penampang kompak

Plat badan

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{216}{45} = 4,8$$

$$\lambda_f = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 106,252$$

$\lambda_f \leq \lambda_p \rightarrow$  maka penampang kompak

Karena penampang kompak, maka  $M_{nx} = M_{ny} = M_p$

$$M_x = S_x \cdot f_y = 12000 \cdot 2400 = 28800000 \text{ kgcm}$$

$$1,5 M_x = 1,5 \times 28800000 = 43200000 \text{ kgcm}$$

$$M_{nx} = M_{px} = Z_x \cdot f_y = 14385 \cdot 2400 = 34524000 \text{ kgcm}$$

$$= M_{nx} < 1,5 M_x \dots \text{ oke!!}$$

$$M_y = S_y \cdot f_y = 4370 \cdot 2400 = 10488000 \text{ kgcm}$$

$$1,5 M_y = 1,5 \times 10488000 = 15732000 \text{ kgcm}$$

$$M_{ny} = M_{py} = Z_y \cdot f_y = 6713 \cdot 2400 = 16111200 \text{ kgcm}$$

$$= M_{ny} < 1,5 M_y \dots \text{ oke!!}$$

**Jadi diperoleh :  $M_{nx} = 34524000 \text{ kgcm}$**

**$M_{ny} = 16111200 \text{ kgcm}$**

Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 400 \text{ cm}$$

Dari tabel diperoleh

$$L_p = 552,562 \text{ cm}$$

$L_b \leq L_p \rightarrow$  bentang pendek

Terhadap sumbu x :

Kontrol kekakuan portal :

$$G = \frac{\sum \left[ \frac{I_c}{L_c} \right]}{\sum \left[ \frac{I_b}{L_b} \right]}$$

$$G_A = \frac{2(298000/400)}{2\left(\frac{23700}{800}\right)} = 25,14$$

$G_B = 1$  (ujung kolom dianggap jepit)

Diperoleh : untuk portal tak bergoyang,  $k_c = 50$

untuk portal bergoyang,  $k_c = 2,2$

$$\lambda_x = \frac{k_c L}{i_x} = \frac{0,87 \cdot 400}{19,7} = 17,67$$

Terhadap sumbu y :

Kontrol kekakuan portal :

$$G = \frac{\sum \left[ \frac{I_c}{L_c} \right]}{\sum \left[ \frac{I_b}{L_b} \right]}$$

$$G_A = \frac{2(94400/400)}{2(23700/800)} = 8$$

$G_B = 1$  (ujung kolom dianggap jepit)

Diperoleh : untuk portal tak bergoyang,  $k_c = 50$

untuk portal bergoyang,  $k_c = 2,2$

$$\lambda_x = \frac{k_c L}{i_x} = \frac{0,85 \cdot 400}{11,1} = 30,63$$

### Rumus interaksi

$$\lambda \text{ terbesar} = \lambda_y = 30,63$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{30,63}{\pi} \times \sqrt{\frac{2400}{2 \times 10^6}} = 0,33$$

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c} = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,28} = 1,037$$

$$P_n = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} = 770,1 \cdot \frac{2400}{1,037} = 1782295,082 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{824142,65}{0,85 \cdot 1782295,082} = 0,54 > 0,2 \rightarrow \text{RUMUS 1}$$

### Kontrol tekan lentur

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = 0,54 > 0,2 \rightarrow \text{maka } \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left[ \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right] \leq 1,0$$

$$0,54 + \frac{8}{9} \left[ \frac{1051349}{0,9 \times 35962500} + \frac{589077}{0,9 \times 16782500} \right] \leq 1,0$$

0,63 ≤ 1 ... **oke!!**

## 6.2 Perencanaan Sambungan

### 6.2.1 Sambungan Antar Kolom

Kolom :K 800 x 300 x 14 x 26

Dari hasil analisa ETABS diperoleh :

$$P_u = 824142,65 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 1351349,3 \text{ kgcm}$$

$$M_{uy} = 1089076,6 \text{ kgcm}$$

$$V_{ux} = 3378,87 \text{ kg}$$

$$V_{uy} = 6821,23 \text{ kg}$$

#### a. Sambungan pada sayap kolom

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi (1 ksi = 70,3 kg/cm<sup>2</sup>) baut Ø 22 mm dengan, fu = 6327 kg/cm<sup>2</sup>. Pada bidang geser baut tidak ada ulir (r<sub>1</sub> = 0,5) Ag = ¼ π d<sup>2</sup> = 3,80 cm<sup>2</sup>, tebal plat 15 mm.

Kuat geser ( $\phi Vn$ ) :

$$\begin{aligned}\phi \cdot fu^b \cdot r_1 \cdot Ab \cdot m &= 0,75 \times 6327 \times 0,5 \times 3,8 \times 2 \\ &= 18032 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi \cdot fu^b \cdot r_1 \cdot Ab \cdot m &= 0,75 \times 2,4 \times 3700 \times 2,2 \times 1,5 \\ &= 21978 \text{ kg}\end{aligned}$$

Dipakai  $\phi Vn = \text{kg}$  (menentukan)

Gaya Kopel pada sayap :

$$T = \frac{Mu_{sayap}}{d} = \frac{11372151,34}{58,8} = \text{kg}$$

Jumlah gaya total pada sayap :

$$\begin{aligned}Tu &= T + \frac{Pu_{sayap}}{2} = 193403,93 + \frac{182876,26}{2} \\ &= 284842,06 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = \frac{Tu}{\phi Vn} = \frac{284842,06}{9015,875} = 31,59 \approx 32 \text{ buah baut}$$

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,5 \text{ db s.d } (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3,3 \text{ cm s.d } 18,8 \text{ cm, terpasang} = 5 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\text{Jarak antar baut} = 3 \text{ db s.d } 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 6,6 \text{ cm s.d } 22,5 \text{ cm, terpasang} = 7 \text{ cm}$$

**b. Sambungan pada badan kolom**

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi ( $1 \text{ ksi} = 70,3 \text{ kg/cm}^2$ ) baut  $\varnothing 22 \text{ mm}$  dengan,  $f_u = 6327 \text{ kg/cm}^2$ . Pada bidang geser baut tidak ada ulir ( $r_1 = 0,5$ )  $A_g = \frac{1}{4} \pi d^2 = 3,80 \text{ cm}^2$ , tebal plat 15 mm.

Gaya yang bekerja :

$$V_u = 14290,51 \text{ kg}$$

Kuat geser ( $\phi V_n$ ) :

$$\begin{aligned} \phi \cdot f_u^b \cdot r_1 \cdot A_b \cdot m &= 0,75 \times 6327 \times 0,5 \times 3,8 \times 2 \\ &= 18032 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu ( $\phi R_n$ ) :

$$\begin{aligned} \phi \cdot 2,4 \cdot f_u \cdot d_b \cdot t_p &= 0,75 \times 2,4 \times 3700 \times 2,2 \times 1,2 \\ &= 17582,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dipakai  $\phi V_n = 18031,95 \text{ kg}$  (menentukan)

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan badan :

$$M_u \text{ total} = M_u \text{ badan} + (V_u \times e)$$

$$= 1176584,66 + (14290,51 \times 0,18)$$

$$= 1179156,95 \text{ kgcm}$$

Perkiraan jumlah baut :

$$n = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{\mu \cdot R_u}}$$

Sambungan memikul beban Mu dan Pu sehingga Ru direduksi  $\varphi = 0,7$

Susunan baut lebih dari satu deret nilai Ru dinaikkan = 1,2

$$Ru = 0,7 \times 1,2 \times 18031,95 = 15146,84 \text{ kg}$$

$$n = \sqrt{\frac{6 \times 1179156,95}{6 \times 15146,84}} = 8,82 \approx 12 \text{ buah}$$

Kontrol sambungan

$$\text{Akibat } Vu \rightarrow K_{uv1} = \frac{Vu}{n} = \frac{14290,51}{12} = 1190,88 \text{ kg}$$

Akibat  $M_{\text{total}}$

$$\Sigma(x^2 + y^2) = (12(4^2) + 4(4^2 + 12^2 + 20^2)) = 2432 \text{ cm}^2$$

$$Ku_{v2} = \frac{Mu_{\text{total}X}}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{1179156,95 \times 4}{2432} = 1939,4 \text{ kg}$$

$$Ku_{H2} = \frac{Mu_{\text{total}Y}}{\Sigma(x^2 + y^2)} = \frac{1179156,95 \times 8}{2432} = 3878,81 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} U_{\text{total}} &= \sqrt{(\Sigma Ku_v)^2 + (\Sigma Ku_H)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{33123,74}{12} + 1939,4\right)^2 + (3878,81)^2} \end{aligned}$$

$$\rightarrow 6093,64 \text{ kg} < \varphi R_n$$

$$\rightarrow 6093,64 \text{ kg} < 19047,6 \text{ kg} \dots \text{ oke!}$$



Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,5 \text{ db s.d } (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3,6 \text{ cm s.d } 16,4 \text{ cm, terpasang} = 5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3 \text{ db s.d } 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm} \\ &= 6,6 \text{ cm s.d } 22,5 \text{ cm, terpasang} = 7 \text{ cm} \end{aligned}$$

**6.2.2 Sambungan kolom dengan Base plate**

Profil kolom K 800 x 300 x 14 x 26.

Dari hasil analisis, gaya yang bekerja pada dasar kolom elemen lantai 1 C2(COMB 1,2D + L + E)

$$P_u = 107581 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 42236,02 \text{ kgm} \qquad V_{ux} = 3997,55 \text{ kg}$$

$$M_{uy} = 14826,18 \text{ kgm} \qquad V_{uy} = 14271,62 \text{ kg}$$

$$\text{Direncanakan : } f_c' = 30 \text{ Mpa} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Direncanakan mutu angker } f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Direncanakan las dengan  $t_e = 1 \text{ cm}$  pada daerah yang terarsir pada profil K 800 x 300 x 14 x 26 sehingga didapatkan :

$$A_{las} = ((2 \times 30) + (2 \times 49,2)) \times 1 = 158,4 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \left[ 2 \cdot \left( \left( \frac{1}{12} \times 41,7 \times 1^3 \right) + (41,7 \times 22,9^2) \right) \right] + \left[ 2 \cdot \left( \frac{1}{12} \times 1 \times 30^3 \right) \right]$$

$$= 43892,744 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \left[ 2 \cdot \left( \frac{1}{12} \times 30 \times 1^3 \right) + (30 \times 1,5^2) \right] + \left[ 2 \cdot \left( \frac{1}{12} \times 1 \times 41,7^3 \right) \right]$$

$$= 12225,285 \text{ cm}^4$$

$$W_x = \frac{I_x}{y} = \frac{43892,744}{22,9} = 1916,71 \text{ cm}^3$$

$$W_y = \frac{I_y}{x} = \frac{12225,285}{1,5} = 8150,19 \text{ cm}^3$$

$$f_{u_{\text{las}}} = \varphi \cdot 0,6 \cdot F_{E70xx} = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70 \cdot 3,1 = 2214,45 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{u_{\text{total}}} = \frac{Pu}{A} + \frac{Mx}{W_x} + \frac{My}{W_y}$$

$$= \frac{107581}{143,4} + \frac{1618704}{1916,7} + \frac{305738,7}{8150,19}$$

$$= 1632,26 \text{ kg/cm}^2$$

$$te = \frac{f_{total}}{fu_{las}} = \frac{1632,26}{2214,45} \cdot 1cm = 0,74 \text{ cm} \approx 1 \text{ cm}$$

$$a = \frac{te}{0,707} = \frac{1}{0,707} = 1,414 \text{ cm} \approx 1,5 \text{ cm}$$

Syarat tebal las

$$a_{\min} = 6 \text{ mm}$$

Pakai  $a = 1,5 \text{ cm}$

### **Perhitungan Base Plate**

#### **Arah X :**

$$e = \frac{Mux}{Pu} = \frac{1618704}{107581} = 15,05 \text{ cm} > \frac{H}{6} = \frac{70}{6} = 11,67 \text{ cm}$$

Direncanakan diameter baut :  $25,4 \text{ mm} = 2,54 \text{ cm}$

$$h' = we + c_1$$

$$we = \text{jarak baut ke tepi} = 1,75 \times 2,54 = 4,445 \text{ cm}$$

$$c_1 = \text{jarak minimum untuk kunci} = 1\frac{7}{16} \times 2,54 = 3,65 \text{ cm}$$

ambil baik  $we$  dan  $c_1 = 5 \text{ cm}$

$$h' = 5 + 5$$

$$= 10 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 H &= d + 2h' \\
 &= 45,8 + (2 \times 10) \\
 &= 65,8 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$h = H - w_e = 70 - 5 = 65 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 B_{\min} &= \frac{P_u}{1,02 \cdot f_c' \cdot (H - 2e)} = \frac{209727,93}{1,02 \times 300 \times (70 - 2 \times 8,775)} \\
 &= 13,07 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$B = 41,7 + 2 \cdot 10 = 61,7 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}$$

$$b = (B - 0,8bf')/2 = (70 - 0,8 \times 41,7)/2 = 18,32 \text{ cm}$$

Dimensi penampang beton :

$$\text{Panjang} : 70 + (2 \times 7,5) = 85 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar} : 70 + (2 \times 7,5) = 85 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 f_{cu}' &= 0,85 \times f_c' \times \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 0,85 \times 30 \times \sqrt{\frac{85 \times 85}{70 \times 70}} \\
 &= 30,96 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$a = h - \sqrt{h^2 - \frac{Pu(2h - H) + 2Mu}{\phi_c \times f_{cu} \times B}} =$$

$$65 - \sqrt{65^2 - \frac{107581 \cdot (2 \times 65 - 70) + 2 \times 1618704}{0,6 \times 309,6 \times 70}}$$

$$= 6,01 \text{ cm}$$

$$T_u = (\phi_c \cdot f_{cu}' \cdot B \cdot a) - Pu$$

$$= (0,6 \times 309,6 \times 70 \times 6,01) - 107581$$

$$= 29431,79 \text{ kg}$$

### Perhitungan Tebal Plat BajaArah X :

$$t \geq 2,108 \sqrt{\frac{T_u (h' - w_e)}{f_y \cdot B}}$$

$$t \geq 2,108 \sqrt{\frac{29431,79 \times (10 - 5)}{2500 \times 70}}$$

$$t \geq 1,93 \text{ cm} \approx 2,54 \text{ cm}$$

Jadi dipakai  $t = 2,54 \text{ cm}$

### Perhitungan Baut Angkur

Direncanakan baut  $\varnothing 25,4 \text{ mm}$  BJ-50

- $D = 25,4 \text{ mm}$   
 $F_u^b = 410 \text{ Mpa} = 5000 \text{ kg/cm}^2$

$$A_g = 5,07 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \Phi R_n &= \phi \times 0,75 \times A_b \times f_u^b \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 5,07 \times 5000 \\ &= 14259,375 \text{ kg} \\ n &= \frac{T_u}{\phi \cdot R_n} = \frac{29431,79}{14259,375} = 2,06 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

### Perhitungan Panjang Baut Angker

$$L = \frac{T_u}{n \times \pi \times D \times \tau}$$

Dimana = L = Panjang pengankuran ( cm )

Tu = gaya tarik pada satu baut ( kg )

D = diameter baut ( cm )

$\tau$  = gaya lekatan beton =  $\sqrt{f'c}$

n = jumlah baut

$$L = \frac{29431}{4 \times 3,14 \times 2,54 \times \sqrt{300}} = 53,26 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

**Arah Y :**

$$e = \frac{M_{uy}}{P_u} = \frac{305738,7}{107581} = 2,84 \text{ cm} < \frac{H}{6} = \frac{70}{6} = 11,67 \text{ cm}$$

Direncanakan diameter baut : 25,4 mm = 2,54 cm

$$h' = w_e + c_1$$

$w_e$  = jarak baut ke tepi = 1,75 x 2,54 = 4,445 cm

$c_1$  = jarak minimum untuk kunci =  $1\frac{7}{16}$  x 2,54 = 3,65 cm

ambil baik  $w_e$  dan  $c_1$  = 5 cm

$$h' = 5 + 5$$

$$= 10 \text{ cm}$$

$$H = 41,7 + 2 \times 10 = 61,7 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}$$

$$h = H - w_e = 70 - 5 = 65 \text{ cm}$$

$$B_{\min} = \frac{P_u}{1,02 \cdot f_c' \cdot (H - 2e)} = \frac{209727,93}{1,02 \times 300 \times (70 - 2 \times 1,579)}$$

$$= 10,25 \text{ cm}$$

$$B = d + 2h'$$

$$= 45,8 + (2 \times 10)$$

$$= 65,8 \text{ cm} \approx 70 \text{ cm}$$

$$b = (B - 0,8 \cdot bf) / 2 = (70 - 0,8 \times 41,7) / 2 = 18,32 \text{ cm}$$

Dimensi penampang beton :

$$\text{Panjang} : 70 + (2 \times 7,5) = 85 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar} : 70 + (2 \times 7,5) = 85 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f_{cu}' &= 0,85 \times f'_c \times \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 0,85 \times 30 \times \sqrt{\frac{85 \times 85}{70 \times 70}} \\ &= 30,96 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$t \geq b \sqrt{\frac{1,333 \cdot f_{cu}' \cdot Bm}{f_y \cdot H}}$$

$$t \geq 18,32 \sqrt{\frac{1,333 \times 309,6 \times 10,25}{2500 \times 70}}$$

$$t \geq 2,85 \text{ cm} \approx 3 \text{ cm}$$

### Perhitungan Angkur Arah Y :

Karena  $e_y < \frac{H}{6}$ , maka tidak terjadi gaya tarik (  $T_u$  ), sehingga tidak perlu memasang angkur pada sumbu Y.

Maka baseplate dipakai  $t = 3 \text{ cm}$ ,  $n$  angkur = 4, dengan diameter angkur 2,54 cm dan panjang angkur 60 cm



### 6.2.3 Sambungan balok induk dengan kolom

Balok induk memanjang : WF 500 x 300 x 1 x 15

Kolom King Cross : K 800 x 300 x 14 x 26

Sambungan balok utama dengan kolom direncanakan dengan rigid connection dimana sambungan memikul beban geser  $P_u$  dan momen  $M_u$ . Penerimaan beban dianggap sebagai berikut :

- Beban  $P_u$  diteruskan oleh sambungan pada badan secara tegak lurus ke flens kolom
- Beban momen  $M_u$  diteruskan oleh sayap balok dengan baja T ke flens kolom

Sambungan kaku yang merupakan bagian dari Sistem Rangka Pemikul Beban Gempa mempunyai kuat lentur  $M_u$  yang besarnya paling tidak sama dengan :

$$M_p = Z_x \cdot f_y = 2096 \times 2400 = 5030400 \text{ kgcm}$$

$$M_u = 1,1 \cdot 1,5 \cdot M_p = 1,1 \times 1,5 \times 5030400 = 8300160 \text{ kgcm}$$

Gaya geser terfaktor  $V_u$  pada sambungan balok ke kolom harus ditetapkan berdasarkan kombinasi pembebanan  $1,2D + 0,5L$  ditambah gaya geser yang berasal dari  $M_u$  di atas. Dari ETABS didapat  $V_u (1,2D + 0,5L) = 5033,88 \text{ kg}$ .

$V_u$  (gaya geser) yang berasal dari  $M_u$  :

$$\sum M_A = 0$$

$$V_B \cdot l - M_B - M_A = 0$$

$$V_B = \frac{M_A + M_B}{l} = \frac{8300160 + 8300160}{800} = 20750,4 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, besarnya } V_u \text{ yaitu} &= 5033,88 \text{ kg} + 20750,4 \text{ kg} \\ &= 25784,28 \text{ kg} \end{aligned}$$

### a. Sambungan Pada Badan Balok

#### Penentuan jumlah baut

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi (1 ksi = 70,3 kg/cm<sup>2</sup>) Ø 20 dengan,  $f_u = 6327 \text{ kg/cm}^2$ , pada bidang geser baut tidak ada ulir ( $r_1 = 0,5$ )

Tebal plat = 7 mm dengan  $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi 2^2 = 3,14 \text{ cm}^2$$

Kontrol sambungan pada badan balok :

Direncanakan memakai : plat siku 70 x 70 x 7

Kekuatan 1 baut :

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi R_n) &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6327 \times 3,14 \times 2 \\ &= 14900,09 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Kuat tumpu } (\phi R_n) = 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2 \times 0,7 \times 3700$$

$$= 9324 \text{ kg (menentukan)}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = \frac{Vu}{\phi Rnt} = \frac{25784,28}{13320} = 2,77 \approx 3 \text{ buah baut}$$

### **b. Sambungan Pada Sayap Kolom**

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi (1 ksi = 70,3 kg/cm<sup>2</sup>) Ø 20 dengan, fu = 6327 kg/cm<sup>2</sup>, pada bidang geser baut tidak ada ulir (r<sub>1</sub> = 0,5)

Tebal plat = 7 mm dengan fy = 2400 kg/cm<sup>2</sup>, fu = 3700 kg/cm<sup>2</sup>

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi 2^2 = 3,14 \text{ cm}^2$$

Kontrol sambungan pada sayap kolom :

Kekuatan 1 baut :

$$\text{Kuat geser } (\phi Rn) = 0,75 \cdot r_1 \cdot fu \cdot A_{\text{baut}} \cdot m$$

$$= 0,75 \times 0,5 \times 6327 \times 3,14 \times 1$$

$$= 7450,04 \text{ kg (menentukan)}$$

$$\text{Kuat tumpu } (\phi Rn) = 0,75 \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2 \times 0,7 \times 3700$$

$$= 9324 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = \frac{Vu}{\phi Rnt} = \frac{25784,28}{7450,04} = 3,46 \approx 4 \text{ buah baut}$$

### Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,5 \text{ db s.d } (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3 \text{ cm s.d } 12,8 \text{ cm, terpasang} = 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3 \text{ db s.d } 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm} \\ &= 6 \text{ cm s.d } 10,5 \text{ cm, terpasang} = 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

### **c. Kontrol Kekuatan Siku Penyambung**

Kontrol terhadap leleh :

$$A_g \cdot 0,9 f_y \geq V_u$$

$$((24 \times 0,7) 0,9 \times 2400) \times 2 = 84672 \text{ kg} > 25784,28 \text{ kg} \dots \text{ oke!!}$$

Kontrol terhadap putus :

$$A_n \cdot 0,75 \cdot f_u \geq V_u$$

$$(A_g - \sum d' \cdot t_w) 0,75 \cdot f_u \geq V_u$$

$$(28 \times 0,7 - 3 (2 + 0,15) \times 0,7) 0,75 \times 3700 \geq V_u$$

$$36491,25 \text{ kg} > V_u = 25784,28 \text{ kg} \dots \text{ oke!!}$$

### **d. Kontrol Kekuatan Sambungan Sayap – profil T**

Direncanakan : baut  $\phi$  24 mm ( $f_u = 6327 \text{ kg/cm}^2$ ),  $A_b = 4,52 \text{ cm}^2$

Jika semua momen lentur ditahan oleh penampang T, maka kesetimbangan gaya dari internal kopel adalah  $2T = \frac{Mu}{db}$

Gaya tarik (T) terfaktor maksimum yang dapat ditahan adalah :

$$T = \frac{Mu}{2.db} = \frac{8300160}{2 \times 50} = 83001,6 \text{ kg}$$

Kekuatan tarik baut rencana :

$$\begin{aligned} T_d &= \phi f \cdot T_n \\ &= 0,75 \cdot f_{ub} \cdot 0,75 \cdot A_b \cdot n \\ &= 0,75 \times 6327 \times 0,75 \times 4,52 \times 4 \\ &= 64345,59 \text{ kg} < T \text{ (tidak oke)} \end{aligned}$$

$$\text{Kuat tarik 1 baut (B)} = \frac{64345,59}{4} = 16086,40 \text{ kg}$$

Untuk mengatasi dapat dipakai potongan profil WF 500 x 200 x 10 x 16 yang dihubungkan ke bawah balok utama agar lengan kopel menjadi besar.

$$\begin{aligned} \text{Lengan kopel} &= 8300160 \text{ kgcm} / (2 \cdot 64345,59 \text{ kg}) \\ &= 64,50 \approx 80 \text{ cm} \end{aligned}$$

Sehingga tinggi tambahan yang diperlukan =  $80 - 50 = 30 \text{ cm}$

$$\text{Gaya Kopel} = \frac{8300160}{2 \times 80} = 51876 \text{ kg}$$

Dengan menggunakan 4 baut dalam tarik pada sayap kolom dengan profil, beban terfaktor 1 baut adalah :

$$T = \frac{51876}{4} = 12969 \text{ kg} < B = 16086,40 \text{ kg}$$

Kontrol Tebal Flens Profil T

Direncanakan T 350 x 350 x 14 x 22 dengan r = 20 mm

a = 80 mm (direncanakan)

$$b = \frac{(bf-tw)}{2} - a = \frac{(352-14)}{2} - 80 = 89 \text{ mm}$$

(Menurut Kulak, Fisher dan Strnik  $a \leq 1,25 b$ )

Koreksi untuk a dan b

$$a' = a + \frac{1}{2} \cdot \text{Øbaut} = 81,2 \text{ mm}$$

$$b' = b - \frac{1}{2} \cdot \text{Øbaut} = 87,8 \text{ mm}$$

$$\beta = \left(\frac{B}{T} - 1\right) \cdot \frac{a'}{b'} = \left(\frac{16086,40}{12969} - 1\right) \cdot \frac{81,2}{87,8} = 0,22$$

Karena  $\beta < 1$  nilai  $\alpha$  adalah

$$\delta = \left(\frac{w - \sum d_i}{w}\right) = \left(\frac{200 - (4(24+1,5))}{200}\right) = 0,49$$

$$\alpha = \frac{1}{\delta} \left(\frac{\beta}{1-\beta}\right) = \frac{1}{0,49} \left(\frac{0,079}{1-0,079}\right) = 0,58 < 1$$

dipakai  $\alpha = 0,58$

$$Q = T \left(\frac{\alpha \cdot \delta}{1 + \alpha \cdot \delta}\right) \left(\frac{b'}{a'}\right)$$

$$= 12969 \left( \frac{0,58 \times 0,49}{1 + 0,58 \times 0,49} \right) \left( \frac{87,8}{81,2} \right)$$

$$= 3103,39$$

gaya yang terjadi pada 1 baut adalah :

$$B \geq T + Q$$

$$16086,40 \text{ kg} \geq 14821,71 \text{ kg} + 1263,73 \text{ kg}$$

$$16086,40 \text{ kg} \geq 16072,39 \text{ kg} \dots \text{ oke!!}$$

Maka tebal profil yang dibutuhkan :

$$tf \geq \sqrt{\frac{4 \cdot T \cdot b'}{\phi \cdot w \cdot fy \cdot (1 + \alpha \cdot \delta)}}$$

$$tf \geq \sqrt{\frac{4 \times 14821,71 \times 8,78}{0,9 \times 20 \times 2400 \times (1 + 0,58 \times 0,49)}}$$

$$tf \geq 2,16 \text{ cm} = 21,6 \text{ mm} \dots \text{ oke!!}$$

Sehingga profil T 350 x 350 x 14 x 22 dapat digunakan.

#### e. Kontrol Kekuatan Badan Profil

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi (1 ksi = 70,3 kg/cm<sup>2</sup>) Ø 20 dengan, fu = 6327 kg/cm<sup>2</sup>, pada bidang geser baut tidak ada ulir (r<sub>1</sub> = 0,5)

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi 2^2 = 3,14 \text{ cm}^2$$

Kekuatan 1 baut :

$$\begin{aligned}\text{Kuat geser } (\varphi R_n) &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6327 \times 4,52 \times 1 \\ &= 10724,27 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kuat tumpu } (\varphi R_n) &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2 \times 2,2 \times 3700 \\ &= 35164,8 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = \frac{2T}{\varphi R_n} = \frac{2 \times 12969}{10724,27} = 2,42 \approx 3 \text{ buah baut}$$

Badan T sebagai batang tarik :

$$A_g = w \cdot t_w = 20 \times 1,4 = 28 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}A_n &= A_g - (\sum d' \cdot t_w) \\ &= 28 - (2 \cdot 2,55 \cdot 1,4) = 20,86 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Kontrol terhadap leleh :

$$\begin{aligned}\varphi R_n &= \varphi \cdot A_n \cdot f_u \geq 2T \\ &= 0,9 \times 28 \times 2400 \geq 2 \times 12969 \\ &= 60480 \text{ kg} > 25938 \text{ kg ... oke!!}\end{aligned}$$



Kontrol terhadap putus :

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \cdot A_n \cdot f_u \geq 2T \\ &= 0,9 \times 20,86 \times 3700 \geq 2 \times 12969 \\ &= 57886 \text{ kg} > 25938 \text{ kg} \dots \text{ oke!!}\end{aligned}$$

### Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}\text{Jarak ke tepi} &= 1,5 \text{ db s.d } (4t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3,6 \text{ cm s.d } 15,2 \text{ cm, terpasang} = 4 \text{ cm} \\ \text{Jarak antar baut} &= 3 \text{ db s.d } 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm} \\ &= 7,2 \text{ cm s.d } 19,5 \text{ cm, terpasang} = 8 \text{ cm}\end{aligned}$$

### Perhitungan sambungan las

Syarat tebal las :

$$a_{\min} = 5 \text{ cm} \rightarrow \text{untuk tebal plat } 10 < t \leq 15$$

$$a_{\text{eff max}} = \frac{1,414 \cdot f_u \cdot t_p}{F_{Exx}} = \frac{1,414 \cdot 3700 \cdot 14}{70 \cdot 70,3} = 14,88 \text{ mm}$$

$$\text{dipakai (misal) } a = 1 \text{ cm} \rightarrow t_c = 0,707 \times 1 = 0,707 \text{ cm}$$

Panjang L, penampang T yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}L_{\text{perlu}} &\geq \frac{T}{\phi \cdot f_n \cdot t_c} = \frac{2 \times 12969}{0,707 \times 0,75 \times 70 \times 70,3 \times 0,6} \\ &= 16,57 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}\end{aligned}$$

#### 6.2.4 Sambungan batang bresing bawah

Sambungan batang bresing direncanakan berdasarkan kuat tarik rencana batang bresing, Kuat lentur pada bidang kritis bresing, dan gaya maksimum hasil analisis yang dapat dipindahkan dari struktur ke batang bresing.

Sesuai peraturan SNI 03-1729-2002 butir 15.11.3 mengenai kuat perlu sambungan dinyatakan bahwa kuat perlu sambungan merupakan nilai terkecil dari kuat nominal aksial tarik batang bresing dan nilai terbesar dari hasil analisis yang ditetapkan sebagai nilai di bawah ini.

$$\begin{array}{l}
 P_{\text{Elastis}} = 97985,3 \text{ kg} \\
 R_y \cdot f_y \cdot A_g = 1,5 \times 2400 \times 117,6 = 423360 \text{ kg} \\
 P_{\text{Tekan}} = 115547,59 \text{ kg}
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} P_{\text{Elastis}} \\ R_y \cdot f_y \cdot A_g \\ P_{\text{Tekan}} \end{array}} \right\} \begin{array}{l} \text{Kuat perlu} \\ = 97985,3 \text{ kg} \end{array}$$

#### Sambungan pada batang bresing

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi (1 ksi = 70,3 kg/cm<sup>2</sup>) Ø 24 dengan,  $f_u = 6327 \text{ kg/cm}^2$ , pada bidang geser baut tidak ada ulir ( $r_1 = 0,5$ )

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi 2^2 = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \\
 &= 0,75 \times 0,5 \times 6327 \times 4,52 \times 2 \\
 &= 21448,53 \text{ kg (menentukan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tumpu } (\phi V_n) &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot \text{db} \cdot t_p \cdot f_u \\
 &= 0,75 \times 2,4 \times 2,4 \times 2 \times 3700 \\
 &= 31968 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{115547,59}{21448,53} = 5,38 \approx 6 \text{ buah baut}$$

Dipasang 2 buah 3 baris

#### Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak ke tepi} &= 1,5 \text{ db s.d } (4t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 3,6 \text{ cm s.d } 15,2 \text{ cm, terpasang} = 4 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak antar baut} &= 3 \text{ db s.d } 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 7,2 \text{ cm s.d } 19,5 \text{ cm, terpasang} = 8 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

#### Sambungan las sudut pada plat buhul

Bahan las sudut yang digunakan adalah E<sub>70xx</sub>. Tebalefektif las sudut rencana te = 1 cm

Kuat nominal las sudut

$$\begin{aligned}
 \phi \cdot R_{nw} &= 0,75 \cdot t_e (0,6 \cdot f_{uw}) \\
 &= 0,75 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70,3 \\
 &= 2214,45 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Luas las sudut

$$\begin{aligned} A_{\text{las}} &= 2 (d+b) \\ &= 2 (30+30) = 120 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi pada las sudut

$$L = 8/2 = 4\text{m} \qquad t = 3,5 \text{ m}$$

$$m = \sqrt{L^2 + t^2} = \sqrt{4^2 + 3,5^2} = 5,32$$

$$\text{Cos } \emptyset = 4 / 5,32 = 0,75$$

$$\text{Sin } \emptyset = 3,5 / 5,32 = 0,66$$

$$0,66 \cdot P_u = 0,66 \times 97985,3 = 64670,30 \text{ kg}$$

$$0,75 \cdot P_u = 0,75 \times 97985,3 = 73488,98 \text{ kg}$$

$$f_h = \frac{73488,98}{160} = 459,31 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{64670,3}{160} = 404,19 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{\text{total}} &= \sqrt{\left(\sum f_v\right)^2 + \left(\sum f_h\right)^2} = \sqrt{(404,19)^2 + (459,31)^2} \\ &= 611,83 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tebal efektif las sudut

$$t_e = \frac{f_{\text{total}}}{\emptyset \cdot R_{nw}} = \frac{611,83}{2214,45} = 0,28 \text{ cm}$$

### Kontrol tekuk plat buhul

Lebar plat buhul efektif dipakai setinggi web (h) bresing

Lebar plat = 300 mm

$$t_y = 20 \text{ mm}$$

$$A_g = 300 \times 20 = 6000 \text{ mm}^2$$

$$I_{\text{plat}} = 200000 \text{ mm}^4$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{200000}{6000}} = 5,77$$

$$\lambda = \frac{L_k}{r} = \frac{40}{5,77} = 6,93$$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \cdot \lambda \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1}{\pi} \cdot 6,93 \sqrt{\frac{240}{200000}} = 0,01$$

$$\lambda_c < 0,25$$

$$\omega = 1$$

$$\phi N_n = 0,85 A_g \frac{f_y}{\omega} = 0,85 \times 60 \frac{240}{1} = 122400 \text{ kg}$$

$$\phi N_n > N_u = P_{\text{tekan}} = 115547,59 \text{ kg ... oke!!}$$

### **6.2.5 Sambungan batang bresing pada balok atas**

Gaya dalam maksimum bresing diperoleh dari output ETABS, terjadi pada bresing story 4, elemen D52 kombinasi 0,9DI + Ey.

$$P_{\text{Elastis}} = 97985,3 \text{ kg}$$

} Kuat perlu  
}

$$R_y \cdot f_y \cdot A_g = 1,5 \times 2400 \times 117,6 = 423360 \text{ kg} = 97985,3 \text{ kg}$$

$$P_{\text{Tekan}} = 115547,59 \text{ kg}$$

### **Sambungan las sudut pada plat buhul**

Bahan las sudut yang digunakan adalah E<sub>70xx</sub>. Tebalefektif las sudut rencana  $t_e = 1 \text{ cm}$

Kuat nominal las sudut

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot R_{nw} &= 0,75 \cdot t_e (0,6 \cdot f_{uw}) \\ &= 0,75 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70,3 \\ &= 2214,45 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Luas las sudut

$$\begin{aligned} A_{\text{las}} &= 2 (d+b) \\ &= 2 (30+30) = 120 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi pada las sudut

$$L = 8/2 = 4\text{m} \qquad t = 3,5 \text{ m}$$

$$m = \sqrt{L^2 + t^2} = \sqrt{4^2 + 3,5^2} = 5,32$$

$$\text{Cos } \emptyset = 4 / 5,32 = 0,75$$

$$\text{Sin } \emptyset = 3,5 / 5,32 = 0,66$$

$$0,66 \cdot P_u = 0,66 \times 97985,3 = 64670,30 \text{ kg}$$

$$0,75 \cdot P_u = 0,75 \times 97985,3 = 73488,98 \text{ kg}$$

$$f_h = \frac{73488,98}{160} = 459,31 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{64670,3}{160} = 404,19 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} f_{total} &= \sqrt{(\sum f_v)^2 + (\sum f_h)^2} = \sqrt{(404,19)^2 + (459,31)^2} \\ &= 611,83 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tebal efektif las sudut

$$t_e = \frac{f_{total}}{\phi \cdot R_{nw}} = \frac{611,83}{2214,45} = 0,28 \text{ cm}$$

Tebal las sudut

Tebal plat yang paling tebal adalah 20 mm, maka tebal las sudut minimum adalah 6 mm (SNI 03-1729-2002, Tabel 13.5.1)

$$a = \frac{t_e}{0,707} = \frac{0,28}{0,707} = 0,39 \text{ cm} < a_{\min}$$

Dipakai  $a = 0,6 \text{ cm}$

Sambungan pada batang bresing

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi (1 ksi = 70,3 kg/cm<sup>2</sup>) Ø 24 dengan,  $f_u = 6327 \text{ kg/cm}^2$ , pada bidang geser baut tidak ada ulir ( $r_1 = 0,5$ )

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi 2^2 = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6327 \times 4,52 \times 2 \\ &= 21448,53 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tumpu } (\phi V_n) &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,4 \times 2 \times 3700 \\ &= 31968 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{115547,59}{21448,53} = 5,38 \approx 6 \text{ buah baut}$$

Dipasang 2 buah 3 baris

### Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,5 \text{ db s.d } (4t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3,6 \text{ cm s.d } 15,2 \text{ cm, terpasang} = 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3 \text{ db s.d } 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm} \\ &= 7,2 \text{ cm s.d } 19,5 \text{ cm, terpasang} = 8 \text{ cm} \end{aligned}$$



### 6.2.6 Sambungan balok anak dengan balok induk

Sambungan antara balok anak dengan balok induk direncanakan dengan baut yang tidak dapat memikul momen, karena disesuaikan dengan anggapan dalam analisa sebagai sendi.

$$V_u = 10658,02 \text{ kg}$$

Balok anak WF 350 x 175 x 7 x 11

Balok induk WF 500 x 200 x 10 x 15

Sambungan siku 80 x 80 x 8

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi (1 ksi = 70,3 kg/cm<sup>2</sup>) Ø 24 dengan,  $f_u = 6327 \text{ kg/cm}^2$ , pada bidang geser baut tidak ada ulir ( $r_1 = 0,5$ )

#### a. Sambungan pada badan balok anak

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6327 \times 2,01 \times 2 \\ &= 9537,95 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tumpu } (\phi V_n) &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 3700 \\ &= 7459,2 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = \frac{Vu}{\phi Vn} = \frac{10658,02}{7459,2} = 1,42 \approx 2 \text{ buah baut}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

### **b. Sambungan pada badan balok induk**

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi Vn) &= 0,75 \cdot r_1 \cdot fu \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6327 \times 2,01 \times 1 \\ &= 9537,95 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tumpu } (\phi Vn) &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 3700 \\ &= 7459,2 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = \frac{Vu}{\phi Vn} = \frac{10658,02}{7459,2} = 1,42 \approx 2 \text{ buah baut}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

### Kontrol kekuatan siku penyambung

Dipakai siku penyambung 80 x 80 x 8

BJ 37 ( $f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$ )

$$\begin{aligned} \text{\textcircled{O}} \text{ lubang} &= 16 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm} \end{aligned}$$

Luas bidang geser

$$A_{nv} = L_{nv} \times I_{siku} = (16 - 2 \times 1,75) \times 0,8 = 10 \text{ cm}^2$$

Kuat rencana

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 3700 \times 10 = 16650 \text{ kg} \end{aligned}$$

Terdapat 2 siku, sehingga

$$2\phi R_n = 2 \times 16650 = 33300 \text{ kg}$$

Persyaratan :

$$V_u \leq \phi R_n$$

$$9279,03 \text{ kg} \leq 33300 \text{ kg} \dots \text{ oke!!}$$

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,5 \text{ db s.d } (4t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3,6 \text{ cm s.d } 15,2 \text{ cm, terpasang} = 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3 \text{ db s.d } 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm} \\ &= 7,2 \text{ cm s.d } 19,5 \text{ cm, terpasang} = 8 \text{ cm} \end{aligned}$$

### 6.2.7 Sambungan balok tangga dengan balok induk

Sambungan balok induk dengan balok tangga merupakan sambungan sendi.

$$V_u = 1326,15 \text{ kg}$$

#### a. Sambungan siku dengan badan balok induk

##### Sambungan siku 60 x 60 x 6

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi (1 ksi = 70,3 kg/cm<sup>2</sup>) Ø 24 dengan,  $f_u = 6327 \text{ kg/cm}^2$ , pada bidang geser baut tidak ada ulir ( $r_1 = 0,5$ )

##### Penentuan jumlah baut

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6327 \times 2,01 \times 1 \\ &= 9537,95 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tumpu } (\phi V_n) &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 3700 \\ &= 7459,2 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{10658,02}{7459,2} = 1,42 \approx 2 \text{ buah baut}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

Kontrol siku penyambung baut

Dipakai siku penyambung 80 x 80 x 6

BJ 37 ( $f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$ )

$$\begin{aligned}\text{\textcircled{O}} \text{ lubang} &= 16 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 = (L - n \cdot \text{\textcircled{O}} \text{ lubang}) \cdot t_1 \\ &= (12 - 2 \times 1,75) \cdot 0,6 \\ &= 5,1 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Siku ditinjau satu sisi sehingga gaya =  $V_u = 1326,15 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 3700 \times 5,1 \\ &= 8491,5 \text{ kg} > V_u = 1326,15 \text{ kg} \dots \text{ oke!!}\end{aligned}$$

**b. Sambungan siku dengan badan balok tangga**

Sambungan siku 60 x 60 x 6

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi (1 ksi =  $70,3 \text{ kg/cm}^2$ )  $\text{\textcircled{O}} 24$  dengan,  $f_u = 6327 \text{ kg/cm}^2$ , pada bidang geser baut tidak ada ulir ( $r_1 = 0,5$ )

Penentuan jumlah baut

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\varphi V_n) &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6327 \times 2,01 \times 1 \\ &= 9537,95 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tumpu } (\varphi V_n) &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 3700 \\ &= 7459,2 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = \frac{V_u}{\varphi V_n} = \frac{10658,02}{7459,2} = 1,42 \approx 2 \text{ buah baut}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,5 d_b \text{ s.d } (4t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3,6 \text{ cm s.d } 15,2 \text{ cm, terpasang} = 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3 d_b \text{ s.d } 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 7,2 \text{ cm s.d } 19,5 \text{ cm, terpasang} = 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kontrol siku penyambung

Dipakai siku penyambung 60 x 60 x 6

BJ 37 ( $f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$ )

$$\begin{aligned}\text{Ø lubang} &= 16 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 = (L - n \cdot \text{Ø lubang}) \cdot t_1 \\ &= (12 - 2 \times 1,75) \cdot 0,6 \\ &= 5,1 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Siku ditinjau satu sisi sehingga gaya =  $V_u = 1326,15 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 3700 \times 5,1 \\ &= 8491,5 \text{ kg} > V_u = 663,075 \text{ kg ... oke!!}\end{aligned}$$

### 6.2.8 Sambungan balok tangga dengan balok bordes

Sambungan balok tangga dengan balok bordes merupakan sambungan sendi.

$$V_u = 568,20 \text{ kg}$$

#### a. Sambungan siku dengan badan balok bordes

Sambungan siku 60 x 60 x 6

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi (1 ksi =  $70,3 \text{ kg/cm}^2$ ) Ø 24 dengan,  $f_u = 6327 \text{ kg/cm}^2$ , pada bidang geser baut tidak ada ulir ( $r_1 = 0,5$ )

Penentuan jumlah baut

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\varphi V_n) &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6327 \times 2,01 \times 1 \\ &= 9537,95 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tumpu } (\varphi V_n) &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 3700 \\ &= 7459,2 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = \frac{V_u}{\varphi V_n} = \frac{10658,02}{7459,2} = 1,42 \approx 2 \text{ buah baut}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,5 d_b \text{ s.d } (4t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3,6 \text{ cm s.d } 15,2 \text{ cm, terpasang} = 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3 d_b \text{ s.d } 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 7,2 \text{ cm s.d } 19,5 \text{ cm, terpasang} = 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kontrol siku penyambung

Dipakai siku penyambung 60 x 60 x 6



BJ 37 ( $f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$ )

$$\begin{aligned}\text{\textcircled{O} lubang} &= 16 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{nv} &= L_{nv} \cdot t_1 = (L - n \cdot \text{\textcircled{O} lubang}) \cdot t_1 \\ &= (12 - 2 \times 1,75) \cdot 0,6 \\ &= 5,1 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Siku ditinjau satu sisi sehingga gaya =  $V_u = 1326,15 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 3700 \times 5,1 \\ &= 8491,5 \text{ kg} > V_u = 663,075 \text{ kg ... oke!!}\end{aligned}$$

### **b. Sambungan siku dengan badan balok tangga**

#### Sambungan siku 60 x 60 x 6

Direncanakan menggunakan baut A 325 dengan mutu 90 ksi ( $1 \text{ ksi} = 70,3 \text{ kg/cm}^2$ )  $\text{\textcircled{O}} 24$  dengan,  $f_u = 6327 \text{ kg/cm}^2$ , pada bidang geser baut tidak ada ulir ( $r_1 = 0,5$ )

#### Penentuan jumlah baut

Kuat geser baut :

$$\begin{aligned}\text{Kuat geser } (\phi V_n) &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_{\text{baut}} \cdot m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 6327 \times 2,01 \times 1\end{aligned}$$

$$= 9537,95 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat tumpu } (\phi Vn) &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot db \cdot tp \cdot fu \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 3700 \\ &= 7459,2 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan :

$$n = \frac{Vu}{\phi Vn} = \frac{10658,02}{7459,2} = 1,42 \approx 2 \text{ buah baut}$$

Dipasang 2 buah baut diameter 16 mm

#### Kontrol jarak baut

$$\begin{aligned} \text{Jarak ke tepi} &= 1,5 \text{ db s.d } (4tp + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 3,6 \text{ cm s.d } 15,2 \text{ cm, terpasang} = 4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar baut} &= 3 \text{ db s.d } 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm} \\ &= 7,2 \text{ cm s.d } 19,5 \text{ cm, terpasang} = 6 \text{ cm} \end{aligned}$$

#### Kontrol siku penyambung

Dipakai siku penyambung 60 x 60 x 6

BJ 37 ( $f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$ )

$$\begin{aligned} \text{\textcircled{O} lubang} &= 16 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm (lubang dibuat dengan bor)} \\ &= 17,5 \text{ mm} = 1,75 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$A_{nv} = L_{nv} \cdot t_1 = (L - n \cdot \text{\textcircled{O} lubang}) \cdot t_1$$

$$\begin{aligned} &= (12 - 2 \times 1,75) \cdot 0,6 \\ &= 5,1 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Siku ditinjau satu sisi sehingga gaya =  $V_u = 1326,15 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 3700 \times 5,1 \\ &= 8491,5 \text{ kg} > V_u = 663,075 \text{ kg} \dots \text{ oke!!} \end{aligned}$$

## **BAB VII**

### **PERENCANAAN PONDASI**

#### **7.1. Umum**

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Dalam perencanaan pondasi ada dua jenis pondasi yang umum dipakai dalam dunia konstruksi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif kecil, sedangkan untuk pondasi dalam dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif besar seperti pada gedung yang berlantai banyak, 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), pondasi caisson dan lain sebagainya.

Pondasi yang akan direncanakan pada Gedung Puncak Kertajaya ini memakai pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang. Tiang pancang yang akan dipakai adalah tiang pancang produksi PT. Wijaya Karya (WIKA). Dalam bab ini pembahasannya meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan, perencanaan poer (pile cap) dan perencanaan sloof (tie beam).

## 7.2. Data Tanah

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah ditempat mana penyelidikan tanah itu dilakukan, sehingga dapat diantisipasi perencanaan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut.

Data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan data penyelidikan tanah dilapangan. Adapun data tanah yang telah tersedia dilapangan meliputi data penyelidikan tanah hasil uji Standard Penetration Test ( SPT ).

## 7.3. Kriteria Desain

### Kekuatan dan Dimensi Tiang

- Dipakai tiang pancang beton pratekan (*Prestressed Concrete Pile*) dengan bentuk penampang bulat berongga (*Round Hollow*).
  - Mutu beton tiang pancang K-600 (*concrete cube compressive strength is 600 kg/cm<sup>2</sup> at 28 days*).
  - Tiang pancang yang direncanakan adalah menggunakan alternatif jenis tiang dengan spesifikasi WIKA Pile sebagai berikut :
    - Diameter tiang = 500 mm
    - Tebal tiang = 90 mm
    - Class = C
    - Luas beton = 1159,25 cm<sup>2</sup>
    - Modulus Section = 10583,74 cm<sup>2</sup>
    - P<sub>bahan</sub> = 221120 kg
- Sumber : WIKA

## 7.4 . Daya Dukung Tanah

### 7.4.1. Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi (  $Q_p$  ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah (  $Q_f$  ). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :  $Q_u = Q_p + Q_s$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

- Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
  - Daya dukung tiang pancang dalam kelompok.
- Bending Moment Crack : 17 tm

Perhitungandayadukungtiangpancangini dilakukandiberdasarkandilakukanberdasarkanhasiluji *Standard Penetration Test* ( SPT )

- $Q_u = Q_p + Q_s$
- dimana :
- $Q_p = q_p \cdot A_p = ( N_p \cdot K ) \cdot A_p = ( 17,66 \times 40 ) \cdot 0,19625$   
 $= 136,59 \text{ ton}$

dengan :

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

$$= \left( \frac{16,6 + 17 + 17,4 + 18,1 + 19,2}{5} \right)$$

$$= 17,66$$

- K = Koefisien karakteristik tanah  
 = 12 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lempung  
 = 20 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lanau berlempung  
 = 25 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lanau berpasir  
 = 40 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah pasir  
 = 40 t/m<sup>2</sup>, untuk lempung sangat kaku (Poulos, H.G)
- Ap = Luas penampang dasar tiang  
 =  $\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,5^2 = 0,19625 \text{ m}^2$
- qp = tegangan di ujung tiang

$$\begin{aligned} \blacksquare Q_s &= q_s \cdot A_s = \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s = \left( \frac{10,6}{3} + 1 \right) \cdot 54,95 \\ &= 249,11 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dengan :

- qs = tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m<sup>2</sup>  
 Ns = harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan :  $3 \leq N \leq 50$   
 As = keliling x panjang tiang yang terbenam  
 =  $3,14 \cdot 0,5 \cdot 35 = 54,95$

Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total dibagi dengan suatu angka keamanan.

$$P_{\text{ijin 1 tiang}} = \frac{Q_u}{SF} = \left( \frac{136,59 + 249,11}{3} \right) = 128,57 \text{ ton}$$

Dimana :

SF = safety factor = 3

N' = harga SPT di lapangan

N = harga SPT setelah dikoreksi =  $15 + [ ( N' - 15 ) / 2 ]$

Daya dukung tanah berdasarkan sondir

$$P = \frac{Q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times K_a}{5} = 148993 \text{ kg}$$

Ambil yang paling kritis berdasarkan data SPT = 128,57 ton

### 7.4.2. Daya Dukung Tanah Tiang Pancang Kelompok

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *Standard Penetration Test* ( SPT )

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

dimana :

$$Q_p = q_p \cdot A_p = ( N_p \cdot K ) \cdot A_p = (17,53 \cdot 40) \cdot 12,2$$

$$= 8554,64 \text{ ton}$$

dengan :

$N_p$  = Harga rata-rata SPT di sekitar 4D di atas hingga 4D di bawah dasar tiang pondasi  
= 17,53

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang  
=  $\frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,5^2 + 4 \cdot 3 \cdot 0,25 + 3 \cdot 3 = 12,2 \text{ m}^2$

$q_p$  = tegangan di ujung tiang

$$\begin{aligned} \blacksquare Q_s &= q_s \cdot A_s = \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) \cdot A_s = \left( \frac{10,6}{3} + 1 \right) \cdot 271,4 \\ &= 1230,35 \text{ ton} \end{aligned}$$

$A_s$  = keliling x panjang tiang yang terbenam  
=  $((3,14 \cdot 0,5) + (3 \cdot 4)) \cdot 20 = 271,4$

$$P_{\text{blok}} = \frac{Q_u}{SF} = \left( \frac{8554,64 + 1230,35}{3} \right) = 3261,66 \text{ ton}$$



### 7.4.3. Repetisi Beban-beban Diatas Tiang Kelompok

Bila diatas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (poer) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), maka besarnya beban vertikal ekivalen ( $P_v$ ) yang bekerja pada sebuah tiangadalah :

$$P_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\sum y^2} \quad \text{dimana :}$$

$P_v$  = Beban vertikal ekivalen

V = Beban vertikal dari kolom

n = banyaknya tiang dalam group

$M_x$  = momen terhadap sumbu x

$M_y$  = momen terhadap sumbu y

$x_{\max}$  = absis terjauh terhadap titik berat kelompok

tiang

$y_{\max}$  = ordinat terjauh terhadap titik berat kelompok

tiang

$\sum x^2$  = jumlah dari kuadrat absis tiap tiang terhadap

garis netral group

$\sum y^2$  = jumlah dari kuadrat ordinat tiap tiang terhadap

garis netral group

nilai x dan y positif jika arahnya sama dengan arah e, dan negative bila berlawanan dengan arah e.

## 7.5 Perhitungan Pondasi

### 7.5.1. Daya Dukung Satu Tiang Pancang

Untuk daya dukung ini diambil nilai terkecil antara daya dukung bahan dan daya dukung tanah.

- Daya dukung bahan :

Dari spesifikasi bahan tiang pancang (tabel spesifikasi WIKA), didapat :  $\bar{P}_{1tp} = 155,64$  ton.

- Daya dukung tanah :

Direncanakan menggunakan tiang pancang  $\varnothing 50$  cm

$$A = 1962,5 \text{ cm}^2$$

Effisiensi

$$\begin{aligned} \eta &= \sqrt{\frac{P_{blok}^2}{P_{blok}^2 + (n \cdot Pi)^2}} \\ &= \sqrt{\frac{3261,66^2}{3261,66^2 + (9 \times 128,57)^2}} \\ &= 0,942 \end{aligned}$$

Diambil tiang pancang dengan kedalaman (D) 35 m dari perhitungan yang ditabelkan (terlampir), didapat nilai daya dukung satu tiang pancang :

$$\bar{P}_{\text{beban tetap}} = 128570 \text{ kg} \times 0,942 = 121112,94 \text{ kg} = 121,113 \text{ ton.}$$

Jadi diambil  $\bar{P}_{\text{beban tetap}} = 121,113 \text{ ton}$  (dari daya dukung tanah).

Untuk perhitungan pondasi dengan beban sementara, maka  $P_{\text{ijin}}$  dapat dinaikkan sebesar 30% .

$$\bar{P}_{\text{beban sementara}} = 1,3 \times 121,113 = 157,447 \text{ ton}$$

Perhitungan beban Aksial Maksimum pada Pondasi Kelompok :

- *Beban Sementara*  
Beban Nominal yang bekerja :

$$\text{Berat sendiri poer} : 4 \times 4 \times 1,5 \times 2400 = 57600 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban aksial kolom} : & \quad \quad \quad = \underline{1000296 \text{ kg}} \\ & \quad \quad \quad = 1057896 \text{ kg} \end{aligned}$$

- *Beban Tetap*

Beban Nominal yang bekerja :

$$\text{Berat sendiri poer} : 4 \times 4 \times 1,5 \times 2400 = 57600 \text{ kg}$$

$$\text{Beban aksial kolom} : \quad \quad \quad = \underline{401364,1 \text{ kg}}$$

$$= 458964,1 \text{ kg}$$

$$Q_{L(\text{group})} = Q_{L(1 \text{ tiang})} \times n \times C_e$$

$n$  = jumlah tiang dalam group

$C_e$  = koefisien efisiensi

$$Q_{L(\text{group})} = 121112,94 \times 9 = 1090016,46 \text{ kg}$$

$$Q_{L(\text{group})} = 1090016,46 \text{ kg} > P_{\text{sementara}} = 1057896 \text{ kg}$$

....OK

$$Q_{L(\text{group})} = 1090016,46 \text{ kg} > P_{\text{tetap}} = 458964,1 \text{ kg}$$

....OK

### 7.5.2 Perhitungan Tiang Pancang Kelompok (*Pile Group*)

Dari hasil ETABS pada *Joint 47*, diperoleh :

|                | <b>Beban Tetap<br/>(D + L)</b> | <b>Beban Sementara<br/>(D + L + E)</b> |
|----------------|--------------------------------|--|
| P              | 401364,1                       | 1000296                                |
| M <sub>x</sub> | 1353,254                       | 18522,21                               |
| M <sub>y</sub> | 650,634                        | 3394,543                               |
| H <sub>x</sub> | 471,97                         | 1113,59                                |
| H <sub>y</sub> | 2640,59                        | 49487,42                               |

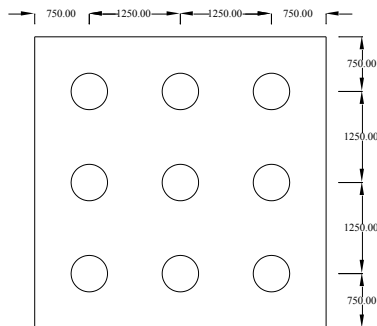
Perhitungan jarak tiang

$2,5D \leq S \leq 3D$  dengan  $S$  = jarak antar tiang

$125 \leq S \leq 400$  dipakai  $S = 150$  cm

$1,5D \leq S \leq 2D$  dengan  $S$  = jarak tepi

$75 \leq S \leq 100$  dipakai  $S = 50$  cm



Gambar 7.1. Denah Tiang pancang

*Beban sementara*

Momen tambahan akibat gaya horisontal dengan tebal poer :

$$M_x = 18522,21 + (1113,59 \times 1,5)$$

$$= 20192,595 \text{ kgm}$$

$$M_y = 3394,543 + (49487,42 \times 1,5)$$

$$= 77625,673 \text{ kgcm}$$

$$P_i = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n y_i^2} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2}$$

$$\Sigma y_i^2 = 6 (1,25)^2 = 9,375 \text{ m}^2$$

$$\Sigma x_i^2 = 6 (1,25)^2 = 9,375 \text{ m}^2$$

$$P_{\max} = \frac{1000296}{9} + \frac{20192,595 \times 1,25}{9,375} + \frac{77625,673 \times 1,25}{9,375}$$

$$= 124186,438 \text{ kg}$$

Jadi beban aksial yang diterima 1 tiang = 122012,7 kg

$$P_{\max} = 124186,438 \text{ kg} < Q_{ijin} = 157447 \text{ kg} \dots \dots \dots (\text{ok})$$

*Beban tetap*

Momen tambahan akibat gaya horisontal dengan tebal poer:

$$\begin{aligned} M_x &= 1353,254 + (471,97 \times 1,5) \\ &= 2061,209 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= 650,634 + (2640,59 \times 1,5) \\ &= 4611,52 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\max} &= \frac{401364,1}{9} + \frac{2061,209 \times 1,25}{9,375} + \frac{4611,52 \times 1,25}{9,375} \\ &= 45485,71 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi beban aksial yang diterima 1 tiang = 45485,71 kg

$$P_{\max} = 45485,71 \text{ kg} < Q_{\text{ijin}} = 157447 \text{ kg} \dots\dots\dots (\text{ok})$$

## 7.6 Perencanaan Poer pada Kolom

Poer direncanakan terhadap gaya geser ponds pada penampang kritis dan penulangan akibat momen lentur.

### Data-data perancangan poer

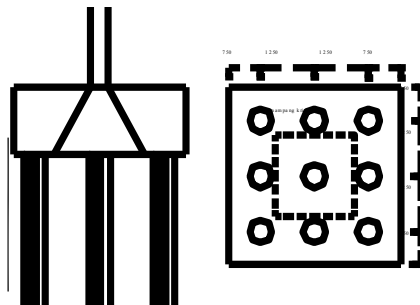
- $P_{\max}$  ( 1 tiang ) = 119,201 ton
- Jumlah tiang pancang = 9 buah
- Dimensi poer = 4 x 4 x 1 m
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 30 MPa

- Mutu baja ( $f_y$ ) = 410 MPa
- Diameter tulangan = 22 mm
- Selimut beton = 50 mm
- Tinggi efektif ( $d$ )
  - $d_x = 1500 - 50 - \frac{1}{2} 22 = 1439$  mm
  - $d_y = 1500 - 50 - 22 - \frac{1}{2}(22) = 1417$  mm

### 7.6.1 Kontrol Geser Pons

#### 1. Akibat Kolom

Poer harus mampu menyebarkan beban dari kolom ke pondasi, sehingga perlu dilakukan kontrol kekuatan geser pons untuk memastikan bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Perencanaan geser pons pada poer tersebut berdasarkan ketentuan SNI 2002 Pasal 13.12.2.1. Dalam merencanakan tebal poer, harus memenuhi syarat bahwa kekuatan geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons yang terjadi.



Gambar 7.2 Geser Ponds Akibat Kolom



$$\phi V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta c}\right) \cdot \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

atau

$$V_c = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

dimana :

$$\beta c = \text{rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek}$$

$$(\text{daerah beban terpusat}) = \frac{458}{417} = 1,1$$

Tinggi efektif balok poer :

$$\text{Arah x (dx)} = 1500 - 50 - (1/2 \cdot 22) = 1439 \text{ mm}$$

Keliling penampang kritis

$$b_o = 2(b_k + d) + 2(b_k + d)$$

dimana :  $b_k$  = lebar penampang kolom

$d$  = tebal efektif poer

$$b_o = 2(458 + 1439) + 2(417 + 1439) = 7506 \text{ mm}$$

$$V_{c1} = \left(1 + \frac{2}{\beta c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_o \times d$$

$$= \left(1 + \frac{2}{1,1}\right) \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 7506 \times 1439$$

$$= 28988994,12 \text{ N}$$

$$V_{c2} = \frac{1}{3} \sqrt{30} \times 7506 \times 1439$$

$$= 19325996,08 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times 19325996,08 = 11595597,65 \text{ N}$$

$$= 1182018,109 \text{ kg}$$

Gaya pada Pu kolom = 1000296 kg

$$\phi V_c = 1182018,109 \text{ kg} > P_u = 1000296 - 119201 = 881095 \text{ kg}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat kolom.

## 2. Akibat Pancang

$$\phi V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta c}\right) \cdot \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

atau

$$V_c = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d$$

dimana :

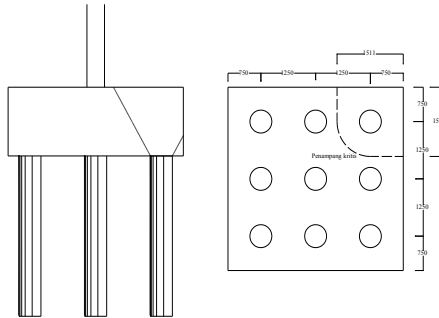
$\beta_c$  = rasio sisi terpanjang terhadap sisi terpendek (daerah

$$\text{beban terpusat) = } \frac{500}{500} = 1$$

$B_o$  = keliling dari penampang kritis poer

$$= (0,25 \times \pi \times (500 + 1439)) + (2 \times 750)$$

$$= 3022,89 \text{ mm}$$



*Gambar 7.3. Geser Pondas Akibat Tiang Pancang*

$$\begin{aligned} V_{c1} &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \times b_o \times d \\ &= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 3022,89 \times 1439 \\ &= 22702488,78 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{c_2} = \frac{1}{3} \sqrt{30} \times 3022,89 \times 1439$$

$$= 15134992,52 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times 15134992,52 = 12107994,01 \text{ N}$$

$$= 1210799,4 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 1210799,4 \text{ kg} > P_{u \text{ pancang maks}} = 119201 \text{ kg}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser pons akibat pancang.

### 7.6.2 Analisa daya dukung lateral dengan metode ultimit (Brooms)

$$L \text{ tiang} = 35 \text{ m}$$

$$D \text{ tiang} = 0,5 \text{ m}$$

$$q_c = 5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Resultante gaya geser } q_u =$$

$$\sqrt{49487,2^2 + (0,3 \times 1113,59)^2}$$

$$= 49488,33 \text{ kg}$$

Karena tiang yang efektif sebagai penerima gaya lateral

$$\text{hanya 3 buah, maka} = \frac{49488,33}{3} = 16496,11 \text{ kg}$$

$$\frac{Q_u}{c_u \times D^2} = \frac{16496,11}{0,33 \times 50^2} = 20$$

$\phi$  tanah lempung = 0

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) = \tan^2\left(45 + \frac{0}{2}\right) = 1$$

Setelah diplotkan pada grafik broom didapat

$$\frac{My}{c_u \times D^2} = 25$$

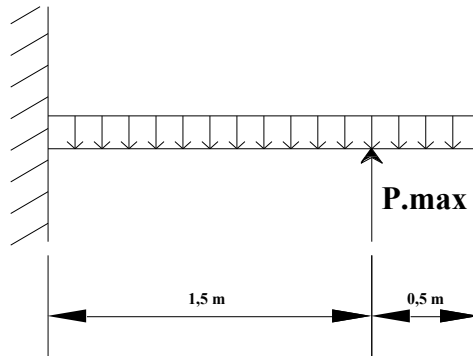
$$\text{Maka } My = 0,33 \times 50^3 \times 25 = 1031250 \text{ kg.cm}$$

$$= 10,3125 \text{ T.m} < 34 \text{ T.m}$$

(OK)

### 7.6.3 Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, *poer* dianalisa sebagai balok *kantilever* dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri *poer*. Perhitungan gaya dalam pada *poer* didapat dengan teori mekanika statis tertentu.



*Gambar 7.4. Analisa Poer sebagai Balok Kantilever*

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{410}{0,85 \times 30} = 16,078$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} = \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{410} = 0,053$$

$$\rho_{Max} = 0,75 \times \rho_{Balance} = 0,75 \times 0,053 = 0,04$$

$$\rho_{Min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{410} = 0,0034$$

## Penulangan lentur

### Penulangan arah x

$$P_{\max} = 119,201 \text{ ton}$$

$$q = 4 \times 2,4 \times 1,5 = 14,4 \text{ ton/m}$$

Momen momen yang bekerja :

$$M = (3 \times 119,201 \times 1,25) - (1/2 \times 14,4 \times 2^2)$$

$$= 418,2 \text{ ton m} = 418,2 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$dx = 1500 - 50 - 1/2 * 22 = 1439 \text{ mm}$$

$$dy = 1500 - 50 - 22 - 1/2 * 22 = 1417 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{418,2 \times 10^7}{0,8 \times 4000 \times 1439^2} = 0,631$$

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

$$= \frac{1}{16,078} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,078 \times 0,631}{410}} \right)$$

$$= 0,0016$$

$$\rho_s < \rho_{\min} \sim \text{dipakai } \rho_{\min} = 0,0034$$

Tulangan tarik yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_x \\ &= 0,0034 \times 4000 \times 1439 \\ &= 19570,4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan 52D22

Tulangan tekan yang dibutuhkan :

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 9785,2 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan Lentur 52D16

### Penulangan arah y

$$P_{\max} = 119,201 \text{ ton}$$

$$q = 4 \times 2,4 \times 1,5 = 14,4 \text{ ton/m}$$

Momen momen yang bekerja :

$$\begin{aligned} M &= (3 \times 119,201 \times 1,25) - (1/2 \times 14,4 \times 2^2) \\ &= 418,2 \text{ ton m} = 418,2 \times 10^7 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$d_x = 1500 - 50 - \frac{1}{2} * 22 = 1439 \text{ mm}$$

$$d_y = 1500 - 50 - 22 - \frac{1}{2} * 22 = 1417 \text{ mm}$$



$$R_n = \frac{Mu}{\phi b d^2} = \frac{418,2 \times 10^7}{0,8 \times 4000 \times 1417^2} = 0,65$$

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

$$= \frac{1}{16,078} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 16,078 \times 0,65}{410}} \right)$$

$$= 0,0016$$

$$\rho_{\delta} < \rho_{\text{Min}} \sim \text{dipakai } \rho_{\text{perlu}} = 0,0034$$

Tulangan tarik :

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d_y \\ &= 0,0034 \times 4000 \times 1417 \\ &= 19271,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan Tulangan 52D22

Tulangan tekan :

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 9635,6 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan Lentur 52D16

Perencanaan tulangan Samping  $20\% \times 19271,2 = 3854,24$   
 $\text{mm}^2 \rightarrow$  Digunakan Tulangan Samping 10D22

### 7.7 Perencanaan Sloof (Tie Beam)

Data-data perencanaan :

- $P_u$  = 1000296 kg
- Dimensi Sloof :
  - b = 400 mm
  - h = 600 mm
- $A_g$  = 240000  $\text{mm}^2$
- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 30 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 410 MPa
- Tulangan utama = D 22
- Tulangan sengkang = Ø10
- Selimut beton = 50 mm
- Tinggi efektif (d)  
 $600 - (50 + 10 - \frac{1}{2} \cdot 22)$  = 529 mm

Tegangan ijin tarik beton :

$$f_r \text{ ijin} = 0,70 \times \sqrt{f'_c} = 0,70 \times \sqrt{30} = 3,834 \text{ MPa}$$

$$P_u = 10 \% \times P_{u \text{ kolom}} = 10 \% \times 1000296 = 100029,6 \text{ kg}$$

Tegangan tarik yang terjadi :

$$f_r = \frac{P_u}{\Phi \cdot b \cdot h} = \frac{100029,6}{0,8 \times 400 \times 600}$$

$$= 0,521 \text{ MPa} < f_{r \text{ ijin}} = 3,834 \text{ MPa} \dots \text{ OK}$$

### Penulangan Lentur

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti penulangan pada kolom.

Beban – beban yang terjadi pada sloof :

$$P_u = 10 \% \times P_{u \text{ kolom}} = 10 \% \times 1000296 = 100029,6 \text{ kg}$$

$$\text{- Berat sendiri sloof} = 1,2 \times 0,4 \times 0,6 \times 2400 = 691,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{- Berat dinding} = 1,2 \times 4,2 \times 250 = \underline{1260} \\ \text{kg/m}$$

$$q_u = 1951,2 \\ \text{kg/m}$$

Panjang tie beam = 8 m

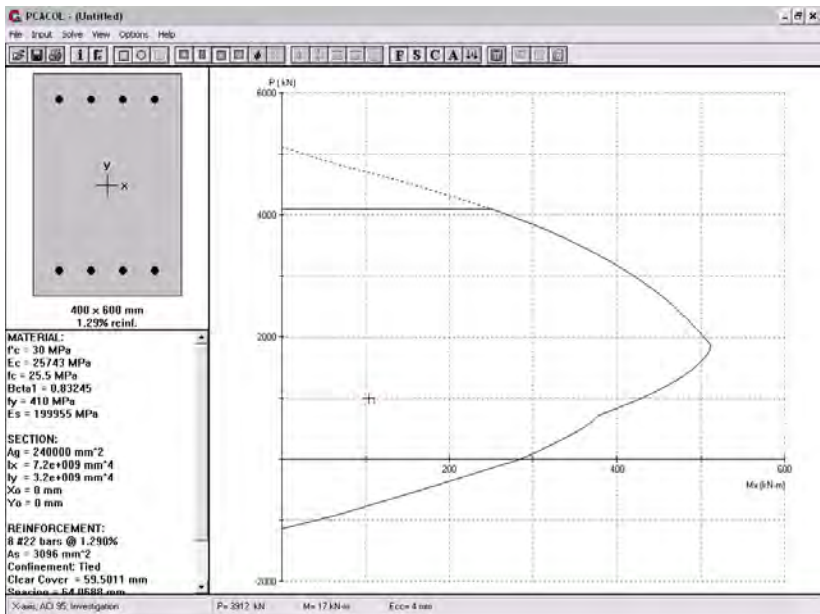
$$D (Vu) = \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 1951,2 \times 8$$

$$= 7804,8 \text{ kg}$$

Momen yang terjadi :

$$\begin{aligned} Mu &= \frac{1}{12} \times q_u \times L^2 = \frac{1}{12} \times 1951,2 \times 8^2 \\ &= 10406,4 \text{ kgm} = 104064 \times 10^3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Dari diagram interaksi PCACOOOL, didapat :



Gambar 7.5. Diagram Interaksi Aksial vs Momen

Dari diagram interaksi diatas, didapat  $\rho = 1,29 \%$

Luas tulangan perlu :

$$A_s = 0,0129 \times 400 \times 600 = 3096 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan 8D22 ( $A_s = 3039,52 \text{ mm}^2$ )

### **Penulangan Geser**

Geser yang terjadi :

$$V_u = \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 1951,2 \times 8 = 7804,8 \text{ kg}$$

$$\text{Tinggi efektif (d)} = (600 - (50 + 10 - \frac{1}{2} \cdot 22)) = 529 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 2 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \times \left[ 1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right] \\ &= 2 \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 400 \times 529 \times \left[ 1 + \frac{78048}{14 \times 400 \times 600} \right] \\ &= 395300,801 \text{ N} = 39530,0801 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi \cdot V_c &= 0,6 \times 39530,0801 \text{ kg} \\ &= 23718,048 \text{ kg} > 7804,8 \text{ kg} \text{ ..... OK} \end{aligned}$$

Karena  $V_u < \Phi \cdot V_c$ , maka tidak perlu tulangan geser

Jadi dipasang tulangan geser praktis  $\emptyset 12 - 200$

*“ halaman ini sengaja dikosongkan ”*

## **BAB VIII**

### **PENUTUP**

#### **8.1 Kesimpulan**

Dari hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisa perhitungan struktur sekunder didapatkan :
  - a. Plat lantai menggunakan bondek PT. BRC LYSAGHT INDONESIA  $t = 0,75$  mm, dengan tebal plat beton :
    - Atap  $t = 110$  mm
    - Lantai apartemen  $t = 110$  mm
  - b. Balok anak
    - Atap WF 300 x 150 x 6,5 x 9
    - Lantai apartemen WF 350 x 175 x 6 x 9
2. Dari hasil analisa perhitungan struktur primer didapatkan :
  - a. Balok induk :
    - Eksterior WF 500 x 300 x 11 x 15
    - Interior WF 500 x 300 x 11 x 15
  - b. Kolom :
    - Lantai 1-3 K 800 x 300 x 14 x 26
    - Lantai 4-7 K 700 x 300 x 13 x 24
    - Lantai 8-11 K 600 x 300 x 12 x 20
    - Lantai 12-15 K 600 x 200 x 11 x 17



- Lantai 16-19 K 500 x 200 x 10 x 16
3. Sistem ganda yang dipakai merupakan gabungan dari Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) dan Sistem Rangka Bresing Eksentrik (SRBE). Bresing dipakai model inverted V terbalik menggunakan profil WF200x200x12x12. Berdasarkan hasil analisa, prosentase beban lateral yang dipikul oleh SRBE berkisar sekitar 30% dan 70% lainnya dipikul oleh SRPM dari total beban lateral. Sehingga sistem ganda ini telah memenuhi syarat distribusi beban SNI 03-1726-2012 ps 7.2.5.1 yakni rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25% gaya gempa desain.
  4. Pondasi memakai tiang pancang PT. WIKA Beton untuk D = 50 cm (tipe A3) dengan kedalaman 24 m dari hasil penyelidikan tanah sondir.

## **8.2 Saran**

Perlu dilakukan studi yang lebih mendalam untuk menghasilkan perencanaan struktur dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan estetika. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dilaksanakan mendekati kondisi sesungguhnya di lapangan dan hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan yaitu kuat, ekonomis, dan tepat waktu dalam pelaksanaannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amon, Rene ; Knobloch, Bruce & Mazumder, Atanu.1999. *Perencanaan Konstruksi Baja Untuk Insinyur dan Arsitek* 2. Bandung : PT. Pradinya Paramita.
- Badan Standardisasi Nasional. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-1726-2012). Bandung : BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. *Tata Cara Perencanaan Perhitungan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-1729-2002). Bandung : BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. *Tata Cara Perencanaan Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-2847-2002).
- Departemen Pekerjaan Umum. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung* (PPIUG) 1983.
- G. Salmon, Charles & E.Johnson, John.1991. *Struktur Baja Desain Dan Perilaku* Jilid 1 Edisi Kedua. Diterjemahkan oleh : Ir. Wira M.S.CE. Jakarta : Erlangga.
- G. Salmon, Charles & E.Johnson, John.1996. *Struktur Baja Desain Dan Perilaku* Edisi Ketiga. Diterjemahkan oleh Ir.Mc.Prihminto Widodo. Jakarta : PT.Gramedia.

Smith, J,C,1996. *Structural Steel Desain LRFD Approach Second Edition*. John Wiley & Sons, Inc : United States of Amerika.

Suprobo,Priyo.2000.*Desain Balok Komposit Baja-Beton*. Surabaya : ITS Press.

Wahyudi, Herman. 1999. *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya : ITS.



Penulis dilahirkan di Samarinda, 26 Oktober 1990, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Kartika Samarinda, SD Muhammadiyah 1 Samarinda, SMP Negeri 2 Samarinda, SMA Negeri 1 Surabaya.

Sesuai dengan impian ingin kuliah di perguruan tinggi negeri, hingga akhirnya penulis diterima di Institut Teknologi Sepuluh

Nopember Surabaya melalui jalur PMDK Kemitraan pada tahun 2007 dan terdaftar dengan NRP 3107 100 016.

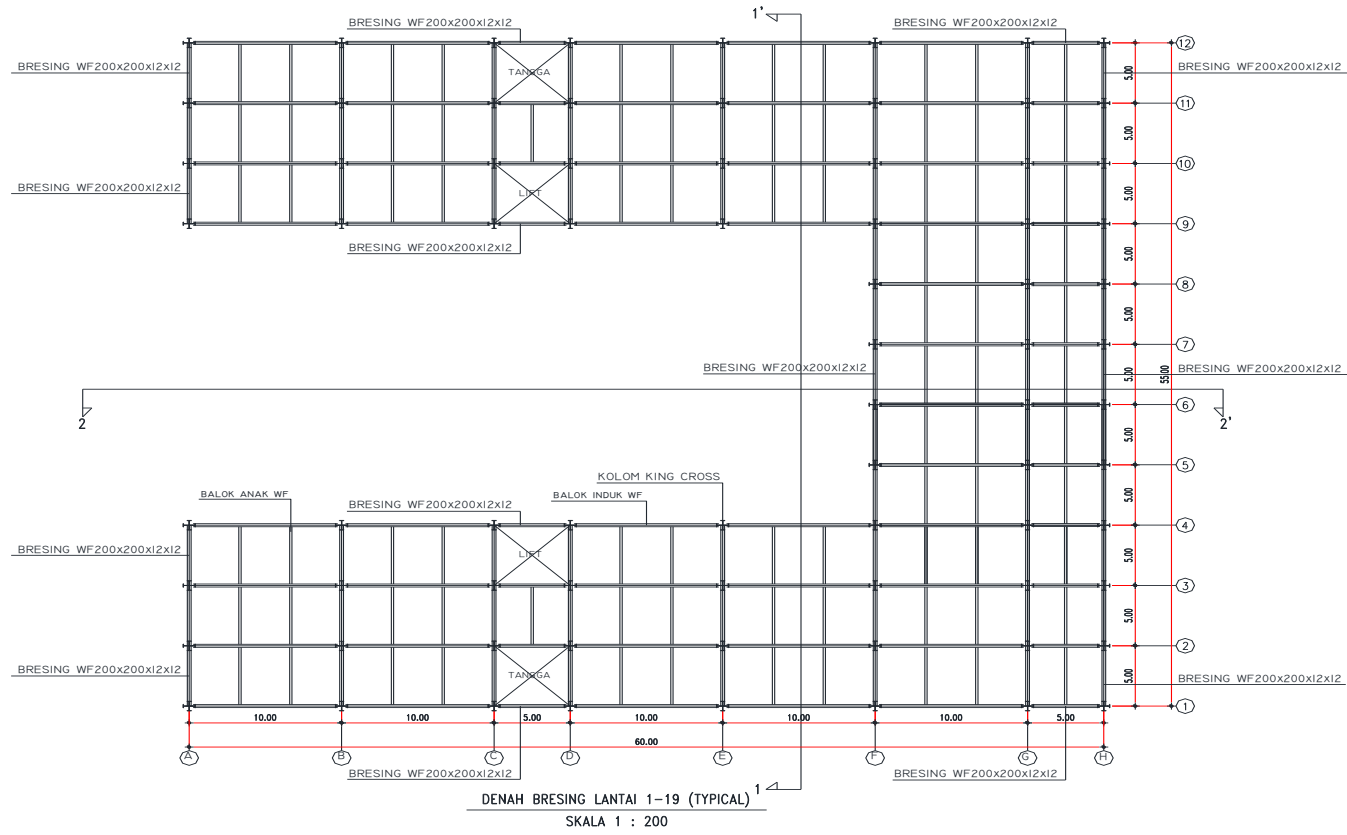
Penulis mengambil judul Tugas Akhir tentang modifikasi gedung menggunakan struktur baja dengan sistem ganda di wilayah gempa kuat. Ilmu tentang sistem ganda ini masih perlu disempurnakan lagi agar dapat digunakan secara tepat dan efisien di keadaan lapangan sehingga membuat penulis mengambil judul ini.

Setelah menempuh studi selama tujuh tahun, akhirnya penulis berhasil menyelesaikan masa studinya. Di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya, penulis adalah Mahasiswa Program Sarjana (S1) dengan bidang Studi Manajemen Proyek.

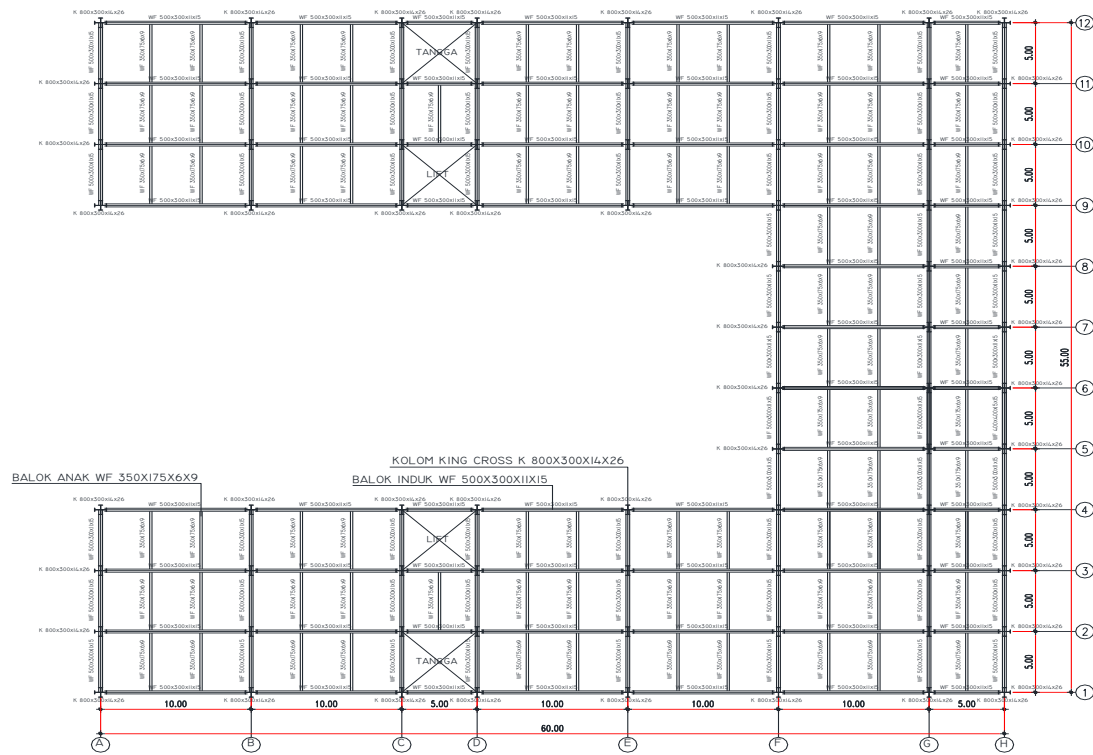
Email: [anzharieza@gmail.com](mailto:anzharieza@gmail.com)

**DAFTAR LAMPIRAN**

|   | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| Lampiran 1 Brosur Lift.....               | 273            |
| Lampiran 2 Brosur WIKA Pile .....         | 275            |
| Lampiran 3 Tabel Praktis Bondeks .....    | 277            |
| Lampiran 4 Data Tanah .....               | 278            |
| Lampiran 5 Brosur Profil King Cross ..... | 280            |



|   |    |
|---|----|
| JURUSAN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA 2014                   |    |
| JUDUL TUGAS AKHIR   |    |
| MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN PUNCAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM GANDA PADA WILAYAH GEMPA KUAT |    |
| DOSEN KONSULTASI  |    |
| DATA IRANATA, ST. MT. PhD   |    |
| MAHASISWA   |    |
| ANZHARI EZA PUTRA<br>3107 100 016   |    |
| JUDUL GAMBAR  |    |
| DENAH BRESING 1-19 (TYPICAL)  |    |
| NOMOR GAMBAR  |    |
| 1   | 18 |
| KETERANGAN  |    |
|   |    |



DENAH KOLOM DAN PEMBALOKAN LANTAI 1-3 (TYPICAL)  
SKALA 1 : 200

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
SURABAYA 2014

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
PUNCAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM  
GANDA PADA WILAYAH GEMPA  
KUAT

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST. MT. PhD

MAHASISWA

ANZHARI EZA PUTRA  
3107 100 016

JUDUL GAMBAR

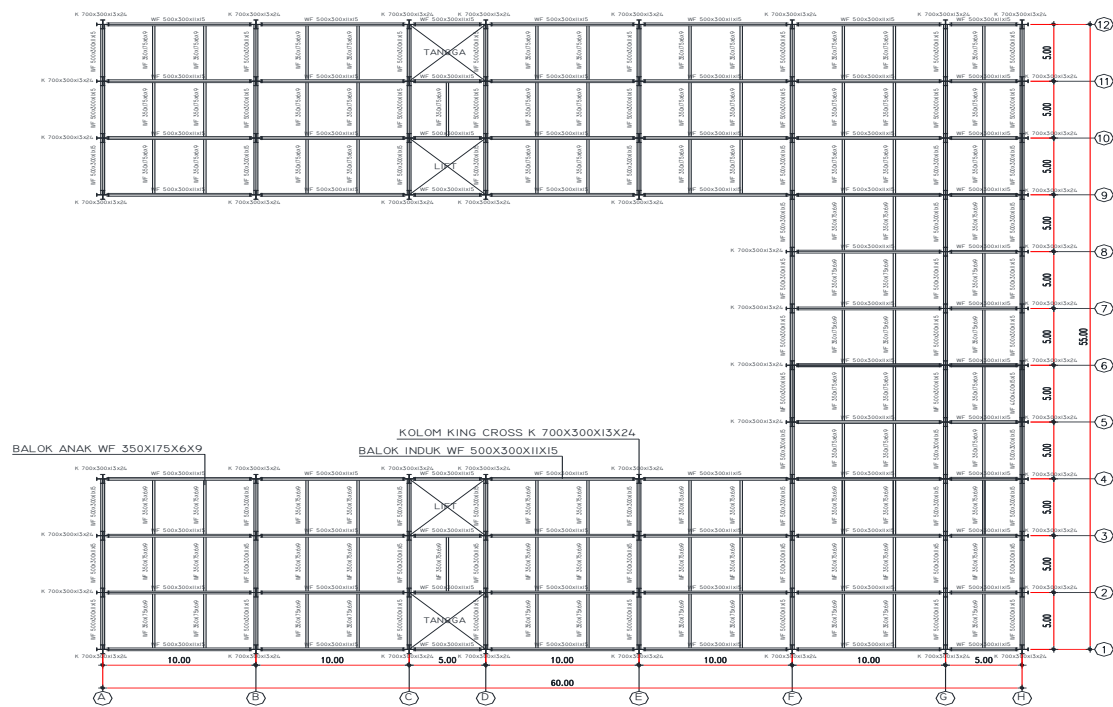
DENAH KOLOM DAN  
PEMBALOKAN LANTAI 1-3  
(TYPICAL)

NOMOR GAMBAR

2

18

KETERANGAN



DENAH KOLOM DAN PEMBALOKAN LANTAI 4-7 (TYPICAL)  
SKALA 1 : 200

|  |    |
|--|----|
| JURUSAN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN<br>PERENCANAAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH<br>NOPEMBER<br>SURABAYA 2014                            |    |
| JUDUL TUGAS AKHIR  |    |
| MODIFIKASI PERENCANAAN<br>STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN<br>PUNCAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN<br>STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM<br>GANDA PADA WILAYAH GEMPA<br>KUAT |    |
| DOSEN KONSULTASI   |    |
| DATA IRANATA, ST. MT. PhD  |    |
| MAHASISWA  |    |
| ANZHARI EZA PUTRA<br>3107 100 016  |    |
| JUDUL GAMBAR   |    |
| DENAH KOLOM DAN<br>PEMBALOKAN LANTAI 4-7<br>(TYPICAL)  |    |
| NOMOR GAMBAR   |    |
| 3  | 18 |
| KETERANGAN   |    |



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
 NOPEMBER  
 SURABAYA 2014

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
 PUNCAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN  
 STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM  
 GANDA PADA WILAYAH GEMPA  
 KUAT

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST. MT. PhD

MAHASISWA

ANZHARI EZA PUTRA  
 3107 100 016

JUDUL GAMBAR

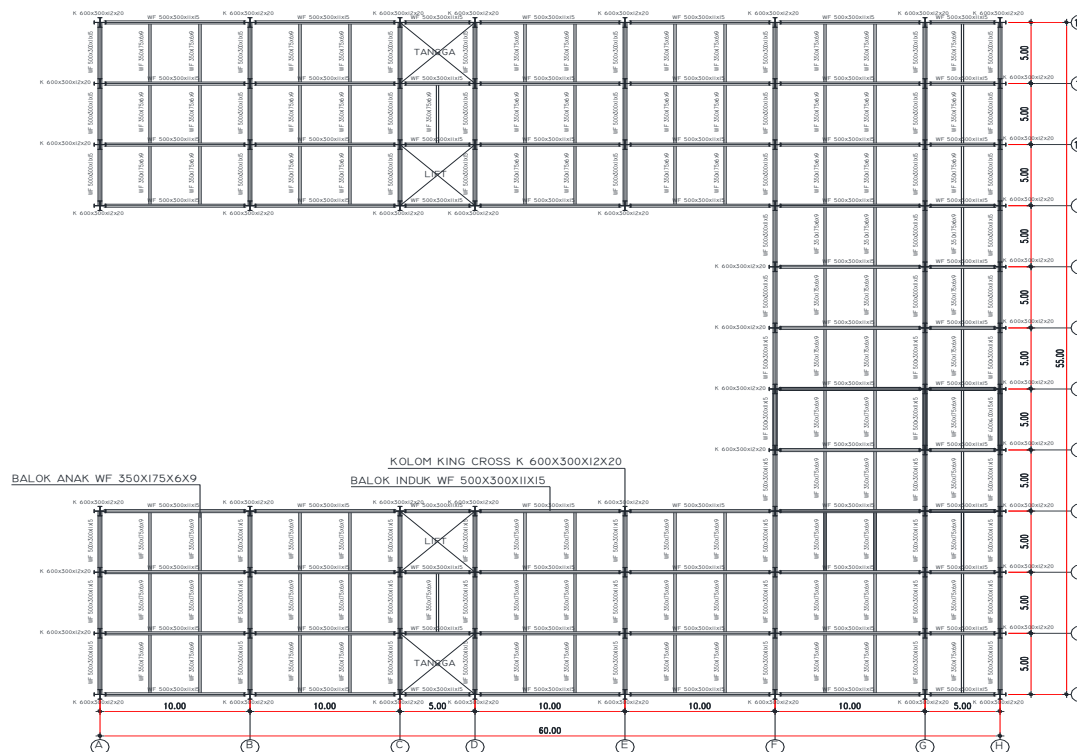
DENAH KOLOM DAN  
 PEMBALOKAN LANTAI 8-11  
 (TYPICAL)

NOMOR GAMBAR

4

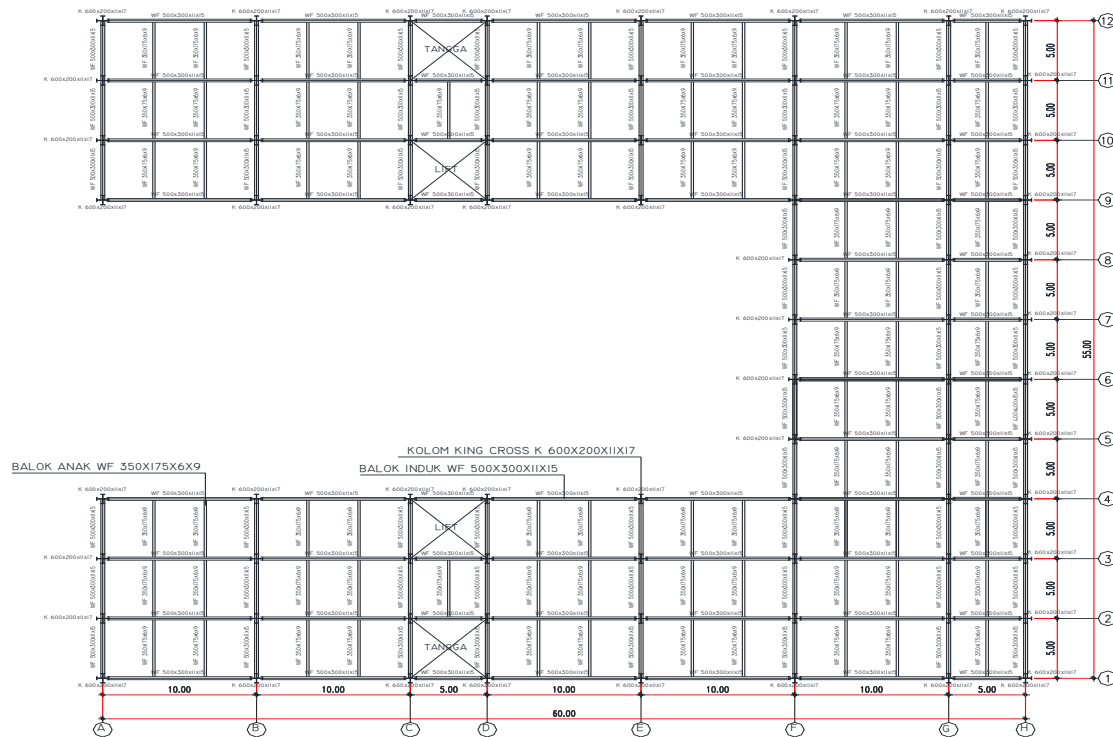
18

KETERANGAN



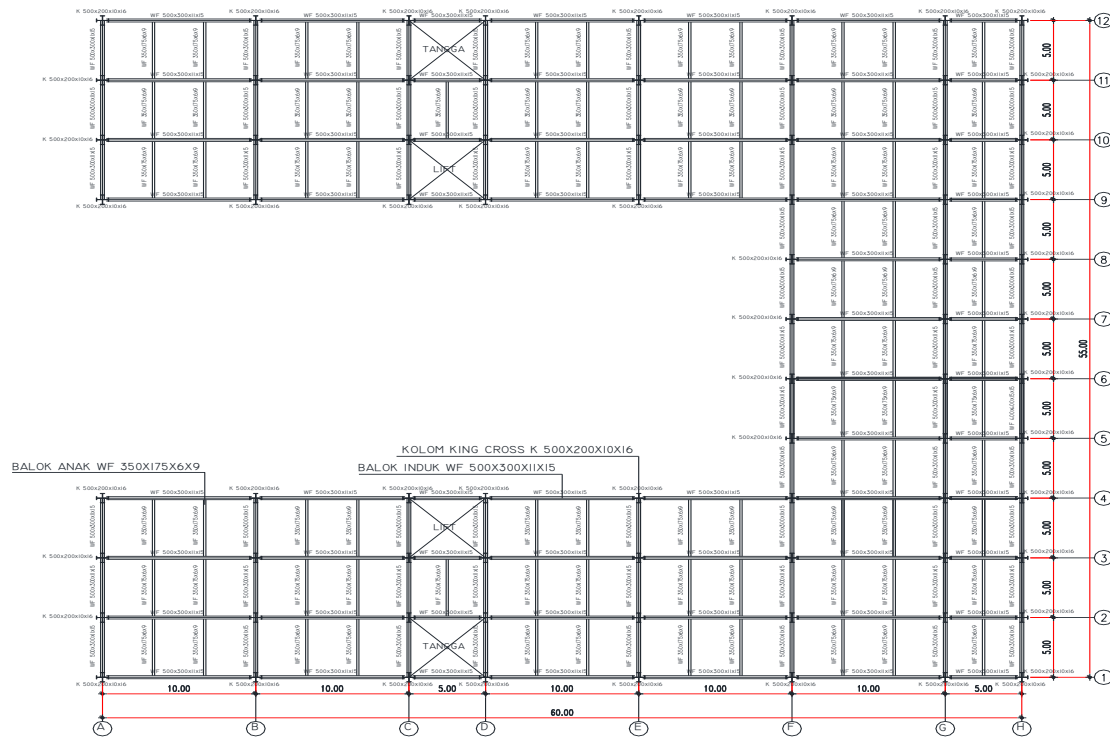
DENAH KOLOM DAN PEMBALOKAN LANTAI 8-11 (TYPICAL)

SKALA 1 : 200



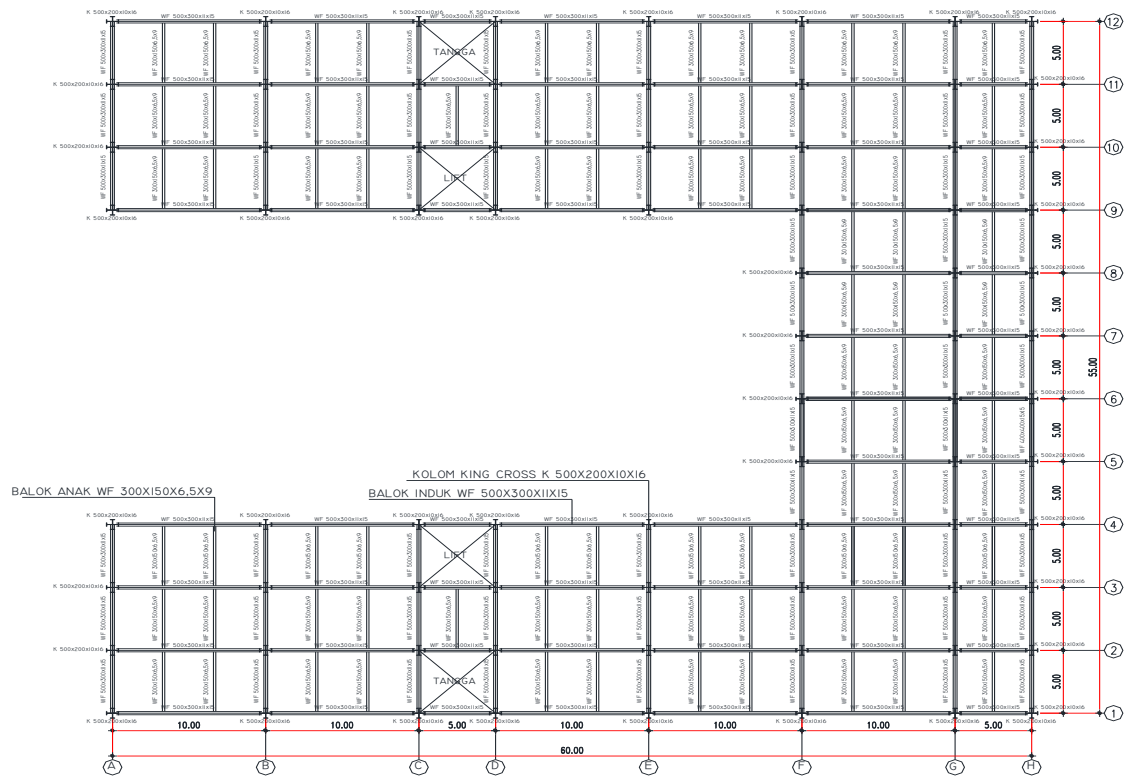
**DENAH KOLOM DAN PEMBALOKAN LANTAI 12-15 (TYPICAL)**  
SKALA 1 : 200

|   |    |
|---|----|
| JURUSAN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA 2014                   |    |
| JUDUL TUGAS AKHIR   |    |
| MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN PUNCAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM GANDA PADA WILAYAH GEMPA KUAT |    |
| DOSEN KONSULTASI  |    |
| DATA IRANATA, ST. MT. PhD   |    |
| MAHASISWA   |    |
| ANZHARI EZA PUTRA<br>3107 100 016   |    |
| JUDUL GAMBAR  |    |
| DENAH KOLOM DAN PEMBALOKAN LANTAI 12-15 (TYPICAL)   |    |
| NOMOR GAMBAR  |    |
| 5   | 18 |
| KETERANGAN  |    |



DENAH KOLOM DAN PEMBALKAN LANTAI 16-18 (TYPICAL)  
SKALA 1 : 200

|  |    |
|--|----|
| JURUSAN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN<br>PERENCANAAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH<br>NOPEMBER<br>SURABAYA 2014                            |    |
| JUDUL TUGAS AKHIR  |    |
| MODIFIKASI PERENCANAAN<br>STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN<br>PUNCAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN<br>STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM<br>GANDA PADA WILAYAH GEMPA<br>KUAT |    |
| DOSEN KONSULTASI   |    |
| DATA IRANATA, ST. MT. PhD  |    |
| MAHASISWA  |    |
| ANZHARI EZA PUTRA<br>3107 100 016  |    |
| JUDUL GAMBAR   |    |
| DENAH KOLOM DAN<br>PEMBALKAN LANTAI 16-18<br>(TYPICAL)   |    |
| NOMOR GAMBAR   |    |
| 6  | 18 |
| KETERANGAN   |    |



**DENAH KOLOM DAN PEMBALOKAN LANTAI 19 (ATAP)**  
SKALA 1 : 200

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
SURABAYA 2014

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
PUNCAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM  
GANDA PADA WILAYAH GEMPA  
KUAT

DOSEN KONSULTASI

DATA IRANATA, ST. MT. PhD

MAHASISWA

ANZHARI EZA PUTRA  
3107 100 016

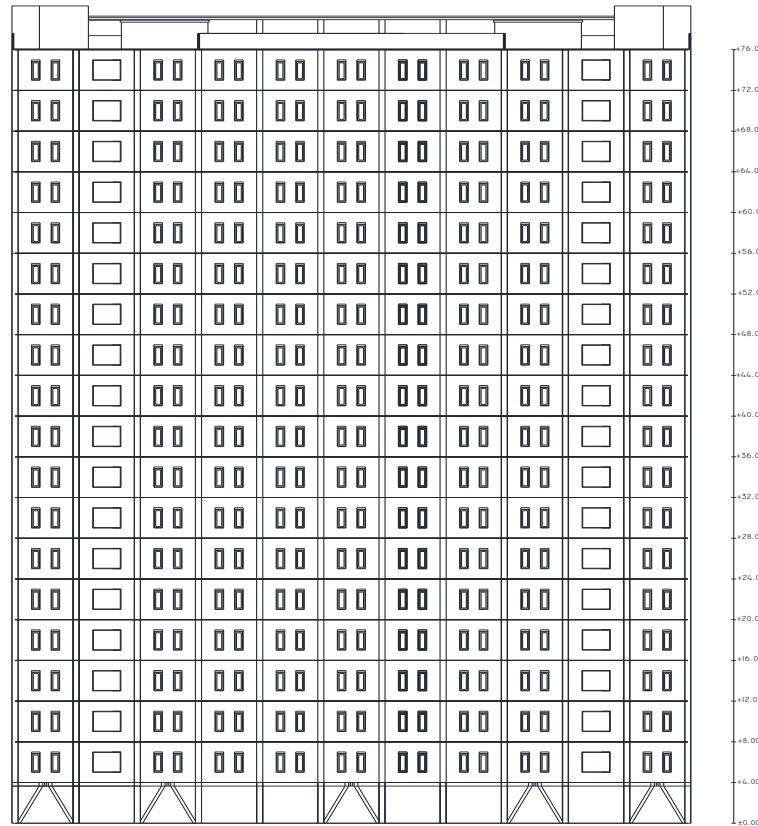
JUDUL GAMBAR

DENAH KOLOM DAN  
PEMBALOKAN LANTAI 19 (ATAP)

NOMOR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| 7 | 18 |
|---|----|

KETERANGAN



TAMPAK DEPAN  
SKALA 1 : 200

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
SURABAYA 2014

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
PUNCAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM  
GANDA PADA WILAYAH GEMPA  
KUAT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST. MT. PhD

MAHASISWA

ANZHARI EZA PUTRA  
3107 100 016

JUDUL GAMBAR

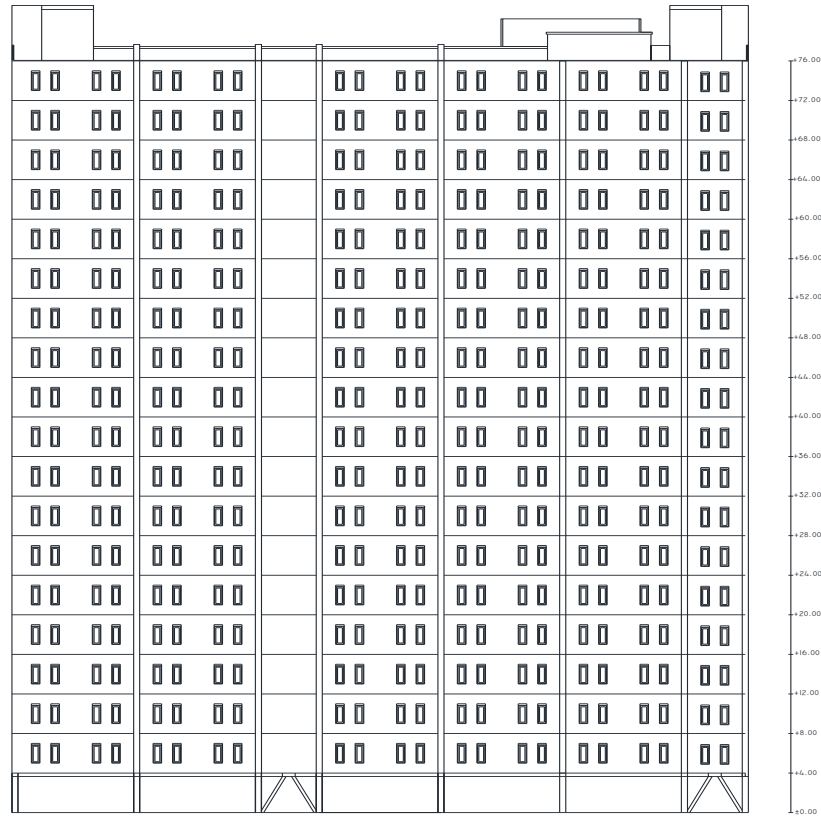
TAMPAK DEPAN

NOMOR GAMBAR

8

18

KETERANGAN



TAMPAK SAMPING  
SKALA 1 : 200

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
SURABAYA 2014

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
PUNCAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM  
GANDA PADA WILAYAH GEMPA  
KUAT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST. MT. PhD

MAHASISWA

ANZHARI EZA PUTRA  
3107 100 016

JUDUL GAMBAR

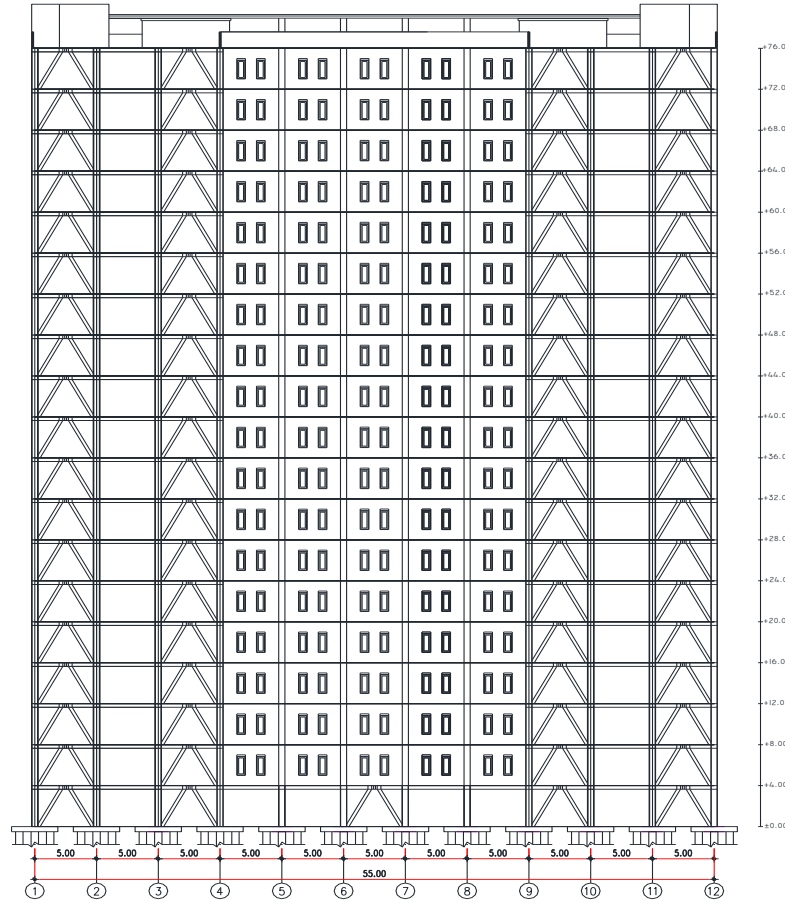
TAMPAK SAMPING

NOMOR GAMBAR

9

18

KETERANGAN



POTONGAN 1  
SKALA 1 : 200

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
SURABAYA 2014

JUDUL TUGAS AKHIR  
MODIFIKASI PERENCANAAN  
STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
PUNCAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM  
GANDA PADA WILAYAH GEMPA  
KUAT

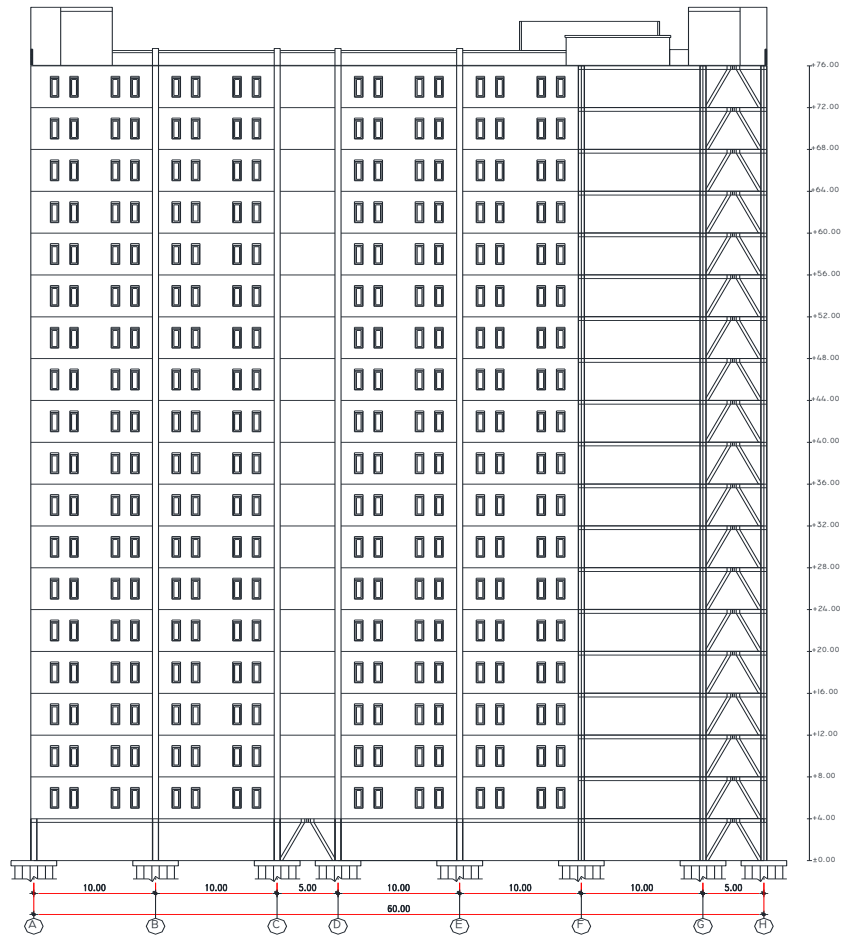
DOSEN PEMBIMBING  
DATA IRANATA, ST. MT. PhD

MAHASISWA  
ANZHARI EZA PUTRA  
3107 100 016

JUDUL GAMBAR  
POTONGAN 1

NOMOR GAMBAR  
10                      18

KETERANGAN



POTONGAN 2  
SKALA 1 : 200

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
SURABAYA 2014

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
PUNCAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM  
GANDA PADA WILAYAH GEMPA  
KUAT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST. MT. PhD

MAHASISWA

ANZHARI EZA PUTRA  
3107 100 016

JUDUL GAMBAR

POTONGAN 2

NOMOR GAMBAR

11

18

KETERANGAN



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
 NOPEMBER  
 SURABAYA 2014

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
 PUNCAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN  
 STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM  
 GANDA PADA WILAYAH GEMPA  
 KUAT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST. MT. PhD

MAHASISWA

ANZHARI EZA PUTRA  
 3107 100 016

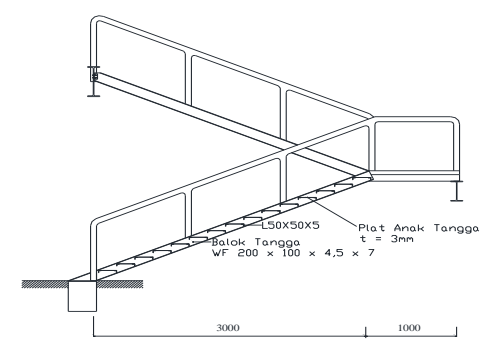
JUDUL GAMBAR

DETAIL TANGGA

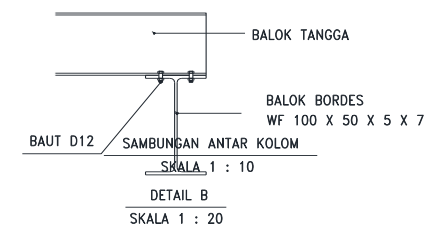
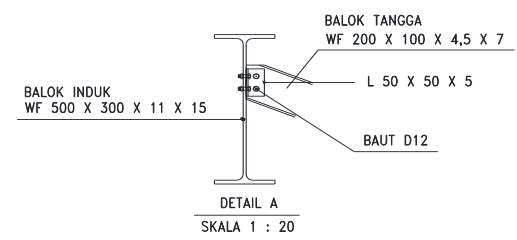
NOMOR GAMBAR

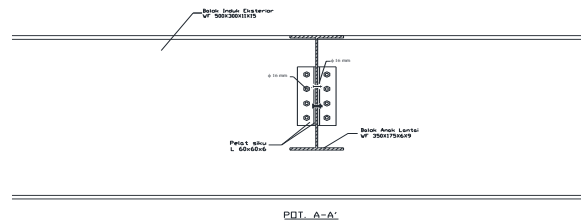
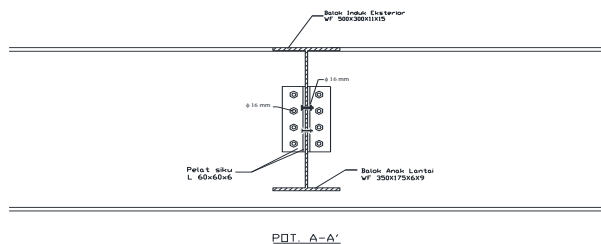
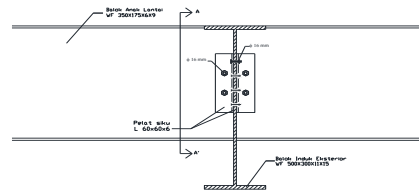
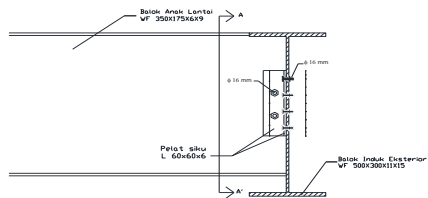
12                      18

KETERANGAN



POTONGAN TANGGA  
 SKALA 1 : 100





SAMBUNGAN BALOK ANAK DAN BALOK INDUK EKSTERIOR  
SKALA 1 : 10

SAMBUNGAN BALOK ANAK DAN BALOK INDUK INTERIOR  
SKALA 1 : 10

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
SURABAYA 2014

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
PUNCAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM  
GANDA PADA WILAYAH CEMPA  
KUAT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST. MT, PhD

MAHASISWA

ANZHARI EZA PUTRA  
3107 100 016

JUDUL GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK ANAK DAN  
BALOK INDUK

NOMOR GAMBAR

13

18

KETERANGAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
 NOPEMBER  
 SURABAYA 2014

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
 PUNCAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN  
 STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM  
 GANDA PADA WILAYAH GEMPA  
 KUAT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST. MT. PhD

MAHASISWA

ANZHARI EZA PUTRA  
 3107 100 016

JUDUL GAMBAR

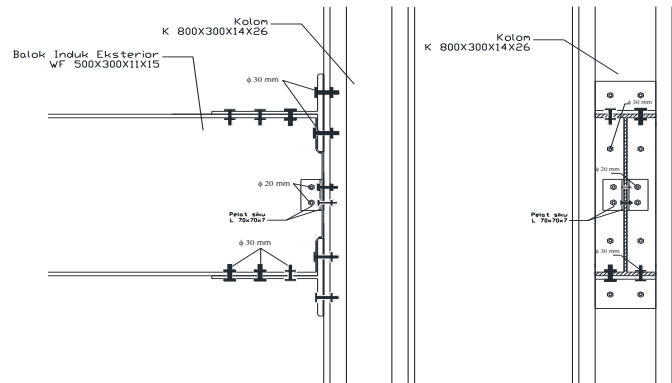
DETAIL SAMBUNGAN BALOK  
 INDUK DENGAN KOLOM  
 SAMBUNGAN ANTAR KOLOM

NOMOR GAMBAR

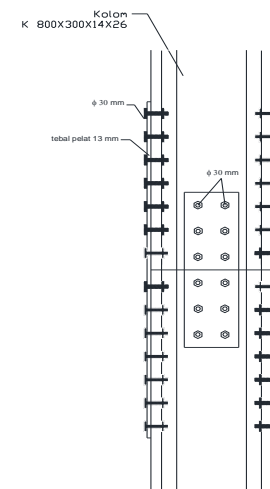
14

18

KETERANGAN



SAMBUNGAN BALOK INDUK DENGAN KOLOM  
 SKALA 1 : 10



SAMBUNGAN ANTAR KOLOM  
 SKALA 1 : 10

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
 NOPEMBER  
 SURABAYA 2014

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
 STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
 PUNCAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN  
 STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM  
 GANDA PADA WILAYAH GEMPA  
 KUAT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST. MT. PhD

MAHASISWA

ANZHARI EZA PUTRA  
 3107 100 016

JUDUL GAMBAR

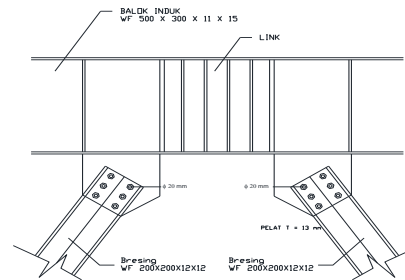
DETAIL SAMBUNGAN BRESING

NOMOR GAMBAR

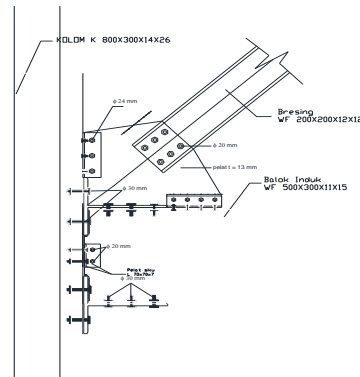
15

18

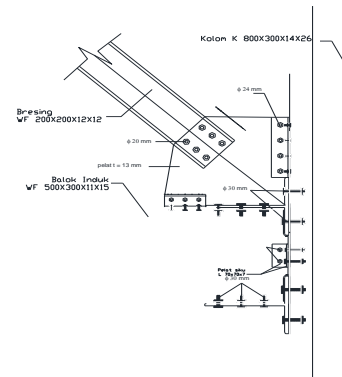
KETERANGAN



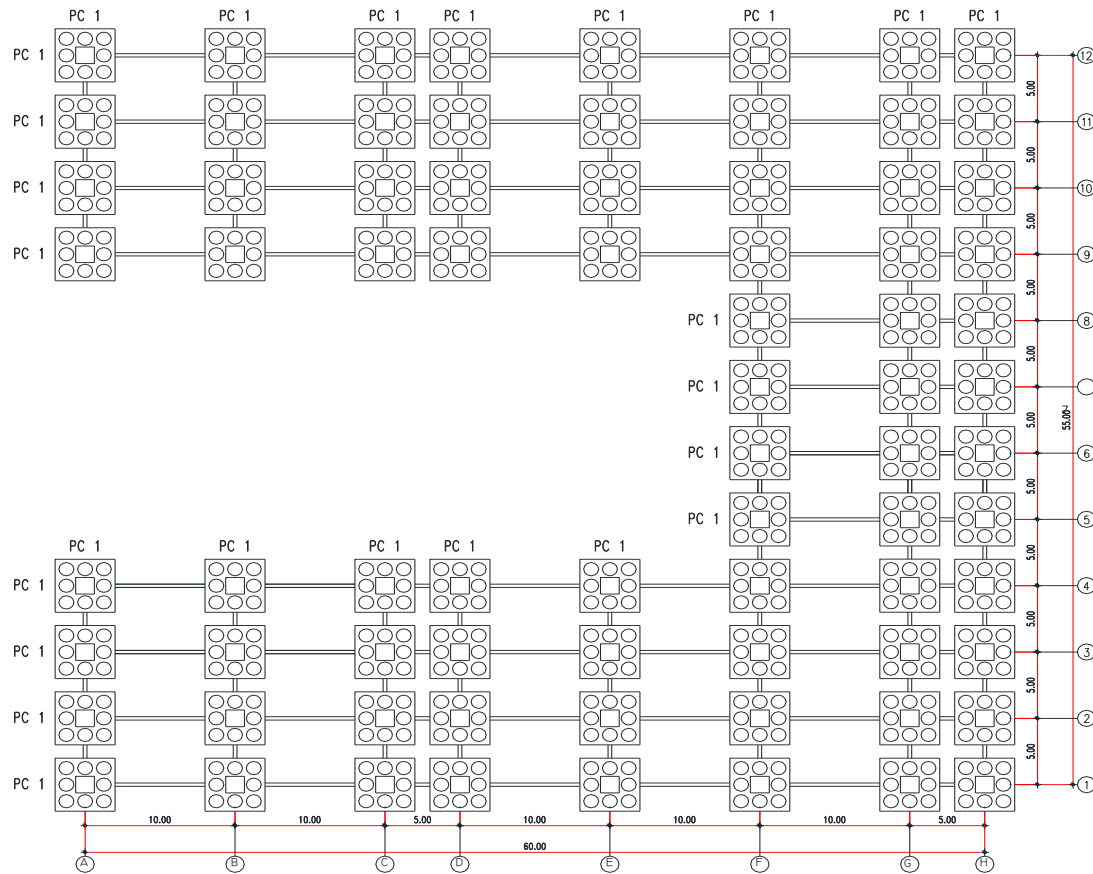
SAMBUNGAN BRESING PADA BALOK INDUK  
 SKALA 1 : 10



SAMBUNGAN BRESING TEKAN DENGAN BALOK INDUK DAN KOLOM  
 SKALA 1 : 10

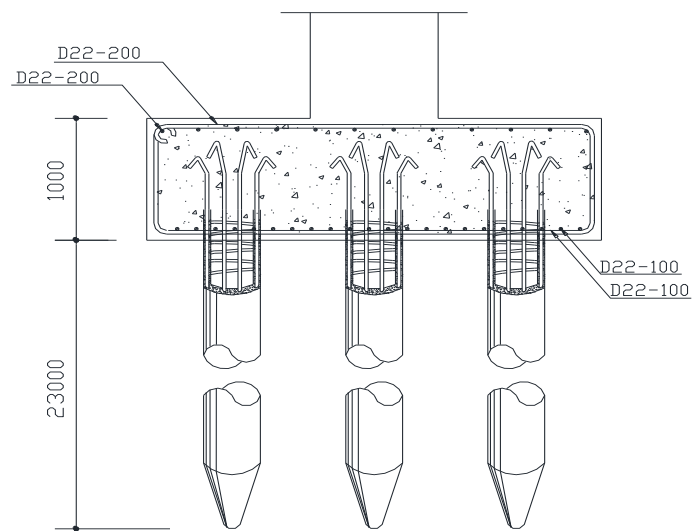
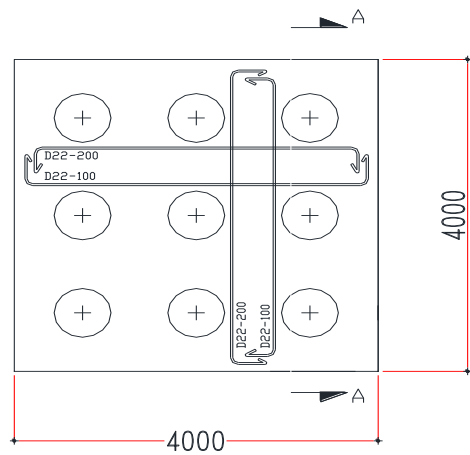


SAMBUNGAN BRESING TARIK DENGAN BALOK INDUK DAN KOLOM  
 SKALA 1 : 10



DENAH PONDASI  
SKALA 1 : 200

|   |    |
|---|----|
| JURUSAN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA 2014                   |    |
| JUDUL TUGAS AKHIR   |    |
| MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN PUNCAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM GANDA PADA WILAYAH GEMPA KUAT |    |
| DOSEN PEMBIMBING  |    |
| DATA IRANATA, ST. MT. PhD   |    |
| MAHASISWA   |    |
| ANZHARI EZA PUTRA<br>3107 100 016   |    |
| JUDUL GAMBAR  |    |
| DENAH PONDASI   |    |
| NOMOR GAMBAR  |    |
| 16  | 18 |
| KETERANGAN  |    |



PENULANGAN POER PADA KOLOM  
SKALA 1 : 10

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
SURABAYA 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN  
STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
PUNCAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN  
STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM  
GANDA PADA WILAYAH GEMPA  
KUAT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST. MT. PhD

MAHASISWA

ANZHARI EZA PUTRA  
3107 100 016

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN POER PADA  
KOLOM

NOMOR GAMBAR

17

18

KETERANGAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
 NOPEMBER  
 SURABAYA 2018

JUDUL TUGAS AKHIR  
 MODIFIKASI PERENCANAAN  
 STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN  
 PUNCAK KERTAJAYA MENGGUNAKAN  
 STRUKTUR BAJA DENGAN SISTEM  
 GANDA PADA WILAYAH GEMPA  
 KUAT

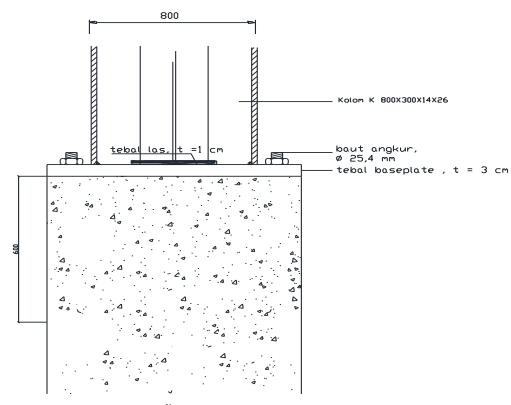
DOSEN PEMBIMBING  
 DATA IRANATA, ST. MT. PhD

MAHASISWA  
 ANZHARI EZA PUTRA  
 3107 100 016

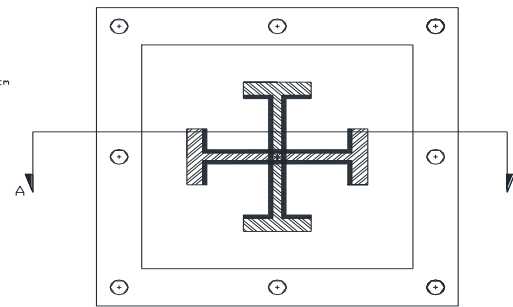
JUDUL GAMBAR  
 SAMBUNGAN KOLOM DAN BASE  
 PLATE

NOMOR GAMBAR  
 18                      18

KETERANGAN



POTONGAN A-A  
 SKALA 1 : 10



SAMBUNGAN KOLOM DAN BASE PLATE  
 SKALA 1 : 10

| Speed (m/min) | OverHead (OH) | Pit (P) | M/C Room height (mm) |
|---------------|---------------|---------|----------------------|
| 45            | 4400          | 2700    | 2700                 |
| 60            | 4600          | 3100    | 3100                 |
| 90            | 4800          | 1800    | 2400                 |
| 105           | 5000          | 2100    | 2400                 |

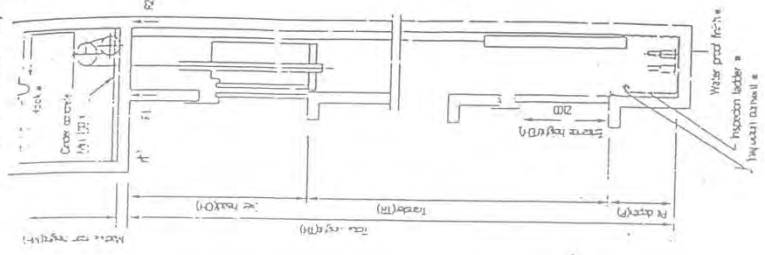
- The temperature of the machine room should be kept lower than 40°C, and the humidity is less than 90%, which requires a suitable ventilation window, a ventilator, or an air conditioner and protects from occurring any toxic gas or dust.
- The height of the machine room should be minimum 2100mm in case of traction double deck, absorb structure.
- The size in left are minimum values.

### Standard Dimensions & Reactions

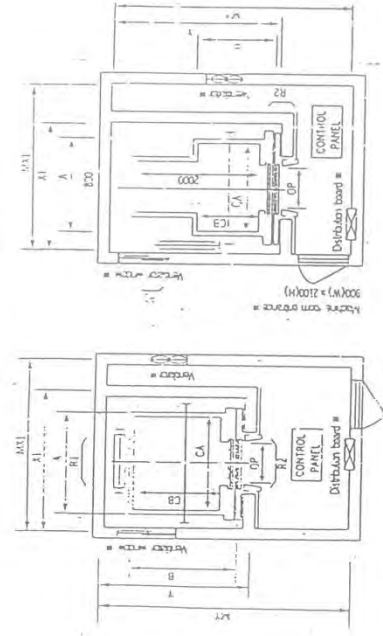
| Speed (m/min) | Capacity    | Clear Opening | CAR        |             | Hoistway    |             |        | Machine Room |       |        | M/C Room /Reaction (kgs) |        |      |       |      |      |
|---------------|-------------|---------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------|--------------|-------|--------|--------------------------|--------|------|-------|------|------|
|               |             |               | Internal   | External    | 1 car       | 2 cars      | 3 cars | Depth        | 1 car | 2 cars |                          | 3 cars |      |       |      |      |
| 45            | 6           | 870           | CA x CB    | A x B       | x 1         | x 2         | x 3    | Y            | M x 1 | M x 2  | M x 3                    | MY     | R1   | R2    |      |      |
|               |             |               | 1400 x 850 | 1460 x 1005 | 1800        | 3700        | 5600   | 1480         | 2000  | 4000   | 6000                     | 3200   | 3600 | 2000  |      |      |
|               | 8           | 550           | 800        | 1400 x 1030 | 1460 x 1185 | 1800        | 3700   | 5600         | 1660  | 2000   | 4000                     | 6000   | 3400 | 4050  | 2250 |      |
|               |             |               |            | 1400 x 1100 | 1460 x 1255 | 1800        | 3700   | 5600         | 1730  | 2000   | 4000                     | 6000   | 3500 | 4100  | 2450 |      |
|               | 10          | 680           | 800        | 1400 x 1250 | 1460 x 1405 | 1800        | 3700   | 5600         | 1880  | 2000   | 4000                     | 6000   | 3600 | 4200  | 2700 |      |
|               |             |               |            | 1400 x 1350 | 1460 x 1505 | 1800        | 3700   | 5600         | 2000  | 2000   | 4000                     | 6000   | 3700 | 4550  | 2680 |      |
|               | 13          | 900           | 900        | 1600 x 1350 | 1660 x 1505 | 2050        | 4200   | 6350         | 2000  | 2300   | 4400                     | 6600   | 3750 | 5100  | 3750 |      |
|               |             |               |            | 1600 x 1500 | 1660 x 1655 | 2050        | 4200   | 6350         | 2150  | 2300   | 4400                     | 6600   | 3850 | 5450  | 4300 |      |
|               | 17          | 1150          | 1000       | 1800 x 1500 | 1900 x 1670 | 2350        | 4800   | 7250         | 2280  | 2600   | 4900                     | 7500   | 3900 | 6600  | 5100 |      |
|               |             |               |            | 2000 x 1350 | 2100 x 1520 | 2550        | 5200   | 7850         | 2130  | 2800   | 5250                     | 8300   | 3800 |       |      |      |
|               | 20          | 1350          | 1000       | 1800 x 1700 | 1900 x 1870 | 2350        | 4800   | 7250         | 2480  | 2600   | 4900                     | 7500   | 4200 | 7800  | 6000 |      |
|               |             |               |            | 2000 x 1500 | 2100 x 1670 | 2550        | 5200   | 7850         | 2280  | 2800   | 5250                     | 8300   | 4000 |       |      |      |
|               | 24          | 1600          | 1100       | 2000 x 1750 | 2100 x 1920 | 2550        | 3200   | 4850         | 2530  | 2900   | 5400                     | 8300   | 4300 | 8500  | 6800 |      |
|               |             |               |            | 2150 x 1500 | 2250 x 1770 | 2700        | 3500   | 5300         | 2380  | 3000   | 5650                     | 8700   | 4200 |       |      |      |
|               | 60          | 6             | 450        | 800         | 1400 x 850  | 1460 x 1020 | 2300   | 4400         | 6550  | 2500   | 2600                     | 4700   | 6850 | 4300  | 3750 | 2250 |
|               |             |               |            |             | 1400 x 1030 | 1460 x 1200 | 2300   | 4400         | 6550  | 2500   | 2600                     | 4700   | 6850 | 4300  | 4200 | 2500 |
|               |             | 8             | 550        | 800         | 1400 x 1100 | 1460 x 1270 | 2300   | 4400         | 6550  | 2500   | 2600                     | 4700   | 6850 | 4300  | 4500 | 2900 |
| 1400 x 1250   |             |               |            |             | 1460 x 1420 | 2300        | 4400   | 6550         | 2500  | 2600   | 4700                     | 6850   | 4300 | 4900  | 3400 |      |
| 11            |             | 750           | 800        | 1400 x 1350 | 1460 x 1520 | 2300        | 4400   | 6550         | 2500  | 2600   | 4700                     | 6850   | 4300 | 4900  | 3400 |      |
|               |             |               |            | 1600 x 1350 | 1660 x 1520 | 2500        | 4500   | 7400         | 2500  | 3000   | 5200                     | 7600   | 4300 | 4900  | 3400 |      |
| 15            |             | 100           | 900        | 1600 x 1500 | 1660 x 1670 | 2500        | 4900   | 7400         | 2500  | 3000   | 5200                     | 7600   | 4300 | 5500  | 4100 |      |
|               |             |               |            | 1800 x 1500 | 1800 x 1670 | 2750        | 5400   | 8150         | 2500  | 3200   | 5700                     | 8450   | 4300 | 9400  | 7700 |      |
| 20            |             | 1350          | 1000       | 1800 x 1700 | 1900 x 1870 | 2750        | 5400   | 8150         | 2500  | 3200   | 5700                     | 8450   | 4300 | 10500 | 8500 |      |
|               |             |               |            | 1800 x 2000 | 1900 x 2170 | 2750        | 5400   | 8150         | 2550  | 3200   | 5700                     | 8450   | 4350 | 11500 | 9500 |      |
| 90            |             | 6             | 450        | 800         | 1400 x 850  | 1460 x 1020 | 2300   | 4400         | 6550  | 2500   | 2600                     | 4700   | 6850 | 4300  | 3750 | 2250 |
|               |             |               |            |             | 1400 x 1030 | 1460 x 1200 | 2300   | 4400         | 6550  | 2500   | 2600                     | 4700   | 6850 | 4300  | 4200 | 2500 |
|               |             | 8             | 550        | 800         | 1400 x 1100 | 1460 x 1270 | 2300   | 4400         | 6550  | 2500   | 2600                     | 4700   | 6850 | 4300  | 4500 | 2900 |
|               |             |               |            |             | 1400 x 1250 | 1460 x 1420 | 2300   | 4400         | 6550  | 2500   | 2600                     | 4700   | 6850 | 4300  | 4900 | 3400 |
|               |             | 11            | 750        | 800         | 1400 x 1350 | 1460 x 1520 | 2300   | 4400         | 6550  | 2500   | 2600                     | 4700   | 6850 | 4300  | 4900 | 3400 |
|               |             |               |            |             | 1600 x 1350 | 1660 x 1520 | 2500   | 4500         | 7400  | 2500   | 3000                     | 5200   | 7600 | 4300  | 5500 | 4100 |
|               |             | 15            | 100        | 900         | 1600 x 1500 | 1660 x 1670 | 2500   | 4900         | 7400  | 2500   | 3000                     | 5200   | 7600 | 4300  | 5500 | 4100 |
|               | 1800 x 1500 |               |            |             | 1800 x 1670 | 2750        | 5400   | 8150         | 2500  | 3200   | 5700                     | 8450   | 4300 | 9400  | 7700 |      |
|               | 20          | 1350          | 1000       | 1800 x 1700 | 1900 x 1870 | 2750        | 5400   | 8150         | 2500  | 3200   | 5700                     | 8450   | 4300 | 10500 | 8500 |      |
|               |             |               |            | 1800 x 2000 | 1900 x 2170 | 2750        | 5400   | 8150         | 2550  | 3200   | 5700                     | 8450   | 4350 | 11500 | 9500 |      |
|               | 105         | 6             | 450        | 800         | 1400 x 850  | 1460 x 1020 | 2300   | 4400         | 6550  | 2500   | 2600                     | 4700   | 6850 | 4300  | 3750 | 2250 |
|               |             |               |            |             | 1400 x 1030 | 1460 x 1200 | 2300   | 4400         | 6550  | 2500   | 2600                     | 4700   | 6850 | 4300  | 4200 | 2500 |
|               |             | 8             | 550        | 800         | 1400 x 1100 | 1460 x 1270 | 2300   | 4400         | 6550  | 2500   | 2600                     | 4700   | 6850 | 4300  | 4500 | 2900 |
|               |             |               |            |             | 1400 x 1250 | 1460 x 1420 | 2300   | 4400         | 6550  | 2500   | 2600                     | 4700   | 6850 | 4300  | 4900 | 3400 |
|               |             | 11            | 750        | 800         | 1400 x 1350 | 1460 x 1520 | 2300   | 4400         | 6550  | 2500   | 2600                     | 4700   | 6850 | 4300  | 4900 | 3400 |
|               |             |               |            |             | 1600 x 1350 | 1660 x 1520 | 2500   | 4500         | 7400  | 2500   | 3000                     | 5200   | 7600 | 4300  | 5500 | 4100 |
|               |             | 15            | 100        | 900         | 1600 x 1500 | 1660 x 1670 | 2500   | 4900         | 7400  | 2500   | 3000                     | 5200   | 7600 | 4300  | 5500 | 4100 |
| 1800 x 1500   |             |               |            |             | 1800 x 1670 | 2750        | 5400   | 8150         | 2500  | 3200   | 5700                     | 8450   | 4300 | 9400  | 7700 |      |
| 20            |             | 1350          | 1000       | 1800 x 1700 | 1900 x 1870 | 2750        | 5400   | 8150         | 2500  | 3200   | 5700                     | 8450   | 4300 | 10500 | 8500 |      |
|               |             |               |            | 1800 x 2000 | 1900 x 2170 | 2750        | 5400   | 8150         | 2550  | 3200   | 5700                     | 8450   | 4350 | 11500 | 9500 |      |



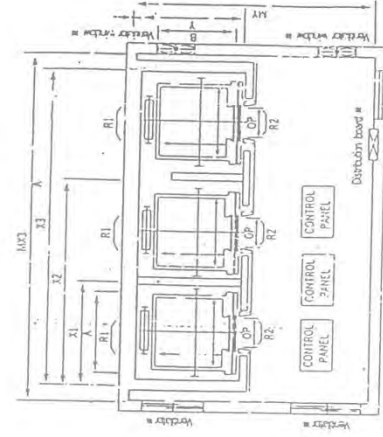
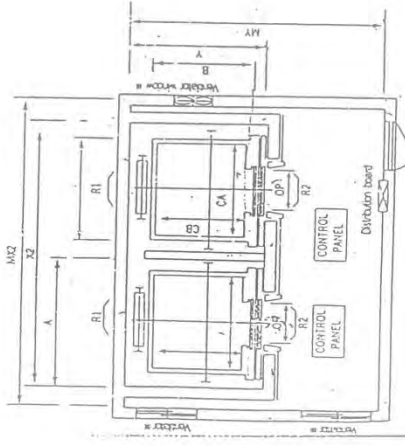
Section of Hoistway



Plan of Hoistway & Machine Room

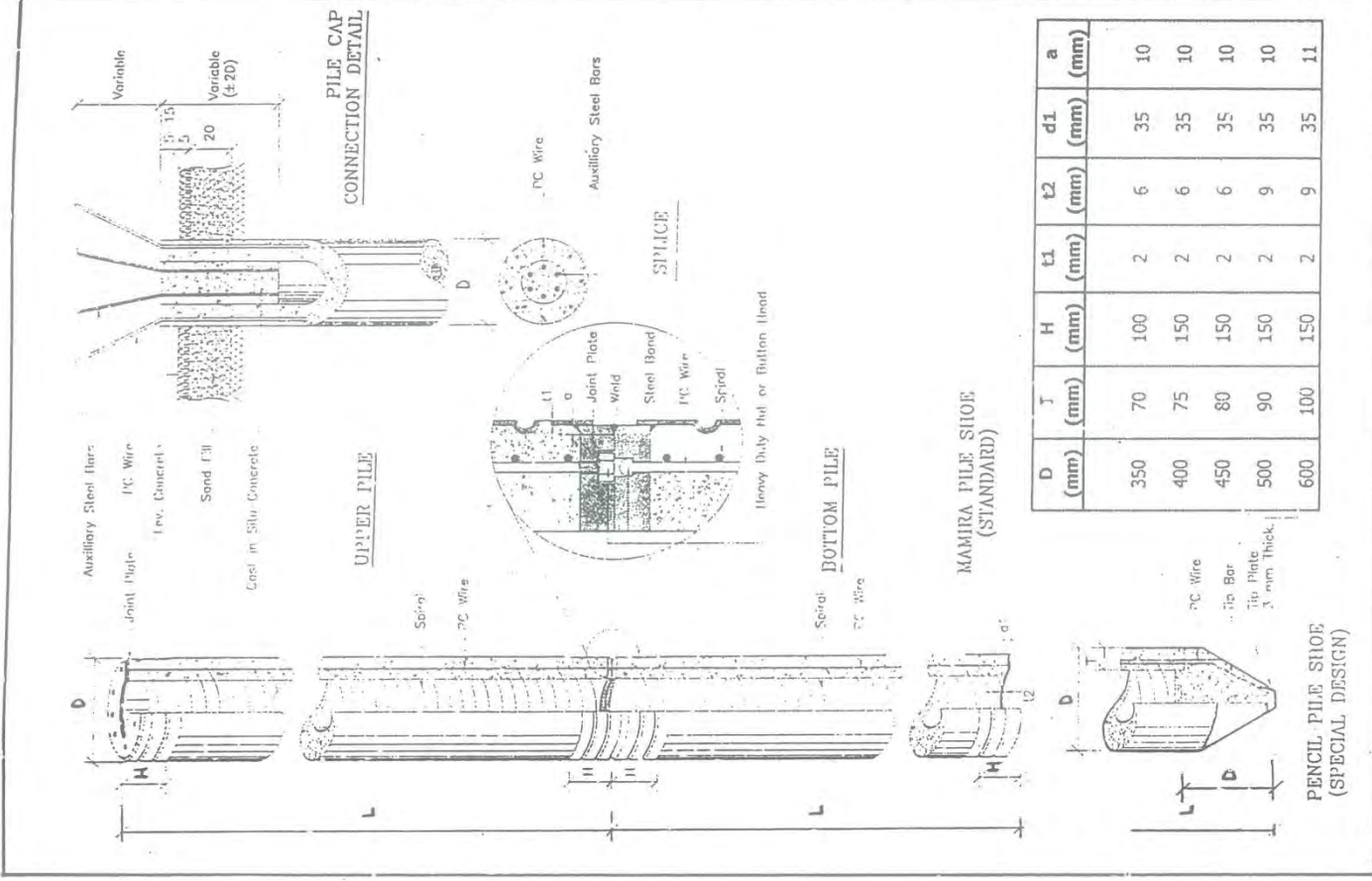


Works to be done by other contractors



YOUNG JIN ELEVATOR CO., LTD.

# PILE HEAD, SPLICE & SHOE



| D (mm) | J (mm) | H (mm) | t1 (mm) | t2 (mm) | d1 (mm) | a (mm) |
|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|
| 350    | 70     | 100    | 2       | 6       | 35      | 10     |
| 400    | 75     | 150    | 2       | 6       | 35      | 10     |
| 450    | 80     | 150    | 2       | 6       | 35      | 10     |
| 500    | 90     | 150    | 2       | 9       | 35      | 10     |
| 600    | 100    | 150    | 2       | 9       | 35      | 11     |

## WIKI PILE CLASSIFICATION

| No. | Pile Diameter (mm) | Thick Class (mm) | PC Wire D(mm) | PC Wire Numb | Area of Steel (cm <sup>2</sup> ) | Area of Concrete (cm <sup>2</sup> ) | Section Modulus (cm <sup>3</sup> ) | Effective Prestress (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Allowable Axial (T) | Bending Moment |           |
|-----|--------------------|------------------|---------------|--------------|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|---------------------|----------------|-----------|
|     |                    |                  |               |              |                                  |                                     |                                    |   |                     | Crack (T/m)    | Ult (T/m) |
| 1   | 350                | 70               | A1            | 7            | 3.08                             | 615.75                              | 3711.17                            | 46.74                                     | 92.15               | 3.50           | 5.25      |
|     |                    |                  | A3            | 7            | 4.62                             | 615.75                              | 3734.91                            | 66.67                                     | 86.89               | 4.20           | 6.30      |
|     |                    |                  | B             | 7            | 6.16                             | 615.75                              | 3758.65                            | 84.46                                     | 85.97               | 5.00           | 9.00      |
|     |                    |                  | C             | 9            | 7.63                             | 615.75                              | 3781.43                            | 100.95                                    | 83.26               | 6.00           | 12.00     |
| 2   | 400                | 75               | A2            | 7            | 4.62                             | 765.77                              | 5405.79                            | 55.25                                     | 112.87              | 5.50           | 8.25      |
|     |                    |                  | A3            | 7            | 6.16                             | 765.77                              | 5432.93                            | 70.73                                     | 109.71              | 6.50           | 9.75      |
|     |                    |                  | B             | 9            | 7.63                             | 765.77                              | 5458.95                            | 80.16                                     | 107.79              | 7.50           | 13.50     |
|     |                    |                  | C             | 7            | 7.70                             | 765.77                              | 5460.06                            | 84.84                                     | 106.83              | 7.50           | 13.50     |
|     |                    |                  |               | 9            | 10.18                            | 765.77                              | 5503.81                            | 105.53                                    | 102.62              | 9.00           | 18.00     |
|     |                    |                  | 3             | 450          | 80                               | A1                                  | 7                                  | 4.62                                      | 929.91              | 7499.79        | 46.49     |
| A2  | 7                  | 6.16             |               |              |                                  | 929.91                              | 7532.03                            | 59.97                                     | 135.90              | 8.50           | 12.75     |
| A3  | 9                  | 7.63             |               |              |                                  | 929.91                              | 7562.95                            | 67.46                                     | 134.04              | 10.00          | 15.00     |
| B   | 7                  | 7.70             |               |              |                                  | 929.91                              | 7564.27                            | 72.49                                     | 132.79              | 10.00          | 15.00     |
|     | 24                 | 9.24             |               |              |                                  | 929.91                              | 7596.51                            | 84.08                                     | 129.92              | 11.00          | 19.80     |
| C   | 9                  | 12.72            |               |              |                                  | 929.91                              | 7669.56                            | 108.02                                    | 123.85              | 12.50          | 25.00     |
| 4   | 500                | 90               | A1            | 7            | 6.16                             | 1159.25                             | 10362.44                           | 49.45                                     | 172.66              | 10.50          | 15.75     |
|     |                    |                  | A2            | 7            | 7.70                             | 1159.25                             | 10399.83                           | 60.19                                     | 169.34              | 12.50          | 18.75     |
|     |                    |                  | A3            | 9            | 7.63                             | 1159.25                             | 10398.31                           | 56.02                                     | 170.63              | 12.50          | 18.75     |
|     |                    |                  |               | 24           | 9.24                             | 1159.25                             | 10437.22                           | 70.32                                     | 166.21              | 14.00          | 21.00     |
|     |                    |                  | B             | 7            | 10.73                            | 1159.25                             | 10474.61                           | 80.48                                     | 163.08              | 15.00          | 27.00     |
|     |                    |                  |               | 24           | 15.27                            | 1159.25                             | 10583.74                           | 104.56                                    | 155.64              | 17.00          | 34.00     |
| 5   | 600                | 100              | A1            | 7            | 7.70                             | 1570.80                             | 17255.62                           | 46.00                                     | 235.40              | 17.00          | 25.50     |
|     |                    |                  | A2            | 7            | 9.24                             | 1570.80                             | 17303.38                           | 54.13                                     | 232.00              | 19.00          | 28.50     |
|     |                    |                  | A3            | 9            | 12.72                            | 1570.80                             | 17411.58                           | 66.82                                     | 226.69              | 22.00          | 33.00     |
|     |                    |                  |               | 7            | 12.32                            | 1570.80                             | 17398.90                           | 69.38                                     | 225.62              | 22.00          | 33.00     |
|     |                    |                  | B             | 9            | 15.27                            | 1570.80                             | 17490.53                           | 80.13                                     | 221.12              | 25.00          | 45.00     |
|     |                    |                  |               | 32           | 20.36                            | 1570.80                             | 17648.44                           | 102.89                                    | 211.60              | 29.00          | 58.00     |

**Notes :**

1. Piles generally comply to JIS A 5335 - 1987 and modified to suit ACI 543 - 1979 & P.B.I 71.
2. Specified Concrete cube Compressive strength is 600 Kg/cm<sup>2</sup> at 28 days.
3. Allowable axial load is applicable to pile acting as a short strut.

500 = 10  
600 = 48

| Tebal Pelat<br>Base steel<br>thickness | satuan luas<br>Mass per unit<br>area | penampang<br>Cross section<br>area | efektif penuh<br>For fully<br>effective section |      | Positive bending moment<br>Dek tertarik<br>Pan in tension |       |       | Negative bending moment<br>Dek-tertekan<br>Pan in compression |       |       | le    | Sudut perletakan tepi<br>Sale end reaction       |  |      | unlук perletakan tengah<br>Sale internal reaction |  |       |
|--|--------------------------------------|------------------------------------|---|------|---|-------|-------|---|-------|-------|-------|--|--|------|---|--|-------|
|  |                                      |                                    | Yc  | Yl   | Zp  | Zpc   | Zpt   | ln  | Znc   | Znl   |       | 10 mm<br>perletakan<br>10 mm of<br>bearing<br>KN | Pertambahan<br>per 10 mm<br>incom. per.<br>10 mm<br>KN | Max  | 10 mm<br>perletakan<br>10 mm of<br>bearing<br>KN  | Pertambahan<br>per 10 mm<br>incom. per.<br>10 mm<br>KN | Max   |
|  |                                      |                                    |   |      |   |       |       |   |       |       |       |  |  |      |   |  |       |
| 0.75                                   | 10.1                                 | 1241                               | 38.6  | 15.4 | 0.511   | 13.15 | 33.14 | 0.309   | 10.21 | 10.73 | 0.425 | 3.76   | 0.99   | 8.11 | 15.01   | 1.14   | 19.19 |

Yc = momen inersia profil panel untuk daerah momen positif  
second moment of area of panel profile for positive moment regions

Yl = 1/2 x m untuk daerah momen negatif  
1/2 x m for negative moment regions

Zp = momen tahanan, puncak rusuk dalam daerah momen negatif (tegangan tarik)  
resistant moment, top of rib negative moment regions (tensile stress)

Zpc = 1/6 x m, dasar dek dalam daerah momen negatif (tegangan tekan)  
1/6 x m, bottom pan negative moment regions (compressive stress)

Zpt = 1/6 x m, puncak rusuk dalam daerah momen positif (tegangan tekan)  
1/6 x m, top of rib positive moment regions (compressive stress)

Znl = 1/6 x m, dasar dek dalam daerah momen positif (tegangan tarik)  
1/6 x m, bottom pan, positive moment regions (tensile stress)

le = momen inersia ekuivalen untuk perhitungan lendutan bengkok menerus  
equivalent second moment of area for multiple span deflection calculations

le =  $l_p (1.25 - 0.25/l_p)$

ABEL 2 : TABEL PERENCANAAN PRAKTIS

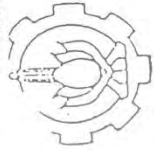
TABLE 2 : PRACTICAL DESIGN TABLE

| TANGKAPANG<br>PROFING                  | BENTANG<br>SPAN<br>M | BENTANG TUNGGAL TANPA TULANGH NEGATIF<br>SIMPLE SPAN CONDITION WITHOUT NEGATIVE<br>REINFORCEMENT |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   | BENTANG GANDA DENGAN TULANGH NEGATIF<br>DOUBLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     | BENTANG MENERUS DENGAN TULANGH NEGATIF<br>MULTIPLE SPAN CONDITIONS WITH NEGATIVE REINFORCEMENT |                                     |                                     |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|----------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|  |                      | 100  | 200                               | 400                               | 500                               | 600                               | 750                               | 1000                              | 200  | 300                                 | 400                                 | 500                                 | 600                                 | 750                                 | 1000                                | 200                                 | 300                                 | 400                                 | 500                                 | 600                                 | 750                                 | 1000                                |  |                                     |                                     |                                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|  |                      | TUL. PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM  | TUL. PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. PELAT<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM  | TUL. NEGATIF<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM  | TUL. NEGATIF<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM | TUL. NEGATIF<br>SLAB<br>DEPTH<br>CM |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| TANPA<br>TULANGH<br>NEGATIF            | 1.30                 | 8  | 9                                 | 9                                 | 9                                 | 9                                 | 9                                 | 9                                 | 0.75   | 9                                   | 0.91                                | 9                                   | 1.07                                | 9                                   | 1.24                                | 9                                   | 1.48                                | 9                                   | 1.64                                | 9                                   | 2.09                                | 9                                   | 0.59   | 9                                   | 0.73                                | 9                                   | 0.85 | 9    | 0.88 | 9    | 1.14 | 9    | 1.31 | 9    | 1.63 |      |
|  | 1.75                 | 9  | 9                                 | 9                                 | 9                                 | 9                                 | 9                                 | 10                                | 9  | 1.02                                | 9                                   | 1.23                                | 9                                   | 1.46                                | 9                                   | 1.71                                | 9                                   | 1.84                                | 9                                   | 2.26                                | 10                                  | 2.52                                | 9  | 0.81                                | 9                                   | 0.99                                | 9    | 1.17 | 9    | 1.25 | 9    | 1.52 | 9    | 1.81 | 10   | 2.09 |
|  | 2.00                 | 9  | 9                                 | 9                                 | 9                                 | 9                                 | 9                                 | 10                                | 9  | 1.26                                | 9                                   | 1.55                                | 9                                   | 1.85                                | 9                                   | 2.17                                | 9                                   | 2.37                                | 9                                   | 2.84                                | 10                                  | 3.25                                | 9  | 1.07                                | 9                                   | 1.31                                | 9    | 1.55 | 9    | 1.79 | 9    | 2.03 | 9    | 2.37 | 10   | 2.63 |
|  | 2.25                 | 9  | 9                                 | 9                                 | 9                                 | 9                                 | 10                                | 11                                | 9  | 1.52                                | 9                                   | 2.12                                | 9                                   | 2.50                                | 9                                   | 2.90                                | 9                                   | 3.29                                | 9                                   | 3.80                                | 11                                  | 3.63                                | 9  | 1.37                                | 9                                   | 1.66                                | 9    | 1.94 | 9    | 2.20 | 9    | 2.66 | 11   | 3.04 | 11   | 3.34 |
| TANPA<br>TULANGH<br>NEGATIF<br>DUPLES  | 1.30                 | 9  | 9                                 | 9                                 | 9                                 | 9                                 | 10                                | 14                                | 9  | 2.16                                | 9                                   | 2.85                                | 9                                   | 3.12                                | 9                                   | 3.82                                | 9                                   | 4.11                                | 10                                  | 4.29                                | 14                                  | 2.69                                | 9  | 1.71                                | 9                                   | 2.09                                | 9    | 2.46 | 9    | 2.86 | 9    | 3.25 | 10   | 3.59 | 14   | 3.82 |
|  | 1.75                 | 10   | 10                                | 10                                | 10                                | 11                                | 12                                | 15                                | 9  | 2.34                                | 9                                   | 3.21                                | 9                                   | 3.83                                | 10                                  | 4.07                                | 11                                  | 4.27                                | 12                                  | 4.29                                | 15                                  | 4.23                                | 9  | 2.99                                | 10                                  | 3.62                                | 9    | 4.02 | 10   | 4.11 | 11   | 4.18 | 12   | 4.29 | 15   | 4.29 |
|  | 2.00                 | 10   | 10                                | 10                                | 11                                | 12                                | 13                                | 15                                | 9  | 3.17                                | 9                                   | 3.87                                | 10                                  | 4.10                                | 11                                  | 4.98                                | 12                                  | 4.41                                | 13                                  | 4.74                                | 15                                  | 4.29                                | 9  | 3.31                                | 9                                   | 3.07                                | 10   | 3.25 | 11   | 3.38 | 12   | 3.48 | 13   | 3.75 | 15   | 3.75 |
|  | 2.25                 | 11   | 11                                | 11                                | 12                                | 13                                | 14                                | 16                                | 10   | 3.41                                | 10                                  | 4.13                                | 10                                  | 4.87                                | 12                                  | 4.85                                | 13                                  | 4.83                                | 14                                  | 5.22                                | 16                                  | 4.29                                | 10   | 2.70                                | 10                                  | 3.27                                | 10   | 3.84 | 12   | 3.67 | 13   | 3.82 | 14   | 4.12 | 16   | 4.12 |
| TANPA<br>TULANGH<br>NEGATIF<br>TRIPLES | 1.30                 | 12   | 12                                | 12                                | 12                                | 13                                | 15                                | 11                                | 3.68   | 11                                  | 4.42                                | 11                                  | 5.18                                | 12                                  | 5.44                                | 13                                  | 5.84                                | 15                                  | 5.71                                | 11                                  | 2.90                                | 11                                  | 3.49   | 11                                  | 4.09                                | 12                                  | 4.29 | 13   | 4.46 | 15   | 4.51 | 15   | 4.51 | 15   | 4.51 |      |
|  | 1.75                 | 13   | 13                                | 13                                | 13                                | 14                                | 16                                | 11                                | 4.25   | 11                                  | 5.11                                | 11                                  | 5.99                                | 12                                  | 5.83                                | 13                                  | 6.09                                | 15                                  | 5.71                                | 11                                  | 3.26                                | 11                                  | 4.04   | 11                                  | 4.73                                | 13                                  | 4.61 | 14   | 4.81 | 16   | 4.81 | 16   | 4.81 |      |      |      |
|  | 2.00                 | 14   | 14                                | 14                                | 14                                | 15                                | 17                                | 12                                | 4.55   | 12                                  | 5.43                                | 12                                  | 6.33                                | 14                                  | 6.24                                | 15                                  | 6.55                                | 17                                  | 6.24                                | 12                                  | 3.59                                | 12                                  | 4.28   | 12                                  | 4.99                                | 14                                  | 4.93 | 15   | 5.17 | 17   | 5.17 | 17   | 5.17 |      |      |      |
| BARIS<br>TUNGGAL<br>ROW<br>PAIR        | 1.30                 | 13   | 13                                | 13                                | 13                                | 14                                | 16                                | 13                                | 5.44   | 13                                  | 6.51                                | 14                                  | 7.06                                | 15                                  | 7.52                                | 17                                  | 7.52                                | 17                                  | 7.52                                | 13                                  | 4.34                                | 13                                  | 5.14   | 14                                  | 5.86                                | 15                                  | 5.95 | 17   | 5.95 | 17   | 5.95 | 17   | 5.95 | 17   | 5.95 |      |
|  | 1.75                 | 14   | 14                                | 14                                | 14                                | 15                                | 18                                | 14                                | 6.20   | 14                                  | 7.27                                | 15                                  | 8.00                                | 16                                  | 8.00                                | 18                                  | 8.00                                | 18                                  | 8.00                                | 14                                  | 4.90                                | 14                                  | 5.73   | 15                                  | 6.58                                | 16                                  | 6.58 | 18   | 6.58 | 18   | 6.58 | 18   | 6.58 | 18   | 6.58 |      |

1N1 = BEBAN MATI/BEAN SENDIRI BONDOK DAN PELAT BETON SUDAH DIPERHITUNGKAN  
THE DEAD LOAD (MASS OF BONDER AND CONCRETE SLAB) ARE ALREADY CALCULATED.

MUTU BAJA TULANGH U=4  
GRADE OF STEEL REINFORCEMENT U=4

BEBAN BERGUNA DALAM TABEL ADALAH JUMLAH BEBAN HIDUP DAN BEBAN-BEBAN FINISHING LAINNYA  
THE SUPER IMPOSED LOAD IN THIS TABLE IS THE SUM OF LIVE LOAD AND OTHER FINISHING LOADS

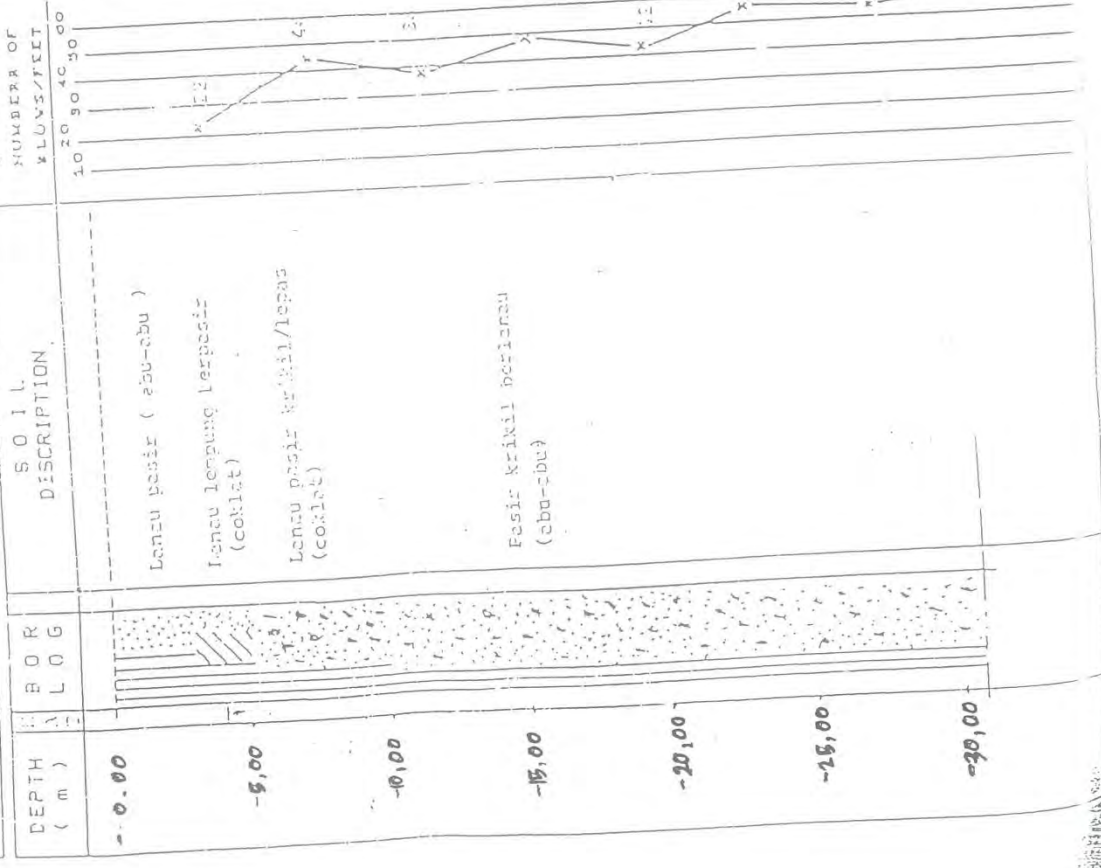


FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 LABORATORIUM MEKANIKA TANAH

KIPUS ITS SURABAYA TERJESKA SURABAYA (S01111) **MAK-2**

PROJECT : TOWER TELKOM  
 LOCATION : **BENGKULU**  
 BORING NO : **1001**  
 DATE : **18-11-2023**  
 SCALE : **1 : 1000**

LEGEND :  CLAY  SILT  SAND  GRAVEL  SHELL



1001  
 18-11-2023  
 1 : 1000  
 MAK-2

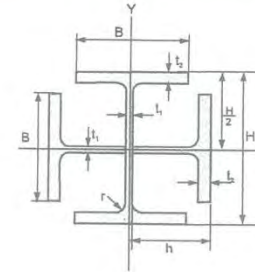
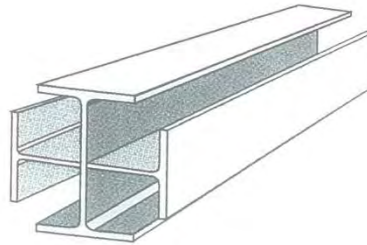
PROJECT : TOWER TELKOM  
 LOCATION : **BENBUKULU**  
 BOR HOLE No. : B - 1

SUMMARY OF LABORATORY TEST RESULTS

| Depth<br>( m ) | Grading          |                               |                      |                     | Natural state |       |       |       |       |       |       |       | Unconfined |   | Direct Shear |       | Konsolidasi |      |          | Koefisien Permeability |
|----------------|------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|---|--------------|-------|-------------|------|----------|------------------------|
|                | Sieve 4<br>( % ) | Passing<br>Sieve No.<br>( % ) | Silt + Clay<br>( % ) | Hidrometer<br>( % ) | Gs            | Yt    | Wc    | Yd    | e     | n     | Sr    | qu    | qu*        | c | φ            | Ec    | Pp          | Cv   | k        |                        |
| 1.50 - 5.00    | 4                | 38                            | 58                   | 75                  | 58            | 2.655 | 1.724 | 31.87 | 1.307 | 1.031 | 50.76 | 82.06 | 0.95       | + | +            | +     | 0.55        | 1.02 | 8.04E-04 | 2.18E-05               |
| 5.00 - 15.00   | 0                | 53                            | 47                   | 88                  | 47            | 2.766 | 2.131 | 17.71 | 1.810 | 0.528 | 34.55 | 92.60 | +          | + | 0.00         | 35.00 | +           | +    | +        | 1.00E-04               |
| 15.00 - 25.00  | 12               | 71                            | 17                   | 16                  | 17            | 2.722 | 2.002 | 19.54 | 1.756 | 0.550 | 35.48 | 91.77 | +          | + | 0.00         | 36.00 | +           | +    | +        | 7.21E-05               |
| 25.00 - 30.00  | 14               | 67                            | 19                   | 55                  | 19            | 2.796 | 2.120 | 17.13 | 1.811 | 0.511 | 36.23 | 87.94 | +          | + | 0.00         | 38.00 | +           | +    | +        | 7.23E-05               |

REMARKS : G = GRAVEL      e = VOID RATIO      C = COHESION (kg/cm<sup>2</sup>)  
 S = SAND      n = POROSITY (%)      φ = ANGLE OF INTERNAL FRICTION (degree, circles)  
 S+C = SILT + CLAY      Sr = SATURATION (%)      qu = UNCONFINED (UNDISTURBED)  
 Gs = SPECIFIC GRAVITY      Pp = PRECONSOLIDATION PRESSURE (kg/cm<sup>2</sup>)      qu\* = UNCONFINED (REMOVED)  
 Yt = NET DENSITY (gr/cc)      Cc = COMPRESSION INDEX      Sr = SENSITIVITY RATIO (qu/qu\*)  
 Wc = WATER CONTENT (%)      Cv = COEFF OF CONSOLIDATION (cm<sup>2</sup>/sec)  
 Yd = DRY DENSITY (gr/cc)      k = COEFF. PERMEABILITY (cm/sec)  
 + = NOT TESTED

# KING CROSS



METRIC SIZE

| SECTION INDEX | STANDARD SECTIONAL DIMENSION |              |                |                |                 | SECTIONAL AREA<br>A | UNIT WEIGHT     | INFORMATIVE REFERENCE         |                |                            |                 |                    |                |
|---------------|------------------------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|---------------------|-----------------|-------------------------------|----------------|----------------------------|-----------------|--------------------|----------------|
|               | DEPTH OF SECTION             | FLANGE WIDTH | THICKNESS      |                | CORNER RADIUS   |                     |                 | GEOMETRICAL MOMENT OF INERTIA |                | RADIUS OF GYRATION OF AREA |                 | MODULUS OF SECTION |                |
|               | H                            | B            | t <sub>1</sub> | t <sub>2</sub> | r               |                     |                 | I <sub>x</sub>                | I <sub>y</sub> | I <sub>x</sub>             | I <sub>y</sub>  | Z <sub>x</sub>     | Z <sub>y</sub> |
| mm            | mm                           | mm           | mm             | mm             | cm <sup>2</sup> | kg/m                | cm <sup>4</sup> | cm <sup>4</sup>               | cm             | cm                         | cm <sup>3</sup> | cm <sup>3</sup>    |                |
| K 150 x 75    | 150                          | 75           | 5.0            | 7              | 8               | 35.70               | 28.0            | 716                           | 767            | 4.48                       | 4.64            | 95.4               | 99.1           |
| K 200 x 100   | 200                          | 100          | 5.5            | 8              | 11              | 54.32               | 42.6            | 1,974                         | 2,095          | 6.03                       | 6.21            | 197.4              | 203.9          |
| K 198 x 99    | 198                          | 99           | 4.5            | 7              | 11              | 46.36               | 36.4            | 1,694                         | 1,778          | 6.04                       | 6.23            | 171.1              | 175.6          |
| K 250 x 125   | 250                          | 125          | 6              | 9              | 12              | 75.32               | 59.2            | 4,344                         | 4,567          | 7.59                       | 7.79            | 347.5              | 356.9          |
| K 248 x 124   | 248                          | 124          | 5              | 8              | 12              | 65.36               | 51.4            | 3,765                         | 3,924          | 7.59                       | 7.75            | 303.6              | 310.2          |
| K 300 x 150   | 300                          | 150          | 6.5            | 9              | 13              | 93.56               | 73.4            | 7,718                         | 8,073          | 9.08                       | 9.29            | 514.5              | 526.9          |
| K 298 x 149   | 298                          | 149          | 5.5            | 8              | 13              | 81.60               | 64.0            | 6,762                         | 7,024          | 9.10                       | 9.28            | 453.8              | 462.9          |
| K 350 x 175   | 350                          | 175          | 7              | 11             | 14              | 126.28              | 99.2            | 14,554                        | 15,128         | 10.75                      | 10.95           | 831.7              | 847.5          |
| K 346 x 174   | 346                          | 174          | 6              | 9              | 14              | 105.36              | 82.8            | 11,892                        | 12,321         | 10.62                      | 10.62           | 687.4              | 700.0          |
| K 400 x 200   | 400                          | 200          | 8              | 13             | 16              | 168.24              | 132.0           | 25,440                        | 26,519         | 12.30                      | 12.55           | 1,272.0            | 1,299.9        |
| K 396 x 199   | 396                          | 199          | 7              | 11             | 16              | 144.32              | 113.2           | 21,450                        | 22,267         | 12.19                      | 12.19           | 1,083.3            | 1,105.1        |
| K 450 x 200   | 450                          | 200          | 9              | 14             | 18              | 193.52              | 152.0           | 35,370                        | 36,851         | 13.52                      | 13.52           | 1,572.0            | 1,605.7        |
| K 500 x 200   | 500                          | 200          | 10             | 16             | 20              | 228.40              | 179.2           | 49,940                        | 52,189         | 14.79                      | 15.17           | 1,997.6            | 2,046.6        |
| K 600 x 200   | 600                          | 200          | 11             | 17             | 22              | 268.80              | 212.0           | 79,880                        | 83,229         | 17.24                      | 17.24           | 2,662.7            | 2,724.4        |
| K 588 x 300   | 588                          | 300          | 12             | 20             | 28              | 385.00              | 302.0           | 127,020                       | 132,585        | 18.16                      | 18.16           | 4,320.4            | 4,419.5        |
| K 700 x 300   | 700                          | 300          | 13             | 24             | 28              | 471.00              | 369.7           | 211,800                       | 220,791        | 21.21                      | 21.65           | 6,051.4            | 6,193.3        |
| K 800 x 300   | 800                          | 300          | 14             | 26             | 28              | 534.80              | 419.8           | 303,700                       | 315,027        | 23.83                      | 24.27           | 7,592.5            | 7,740.2        |

**NOTE :**

- h = H/2 = height of T-Beam.
- Tolerance, h = ± 2 mm.
- Material specification refer to Wide Flange Shape.
- Welded specification as per AWS E - 6013.
- K 700 x 300 and K 800 x 300 are made from IWF import.

**HEAD OFFICE & FACTORY**  
Imam Bonjol 4, Warung Bongkok,  
Sukalana, Cikarang Barat,  
Pekasi 17520, West Java, INDONESIA  
Sales Department  
Phone DID : (62-21) 898 38 161 - 167  
Phone Hexa :  
(021) 7085 3164 - 165  
(021) 7085 3169  
Fak. : (62-21) 8910 - 7711  
(62-21) 8900-555 / 976 / 977  
e-mail : pj101@grdsteel.com  
pj102@grdsteel.com