



**TUGAS AKHIR (RC141501)**

# **MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG ITS OFFICE TOWER JAKARTA DENGAN MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA BETON KOMPOSIT**

**IVAN NARENDRA ROIS**  
NRP 031 1124 0000 031

Dosen Pembimbing  
Data Iranata, S.T., M. T., Ph. D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



**TUGAS AKHIR (RC141501)**

**MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG ITS  
OFFICE TOWER JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA BETON  
KOMPOSIT**

**IVAN NARENDRA ROIS**  
NRP 031 1124 0000 031

Dosen Pembimbing  
Data Iranata, S.T., M. T., Ph. D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



**FINAL PROJECT (RC141501)**

**DESIGN MODIFICATION OF ITS OFFICE TOWER  
BUILDING BY USING STEEL CONCRETE  
COMPOSITE STRUCTURE**

**IVAN NARENDRA ROIS**  
NRP 031 1124 0000 031

Advisor  
Data Iranata, S.T., M. T., Ph. D.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil, Environmental and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018

# MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG ITS OFFICE TOWER JAKARTA DENGAN MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA BETON KOMPOSIT

## TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Reguler Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**IVAN NARENDRA ROIS**

NRP. 03111240000031

Disetujui oleh Pembimbing

1. Data Iranata, ST., MT



**SURABAYA  
JULI, 2018**

# **MODIFIKASI PERANCANGAN GEDUNG ITS *OFFICE TOWER* JAKARTA DENGAN MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA BETON KOMPOSIT**

Nama Mahasiswa : Ivan Narendra Rois  
NRP : 0311124000031  
Departemen : Teknik Sipil  
Dosen Pembimbing : Data Iranata, ST., MT., Ph.D.

## **ABSTRAK**

Bisnis rintisan (*startup*) diprediksi akan tumbuh pesat di Indonesia. Jakarta ditetapkan sebagai kota dengan pertumbuhan *startup* terpesat. Hal ini beriringan juga dengan meningkatnya kebutuhan akan tempat usaha atau *office space* di Jakarta. Salah satu proyek konstruksi yang bergerak memenuhi kebutuhan akan perkantoran ini adalah ITS *Office Tower*. Gedung ini terdiri dari 27 lantai dan 2 *basement*, dengan ketinggian setiap lantai 3,5 meter dan 6 meter untuk lantai dasar. Untuk mendapatkan kinerja struktur yang lebih baik dan lebih efektif, maka elemen struktur gedung yang awalnya menggunakan struktur beton bertulang dimodifikasi dengan menggunakan struktur baja beton komposit. Dan untuk menambahkan jumlah *office space* yang tersedia, maka gedung yang awalnya terdiri dari 27 lantai dan 2 *basement* ditambahkan menjadi 40 lantai tanpa *basement*. Keuntungan dari struktur komposit yaitu penghematan berat baja, mengurangi penampang balok baja, meningkatkan kekakuan pelat lantai, meningkatkan kapasitas pemikul beban, menambah panjang bentang pada bentang tertentu.

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah menghasilkan Perencanaan ITS Office Tower dengan menggunakan struktur baja beton komposit mengacu pada spesifikasi dan peraturan yang berlaku saat ini yaitu: SNI 1729:2015, SNI 2847:2013 dan SNI 1727:2013.

Dari analisa dan perhitungan dengan menggunakan program bantu SAP2000 diperoleh hasil perencanaan sebagai berikut: kolom K1( Lantai dasar–10) K 700x300x13x24, K2 (Lantai 11–20) K 600x200x11x17, K3 (Lantai 21–30) K 500x200x10x16, K4 (Lantai 31–40) K 400x200x8x13, Balok induk WF 500x300x11x18, Balok penumpu tangga WF 200x150x6x9, Balok utama tangga WF 300x200x9x14, Balok penggantung lift WF 350x250x9x14, Balok penumpu lift WF 450x300x11x18, Balok anak atap & lantai WF 400x200x8x13, tebal plat 9 cm, dan pondasi menggunakan tiang pancang beton pracetak diameter 60 cm dengan kedalaman 25 m.

***Kata Kunci: Modifikasi Perancangan, Struktur Komposit Baja Beton, ITS Office Tower***

# **DESIGN MODIFICATION OF ITS OFFICE TOWER BUILDING BY USING STEEL CONCRETE COMPOSITE STRUCTURE**

Name : Ivan Narendra Rois  
NRP : 03111240000031  
Department : Civil Engineering  
Supervisor : Data Iranata, ST., MT., Ph.D.

## **ABSTRACT**

Start up predicted will be grow fast in Indonesia. Jakarta defined as the city with fastest growth of start up. Be in accordance with it, necessity of the office space also increased in Jakarta. One of the construction project which is complied necessities of workplace is ITS Office Tower. The building based on 27 floors and two basements with height of each floor is 3,5 meters and 6 meters for the ground floor. In order to found out better and more effective performance of the structure, then the structure's element of the building originally using structure of reinforce concrete modified by using steel concrete composite structure. By adding number of available office space, so the building was originally made up with 27 floors and two basements added to 40 floors without basement. The benefit of composite structure are savings weight of steel, reduces the cross section of beam steel, increase the stiffness of floor plate, increase the capacity of bearer loads, adds length-span of certains' span.

The purpose of this final report are delivers ITS Office Tower planning by used of steel concrete composite structure refers to current spesifications and regulations, that is SNI 1729:2015, SNI 2847:2013 and SNI 1727:2013.

Based analysis and calculations using SAP2000 as an assistance software program obtained planning results, and the following results are coloumn K1 (Ground floor to 10th floor) K 700x300x13x24, K2 (11th floor to 20th floor) K

600x200x11x17, K3 (21st floor to 30th floor) K  
500x200x10x16, K4 (31st floor to 40th floor) K  
400x200x8x13, Main beam WF 500x300x11x18, Stairs  
support's beam WF 200x150x6x9, Main stairs's beam WF  
300x200x9x14, Lift hanger's beam WF 350x250x9x14, Lift  
support's beam WF 450x300x11x18, Sub roofs and floors of  
beam WF 400x200x8x13, Plate thickness 9 cm, and the  
foundation using piles of concrete precast with 60 cm diameter  
and 25 m depth.

***Keywords: Design Modification, Steel Concrete Composite  
Structure, ITS Office Tower***



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan nikmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir berjudul “Modifikasi Perancangan Gedung ITS *Office Tower* Jakarta Dengan Menggunakan Struktur Baja Beton Komposit”.

Pada kesempatan ini, penulis sampaikan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga tercinta atas dukungan baik doa, moril, materiil yang tak terbatas.
2. Data Iranata. ST., MT., Ph.D. selaku dosen konsultasi dan dosen wali atas bimbingan, arahan, dan dukungan yang diberikan.
3. Rekan-rekan Jurusan Teknik Sipil Angkatan 2012 atas motivasi, dukungan, dan bantuan selama masa perkuliahan.
4. Pihak terkait yang turut membantu selama penyusunan tugas akhir yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari adanya keterbatasan dan kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tulisan. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.2.1 Permasalahan Utama.....	2
1.2.2 Detail Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Sistem Struktur Gedung .....	5
2.3 Struktur Komposit.....	6
2.3.1 Balok Komposit .....	6
2.3.1.1 Tipe Balok Komposit.....	6
2.3.2 Kolom Komposit.....	7
2.3.2.1 Tipe Kolom Komposit .....	7
2.3.3 Aksi Komposit .....	8
2.4 Sambungan Geser.....	9
2.5 Sistem Pelaksanaan Komponen Komposit.....	10
BAB III METODOLOGI.....	11
3.1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	11
3.2 Data yang Berkaitan dengan Perencanaan .....	12
3.3 Studi Literatur .....	13
3.4 Perencanaan Struktur Sekunder .....	13

3.5 Preliminary Design dan Pembebanan .....	18
3.5.1 Preliminary Design.....	18
3.5.2 Pembebanan .....	18
3.6 Pemodelan dan Analisa Struktur .....	23
3.6.1 Analisa Model Struktur .....	23
3.6.1.1 Kontrol Struktur.....	23
3.6.2 Analisa Struktur Utama Komposit .....	24
3.6.2.1 Balok Komposit .....	24
3.6.2.2 Kolom Komposit.....	28
3.6.2.3 Angkur Baja.....	28
3.7 Perencanaan Sambungan.....	29
3.8 Perencanaan Pondasi.....	31
3.8.1 Perencanaan Tiang Pancang.....	31
3.8.1 Perencanaan Pile Cap.....	35
3.9 Gambar Teknik.....	38
3.10 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir .....	39
<b>BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER .....</b>	<b>41</b>
4.1 Perencanaan Struktur Lantai .....	41
4.1.1 Pelat Lantai Atap.....	41
4.1.2 Pelat Lantai 1-40 .....	42
4.2 Perencanaan Balok Lift.....	43
4.2.1 Perencanaan Balok Penggantung Lift .....	44
4.2.2 Perencanaan Balok Penumpu .....	49
4.3 Perencanaan Balok Anak .....	53
4.3.1 Perencanaan Balok Anak Lantai Atap .....	53
4.3.2 Perencanaan Balok Anak Lantai 1-40.....	62
4.4 Perencanaan Tangga.....	71
4.4.1 Perencanaan Balok Utama Tangga .....	75
4.4.2 Perencanaan Balok Penumpu Tangga .....	87
<b>BAB V ANALISA STRUKTUR.....</b>	<b>93</b>
5.1 Umum.....	93
5.2 Permodelan Struktur.....	93
5.3 Data Gedung.....	94
5.4 Pembebanan Graftasi .....	95
5.5 Kontrol Desain .....	101

5.5.1 Kontrol Partisipasi Massa .....	101
5.5.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental .....	102
5.5.3 Kontrol Sistem Ganda .....	104
5.5.4 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum.....	104
5.5.5 Kontrol Batas Simpang Antar Lantai (drift).....	105
BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER.....	109
6.1 Perencanaan Struktur Primer.....	109
6.2 Perencanaan Balok Induk.....	109
6.3 Perencanaan Kolom Komposit.....	117
6.4 Perencanaan Dinding Geser (Shear Wall).....	121
BAB VII PERENCANAAN SAMBUNGAN.....	125
7.1 Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk .....	125
7.2 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga .....	128
7.3 Sambungan Balok Induk dengan Kolom .....	131
7.4 Sambungan antar Kolom.....	139
7.5 Desain Baseplate .....	147
BAB VIII PERENCANAAN PONDASI.....	151
8.1 Umum.....	151
8.2 Data Tanah .....	151
8.3 Daya Dukung Tanah .....	152
8.4 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok.....	155
8.5 Kontrol Beban Maksimum Tiang ( $P_{max}$ ).....	156
8.6 Perencanaan Poer .....	157
8.6.1 Penulangan Lentur pada Poer.....	158
8.7 Perencanaan Balok Sloof .....	160
BAB IX KESIMPULAN DAN SARAN .....	163
9.1 Kesimpulan .....	163
9.2 Saran.....	164
DAFTAR PUSTAKA .....	165
LAMPIRAN	
BIOGRAFI.....	167

## DAFTAR GAMBAR

2.1 Balok Komposit dengan Penghubung Geser dan yang Diselubungi Beton .....	6
2.2 Kolom Baja Terselubung Beton Profil “I” dan Profil Kingcross .....	7
2.3 Kolom Baja Berintikan Beton .....	8
2.4 Lendutan Balok Non Komposit dan Komposit .....	9
3.1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	11
3.2 Ketentuan Penggambaran Grafik Respon Spektrum.....	22
3.3 Tegangan Plastis untuk Momen Positif.....	25
3.4 Tegangan Plastis untuk Momen Negatif .....	26
3.5 Penghubung Geser Jenis Paku.....	27
3.6 Penghubung Geser Jenis Baja Kanal.....	27
3.7 Angkur pada Baseplate .....	29
3.8 Sambungan Baut Beton Baja Komposit.....	30
3.9 Ilustrasi Tiang Pancang dalam Kelompok .....	33
3.10 Ilustrasi Sumbu Momen Arah Y dan X pada Pondasi.....	34
3.11 Kontrol Geser Pons pada Poer Akibat Beban Kolom .....	36
3.12 Kontrol Geser Pons pada Poer Akibat Tiang Pancang.....	38
4.1 Denah Lift .....	45
4.2 Denah Balok Anak .....	54
4.3 Tampak Samping Tangga .....	72
4.4 Denah Tangga .....	73
4.5 Model Mekanika Pembebanan Tangga .....	77
4.6 Bidang M Tangga.....	79
4.7 Bidang D Tangga .....	80
4.8 Bidang N Tangga .....	81
4.9 Model Pembebanan Balok Penumpu Tangga .....	89
5.1 Permodelan Struktur Gedung Pada SAP 2000.....	94
6.1 Penampang Kolom Komposit .....	120
6.2 Material Properties .....	122
6.3 Irregular Section.....	122
6.4 Irregular Reinforcement .....	122
6.5 Input Factored Load .....	123
6.6 Execute Model Arah X.....	123

6.7 Execute Model Arah Y.....	123
8.1 Permodelan Kantilever pada Poer.....	158

## DAFTAR TABEL

5.1 Rekapitulasi Beban Mati dan Hidup .....	98
5.2 Perhitungan N Rata-Rata.....	99
5.3 Nilai Parameter Respon Spektrum Jakarta.....	100
5.4 Partisipasi Massa.....	102
5.5 Modal Periods .....	103
5.6 Presentase Pemikul Gaya Geser Pada Sistem .....	104
5.7 Base Reactions .....	105
5.8 Simpangan Akibat Gempa Arah X.....	107
5.9 Simpangan Akibat Gempa Arah Y.....	108
6.1 Rekap Dimensi Kolom Komposit .....	121
8.1 Pengolahan Data Tanah.....	154

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Bisnis rintisan (*startup*) diprediksi akan bertumbuh pesat di Indonesia. Menurut data dari Startupranking.com, Indonesia berada di peringkat ketiga di dunia dengan jumlah startup mencapai 1.391. Peringkat pertama ditempati Amerika Serikat dengan 8.438 startup dan India menyusul di posisi kedua dengan 3.323 startup.

Jakarta ditetapkan sebagai kota dengan pertumbuhan *startup* terpesat. Hal ini beriringan juga dengan meningkatnya kebutuhan akan tempat usaha atau *office space* di Jakarta. Salah satu proyek konstruksi yang bergerak memenuhi kebutuhan akan perkantoran ini adalah ITS *Office Tower*. Gedung ini terdiri dari 27 lantai dan 2 *basement*, dengan ketinggian setiap lantai 3,5 meter dan 6 meter untuk lantai dasar. Untuk mendapatkan kinerja struktur yang lebih baik dan lebih efektif, maka elemen struktur gedung yang awalnya menggunakan struktur beton bertulang dimodifikasi dengan menggunakan struktur baja beton komposit. Dan untuk menambahkan jumlah *office space* yang tersedia, maka Gedung yang awalnya terdiri dari 27 lantai dan 2 *basement* ditambahkan menjadi 40 lantai tanpa *basement*.

Struktur komposit merupakan kombinasi beton dengan baja profil yang membentuk suatu kesatuan dan bekerja bersama-sama dalam memikul beban. Bila pada beton bertulang gaya-gaya tarik yang dialami suatu elemen struktur dipikul oleh besi tulangan, maka pada beton komposit gaya-gaya tarik tersebut dipikul oleh profil baja.

Perencanaan komposit memiliki beberapa keuntungan seperti:

1. Penghematan berat baja
2. Penampang balok baja dapat lebih rendah
3. Kekakuan lantai meningkat
4. Panjang bentang untuk batang tertentu dapat lebih besar
5. Kapasitas pemikul beban meningkat



Struktur komposit semakin banyak digunakan dalam rekayasa struktur. Dari beberapa penelitian, struktur komposit mampu memberikan kinerja struktur yang baik dan efektif dalam meningkatkan kapasitas pembebanan, kekakuan dan keunggulan ekonomis (Rinaldi dan Ruslailang, 2005 dalam Arifin, 2011).

Perencanaan ITS Office Tower dengan menggunakan struktur baja beton komposit mengacu pada spesifikasi dan peraturan yang berlaku saat ini yaitu: SNI 1729:2015 tentang spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural, SNI 2847:2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan SNI 1727:2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.

## **1.2 Rumusan Masalah**

### **1.2.1. Permasalahan Utama**

Bagaimana merencanakan modifikasi gedung ITS *Office Tower* dengan menggunakan struktur baja beton komposit?

### **1.2.2. Detail Permasalahan**

1. Bagaimana menentukan *preliminary design* elemen struktur gedung ITS *Office Tower*?
2. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi plat, balok anak, balok penggantung lift, dan tangga?
3. Bagaimana memodelkan dan menganalisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP 2000?
4. Bagaimana merencanakan struktur primer meliputi balok dan kolom komposit baja beton?
5. Bagaimana merencanakan sambungan?
6. Bagaimana merencanakan pondasi yang mampu memikul beban gedung dan sesuai dengan data tanah?
7. Bagaimana menuangkan hasil perencanaan dalam bentuk gambar teknik?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *preliminary design* elemen struktur gedung ITS Office Tower.
2. Merencanakan struktur sekunder meliputi pelat, balok anak, balok penggantung lift, dan tangga.
3. Memodelkan dan melakukan analisis struktur dengan menggunakan program bantu SAP 2000.
4. Merencanakan struktur primer meliputi balok dan kolom komposit baja beton.
5. Merencanakan sambungan.
6. Merencanakan pondasi yang mampu memikul beban gedung dan sesuai dengan data tanah.
7. Menuangkan hasil perencanaan dalam bentuk gambar teknik.

### 1.4 Batasan Masalah

Agar permasalahan tidak melebar, maka dalam Tugas Akhir ini penulis membatasi permasalahan pada:

1. Tidak meninjau utilitas bangunan, *mechanical*, *electrical* dan *plumbing*.
2. Tidak meninjau segi metode pelaksanaan, analisa biaya, arsitektural dan manajemen konstruksi.
3. Tidak merencanakan *basement*.

### 1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang telah diperoleh selama masa perkuliahan.
2. Memberi alternatif sistem struktur lain yang lebih efisien.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Struktur komposit merupakan perpaduan antara beton dan baja profil. Perbedaan antara balok beton bertulang dengan balok komposit yaitu untuk momen positif, pada beton bertulang gaya-gaya tarik yang terjadi pada elemen struktur dipikul oleh besi tulangan, sedangkan pada struktur komposit gaya-gaya tarik yang terjadi dipikul oleh profil baja. Jika ditinjau dari segi kualitas dan efisiensi waktu, pekerjaan bangunan dengan struktur baja komposit lebih menguntungkan. Dengan menggunakan konstruksi diperoleh beberapa keuntungan sebagai berikut: dapat mereduksi berat profil baja yang dipakai, tinggi profil baja yang dipakai dapat dikurangi, meningkatkan kekakuan lantai, dapat menambah panjang bentang layan (Salmon dan Johnson, 1991 dalam Zakki, 2013).

Penampang komposit mempunyai kekakuan yang lebih besar dibandingkan dengan penampang lempeng beton dan gelagar baja yang bekerja sendiri-sendiri dan dengan demikian dapat menahan beban yang lebih besar atau beban yang sama dengan lentur yang terjadi lebih kecil pada bentang yang lebih panjang. Apabila untuk mendapat aksi komposit bagian atas gelagar dibungkus dengan lempeng beton, maka akan didapat pengurangan tebal pelat di seluruh lantai bangunan. Untuk bangunan-bangunan pencakar langit, keadaan ini memberikan penghematan yang cukup besar dalam volume bangunan (Amon, et al., 1999 dalam Zakki, 2013).

#### **2.2 Sistem Struktur Gedung**

Ada beberapa sistem struktur yang umum digunakan sebagai penahan gaya gempa pada perencanaan gedung. Sistem tersebut yaitu Sistem Dinding Struktural, Sistem Rangka Gedung, Sistem Rangka Pemikul Momen, dan Sistem Ganda. Pada tugas akhir ini digunakan sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa

yang ditetapkan disertai dengan dinding geser beton bertulang biasa.

Struktur sistem ganda adalah gabungan antara rangka pemikul momen dan dinding geser (*shear wall*) yang dapat bekerja bersamaan dalam menahan beban gempa. Pada struktur ini, beban gravitasinya dipikul sepenuhnya oleh rangka pemikul momen, sedangkan beban lateralnya dipikul oleh rangka pemikul momen dan *shear wall*.

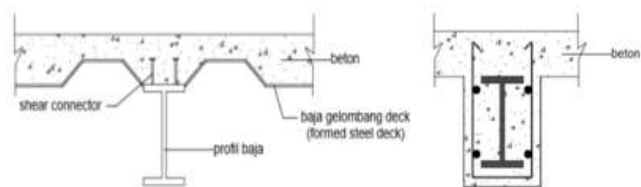
## 2.3 Struktur Komposit

Struktur baja komposit dalam aplikasinya dapat merupakan elemen dari bangunan, baik sebagai kolom, balok dan pelat. Struktur balok komposit terdiri dari dua tipe yaitu balok komposit dengan penghubung geser dan balok komposit yang diselubungi beton. Kolom komposit dapat merupakan tabung atau pipa baja yang di dalamnya dicor beton atau baja profil yang diselimuti beton dengan tulangan longitudinal dan diikat dengan tulangan lateral. Pada struktur pelat komposit digunakan pelat beton yang bagian bawahnya diperkuat dengan dek baja bergelombang (Widiarsa dan Deskata, 2007).

### 2.3.1 Balok Komposit

#### 2.3.1.1 Tipe Balok Komposit

- Balok komposit dengan penghubung geser
- Balok komposit yang diselubungi beton



Gambar 2.1 Balok komposit dengan penghubung geser dan yang diselubungi beton.

(Sumber: Isdarmanu, Marwan. *Diktat Kuliah Struktur Baja*)

Balok komposit adalah sebuah balok yang kekuatannya bergantung pada interaksi mekanis diantara dua atau lebih bahan. Pada dasarnya aksi komposit pada balok komposit dapat tercapai atau tidaknya tergantung dari penghubung gesernya. Biasanya penghubung geser diletakan disayap atas profil baja. Hal ini bertujuan untuk mengurangi terjadinya slip pada pelat beton dengan balok baja (Liang, et al, 2004 dalam Mursid 2013).

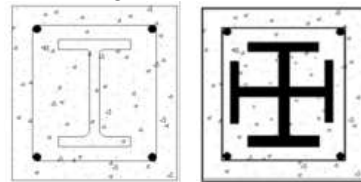
Penggunaan decking baja akan memberikan keuntungan bagi struktur secara keseluruhan karena penghematan dalam penggunaan formwork dan beton. Decking baja ini berfungsi antara lain sebagai lantai kerja sementara, sebagai bekisting tetap dan tulangan positif. Smart-dek juga memberikan keuntungan yang lain yaitu dari segi waktu pelaksanaan konstuksi yang lebih cepat yaitu mencapai 400 m<sup>2</sup>/hari/kelompok (3-4 orang) dan menghemat dalam pemakaian perancah dan tiang-tiang penyangga (Widhiawati, et al 2010).

Dalam perencanaan tugas akhir ini, digunakan balok komposit dengan penghubung geser dan decking baja.

## 2.3.2 Kolom Komposit

### 2.3.2.1 Tipe Kolom Komposit

a) Kolom baja berselubung beton



Gambar 2.2 Kolom baja terselubung beton profil “I” dan profil kingcross.

(Sumber: Isdarmanu, Marwan. *Diktat Kuliah Struktur Baja*)

## b) Kolom baja berintikan beton



Gambar 2.3 Kolom baja berintikan beton.

(Sumber: Isdarmanu, Marwan. *Diktat Kuliah Struktur Baja*)

Kolom komposit dapat dibentuk dari pipa baja yang diisi dengan beton polos atau dapat pula dari profil baja hasil gilas panas yang dibungkus dengan beton dan diberi tulangan baja serta sengkang, seperti halnya pada kolom beton biasa. Pada jenis kolom ini, digunakan profil baja sebagai pemikul lentur pada kolom. Selain itu tulangan longitudinal dan tulangan pengikat juga ditambahkan bila perlu. Kolom komposit juga menjadi solusi yang efektif untuk berbagai permasalahan yang ada pada disain praktis. Salah satunya yaitu jika beban yang terjadi pada struktur kolom sangatlah besar, maka penambahan material beton pada struktur kolom dapat memikul beban yang terjadi, sehingga ukuran profil baja tidak perlu diperbesar lagi (Mursid, 2013).

Dalam perencanaan tugas akhir ini, digunakan kolom komposit berupa kolom baja terselubung beton dengan profil kingcross.

### 2.3.3 Aksi Komposit

Aksi komposit terjadi apabila dua batang struktural pemikul beban, seperti pada pelat dan balok baja sebagai penyangganya, dihubungkan secara menyeluruh dan mengalami defleksi sebagai satu kesatuan. Pada balok non komposit, pelat beton dan balok baja tidak bekerja bersama-sama sebagai satu kesatuan karena tidak terpasang alat penghubung geser. Apabila balok non-komposit mengalami defleksi pada saat dibebani, maka permukaan bawah pelat beton akan tertarik dan mengalami

perpanjangan, sedangkan permukaan atas dari balok baja akan tertekan dan mengalami perpendekan. Karena penghubung geser tidak terpasang pada bidang pertemuan antara pelat beton dan balok baja maka pada bidang kontak tersebut tidak ada gaya yang menahan perpanjangan serat bawah dan perpendekan serat atas (Widiarsa dan Deskata, 2007).



Gambar 2.4 Lentutan balok non komposit dan balok komposit.

(Sumber: Salmon dkk,1991)

## 2.4 Sambungan Geser

Secara umum, profil I dengan penghubung geser dan sambungan las mengalami kegagalan pada daerah sekitar penghubung geser dan keruntuhan pada beton, bukan daerah las. Penghubung geser tipe stud dapat memberikan tahanan yang lebih kuat dari penghubung geser tipe “L” sebelum profil I mengalami kegagalan. Semakin besar mutu beton yang dipakai pada struktur komposit maka semakin kuat pula struktur komposit tersebut (Lahamukang, et al., 2014).

Terdapat berbagai alternatif tipe penggunaan penghubung geser yang dipergunakan pada struktur komposit, diantaranya penghubung geser yang bentuknya seperti paku berkepala baja dan penghubung geser berbentuk baja kanal yang dilas pada sayap atas balok baja. Untuk penghubung geser berbentuk “U terbalik”, peningkatan mutu beton dapat menyebabkan penurunan nilai slip. Penurunan ini menggambarkan peningkatan kapasitas beban yang dapat ditahan struktur komposit (Ida, et al., 2012).



## 2.5 Sistem Pelaksanaan Komponen Komposit

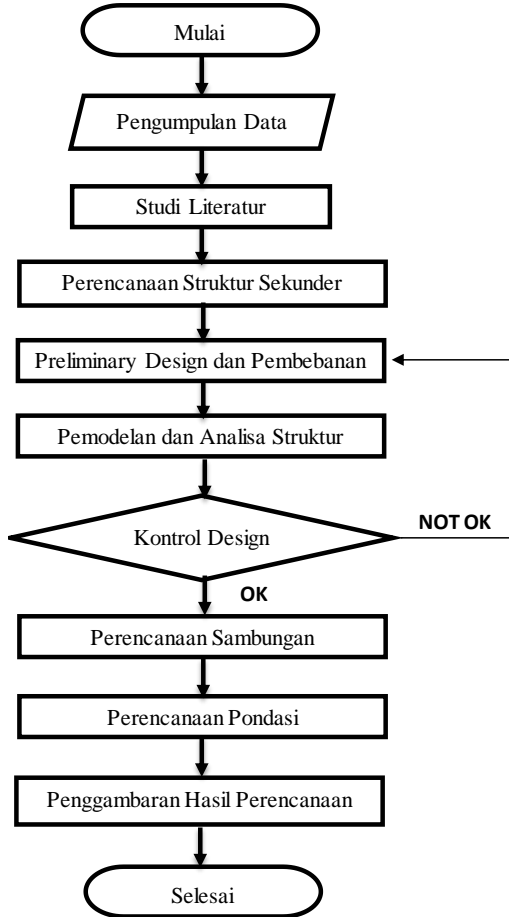
Umumnya metode pelaksanaan suatu komponen struktur komposit dapat dibedakan berdasarkan ada atau tidaknya tumpuan sementara (perancah).

Jika tumpuan tidak digunakan (*unshored*) maka profil baja akan berperilaku sebagai penumpu dari bekisting pelat beton, selama beton belum mengeras. Dalam tahap ini, balok baja harus mampu memikul beban-beban yang meliputi berat sendiri, berat bekisting pelat serta berat beton yang masih belum mengeras. Setelah pelat beton mengeras maka aksi komposit akan mulai bekerja, sehingga semua beban layan yang ada (meliputi beban mati dan hidup) akan dipikul oleh komponen struktur komposit. Sistem pelaksanaan yang lain adalah dengan menggunakan tumpuan sementara (*shored*) selama pelat beton belum mengeras. Tumpuan sementara ini akan memikul berat dari profil baja, bekisting pelat serta beton yang belum mengeras. Dengan digunakannya tumpuan sementara akan dapat mengurangi tegangan yang timbul pada profil baja selama proses konstruksi. Setelah beton mengeras, perancah dilepas dan beban-beban layan dipikul melalui aksi komposit baja dan pelat beton (Eirine, 2016).

Dalam perencanaan tugas akhir ini, tidak menggunakan perancah dalam proses pengerjaannya. Sehingga profil baja harus mampu menahan beban sebelum komposit dan memenuhi kontrol yang ada.

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3.1 Bagan alir pengerjaan tugas akhir.

### 3.2 Data yang Berkaitan dengan Perencanaan

Dalam proses pengerjaan tugas akhir dibutuhkan data-data seperti data bangunan meliputi gambar bangunan dan data tanah:

- Data umum bangunan sebelum dimodifikasi
  1. Nama Gedung : ITS Office Tower
  2. Lokasi : Jakarta
  3. Fungsi : Perkantoran
  4. Jumlah Lantai : 27 lantai dan 2 basemen
  5. Panjang Bangunan : 43,9 m
  6. Lebar Bangunan : 28,9 m
  7. Struktur : Beton bertulang
- Data umum bangunan setelah dimodifikasi
  1. Nama Gedung : ITS Office Tower
  2. Lokasi : Jakarta
  3. Fungsi : Perkantoran
  4. Jumlah Lantai : 40 lantai
  5. Panjang Bangunan : 40,5 m
  6. Lebar Bangunan : 27 m
  7. Struktur : Baja beton komposit
  8. Mutu Baja : BJ 41
  9. Mutu Beton : 40 MPa
- Gambar Modifikasi dan data tanah dapat dilihat di lampiran.

### 3.3 Studi Literatur

Peraturan-peraturan yang dipakai sebagai acuan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
2. SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung
3. SNI 1729:2015 tentang Tata Cara Perencanaan Struktural Baja Untuk Bangunan Gedung
4. SNI 2847:2013 tentang Tata Cara Perencanaan Struktural Beton Untuk Bangunan Gedung

### 3.4 Perencanaan Struktur Sekunder

Perencanaan struktur sekunder selalu didahulukan dari struktur utama karena struktur sekunder akan meneruskan beban yang ada ke struktur utama. Struktur sekunder yang akan direncanakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

a. Perencanaan tangga baja

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal B4.1, penampang yang mengalami tekuk lokal diklasifikasikan sebagai elemen nonlansing penampang elemen-lansing. Untuk profil elemen nonlansing, rasio tebal-terhadap-lebar dari elemen tekan tidak boleh melebihi  $\lambda_r$  dari Tabel B4.1. Jika rasio tersebut melebihi  $\lambda_r$ , disebut penampang dengan elemen-lansing.

$$\lambda_r = 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.1)$$

Untuk kondisi lentur, penampang diklasifikasikan sebagai penampang kompak, nonkompak atau penampang elemen-lansing. Untuk penampang kompak, sayap-sayapnya harus menyatu dengan bagian badan dengan rasio tebal-terhadap-lebar dari elemen tekannya tidak boleh melebihi batasnya,  $\lambda_p$ , dari Tabel B4.1b. Jika rasio tebal-terhadap-lebar dari satu atau lebih elemen tekan melebihi  $\lambda_r$ , disebut penampang dengan elemen-lansing.

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ dan } \lambda_r = 5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.2)$$

keterangan:

$E$  = modulus elastis baja = 200 000 MPa

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan, MPa

b. Perencanaan pelat lantai komposit

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal I3.3 dan pasal F2, kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur terbungkus beton harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (momen plastis) dan tekuk torsi-lateral:

1. Pelelehan

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (3.3)$$

$$\phi_b = 0.90 \text{ (DFBK)}$$

keterangan:

$F_y$  = tegangan leleh minimum yang disyaratkan dari tipe baja yang digunakan, Mpa

$Z_x$  = modulus penampang plastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

2. Tekuk torsi-lateral

a) Bila  $L_b \leq L_p$ , keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

b) Bila  $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0.7F_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (3.4)$$

$$C_b = \frac{12.5M_{maks}}{2.5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad (3.5)$$

c)  $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (3.6)$$

keterangan:

$M_{maks}$  = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_A$  = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_B$  = nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibreising, N-mm

$M_C$  = nilai mutlak momen pada titik tiga-perempat dari segmen tanpa dibreising, N-mm

$L_b$  = panjang antara titik-titik, baik yang dibreising melawan perpindahan lateral sayap tekan atau dibreising melawan puntir penampang melintang, mm

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \quad (3.7)$$

$E$  = modulus elastis baja = 200 000 MPa

$J$  = konstanta torsi, mm<sup>4</sup>

$S_x$  = modulus penampang elastis di sumbu x, mm<sup>3</sup>

$h_o$  = jarak antar titik berat sayap, mm

$r_{ts}$  = radius girasi dari sayap tekan ditambah seperenam dari badan

Kekuatan lentur nominal,  $M_n$ , harus ditentukan dengan menggunakan salah satu dari metode berikut:

- Superposisi dari tegangan elastis pada penampang komposit, yang memperhitungkan efek penopangan, untuk keadaan batas dari leleh (momen leleh).
- Distribusi tegangan plastis pada penampang baja sendiri, untuk keadaan batas dari leleh (momen plastis) pada penampang baja.

$$\phi_b = 0.90 \text{ (LRFD)}$$

- Distribusi tegangan plastis pada penampang komposit atau metode kompatibilitas-regangan, untuk keadaan batas dari leleh (momen plastis) pada penampang komposit. Untuk

komponen struktur terbungkus-beton, angkur baja harus disediakan.

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal I4.1, kekuatan geser desain,  $\phi_v V_n$ , harus ditentukan berdasarkan satu dari yang berikut:

- a) Kekuatan geser yang tersedia dari penampang baja sendiri seperti disyaratkan dalam SNI 1729:2015 pasal G2:

Kekuatan geser nominal dari badan tidak diperkaku atau diperkaku menurut keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser adalah

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v \quad (3.8)$$

untuk badan komponen struktur profil-I canai panas dengan

$$\phi_v = 1.00 \text{ (DBFK) dan } C_v = 1.0$$

- b) Kekuatan geser yang tersedia dari bagian beton bertulang (beton ditambah tulangan baja) sendiri seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan

$$\phi_b = 0.75 \text{ (DFBK)}$$

- c) Kekuatan geser nominal dari penampang baja seperti dijelaskan dalam SNI 1729:2015 pasal G ditambah kekuatan nominal dari baja tulangan seperti dijelaskan oleh ACI 318 dengan kombinasi ketahanan atau faktor keamanan dari

$$\phi_b = 0.75 \text{ (DFBK)}$$

- c. Perencanaan pelat atap komposit

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal I3.3 dan pasal F2, kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur terbungkus beton harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (momen plastis) dan tekuk torsi-lateral seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya.

d. Perencanaan balok anak komposit

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal I3.3 dan pasal F2, kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur terbungkus beton harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (momen plastis) dan tekuk torsi-lateral seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya.

e. Perencanaan balok lift komposit

Berdasarkan SNI 1729:2015 pasal I3.3 dan pasal F2, kekuatan lentur tersedia dari komponen struktur terbungkus beton harus merupakan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh (momen plastis) dan tekuk torsi-lateral seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya.

f. Perencanaan tebal dinding geser

Berdasarkan peraturan SNI 2847-2013 pasal 14.5.3.1 ketebalan dinding yang didesain dengan metoda empiris tidak boleh kurang dari  $1/25$  tinggi atau panjang bentang tertumpu atau kurang dari 100 mm.

g. Perhitungan komponen struktur sebelum komposit

Pada kondisi sebelum komposit. Profil baja memikul sendiri beban-beban yang ada. Oleh karena itu profil baja harus mampu memikulnya dan dikontrol sesuai syarat yang berlaku.

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral (SNI 1729:2015 13.2.2a)

Kontrol sayap:

$$\frac{b_f}{2 t_f} \quad \text{dan} \quad \lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.9)$$

Kontrol badan:

$$\frac{h}{t_w} \quad \text{dan} \quad \lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.10)$$

- Kontrol kuat lentur

$$\phi M_n > M_u \quad (3.11)$$



- Kontrol kuat lentur akibat tekuk lateral (SNI 1729:2015 F2.2) **(3.3)**

- Kontrol kuat geser (SNI 1729:2015 G2.1) **(3.8)**

- Kontrol lendutan

$$\frac{L}{360} > \frac{5}{384} \left( \frac{(qd+ql)L^4}{EI} \right) \quad (3.12)$$

### 3.5 Preliminary Design dan Pembebanan

#### 3.5.1 Preliminary Design

Memperkirakan dimensi awal dari struktur sesuai dengan ketentuan SNI 1729:2015.

- a. Preliminary design balok komposit

$$Z_p = \frac{M_u}{\phi f_y} \quad (3.13)$$

keterangan:

$Z_p$  = momen tahan plastis

$\phi$  = faktor reduksi lentur

$M_u$  = momen ultimate

$F_y$  = tegangan leleh baja

- b. Preliminary design kolom komposit

$$A = \frac{P_u}{\phi f_y} \quad (3.14)$$

keterangan:

$A$  = luas penampang

$\phi$  = faktor reduksi gaya aksial tekan

$P_u$  = gaya aksial beban

$F_y$  = tegangan leleh baja

#### 3.5.2 Pembebanan

Penggunaan beban yang direncanakan mengikuti SNI 1727:2013 dengan kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 9.2.1 antara lain:

1. Beban mati

Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 3.1.1, beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektur dan struktural lainnya.

2. Beban hidup

Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 4 Tabel 4-1, beban hidup merata yang bekerja pada gedung perkantoran adalah sebagai berikut: Ruang kantor sebesar  $2.4 \text{ kN/m}^2$ , Lobi dan Koridor lantai pertama sebesar  $4.79 \text{ kN/m}^2$ , koridor diatas lantai pertama sebesar  $3.83 \text{ kN/m}^2$ , dan atap sebesar  $0.96 \text{ kN/m}^2$ .

3. Beban angin

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 27.4.1, tekanan angin desain untuk SPBAU (Sitem Penahan Beban Angin Utama) bangunan gedung dari semua ketinggian harus ditentukan dengan persamaan berikut:

$$p = qGC_p - q_i(GC_{pi}) \text{ (lb/ft}^2\text{)(N/m}^2\text{)} \quad (3.15)$$

dimana,

$q = q_z$  untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian  $z$  di atas permukaan tanah

$q = q_h$  untuk dinding disisi angin pergi, dinding samping, dan atap diukur pada ketinggian  $h$

$q_i = q_i$  untuk dinding disisi angin datang, dinding samping, dinding di sisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian

$q_i = q_z$  untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi  $z$  ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif. Untuk bangunan gedung yang terletak di wilayah berpartikel terbawa angin, kaca yang tidak tahan dampak atau dilindungi

dengan penutup tahan impak, harus diperlakukan sebagai bukaan sesuai dengan SNI 1727:2013 Pasal 26.10.3. Untuk menghitung tekanan internal positif,  $q_i$ , secara konservatif boleh dihitung pada ketinggian  $h$  ( $q_i=q_h$ )

$G$  = faktor efek-tiupan angin, lihat SNI 1727:2013 Pasal 26.9

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

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

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

#### 4. Beban gempa

Beban gempa merupakan semua beban gempa statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh gerakan tanah akibat beban gempa tersebut. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya yang terjadi di dalam struktur tersebut terjadi akibat gerakan tanah akibat gempa tersebut. Gempa rencana ditetapkan berdasarkan respon spectrum desain SNI 1726:2012 dimana langkah langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kategori resiko bangunan gedung I-IV (SNI 1726:-2012 Pasal 4.1.2 Tabel 1).
2. Menentukan faktor keutamaan gempa (SNI 1726:2012 Pasal 4.1.2 Tabel 2).
3. Menentukan parameter percepatan terpetakan ( $S_s, S_1$ ) (SNI 1726: 2012 Pasal 6.1.1 Gambar 9 dan 10).
4. Menentukan klasifikasi situs (SA-SF) (SNI 1726:2012 Pasal 5.3 Tabel 3).

5. Menentukan faktor koefisien situs ( $F_a, F_v$ ) (SNI 1726:2012 Pasal 6.2 Tabel 4 dan 5).
6. Menentukan kategori desain seismik (SNI 1726:2012 Pasal 6.5 Tabel 6 dan 7).
7. Memilih faktor koefisien modifikasi respons ( $R$ ), Faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) dan faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_0$ ) untuk sistem penahan gaya gempa (SNI 1726:2012 Pasal 7.2.2 Tabel 9).
8. Melakukan analisis statik ekuivalen.

- Menentukan periode fundamental perkiraan,  $T_a$  (SNI 1726:2012 pasal 7.8.2.1)

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (3.16)$$

$C_t$  dan  $x$  = koefisien parameter waktu getar perkiraan (SNI 1726:2012 pasal 7.8.2.1 Tabel 15)

$h_n$  = tinggi struktur

- Menentukan batas periode struktur (SNI 1726:2012 pasal 7.8.2)

$$T \leq C_u T_a \quad (3.17)$$

$T_a$  = periode fundamental perkiraan

$C_u$  = koefisien untuk batas atas periode hasil perhitungan (SNI 1726:2012 pasal 7.8.2.1 Tabel 14)

- Menghitung gaya dasar seismik (SNI 1726:2012 pasal 7.8.1)

$$V = C_s \cdot W \quad (3.18)$$

$C_s$  = koefisien respons seismik

$W$  = berat seismik efektif (SNI 1726:2012 pasal 7.7.2)

- Menghitung koefisien respon seismik

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.19)$$

$S_{DS}$  = percepatan spektrum respon desain dalam periode pendek

$R$  = faktor modifikasi respon

$I_e$  = faktor keutamaan hunian

- Menghitung distribusi vertikal gaya gempa (SNI 1726:2012 pasal 7.8.3)

$$F_x = C_{vx} \cdot V \quad (3.20)$$

$C_{vx}$  = faktor distribusi vertikal

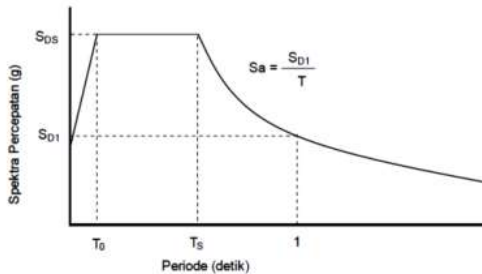
$V$  = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)

- Menghitung distribusi horizontal gaya di tiap lantai (SNI 1726:2012 pasal 7.8.4)

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (3.21)$$

$F_i$  = bagian dari gaya geser dasar seismik yang terjadi pada tingkat  $i$

9. Melakukan analisis modal respon spectrum dengan menggambar grafik respon spectrum rencana ke dalam program analisis struktur.



Gambar 3.2 ketentuan penggambaran grafik respon spektrum.

(Sumber: SNI 1726:2012)

Pada periode  $T < T_0$ , respon spektra percepatan:

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.22)$$

Pada periode  $T_0 \leq T \leq T_s$ , respon spektra percepatan:

$$S_a = S_{DS} \quad (3.23)$$

Pada periode  $T > T_s$ , respon spektra percepatan:

$$S_a = S_{D1}/T \quad (3.24)$$

Dengan:

$$T_0 = 0,2 \left( \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \right) \quad (3.25)$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.26)$$

## 5. Kombinasi

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.2.1, kekuatan perlu  $U$  harus paling tidak sama dengan pengaruh beban terfaktor dalam persamaan dibawah ini. Pengaruh salah satu atau lebih beban yang tidak bekerja secara serentak harus diperiksa.

$$U = 1.4D$$

$$U = 1.2D + 1.6L + 0.5(L_f \text{ atau } R)$$

$$U = 1.2D + 1.6(L_f \text{ atau } R) + (1.0L \text{ atau } 0.5W)$$

$$U = 1.2D + 1.0W + 1.0L + 0.5(L_f \text{ atau } R)$$

$$U = 1.2D + 1.0E + 1.0L$$

$$U = 0.9D + 1.0W$$

$$U = 0.9D + 1.0E$$

## 3.6 Pemodelan dan Analisa Struktur

### 3.6.1 Analisa Model Struktur

Analisa struktur utama menggunakan *software* SAP 2000 untuk mendapatkan reaksi dan gaya dalam yang terdapat pada struktur utama. Pembebanan gempa dinamik sesuai SNI 1726:2012 diatur menggunakan analisa respons dinamik.

#### 3.6.1.1 Kontrol Struktur

##### 1. Kontrol partisipasi massa

Berdasarkan SNI 1726:2012, analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk

mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dari masing-masing arah horizontal.

2. Kontrol perioda (waktu getar) alami fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726:2012, perioda fundamental struktur harus ditentukan dari:  $T = C_t \cdot h_n^x$  Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atasnya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai SD1.

3. Kontrol nilai akhir respon spektrum

Kombinasi respon untuk geser dasar ragam ( $V_t$ ) lebih besar 85 persen dari geser dasar yang dihitung ( $V$ ) atau ( $V_{dinamik} \geq 0,85 V_{statik}$ )

4. Kontrol simpangan antar lantai

Tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta_a$ ) seperti didapatkan dari SNI 1726:2012 Tabel 16 untuk semua tingkat.

### 3.6.3 Analisa Struktur Utama Komposit

Berdasarkan SNI 1729:2015. Desain elemen struktur utama harus dikontrol agar dapat memikul gaya-gaya yang terjadi.

#### 3.6.3.1 Balok Komposit

Kekuatan lentur balok komposit dengan penghubung geser (*shear connector*) dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Kuat lentur positif
  - a) Untuk penampang berbadan kompak

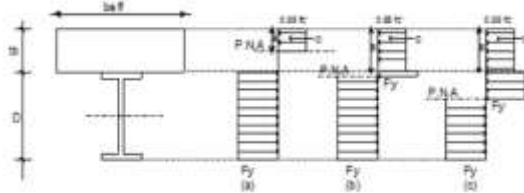
$$\left( \frac{h}{t_w} \leq 3,76x \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right)$$

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

b) Untuk penampang berbadan tidak kompak

$$\left( \frac{h}{t_w} \geq 3,76x \sqrt{\frac{E}{f_y}} \right)$$

Kekuatan lentur positif dapat dihitung dengan menggunakan tegangan elastis. Pada kondisi ini, kekuatan lentur batas penampang ditentukan oleh terjadinya leleh pertama. ( $\phi_b = 0,9$ )



Gambar 3.3 Tegangan plastis untuk momen positif.

(Sumber: Isdarmanu, Marwan. *Diktat Kuliah Struktur Baja*)

keterangan:

a) PNA pada beton

b) PNA pada flens baja

c) PNA pada badan baja

- Besarnya gaya tekan “C” pada plat beton adalah nilai terkecil dari:

a)  $C_1 = A_s \cdot F_y$  (PNA pada beton) (3.27)

b)  $C_2 = 0,85 \cdot f'_c \cdot A_c$  (PNA pada baja) (3.28)

c)  $C_3 = \sum Q_n$  (Komposit parsial) (3.29)

- Tinggi tekan efektif pada plat beton adalah:

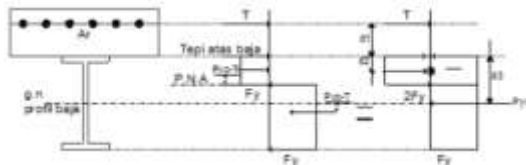
$$a = \frac{c}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_{eff}} \quad (3.30)$$

- Momen positif nominal  $M_n$ :

$$M_n = C(d_1 + d_2) + P_y(d_3 - d_2) \quad (3.31)$$



2. Kuat lentur negatif
- Kekuatan lentur negatif dihitung dengan mengabaikan aksi komposit. Jadi kekuatan lentur negatif penampang komposit = kekuatan lentur negatif penampang baja saja. ( $\phi_b = 0,90$ )
  - Sebagai alternatif, untuk balok dengan penampang kompak dan tidak langsing, kekuatan lentur negatif dapat dihitung dengan menggunakan distribusi tegangan plastis dengan ikut mempertimbangkan pengaruh tulangan baja di sepanjang lebar efektif pelat beton. ( $\phi_b = 0,85$ )



Gambar 3.4 Tegangan plastis untuk momen negatif.

(Sumber: Isdarmanu, Marwan. *Diktat Kuliah Struktur Baja*)

keterangan:

- PNA pada badan baja
  - PNA pada flens baja distribusi tegangan plastis untuk momen negatif
- Besarnya gaya tarik “T” pada tulangan pelat beton adalah nilai terkecil dari:

$$T = A_r \cdot F_{yr} \quad (\text{PNA pada baja}) \quad (3.32)$$

$$T = \sum_{n=1}^N Q_n \quad (\text{komposit parsial}) \quad (3.33)$$

dimana:

$A_r$  = luas tulangan tarik di daerah  $b_{eff}$ .

$F_{yr}$  = tegangan leleh tulangan

- Momen negatif nominal  $M_n$ :

$$M_n = T (d_1 + d_2) + P_{yc} (d_3 - d_2) \quad (3.34)$$

dimana:

$P_{yc} = A_s \cdot f_y$

$T = A_r \cdot F_{yr}$

$d_3 = D/2$

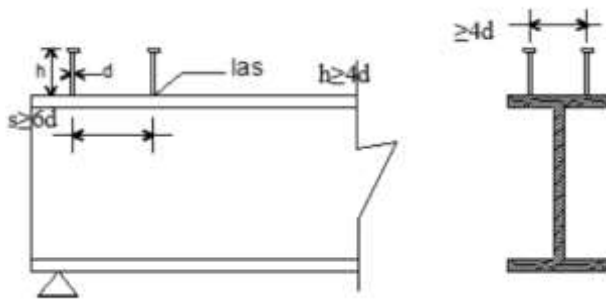
### 3. Kuat geser rencana

Komponen struktur komposit terisi dan terbungkus beton kuat geser rencana desain ( $\phi_v V_n$ ) ditentukan berdasarkan kuat geser badan penampang baja saja, sesuai dengan ketentuan SNI 1729:2015 pasal I4.

### 4. Kekuatan penghubung geser (*shear connector*)

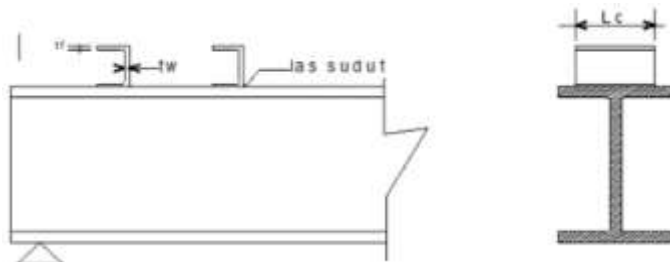
Penghubung geser (*shear connector*) berfungsi untuk menahan gaya geser horizontal yang timbul ketika batang terlentur, sehingga pelat beton dan baja dapat bekerja bersama-sama. Penghubung geser dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

a) Kekuatan shear connector stud (paku) (SNI 1729:2013) pasal 3c.I85)



Gambar 3.5 Penghubung geser jenis paku.

b) Kekuatan shear connector baja kanal (SNI 1729:2013) pasal 3d



Gambar 3.6 Penghubung geser jenis baja kanal.

Jumlah shear connector yang dibutuhkan disepanjang daerah tertentu:

$$n = \frac{V_n}{Q_n} \quad (3.35)$$

dimana:

$V_n$  = gaya geser horizontal total pada bidang kontak antara balok baja dan pelat beton yang harus ditransfer shear connector

### 3.6.2.2 Kolom Komposit

Interaksi antara lentur dan gaya aksial pada komponen struktur komposit harus memperhitungkan stabilitas seperti disyaratkan oleh SNI 1729:2015 pasal C. Kekuatan tekan yang tersedia dan kekuatan lentur yang tersedia harus ditentukan seperti dijelaskan dalam SNI 1729:2015 pasal I2 dan I3. Untuk menghitung pengaruh dari efek panjang pada kekuatan aksial komponen struktur, kekuatan aksial nominal komponen struktur harus ditentukan menurut SNI 1729:2015 pasal I2.

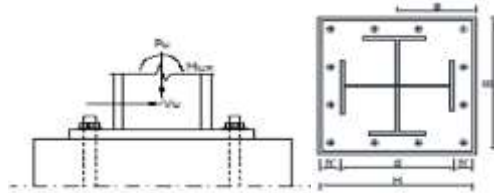
Untuk komponen struktur komposit dibungkus beton dan komponen struktur komposit diisi beton dengan penampang kompak, interaksi gaya aksial dan lentur harus berdasarkan persamaan interaksi SNI 1729:2015 pasal H1.1 atau satu dari metode seperti dijelaskan SNI 1729:2015 pasal I1.2.

Untuk komponen struktur komposit diisi beton dengan penampang nonkompak atau penampang langsing, interaksi antara gaya aksial dan lentur harus berdasarkan persamaan pada SNI1729:2015 pasal H1.1.

### 3.6.2.3 Angkur Baja

Diameter dari suatu angkur steel headed stud tidak boleh lebih besar dari 2,5 kali ketebalan logam dasar yang dilas, kecuali dilas untuk sayap secara langsung melalui badan. Pasal I8.2 yang digunakan untuk suatu komponen struktur lentur komposit, dimana angkur baja yang ditanam pada suatu pelat beton solid atau pelat beton solid atau pada suatu yang dicorkan pada dek baja dicetak.

Untuk beton normal, angkur steel headed stud yang hanya menahan geser tidak boleh kecil dari lima diameter batang dalam panjang dari dasar steel headed stud kebagiian atas dari kepala paku sesudah pemasangan. Angkur steel headed stud yang menahan tarik atau interaksi dari geser dan tarik taidak boleh lebih kecil dari delapan diameter paku dalam panjang dari dasar paku ke bagian atas dari kepala paku sesudah pemasangan.



Gambar 3.7 Angkur pada baseplate.

(Sumber: Isdarmanu, Marwan. *Diktat Kuliah Struktur Baja*)

### 3.7 Perencanaan Sambungan

Pada tugas akhir ini sambungan direncanakan menggunakan sambungan baut.

#### a. Baut tipe tumpu

Berdasarkan SNI 1729:2015 Pasal J3.7, kekuatan tarik yang tersedia dari baut yang menahan kombinasi gaya tarik dan geser harus ditentukan sesuai dengan keadaan batas dari keruntuhan geser sebagai berikut:

$$Rn = F'_{nt} A_b \quad (3.36)$$

$$\phi = 0.75 \text{ (DBFK)}$$

$F'_{nt}$  = tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser, MPa

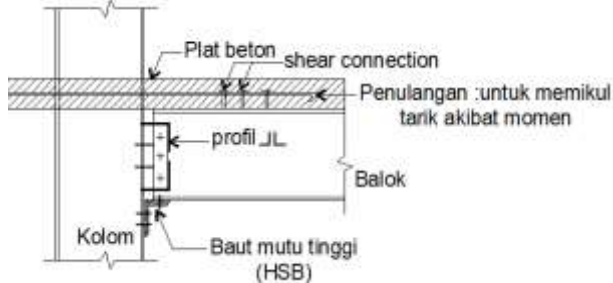
$$= 1,3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_{rv} \leq F'_{nt} \text{ (DBFK)} \quad (3.37)$$

$F_{nt}$  = tegangan tarik nominal dari SNI 1729:2015 Tabel J3.2, MPa

$F_{nv}$  = tegangan geser dari SNI 1729:2015 Tabel J3.2, MPa

$f_{rv}$  = tegangan geser yang diperlukan menggunakan *kombinasi beban DBFK*, MPa

Tegangan geser yang tersedia dari sarana penyambung sama dengan atau melebihi tegangan geser yang diperlukan,  $f_{rv}$ .



Gambar 3.8 Sambungan baut beton baja komposit.  
(Sumber: Isdarman, Marwan. *Diktat Kuliah Struktur Baja*)

b. Baut kekuatan tinggi dalam sambungan kritis-slip

Ketahanan slip yang tersedia untuk keadaan batas dari slip harus ditentukan sebagai berikut:

$$Rn = \mu D_u h_f T_b n_e \quad (3.38)$$

- a) Untuk lubang ukuran standard an lubang slot-pendek yang tegak lurus terhadap arah dari beban

$$\phi = 1.00 \text{ (DBFK)}$$

- b) Untuk lubang ukuran-berlebih dan lubang slot-pendek yang parallel terhadap arah dari beban

$$\phi = 0.85 \text{ (DBFK)}$$

- c) Untuk lubang slot-panjang

$$\phi = 0.70 \text{ (DBFK)}$$

keterangan:

$\mu$  = koefisien slip rata-rata untuk permukaan Kelas A atau B yang sesuai, dan ditentukan sebagai berikut, atau seperti ditetapkan oleh pengujian.

$Du = 1,13$ ; suatu pengali yang mencerminkan rasio dari rata-rata pratarik baut terpasang terhadap pratarik baut minimum yang disyaratkan. Penggunaan dari nilai-nilai lainnya dapat disetujui oleh *Insinyur yang memiliki izin bekerja sebagai perencana*.

$Tb$  = gaya tarik minimum *sarana penyambung* yang diberikan SNI 1729:2015 Tabel J3.1, kips, atau J3.1M, kN.

$h_f$  = faktor untuk pengisi, ditentukan sebagai berikut:

- i. Bila tidak ada pengisi atau dimana baut telah ditambahkan untuk mendistribusikan beban pada pengisi

$$h_f = 1.00$$

- ii. Bila baut-baut tidak ditambahkan untuk mendistribusikan beban pada pengisi:

- a) Untuk satu pengisi antara bagian-bagian tersambung

$$h_f = 1.00$$

- b) Untuk dua atau lebih pengisi antara bagian-bagian tersambung

$$h_f = 0.85$$

$N_s$  = jumlah bidang slip yang diperlukan untuk mengizinkan sambungan dengan slip.

### 3.8 Perencanaan Pondasi

Pada umumnya tiang- tiang dalam fungsinya menahan beban lateral melalui sebuah poer. Puer ini sebagai penggabung dari tiang- tiang individu menjadi satu kelompok tiang dan sekaligus sebagai penyalur beban pada setiap tiang. Pada suatu perencanaan, poer dianggap kaku sehingga distribusi beban-beban luar yang melalui poer ke setiap tiang dapat dianggap linear.

#### 3.8.1 Perencanaan Tiang Pancang

Perencanaan struktur tiang pondasi menggunakan pondasi tiang pancang. Data tanah yang digunakan berdasarkan hasil dari SPT. Secara umum daya dukung tiang yang berdiri sendiri dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{ult} = Q_e + Q_f - W \quad (3.35)$$

dimana:

$Q_{ult}$  = ultimate pile capacity

$Q_e$  = end-bearing capacity

$Q_f$  = side friction capacity

$W$  = berat tiang

Besarnya  $Q_e$  dapat ditentukan dengan menggunakan teori daya dukung sebagai berikut:

$$Q_e = \Delta(CNC + \sigma_v N_q + 0,5 \gamma DN\gamma) \quad (3.36)$$

dimana:

$\Delta$  = luas dasar penampang tiang

$c$  = cohesi

$\sigma_v$  = tegangan vertikal tanah pada dasar tiang

$\gamma$  = berat volume tanah

$D$  = diameter tiang

$N_C, N_q, N_\gamma$  = faktor- faktor daya dukung

sedangkan besarnya  $Q_f$  menggunakan rumus:

$$Q_f = \int_0^L \phi \tau_a dz = \int_0^L \phi (Ca + k\sigma_v \text{tg}\phi_a) dz \quad (3.37)$$

dimana:

$\tau_a$  = kekuatan geser tanah

$Ca$  = kekuatan tekanan tanah

$\sigma_n$  = tegangan normal antara tiang dan tanah

$\phi_a$  = sudut geser antara tiang dan tanah

sehingga kapasitas daya dukung tiang berdiri sendiri adalah:

$$Q_{ult} = \Delta(CNC + \sigma_v N_q + 0,5 \gamma DN\gamma) + \int_0^L \phi (Ca + k\sigma_v \text{tg}\phi_a) dz - W \quad (3.38)$$

Pondasi tiang yang berdiri sendiri akan memikul sepenuhnya beban- beban yang bekerja padanya. Sedangkan untuk pondasi kelompok tiang tidak demikian halnya. Sehubungan dengan bidang keruntuhan di daerah ujung dari

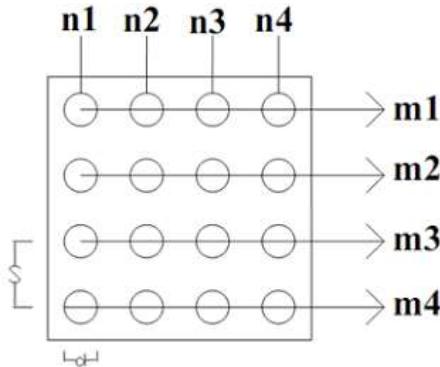
masing- masing tiang yang tergabung dalam kelompok tiang saling overlap, maka efisiensi dari daya dukung satu tiang akan menurun di dalam kelompok tiang.

Perumusan efisiensi kelompok yang dipakai dengan menggunakan persamaan konversi Labarre:

$$E_k = 1 - \theta \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right] \quad (3.39)$$

dimana:

- m = jumlah tiang dalam baris
- n = jumlah tiang dalam kolom
- $\theta$  = arc tg D/s (dalam derajat)
- D = diameter tiang
- s = jarak antara pusat ke pusat tiang

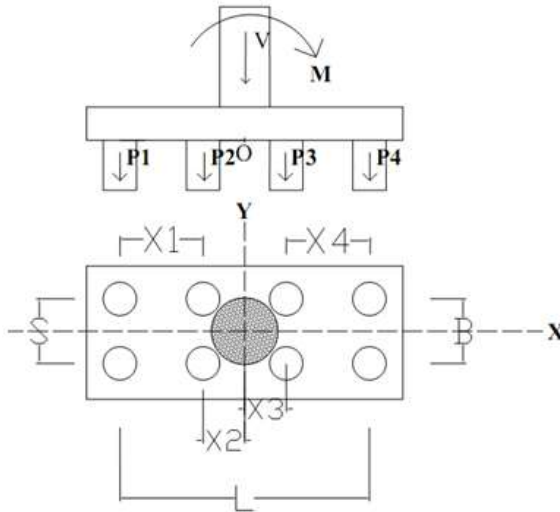


Gambar 3.9 Ilustrasi tiang pancang dalam kelompok.

Perkiraan jumlah tiang pancang:

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin}} \quad (3.40)$$





Gambar 3.10 Ilustrasi sumbu momen arah y dan x pada pondasi.

Syarat:  $P_{max} < P_{ijin}$

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot x_{max}}{\Sigma x^2} + \frac{M_x \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} > P_{ijin} \quad (3.41)$$

$$P_{min} = \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \cdot x_{max}}{\Sigma x^2} - \frac{M_x \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} > 0 \quad (3.42)$$

dimana:

$n$  = jumlah tiang pancang

$M_x$  = momen yang bekerja pada arah X

$M_y$  = momen yang bekerja pada arah Y

$X_{max}$  = jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu X

$Y_{max}$  = jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu Y

$\Sigma x^2$  = jumlah kuadrat jarak as tiang terhadap sumbu X

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

Untuk perhitungan jarak tiang ditentukan dengan persyaratan:

- Untuk jarak as ke as tiang pancang
 
$$2D < S < 2,5D \quad (3.43)$$

- Untuk jarak as tiang pancang ke tepi poer
 
$$1,5D < S1 < 2D \quad (3.44)$$

### 3.8.2 Perencanaan Pile Cap

#### a. Kontrol tebal minimum poer

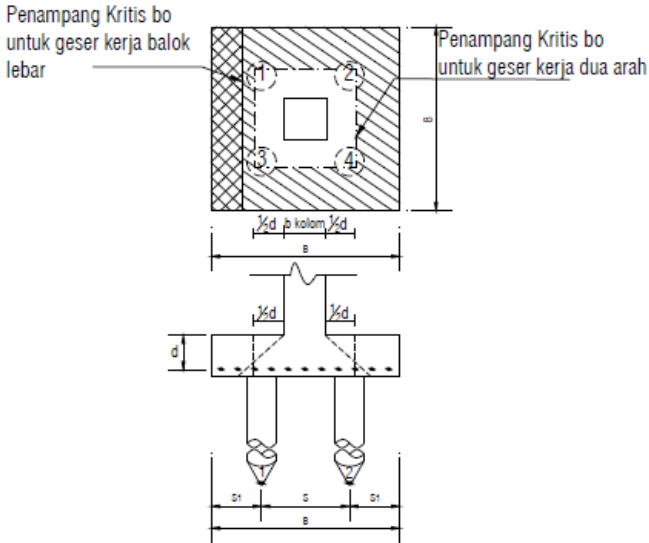
Menurut SNI 03-2847-2013 tebal pondasi tapak diatas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi diatas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak (footing) diatas tiang pondasi.

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

Kekuatan geser pondasi di sekitar kolom atau dinding yang dipikulnya harus ditentukan menurut mana yang lebih menentukan dari 2 (dua) kondisi tinjauan, baik sebagai kerja balok lebar satu arah maupun sebagai kerja dua arah.

Dengan kerja balok lebar, pondasi dianggap sebagai balok lebar dengan penampang kritis pada lebar sepenuhnya. Biasanya kondisi ini jarang menentukan dalam desain. Kerja dua arah pada pondasi dimaksudkan untuk memeriksa kekuatan geser pons.

Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh  $\frac{1}{2} d$  dari muka kolom yang dipikul pondasi. Gambar 3.11 menjelaskan cara menentukan penampang kritis, baik pada asumsi kerja lebar balok maupun dua arah.



Gambar 3.11 Kontrol geser pons pada poer akibat beban kolom.

c. Kontrol geser satu arah

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.45)$$

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.46)$$

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.47)$$

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f'_c}b_w d \quad (3.48)$$

d. Kontrol geser dua arah

Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.49)$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.50)$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.51)$$

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.52)$$

keterangan:

$B_c$  = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek penampang kolom

$\alpha$  = 40 untuk kolom dalam

= 30 untuk kolom tepi

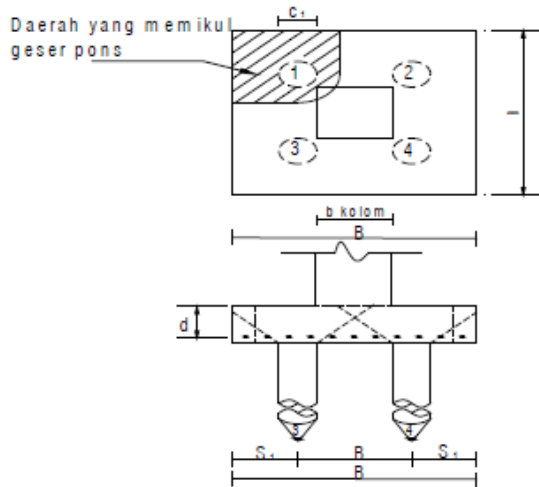
= 20 untuk kolom sudut

$B_0$  = parameter penampang kritis

$d$  = tinggi manfaat pelat

e. 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 pelat pondasi. Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh  $\frac{1}{2} d$  dari muka tiang pancang, yang mengelilingi tiang pancang yang dipikul oleh pelat pondasi. Untuk mencapai kondisi kerja balok dua arah, maka syarat jarak tiang pancang ke tepi harus lebih besar dari 1,5 kali diameter tiang pancang tersebut. Gambar 3.2 menjelaskan cara menentukan penampang kritis akibat aksial tiang pancang pada asumsi kerja dua arah.



Gambar 3.12 Kontrol geser pons pada poer akibat tiang pancang.

Kuat geser yang disumbangkan beton:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.53)$$

Dimana  $V_c$  diambil nilai terkecil dari persamaan:

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.54)$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.55)$$

$$V_c = 0,083 \left( \frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \quad (3.56)$$

### 3.9 Gambar Teknik

Penggambaran hasil perencanaan dan perhitungan dalam gambar teknik ini menggunakan program bantu AutoCAD.

### 3.10 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir

Kegiatan	September				Oktober				November				Desember				Januari			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengumpulan Data																				
Studi Literatur																				
Perencanaan Struktur Sekunder																				
Preliminary Design																				
Pembebanan																				
Analisa Struktur																				
Perencanaan Struktur Utama																				
Perencanaan Sambungan																				
Perencanaan Pondasi																				
Gambar Teknik																				

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB IV PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

### 4.1 Perencanaan Struktur Lantai

Perencanaan lantai pada bangunan ini menggunakan bondek dengan tabel perencanaan praktis yang ada pada brosur SUPER FLOOR DECK.

#### 4.1.1 Pelat Lantai Atap

Digunakan pelat bondek dengan tebal = 0,75 mm

a. Pembebanan pelat lantai

Beban mati

- Aspal (t = 1 cm)	=	14	kg/m <sup>2</sup>	
- Plafond + Penggantung	=	18	kg/m <sup>2</sup>	
- Ducting + Plumbing	=	25	kg/m <sup>2</sup>	
Qd =		<hr/>	57	kg/m <sup>2</sup>

Beban hidup

- Lantai atap	=	0,96	kN/m <sup>2</sup>
(1 Kpa = 101,97 kg/m <sup>2</sup> )			
Ql =		97,8912	kg/m <sup>2</sup>

Beban berguna (superimposed)

$$\begin{aligned} &= \text{Beban Mati} + \text{Beban Hidup} \\ &= 57 + 97,8912 \\ &= 154,8912 \text{ kg/m}^2 \approx 200 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Data perencanaan pelat bondek

- Bentang	=	2,7	m
- Beban berguna	=	200	kg/m <sup>2</sup>



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

- tebal pelat beton = 9 cm
- tulangan negatif = 2,09 cm<sup>2</sup>/m

b. Perencanaan tulangan negatif

Tulangan negatif direncanakan menggunakan tulangan dengan diameter D=8 mm ( $A_s = 0.503 \text{ cm}^2$ )

Jumlah tulangan yang diperlukan tiap meter adalah:

$$n = \frac{2,09}{0,503} = 4,15792 \approx 5$$

jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{1000}{5} = 200 \text{ mm}$$

jadi dipasang tulangan negatif  $\emptyset 8 - 200 \text{ mm}$

#### 4.1.2 Pelat Lantai 1 – 40

Direncanakan menggunakan bondek tebal = 0,75 mm

a. Pembebanan pelat lantai

Beban mati

- Spesi (t = 1 cm)	=	21 kg/m <sup>2</sup>
- Plafond + Penggantung	=	18 kg/m <sup>2</sup>
- Ducting + Plumbing	=	25 kg/m <sup>2</sup>
- Keramik	=	24 kg/m <sup>2</sup> +
	Qd =	88 kg/m <sup>2</sup>

Beban hidup

- Lantai Atap	=	2,4 kN/m <sup>2</sup>
(1 Kpa = 101,97 kg/m <sup>2</sup> )		
	Ql =	244,728 kg/m <sup>2</sup>

Beban berguna (superimposed)

$$\begin{aligned}
 &= \text{Beban mati} + \text{Beban hidup} \\
 &= 88 + 244,728 \\
 &= 332,728 \text{ kg/m}^2 \approx 400 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Data perencanaan pelat bondek

$$\begin{aligned}
 - \text{Bentang} &= 2,7 \quad \text{m} \\
 - \text{Beban berguna} &= 400 \quad \text{kg/m}^2
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 - \text{tebal pelat beton} &= 9 \text{ cm} \\
 - \text{tulangan negatif} &= 3,02 \text{ cm}^2/\text{m}
 \end{aligned}$$

b. Perencanaan tulangan negatif

Tulangan negatif direncanakan menggunakan tulangan dengan diameter  $D=10 \text{ mm}$  ( $A_s = 0.785 \text{ cm}^2$ )

Jumlah tulangan yang diperlukan tiap meter adalah:

$$n = \frac{3,02}{0,785} = 3,84518 \approx 4$$

jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{1000}{4} = 250 \text{ mm}$$

jadi dipasang tulangan negatif  $\emptyset 10 - 250 \text{ mm}$

## 4.2 Perencanaan Balok Lift

Perencanaan balok lift meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruangan mesin lift, yaitu terdiri dari balok penumpu dan balok penggantung lift. Untuk lift pada bangunan ini menggunakan lift yang diproduksi oleh Hyundai elevator, dengan data-data sebagai berikut:

Tipe lift	: Penumpang
Merk	: Hyundai (LUXEN-Center)
Kapasitas	: 11 Orang
Lebar pintu (opening width)	: 800 mm
Kecepatan	: 1,5 m/s
Dimensi sangkar (car size)	
External	: 1660 x 1655 mm <sup>2</sup>
Internal	: 1600 x 1500 mm <sup>2</sup>
Dimensi ruang luncur	: 9000 x 2700 mm <sup>2</sup>
Beban reaksi ruang mesin	
• R <sub>1</sub> =	5450 kg
(berat mesin penggerak + beban kereta + pelengkap)	
• R <sub>2</sub> =	4300 kg
(berat bandul pemberat + perlengkapan)	

#### 4.2.1 Perencanaan Balok Penggantung Lift

1. Beban yang bekerja pada balok penumpu  
Beban yang bekerja merupakan beban akibat dari mesin penggerak lift + berat kereta luncur + perlengkapan, dan akibat bandul pemberat + perlengkapan.
2. Koefisien kejut beban hidup oleh keran  
Pasal 3.3.(3) PPIUG 1983 menyatakan bahwa keran yang membebani struktur pemikulnya terdiri dari berat sendiri keran ditambah muatan yang diangkatnya, dalam kedudukan keran induk dengan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau. Sebagai beban rencana harus diambil beban keran tersebut dengan mengalikannya dengan suatu koefisien kejut yang ditentukan dengan rumus berikut:

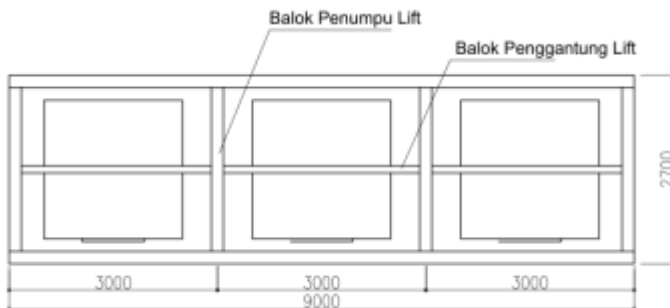
$$\psi = (1 + k_1 \cdot k_2 \cdot v)$$

dimana:

- $\psi$  = koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang  
 $v$  = kecepatan angkat maksimum dalam m/det pada pengangkatan muatan maksimum dalam kedudukan keran induk dan keran angka yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau, dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/det  
 $k_1$  = koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6  
 $k_2$  = koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan di ambil sebesar 1,359

jadi, beban yang bekerja pada balok:

$$\begin{aligned}
 P &= \Sigma R \cdot \psi = (5450 + 4300)(1 + 0,6 \cdot 1,359) \\
 &= 9750 \times 1,78 \\
 &= 17355 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.1 Denah lift.

Data Perencanaan Balok Penggantung Lift

Direncanakan menggunakan profil WF 350x250x9x14

Dengan data sebagai berikut:

W =	79,7 kg/m	ix =	14,6 cm
A =	101,5 cm <sup>2</sup>	iy =	6 cm
b =	250 mm	Ix =	21700 cm <sup>4</sup>
d =	340 mm	Iy =	3650 cm <sup>4</sup>
tf =	14 mm	Sx =	1280 cm <sup>3</sup>
tw =	9 mm	Sy =	292 cm <sup>3</sup>
r =	20 mm	Zx =	1360 cm <sup>3</sup>
h =	272 mm	Zy =	444 cm <sup>3</sup>

Data bondek:

hr =	5,4 cm
wr =	16,8 cm
t =	0,075 cm
w =	10,1 kg
t plat =	9 cm

Spesifikasi baja (BJ 41)

Fy =	250 Mpa
Fu =	410 Mpa

Spesifikasi beton

F'c =	40 Mpa
-------	--------

Panjang balok penggantung lift (L) = 3 m  
= 300 cm

Jarak beban yang diterima = 2,7 m  
= 270 cm

Pembebanan

Beban mati

Pelat bondek	10,1 x 2,7 =	27,27 kg/m
Pelat beton	0,09 x 2,7 x 2400 =	583,2 kg/m
Berat profil	=	<u>79,7 kg/m +</u>
	=	690,17 kg/m
sambungan 10%	=	<u>69,02 kg/m +</u>
	Qd =	759,19 kg/m

Beban hidup

(Akibat beban maintenance  $q = 100 \text{ kg/m}^2$ )

$$Ql = 2,7 \times 100 = 270 \text{ kg/m}$$

Beban merata ultimate

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 Q_d + 1,6 Q_l \\ &= 1343,03 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban terpusat lift

$$\begin{aligned} P_u &= 1,4 \times P_d \\ &= 24297 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya geser yang terjadi

$$\begin{aligned} R_a = R_b &= \frac{1}{2} \times Q_u \times L + \frac{1}{2} \times P_u \\ V_u &= 14166 \text{ kg} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \times Q_u \times L^2 + \frac{1}{4} \times P_u \times L \\ &= 19733,7 \text{ kg. m} \end{aligned}$$

Kontrol penampang

Kontrol sayap

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{250}{28} = 8.92857$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 10.748$$

$$\frac{b}{2t_f} < \lambda_p \text{ OK}$$

Kontrol badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{272}{9} = 30.2222$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 106.349$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p \text{ OK}$$

$$\frac{b}{2t_f} < \lambda_p \quad \text{dan} \quad \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

Penampang kompak. Maka,

$$\begin{aligned}
 M_n = M_p &= F_y \cdot Z_x \\
 &= 2500 \cdot 1360 \\
 &= 3400000 \text{ kg.cm} \\
 &= 34000 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$  dimana  $\phi = 0.9$

$$\phi_b \cdot M_n = 30600 \text{ kg.m}$$

$$M_u = M_{\max} = 19734 \text{ kg.m}$$

$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$  OK

Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 270 \text{ cm}$$

$$L_p = 298.862 \text{ cm} \quad \text{tabel } L_p \text{ dan } L_r$$

$$L_r = 936.253 \text{ cm} \quad \text{tabel } L_p \text{ dan } L_r$$

$L_b \leq L_p$ , bentang pendek maka keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

Kontrol geser

$$\begin{aligned}
 A_w &= d \times t_w \\
 &= 34 \times 0,9 \\
 &= 30.6 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0.6 F_y A_w C_v \\
 &= 45900 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{272}{9} = 30.2222$$

$$2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2.24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63.3568$$

$$\frac{h}{t_w} < 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \dots \text{OK}$$

$\emptyset V_n \geq V_u$  dimana  $\emptyset = 1$

$$\emptyset V_n = 1 \times 72600 = 45900 \text{ kg}$$

$$V_u = 14167 \text{ kg}$$

$\emptyset V_n \geq V_u$  OK

Kontrol lendutan

Batas lendutan maksimum

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{300}{360} = 0.84 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi

$$\begin{aligned} f^o &= \frac{5}{384} \times \left( \frac{Q_u \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right) + \frac{1}{48} \times \left( \frac{P_u \cdot L^3}{E \cdot I_x} \right) \\ &= \frac{5}{384} \times \left( \frac{13,4 \cdot 300^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 21700} \right) + \frac{1}{48} \times \left( \frac{242,97 \cdot 300^3}{2 \cdot 10^6 \cdot 21700} \right) \\ &= 0.04 + 0.01 \\ &= 0.05 \text{ cm} \end{aligned}$$

$f^o < f_{ijin}$  .... OK

Jadi profil WF 350x250x9x14 dapat dipakai

#### 4.2.2 Perencanaan Balok Penumpu

##### Data Perencanaan

Direncanakan menggunakan profil WF 450x300x11x18

Dengan data sebagai berikut:

W =	124 kg/m	ix =	18.9 cm
A =	157.4 cm <sup>2</sup>	iy =	7.18 cm
b =	300 mm	Ix =	56100 cm <sup>4</sup>
d =	440 mm	Iy =	8110 cm <sup>4</sup>
tf =	18 mm	Sx =	2550 cm <sup>3</sup>
tw =	11 mm	Sy =	541 cm <sup>3</sup>
r =	24 mm	Zx =	2728 cm <sup>3</sup>
h =	356 mm	Zy =	822 cm <sup>3</sup>



Data bondek:

$$\begin{aligned} h_r &= 5.4 \text{ cm} \\ w_r &= 16.8 \text{ cm} \\ t &= 0.075 \text{ cm} \\ w &= 10.1 \text{ kg} \\ t_{\text{plat}} &= 9 \text{ cm} \end{aligned}$$

Spesifikasi baja (BJ 41)

$$\begin{aligned} F_y &= 250 \text{ Mpa} \\ F_u &= 410 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Spesifikasi beton

$$F'_c = 40 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang balok penggantung lift (L)} &= 2.7 \text{ m} \\ &= 270 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak beban yang diterima} &= 3 \text{ m} \\ &= 300 \text{ cm} \end{aligned}$$

Beban mati

$$\begin{aligned} \text{Berat profil} &= 124 \text{ kg/m} \\ \text{sambungan 10\%} &= \frac{12.4 \text{ kg/m}}{\phantom{=}} \\ Q_d &= 136.4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban hidup

$$Q_l = 0 \text{ kg/m}$$

Beban merata ultimate

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 Q_d + 1,6 Q_l \\ &= 163.68 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban terpusat akibat reaksi balok penggantung lift

$$P_u = 14166 \text{ kg}$$

Gaya geser yang terjadi

$$\begin{aligned} R_a = R_b &= \frac{1}{2} \times Q_u \times L + \frac{1}{2} \times P_u \\ &= 7306.69 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \times Q_u \times L^2 + \frac{1}{4} \times P_u \times L \\ &= 9711.23 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Kontrol penampang

Kontrol sayap

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{300}{36} = 8.33333$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 10.748$$

$$\frac{b}{2t_f} < \lambda_p \text{ OK}$$

Kontrol badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{356}{11} = 32.3636$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 106.349$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p \text{ OK}$$

$$\frac{b}{2t_f} < \lambda_p \quad \text{dan} \quad \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

Penampang kompak. Maka,

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= F_y \cdot Z_x \\ &= 2500 \cdot 2728 \\ &= 6820000 \text{ kg.cm} \\ &= 68200 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u \text{ dimana } \phi = 0.9$$

$$\phi_b \cdot M_n = 61380 \text{ kg.m}$$

$$M_u = M_{\max} = 9712 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u \text{ ..... OK}$$

Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 300 \text{ cm}$$

$$L_p = 357.432 \text{ cm} \quad \text{tabel } L_p \text{ dan } L_r$$

$$L_r = 1118.74 \text{ cm} \quad \text{tabel } L_p \text{ dan } L_r$$

$L_b \leq L_p$ , bentang pendek maka keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

## Kontrol geser

$$\begin{aligned} A_w &= d \times t_w \\ &= 44 \times 1.1 \\ &= 48.4 \quad \text{cm}^2 \end{aligned}$$

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 F_y A_w C_v \\ &= 72600 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{356}{11} = 32.3636$$

$$2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2.24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63.3568$$

$$\frac{h}{t_w} < 2.24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \dots \text{OK}$$

$$\phi V_n \geq V_u \text{ dimana } \phi = 1$$

$$\phi V_n = 1 \times 72600 = 72600 \quad \text{kg}$$

$$V_u = 7307 \quad \text{kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u \text{ OK}$$

## Kontrol Lendutan

Batas lendutan maksimum

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{270}{360} = 0.75 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi

$$\begin{aligned} f^o &= \frac{5}{384} \times \left( \frac{Q_u \cdot L^4}{E \cdot I_x} \right) + \frac{1}{48} \times \left( \frac{P_u \cdot L^3}{E \cdot I_x} \right) \\ &= \frac{5}{384} \times \left( \frac{16,3 \cdot 270^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 56100} \right) + \frac{1}{48} \times \left( \frac{141,66 \cdot 270^3}{2 \cdot 10^6 \cdot 56100} \right) \\ &= 0.01 + 0.01 \\ &= 0.02 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^o < f_{ijin} \dots \text{OK}$$

Jadi profil WF 450x300x11x18 dapat dipakai

### 4.3 Perencanaan Balok Anak

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

#### 4.3.1 Perencanaan Balok Anak Lantai Atap

Direncanakan menggunakan profil WF 400x200x8x13

Dengan data sebagai berikut:

W =	66 kg/m	ix =	16.8 cm
A =	84.12 cm <sup>2</sup>	iy =	4.54 cm
b =	200 mm	Ix =	23700 cm <sup>4</sup>
d =	400 mm	Iy =	1740 cm <sup>4</sup>
tf =	13 mm	Sx =	1190 cm <sup>3</sup>
tw =	8 mm	Sy =	174 cm <sup>3</sup>
r =	16 mm	Zx =	1286 cm <sup>3</sup>
h =	342 mm	Zy =	266 cm <sup>3</sup>

Data bondek:

hr =	5.4 cm
wr =	16.8 cm
t =	0.075 cm
w =	10.1 kg
t plat =	9 cm

Spesifikasi baja (BJ 41)

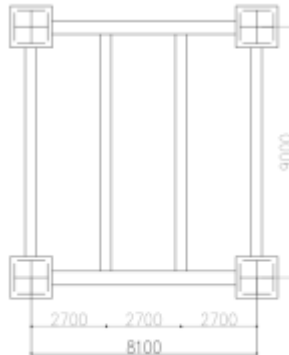
Fy =	250 Mpa
Fu =	410 Mpa

Spesifikasi beton

F'c =	40 Mpa
-------	--------

Panjang balok anak (L) = 9 m  
= 900 cm

Jarak antar balok anak = 2.7 m  
= 270 cm



Gambar 4.2 Denah balok anak.

## a. Kondisi sebelum komposit

Beban mati

Pelat bondek =	$10,1 \times 2,7 =$	$27.27 \text{ kg/m}$
Pelat beton =	$0,09 \times 2,7 \times 2400 =$	$583.2 \text{ kg/m}$
Berat profil	=	<u><math>66 \text{ kg/m}</math></u>
		$= 676.47 \text{ kg/m}$
sambungan 10%	=	<u><math>67.65 \text{ kg/m}</math></u>
	$Q_d =$	$744.12 \text{ kg/m}$

Beban hidup (akibat pekerja  $q = 100 \text{ kg/m}^2$ )

$$Q_l = 2,7 \times 100 = 270 \text{ kg/m}$$

Beban berfaktor

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 Q_d + 1,6 Q_l \\ &= 1324.94 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Momen yang terjadi

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} \times Q_u \times L^2 \\ &= 13415.1 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Gaya geser yang terjadi

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times Q_u \times L \\ &= 5962.25 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol penampang

Kontrol sayap

$$\frac{b}{2tf} = \frac{200}{26} = 7.69231$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 10.748$$

$$\frac{b}{2tf} < \lambda_p \text{ OK}$$

Kontrol badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{342}{8} = 42.75$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 106.349$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \text{ OK}$$

$$\frac{b}{2tf} < \lambda_p \quad \text{dan} \quad \frac{h}{tw} < \lambda_p$$

Penampang kompak. Maka,

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

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u \text{ dimana } \phi = 0.9$$

$$\phi_b \cdot M_n = 28935 \text{ kg.m}$$

$$M_u = M_{\max} = 13416 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u \text{ OK}$$

## Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 20 \text{ cm} \quad \text{Jarak ulir bondek}$$

$$L_p = 226.003 \text{ cm} \quad \text{tabel } L_p \text{ dan } L_r$$

$$L_r = 658.357 \text{ cm} \quad \text{tabel } L_p \text{ dan } L_r$$

$L_b \leq L_p$ , bentang pendek maka keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

## Kontrol geser

$$\begin{aligned} A_w &= d \times t_w \\ &= 40 \times 8 \\ &= 32 \quad \text{cm}^2 \end{aligned}$$

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 F_y A_w C_v \\ &= 48000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42.75$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63,3568$$

$$\frac{h}{t_w} < 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \dots \text{OK}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u \text{ dimana } \emptyset = 1$$

$$\emptyset V_n = 1 \times 48000 = 48000 \text{ kg}$$

$$V_u = 5963 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u \text{ OK}$$

## Kontrol lendutan

Batas lendutan maksimum

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{900}{360} = 2.5 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \left( \frac{(Q_d + Q_l)L^4}{E \cdot I_x} \right)$$

$$= \frac{5}{384} \times \left( \frac{(7,44 + 2,7)900^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 23700} \right)$$

$$= 1.83 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \dots \text{OK}$$

b. Kondisi sesudah komposit

Beban mati

Pelat bondek =	10,1 x 2,7 =	27,27 kg/m
Pelat beton =	0,09 x 2,7 x 2400 =	583,2 kg/m
Berat profil	=	66 kg/m
Ducting + Plumbing =	25 x 2,7 =	67,5 kg/m
Rangka + Plafon =	18 x 2,7 =	48,6 kg/m
Aspal (t = 1 cm) =	14 x 2,7 =	37,8 kg/m
		<hr/>
		= 830,37 kg/m
sambungan 10%		= 83,04 kg/m
		<hr/>
	Q <sub>d</sub> =	913,41 kg/m

Beban hidup

$$\text{Lantai atap} = 0,96 \text{ kN/m}^2$$

$$1 \text{ kpa} = 101,97 \text{ kg/m}^2 \times 2,7 \text{ m}$$

$$Q_l = 264,306 \text{ kg/m}$$

Beban berfaktor

$$Q_u = 1,2 Q_d + 1,6 Q_l$$

$$= 1518,98 \text{ kg/m}$$

Momen yang terjadi

$$M_u = \frac{1}{8} \times Q_u \times L^2$$

$$= 15379.7 \text{ kg.m}$$



Gaya geser yang terjadi

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times Q_u \times L \\ &= 6835.42 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Menghitung momen nominal

Kriteria penampang:

Kontrol badan

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

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 106,349$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \text{ OK}$$

Penampang kompak.

Dianalisis dengan tegangan plastis

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

$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$  dimana  $\phi = 0,85$

$$\phi_b \cdot M_n = 27327,5 \text{ kg.m}$$

$$M_u = M_{max} = 15380 \text{ kg.m}$$

$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$  OK

Dianalisis dengan tegangan elastis

Lebar efektif

$$B_{eff} \leq \frac{1}{4} \cdot L$$

$$B_{eff} \leq \frac{1}{4} \cdot 900$$

$$B_{eff} \leq 225 \text{ cm}$$

$$B_{eff} \leq S = 270 \text{ cm}$$

Dipakai  $B_{eff} = 225 \text{ cm}$

Menentukan nilai C:

$$C1 \text{ atau } T = A \times F_y = 210300 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})$$

$$A_c = B_{eff} \cdot t_b = 225 \cdot (9-5,4) = 810 \text{ cm}^2$$

$$C2 = 0,85 \times f'_c \times A_c = 275400 \text{ kg}$$

$T < C$ , maka garis netral terletak pada beton.

Menentukan jarak dari centroid gaya yang bekerja:

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times f'_c \times B_{eff}}$$

$$= \frac{210300}{0,85 \times 400 \times 225} = 2,74 \text{ cm}$$

$$d_1 = h_r + t_b - \frac{a}{2}$$

$$= 5,4 + 3,6 - \frac{2,74}{2} = 7,63 \text{ cm}$$

$d_2 = 0$  (profil baja tidak mengalami tekan)

$$d_3 = \frac{D}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ cm}$$

$$M_n = C(d_1 + d_2) + (d_3 - d_2)$$

$$= 275400(7,63 + 0) + 210300(20 - 0)$$

$$= 6307302 \text{ kg.cm}$$

$$= 63073 \text{ kg.m}$$

$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$  dimana  $\phi = 0,9$

$$\phi_b \cdot M_n = 56766 \text{ kg.m}$$

$$M_u = M_{max} = 15380 \text{ kg.m}$$

$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$  OK

Kontrol geser

$$A_w = d \times t_w$$

$$= 40 \times 8$$

$$= 32 \text{ cm}^2$$

$$C_v = 1$$

60

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v$$
$$= 48000 \text{ kg}$$

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

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63,3568$$

$$\frac{h}{t_w} < 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \dots \text{OK}$$

$\emptyset V_n \geq V_u$  dimana  $\emptyset = 1$

$$\emptyset V_n = 1 \times 48000 = 48000 \text{ kg}$$

$$V_u = 6836 \text{ kg}$$

$\emptyset V_n \geq V_u$  OK

Kontrol lendutan

Transformasi beton ke baja

$$E_c = 0,043 W_c^{1,5} \sqrt{f'_c}$$

$$= 0,043 \times 2400^{1,5} \times \sqrt{40}$$

$$= 31975,4$$

$$E_s = 200000$$

$$n = E_s / E_c$$

$$= 6,25482$$

$$B_{eff} = 225 \text{ cm}$$

$$B_{tr} = B_{eff} / n$$

$$= 35,98 \text{ cm}$$

$$A_{tr} = B_{tr} \times t_b$$

$$= 129,53 \text{ cm}^2$$

Menentukan garis netral:

$$Y_{na} = \frac{\left[ A_{tr} \times \frac{t_b}{2} \right] + \left[ A_s \times (t_b + h_r + \frac{d}{2}) \right]}{A_{tr} + A_s}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{\left[129,53 \times \frac{3,6}{2}\right] + \left[84,12 \times \left(3,6 + 5,4 + \frac{40}{2}\right)\right]}{129,53 + 84,12} \\
&= 12,51 \text{ cm} \\
I_{tr} &= \left[ \left( \frac{1}{12} \times B_{tr} \times t_b^3 \right) + A_{tr} \times \left( Y_{na} - \frac{t_b}{2} \right)^2 \right] \\
&+ \left[ I_x + A_s \times \left( \left( t_b + h_r + \frac{D}{2} \right) - Y_{na} \right)^2 \right] \\
&= 61571,4 \text{ cm}^4
\end{aligned}$$

Batas lendutan maksimum

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{900}{360} = 2.5 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi

$$\begin{aligned}
f^o &= \frac{5}{384} \times \left( \frac{(Q_d + Q_l)L^4}{E \cdot I_x} \right) \\
&= \frac{5}{384} \times \left( \frac{(9,13 + 2,64)900^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 61571,43} \right) \\
&= 0,82 \text{ cm} \\
f^o &< f_{ijin} \quad \dots \text{ OK}
\end{aligned}$$

Perencanaan penghubung geser

Direncanakan penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud, dengan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
d_s &= 16 \text{ mm} \\
A_{sc} &= 201,07 \text{ mm}^2 \\
F_u &= 400 \text{ Mpa} \\
&= 41 \text{ kg/mm}^2 \\
E_c &= 31975,4
\end{aligned}$$

$$Q_n = 0,5 A_{sc} \sqrt{f'_c} E_c \leq R_g R_p A_s F_u$$

$$\begin{aligned}
Q_n &= 0,5 \cdot 201,07 \cdot \sqrt{40} \cdot 31975,35 \\
&= 113699 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$= 11369,9 \text{ kg/stud}$$

$$Rg \text{ Rp Asa Fu} = 1 \times 0,75 \times 201,07 \times 41$$

$$= 6182,91 \text{ kg/stud} \quad (\text{dipakai})$$

$$Q_n = 6182,91 \text{ kg/stud}$$

Jumlah Stud yang dibutuhkan: (dipasang 2 buah dalam satu baris)

$$N = \frac{T}{2Q_n} = \frac{210300}{2 \cdot 6128,91} = 17,0066 \approx 18 \text{ pasang}$$

Jarak Seragam (S) dengan Stud pada masing-masing lokasi:

$$S = \frac{L}{N} = \frac{900}{32} = 50 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak maksimum:} \quad 8 \times 9 = 72 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak minimum:} \quad 6 \times 1,6 = 9,6 \text{ cm}$$

Jadi, profil WF 400x200x8x13 dapat dipakai dan dipasang shear connector tipe stud dengan diameter 16 mm setiap jarak 50 cm sebanyak 18 pasang.

#### 4.3.2 Perencanaan Balok Anak Lantai 1-40

Direncanakan menggunakan profil WF 400x200x8x13.

Dengan data sebagai berikut:

W =	66 kg/m	ix =	16.8 cm
A =	84.12 cm <sup>2</sup>	iy =	4.54 cm
b =	200 mm	Ix =	23700 cm <sup>4</sup>
d =	400 mm	Iy =	1740 cm <sup>4</sup>
tf =	13 mm	Sx =	1190 cm <sup>3</sup>
tw =	8 mm	Sy =	174 cm <sup>3</sup>
r =	16 mm	Zx =	1286 cm <sup>3</sup>
h =	342 mm	Zy =	266 cm <sup>3</sup>

Data bondek:

$$\begin{aligned} hr &= 5.4 \text{ cm} \\ wr &= 16.8 \text{ cm} \\ t &= 0.075 \text{ cm} \\ w &= 10.1 \text{ kg} \\ t \text{ plat} &= 9 \text{ cm} \end{aligned}$$

Spesifikasi baja (BJ 41)

$$\begin{aligned} F_y &= 250 \text{ Mpa} \\ F_u &= 410 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Spesifikasi beton

$$F'_c = 40 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang balok anak (L)} &= 9 \text{ m} \\ &= 900 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar balok anak} &= 2.7 \text{ m} \\ &= 270 \text{ cm} \end{aligned}$$

a. Kondisi sebelum komposit

Beban mati

$$\text{Pelat bondek} = 10,1 \times 2,7 = 27.27 \text{ kg/m}$$

$$\text{Pelat beton} = 0,09 \times 2,7 \times 2400 = 583.2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat profil} = \underline{66 \text{ kg/m}}$$

$$= 676.47 \text{ kg/m}$$

$$\text{sambungan 10\%} = \underline{67.65 \text{ kg/m}}$$

$$Q_d = 744.12 \text{ kg/m}$$

Beban hidup (akibat pekerja  $q = 100 \text{ kg/m}^2$ )

$$Q_l = 2,7 \times 100 = 270 \text{ kg/m}$$

Beban berfaktor

$$Q_u = 1,2 Q_d + 1,6 Q_l$$

$$= 1324.94 \text{ kg/m}$$

Momen yang terjadi

$$M_u = \frac{1}{8} \times Q_u \times L^2$$

$$= 13415.1 \text{ kg.m}$$

Gaya geser yang terjadi

$$\begin{aligned} V_u &= \frac{1}{2} \times Q_u \times L \\ &= 5962.25 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol penampang

Kontrol sayap

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{200}{26} = 7.69231$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 10.748$$

$$\frac{b}{2t_f} < \lambda_p \text{ OK}$$

Kontrol badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42.75$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 106.349$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p \text{ OK}$$

$$\frac{b}{2t_f} < \lambda_p \quad \text{dan} \quad \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

Penampang kompak. Maka,

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

$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$  dimana  $\phi = 0.9$

$$\phi_b \cdot M_n = 28935 \text{ kg.m}$$

$$M_u = M_{\max} = 13416 \text{ kg.m}$$

$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$  OK

## Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 20 \text{ cm} \quad \text{Jarak ulir bondek}$$

$$L_p = 226.003 \text{ cm} \quad \text{tabel } L_p \text{ dan } L_r$$

$$L_r = 658.357 \text{ cm} \quad \text{tabel } L_p \text{ dan } L_r$$

$L_b \leq L_p$ , bentang pendek maka keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

## Kontrol geser

$$\begin{aligned} A_w &= d \times t_w \\ &= 40 \times 8 \\ &= 32 \quad \text{cm}^2 \end{aligned}$$

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 F_y A_w C_v \\ &= 48000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{342}{8} = 42.75$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63,3568$$

$$\frac{h}{t_w} < 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \dots \text{OK}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u \text{ dimana } \emptyset = 1$$

$$\emptyset V_n = 1 \times 48000 = 48000 \text{ kg}$$

$$V_u = 5963 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u \text{ OK}$$

## Kontrol lendutan

Batas lendutan maksimum

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{900}{360} = 2.5 \text{ cm}$$



Lendutan yang terjadi

$$f^0 = \frac{5}{384} \times \left( \frac{(Q_d + Q_l)L^4}{E \cdot I_x} \right)$$

$$= \frac{5}{384} \times \left( \frac{(7,44 + 2,7)900^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 23700} \right)$$

$$= 1,83 \text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \dots \text{OK}$$

b. Kondisi sesudah komposit

Beban mati

Pelat bondek =	10,1 x 2,7 =	27,27 kg/m
Pelat beton =	0,09 x 2,7 x 2400 =	583,2 kg/m
Berat profil	=	66 kg/m
Ducting + Plumbing =	25 x 2,7 =	67,5 kg/m
Rangka + Plafon =	18 x 2,7 =	48,6 kg/m
Spesi (t = 1 cm) =	21 x 2,7 =	56,7 kg/m
Keramik =	24 x 2,7 =	64,8 g/m
	=	914,07 kg/m
sambungan 10%	=	91,41 kg/m
	Qd =	1005,48 kg/m

Beban hidup

$$\text{Lantai kantor} = 2,4 \text{ kN/m}^2$$

$$1 \text{ kpa} = 101,97 \text{ kg/m}^2 \times 2,7 \text{ m}$$

$$Q_l = 660,766 \text{ kg/m}$$

Beban berfaktor

$$Q_u = 1,2 Q_d + 1,6 Q_l$$

$$= 2263,8 \text{ kg/m}$$

Momen yang terjadi

$$M_u = \frac{1}{8} \times Q_u \times L^2$$

$$= 22921 \text{ kg.m}$$

Gaya geser yang terjadi

$$V_u = \frac{1}{2} \times Q_u \times L$$

$$= 10187,1 \text{ Kg}$$

Menghitung momen nominal:

Kriteria penampang:

Kontrol badan

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

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 106,349$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p \text{ OK}$$

Penampang kompak.

Dianalisis dengan tegangan plastis

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x$$

$$= 2500 \cdot 1286$$

$$= 3215000 \text{ kg.cm}$$

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

$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$  dimana  $\phi = 0,85$

$$\phi_b \cdot M_n = 27327,5 \text{ kg.m}$$

$$M_u = M_{\max} = 22921 \text{ kg.m}$$

$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$  OK

Dianalisis dengan tegangan elastis

Lebar efektif

$$B_{\text{eff}} \leq \frac{1}{4} \cdot L$$

$$B_{\text{eff}} \leq \frac{1}{4} \cdot 900$$

$$B_{\text{eff}} \leq 225 \text{ cm}$$

$$B_{\text{eff}} \leq S = 270 \text{ cm}$$

Dipakai  $B_{\text{eff}} = 225 \text{ cm}$

Menentukan nilai C:

$$C1 \text{ atau } T = A \times F_y = 210300 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})$$

$$A_c = B_{eff} \cdot t_b = 225 \cdot (9-5,4) = 810 \text{ cm}^2$$

$$C2 = 0,85 \times f'_c \times A_c = 275400 \text{ kg}$$

$T < C$ , maka garis netral terletak pada beton.

Menentukan jarak dari centroid gaya yang bekerja:

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times f'_c \times B_{eff}}$$

$$= \frac{210300}{0,85 \times 400 \times 225} = 2,74 \text{ cm}$$

$$d_1 = h_r + t_b - \frac{a}{2}$$

$$= 5,4 + 3,6 - \frac{2,74}{2} = 7,63 \text{ cm}$$

$d_2 = 0$  (profil baja tidak mengalami tekan)

$$d_3 = \frac{D}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ cm}$$

$$M_n = C (d_1 + d_2) + (d_3 - d_2)$$

$$= 275400 (7,63 + 0) + 210300 (20 - 0)$$

$$= 6307302 \text{ kg.cm}$$

$$= 63073 \text{ kg.m}$$

$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$  dimana  $\phi = 0,9$

$$\phi_b \cdot M_n = 56766 \text{ kg.m}$$

$$M_u = M_{max} = 15380 \text{ kg.m}$$

$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$  OK

Kontrol geser

$$A_w = d \times t_w$$

$$= 40 \times 8$$

$$= 32 \text{ cm}^2$$

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 F_y A_w C_v \\ &= 48000 \text{ kg} \end{aligned}$$

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

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63,3568$$

$$\frac{h}{t_w} < 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \dots \text{OK}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u \text{ dimana } \emptyset = 1$$

$$\emptyset V_n = 1 \times 48000 = 48000 \text{ kg}$$

$$V_u = 10188 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u \text{ OK}$$

Kontrol lendutan

Transformasi beton ke baja

$$E_c = 0,043 W_c^{1,5} \sqrt{f'_c}$$

$$= 0,043 \times 2400^{1,5} \times \sqrt{40}$$

$$= 31975,4$$

$$E_s = 200000$$

$$n = E_s / E_c$$

$$= 6,25482$$

$$B_{eff} = 225 \text{ cm}$$

$$B_{tr} = B_{eff} / n$$

$$= 35,98 \text{ cm}$$

$$A_{tr} = B_{tr} \times t_b$$

$$= 129,53 \text{ cm}^2$$

Menentukan garis netral:

$$\begin{aligned}
 Y_{na} &= \frac{\left[ A_{tr} \times \frac{tb}{2} \right] + \left[ A_s \times \left( tb + hr + \frac{d}{2} \right) \right]}{A_{tr} + A_s} \\
 &= \frac{\left[ 129,53 \times \frac{3,6}{2} \right] + \left[ 84,12 \times \left( 3,6 + 5,4 + \frac{40}{2} \right) \right]}{129,53 + 84,12} \\
 &= 12,51 \text{ cm} \\
 I_{tr} &= \left[ \left( \frac{1}{12} \times B_{tr} \times tb^3 \right) + A_{tr} \times \left( Y_{na} - \frac{tb}{2} \right)^2 \right] \\
 &\quad + \left[ I_x + A_s \times \left( \left( tb + hr + \frac{D}{2} \right) - Y_{na} \right)^2 \right] \\
 &= 61571,4 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Batas lendutan maksimum

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{900}{360} = 2.5 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi

$$\begin{aligned}
 f^o &= \frac{5}{384} \times \left( \frac{(Qd + Ql)L^4}{E \cdot I_x} \right) \\
 &= \frac{5}{384} \times \left( \frac{(10,05 + 6,61)900^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 61571,43} \right) \\
 &= 1,16 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$f^o < f_{ijin} \dots \text{OK}$$

Perencanaan penghubung geser

Direncanakan penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud, dengan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 ds &= 16 \text{ mm} \\
 Asc &= 201,07 \text{ mm}^2 \\
 Fu &= 400 \text{ Mpa} \\
 &= 41 \text{ kg/mm}^2 \\
 Ec &= 31975,4
 \end{aligned}$$

$$Q_n = 0,5 A_{sc} \sqrt{f'_c} E_c \leq R_g R_p A_s F_u$$

$$Q_n = 0,5 \cdot 201,07 \cdot \sqrt{40} \cdot 31975,35$$

$$= 113699 \text{ N}$$

$$= 11369,9 \text{ kg/stud}$$

$$R_g R_p A_s F_u = 1 \times 0,75 \times 201,07 \times 41$$

$$= 6182,91 \text{ kg/stud} \quad (\text{dipakai})$$

$$Q_n = 6182,91 \text{ kg/stud}$$

Jumlah Stud yang dibutuhkan: (dipasang 2 buah dalam satu baris)

$$N = \frac{T}{2Q_n} = \frac{210300}{2 \cdot 6128,91} = 17,0066 \approx 18 \text{ pasang}$$

Jarak Seragam (S) dengan stud pada masing-masing lokasi:

$$S = \frac{L}{N} = \frac{900}{32} = 50 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak maksimum:} \quad 8 \times 9 = 72 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak minimum:} \quad 6 \times 1,6 = 9,6 \text{ cm}$$

Jadi, profil WF 400x200x8x13 dapat dipakai dan dipasang shear connector tipe stud dengan diameter 16 mm setiap jarak 50 cm sebanyak 18 pasang.

#### 4.4 Perencanaan Tangga

Data perencanaan

- Tinggi antar lantai = 350 cm
- Panjang bordes = 270 cm
- Tinggi bordes = 175 cm
- Lebar bordes = 150 cm
- Lebar tangga = 125 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm
- Tinggi injakan (t) = 17,5 cm

$$\text{- Lebar pegangan tangga} = 10 \text{ cm}$$

Perhitungan jumlah injakan tanga

$$\text{Tinggi injakan (t)} = 17,5 \text{ cm}$$

$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{(350/2)}{17,5} = 10 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah injakan (n)} = 10 - 1 = 9 \text{ buah}$$

Persyaratan jumlah injakan tangga

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

$$60 \text{ cm} \leq (2 \cdot 17,5 + 30) \leq 65 \text{ cm}$$

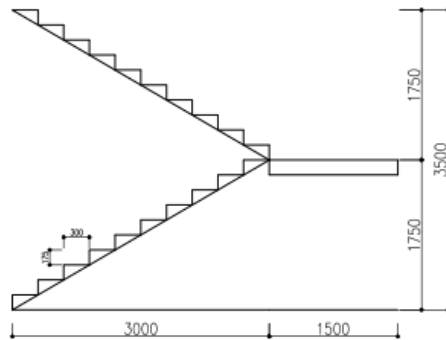
$$60 \text{ cm} \leq 65 \leq 65 \text{ cm} \quad \text{OK}$$

Persyaratan kemiringan tangga

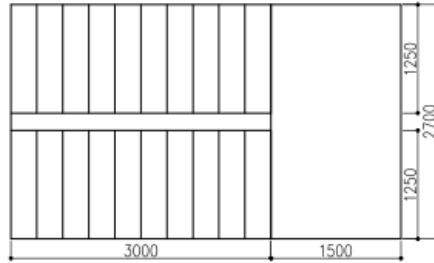
$$25 < a < 40$$

$$a = \text{arc tg} \left( \frac{175}{300} \right) = 30,3$$

$$25 < 30,3 < 40 \quad \text{OK}$$



Gambar 4.3 Tampak samping tangga.



Gambar 4.4 Denah tangga.

## a. Perencanaan plat anak tangga

Pembebanan

Beban mati

$$\text{berat keramik} = \left( \frac{0,175 + 0,3}{0,3} \right) \times 24 = 38 \quad \text{kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{berat spesi} &= \left( \frac{0,175 + 0,3}{0,3} \right) \times 21 = 33,25 \quad \text{kg/m}^2 \\ &= 71,25 \quad \text{kg/m}^2 \end{aligned}$$

Beban hidup

$$\text{tangga} = 4,79 \quad \text{kn/m}^2$$

$$1 \text{ kpa} = 101,97 \quad \text{kg/m}^2$$

$$= 488,4 \quad \text{kg/m}^2$$

Beban berguna

$$= \text{beban mati} + \text{beban hidup}$$

$$= 71,25 + 488,4$$

$$= 559,6863 \quad \text{kg/m}^2 \approx 600 \quad \text{kg/m}^2$$

Perencanaan bondek

$$\text{bentang} = 1,25 \quad \text{m}$$

$$\text{beban berguna} = 600 \quad \text{kg/m}^2$$



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

$$\begin{aligned}
 \text{tebal plat beton} &= 9 \text{ cm} \\
 \text{tulangan negatif} &= 1,11 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \text{digunakan tulangan diameter} &= 8 \text{ mm} \\
 A_s &= 50,27 \text{ mm}^2 \\
 &= 0,503 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah

$$n = \frac{1,11}{0,50} = 2,21 \approx 3$$

Jarak antar tulangan

$$s = \frac{1000}{3} = 333,33 \text{ mm}$$

Jadi dipasang tulangan negatif Ø8 – 300.

b. Perencanaan plat bordes

Pembebanan

Beban mati

$$\begin{aligned}
 &= \\
 \text{berat keramik} &1 \times 24 = 24 \text{ kg/m}^2 \\
 &= \\
 \text{berat spesi} &1 \times 21 = 21 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 45 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban hidup

$$\begin{aligned}
 \text{tangga} &= 4,79 \text{ kn/m}^2 \\
 1 \text{ kpa} &= 101,97 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 488,4 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban berguna

$$\begin{aligned}
 &= \text{beban mati} + \text{beban hidup} \\
 &= 45 + 488,4 \\
 &= 533,43 \text{ kg/m}^2 \approx 600 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Perencanaan bondek

$$\begin{aligned} \text{bentang} &= 1,25 \text{ m} \\ \text{beban berguna} &= 600 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{tebal plat beton} &= 9 \text{ cm} \\ \text{tulangan negatif} &= 1,11 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \text{digunakan tulangan diameter} &= 8 \text{ mm} \\ \text{As} &= 50,27 \text{ mm}^2 \\ &= 0,503 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan tiap meter adalah

$$n = \frac{1,11}{0,50} = 2,21 \approx 3$$

Jarak antar tulangan

$$s = \frac{1000}{3} = 333,33 \text{ mm}$$

jadi dipasang tulangan negatif  $\emptyset 8 - 300$

#### 4.4.1. Perencanaan Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 200 x 150 x 6 x 9, dengan spesifikasi sebagai berikut:

d	194 mm	ix	8,3 cm
bf	150 mm	iy	3,61 cm
tf	9 mm	Zx	296 cm <sup>3</sup>
tw	6 mm	Zy	103 cm <sup>3</sup>
A	39,01 cm <sup>2</sup>	Sx	277 cm <sup>3</sup>
q	30,6 kg/m	Sy	67,6 cm <sup>3</sup>

$$\begin{array}{llll} I_x & 2690 & \text{cm}^4 & r & 13 & \text{mm} \\ I_y & 507 & \text{cm}^4 & h = d - 2(tf + r) = & 150 & \text{mm} \end{array}$$

$$\begin{array}{llll} \text{tebal pelat anak tangga} & = & 9 & \text{cm} \\ \text{tebal rata-rata (tr)} & = & (30/2) \sin(30,3) = & 7,56 & \text{cm} \\ \text{tebal total} & = & & 16,56 & \text{cm} \\ & = & & 0,166 & \text{m} \end{array}$$

$$\begin{array}{llll} \text{Data bondek: Spesifikasi baja (BJ 41)} & & t = & 0,075 & \text{cm} \\ \text{wr} = & 16,8 & \text{cm} & \text{hr} = & 5,4 & \text{cm} \end{array}$$

#### a. Perencanaan pembebanan anak tangga

Beban mati

$$\begin{array}{llll} \text{berat plat} & (0,16 \times 2400 \times & & \\ & (1,25/2))/\cos(30,3) = & 287,5736 & \text{kg/m} \\ & (24 \times (\frac{0,3+0,175}{0,3}) \times & & \end{array}$$

$$\begin{array}{llll} \text{berat bondek} & (1,25/2))/\cos(30,3) = & 7,308004 & \text{kg/m} \\ & (21 \times (\frac{0,3+0,175}{0,3}) \times & & \end{array}$$

$$\begin{array}{llll} \text{Berat keramik} & (1,25/2))/\cos(30,3) = & 27,49546 & \text{kg/m} \end{array}$$

$$\begin{array}{llll} \text{berat spesi} & 30,6 / \cos(30,3) = & 24,05853 & \text{kg/m} \end{array}$$

$$\begin{array}{llll} \text{berat railing tangga} & 20 / \cos(30,3) = & 23,15407 & \text{kg/m} \end{array}$$

$$\begin{array}{llll} \text{berat profil} & & 35,42573 & \text{kg/m} \end{array}$$

$$= 405,0154 \text{ kg/m}$$

$$\begin{array}{llll} \text{berat sambungan 10\%} & & = & 40,50154 \text{ kg/m} \end{array}$$

$$= 445,5169 \text{ kg/m}$$

Beban hidup

$$\begin{array}{llll} \text{tangga} & (488,44 \times (1,25/2))/\cos(30,3) = & 353,4153 & \text{kg/m} \end{array}$$

$$\text{Qu1} = 1,2 \text{ Qd} + 1,6 \text{ Ql}$$

$$= 1100,084812 \text{ kg/m}$$

## b. Perencanaan pembebanan bordes

## Beban mati

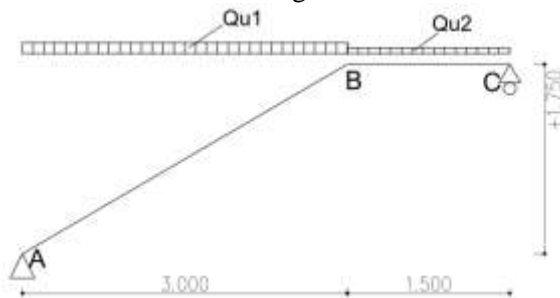
berat plat	$(0,09 \times 2400 \times (1,25/2) =$	135	kg/m
berat bondek	$(10,1 \times (1,25/2))=$	6,3125	kg/m
berat keramik	$(24 \times (1,25/2))=$	15	kg/m
berat spesi	$(21 \times (1,25/2))=$	13,125	kg/m
berat railing tangga	=	20	kg/m
berat profil	=	30,6	kg/m
		<hr/>	
		220,0375	kg/m
berat sambungan 10 %	=	22,00375	kg/m
		<hr/>	
		242,04125	kg/m

## Beban hidup

tangga	$(488,44 \times (1,25/2))=$	305,2726875	kg/m
--------	-----------------------------	-------------	------

$$Qu2 = 1,2 Qd + 1,6 Ql$$

$$= 778,8858 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.5 Model mekanika pembebanan tangga.

$$\sum M_a = 0$$

$$4,5 R_c - Qu2 (1,5) (3,75) - Qu2 (3) (1,5) = 0$$

$$4,5 R_c - 4381,232625 - 4950,381655 = 0$$

$$4,5 R_c = 9331,61428$$

$$R_c = \frac{9331,61428}{4,5}$$

$$R_c = 2073,692062 \text{ kg}$$

$$\sum Mc = 0$$

$$4,5 \text{ Ra} - \text{Qu}_2 (1,5) (0,75) - \text{Qu}_2 (3) (3) = 0$$

$$4,5 \text{ Ra} - 876,246525 - 9900,76331 = 0$$

$$4,5 \text{ Ra} = 10777,00984$$

$$\text{Ra} = \frac{10777,00984}{4,5}$$

$$\text{Ra} = 2394,891074 \text{ kg}$$

$$\sum V = 0$$

$$\text{Ra} + \text{Rc} - \text{Qu}_1 (3) - \text{Qu}_2 (1,5) = 0$$

$$4468,5831 \quad 4468,583137 = 0$$

OK

Bidang M

A - B

$$M_x = \text{Ra} \cdot X - \frac{1}{2} \text{Qu}_1 \cdot X^2$$

$$= 2394,8911 \text{ x} - \frac{1100,09 \text{ x}^2}{2}$$

$$x = 0$$

$$= 2394,8911 \cdot 0 - \frac{1100,09 \cdot 0}{2}$$

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

$$x = 3$$

$$= 2394,8911 \cdot 3 - \frac{1100,09 \cdot 9}{2}$$

$$= 2235 \text{ kg.m}$$

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

$$\frac{dM_x}{dx} = \text{Ra} - \text{Qu}_1 \cdot x = 0$$

$$= 2394,8911 - 1101 \text{ x} = 0$$

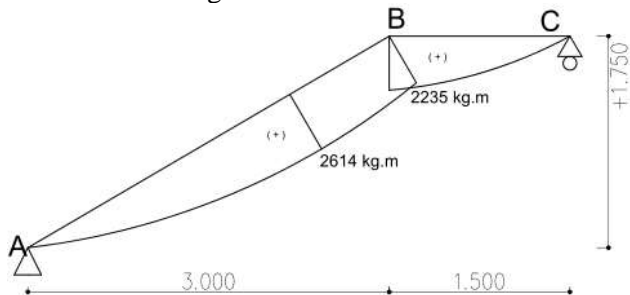
$$x = \frac{2394,8911}{1101} = 2,175 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= 2394,8911 \cdot 2,18 - \frac{1100,09 \cdot 4,74}{2} \\
 &= 2614 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

C - B

$$\begin{aligned}
 M_x &= R_c \cdot X - \frac{1}{2} Q_{u1} \cdot X^2 \\
 &= 2073,6921 \cdot x - \frac{778,89 \cdot x^2}{2} \\
 x &= 0 \\
 &= 2073,6921 \cdot 0 - \frac{778,89 \cdot 0}{2} \\
 &= 0 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x &= 1,5 \\
 &= 2073,6921 \cdot 1,5 - \frac{778,89 \cdot 2,25}{2} \\
 &= 2235 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.6 Bidang M tangga.

Bidang D

A - B

$$\begin{aligned}
 D_x &= R_a \cdot \cos(30,3) - Q_{u1} \cdot X \cdot \cos(30,3) \\
 &= 2068,6564 - x \cdot 950,23005 \\
 X &= 0 \\
 D_{A-KA} &= 2068,6564 - 0 \cdot 950,23005 \\
 &= 2069 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$X = 3$$

$$\begin{aligned} D_{C-KI} &= 2068,6564 - 3 \cdot 950,23005 \\ &= -783 \text{ kg} \end{aligned}$$

C - B

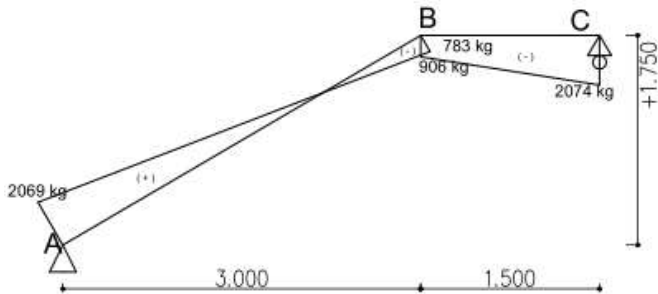
$$\begin{aligned} D_x &= -R_c + Q_u \cdot X \\ &= -2073,692 + x \cdot 778,8858 \end{aligned}$$

$$X = 0$$

$$\begin{aligned} D_{C-KI} &= -2073,692 + 0 \cdot 778,8858 \\ &= -2074 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$X = 1,5$$

$$\begin{aligned} D_{B-KA} &= -2073,692 + 1,5 \cdot 778,8858 \\ &= -906 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 4.7 Bidang D tangga.

### Bidang N

A - B

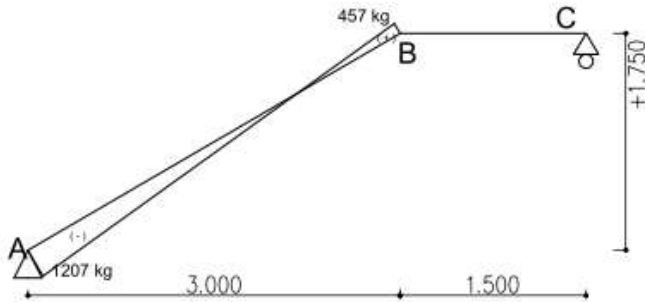
$$\begin{aligned} N_x &= -R_a \cdot \sin(30,3) + Q_u \cdot \sin(30,3) \cdot X \\ &= -1206,72 + x \cdot 554,31 \end{aligned}$$

$$X = 0$$

$$\begin{aligned} N_{A-KA} &= -1206,72 - 0 \cdot 554,31 \\ &= -1207 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$X = 3$$

$$\begin{aligned} N_{C-KI} &= -1206,72 - 3 \cdot 554,31 \\ &= 457 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 4.8 Bidang N tangga.

a. Kondisi sebelum komposit

Kontrol penampang

Kontrol sayap

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{150}{18} = 8,33$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 10,748$$

$$\frac{b}{2t_f} < \lambda_p \text{ OK}$$

Kontrol badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{150}{21} = 25$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 106,349$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p \text{ OK}$$

$$\frac{b}{2t_f} < \lambda_p \quad \text{dan} \quad \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$

Penampang kompak. Maka,

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= F_y \cdot Z_x \\ &= 2500 \cdot 296 \\ &= 740000 \text{ kg.cm} \\ &= 7400 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u \text{ dimana } \phi = 0,9$$



$$\phi_b \cdot M_n = 6660 \text{ kg.m}$$

$$M_u = M_{\max} = 2614 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u \text{ OK}$$

Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 20 \text{ cm} \quad \text{Jarak ulir bondek}$$

$$L_p = 226.003 \text{ cm} \quad \text{tabel } L_p \text{ dan } L_r$$

$$L_r = 658.357 \text{ cm} \quad \text{tabel } L_p \text{ dan } L_r$$

$L_b \leq L_p$ , bentang pendek maka keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

Kontrol geser

$$\begin{aligned} A_w &= d \times t_w \\ &= 19,4 \times 0,6 \\ &= 11,64 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 F_y A_w C_v \\ &= 17460 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{150}{6} = 25$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63,3568$$

$$\frac{h}{t_w} < 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \dots \text{OK}$$

$$\phi V_n \geq V_u \text{ dimana } \phi = 1$$

$$\phi V_n = 1 \times 48000 = 17460 \text{ kg}$$

$$V_u = 2395 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u \text{ OK}$$

Kontrol lendutan

Batas lendutan maksimum

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{498}{360} = 1,39 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi

$f^0 = 0,573 \text{ cm}$  didapatkan dari program bantu SAP 2000

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

b. Kondisi sesudah komposit

Menghitung momen nominal:

Kriteria penampang:

Kontrol badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{150}{6} = 25$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 106,349$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \text{ OK}$$

Penampang kompak.

Dianalisis dengan tegangan plastis

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= F_y \cdot Z_x \\ &= 2500 \cdot 296 \\ &= 740000 \text{ kg.cm} \\ &= 7400 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$  dimana  $\phi = 0,85$

$$\phi_b \cdot M_n = 6920 \text{ kg.m}$$

$$M_u = M_{max} = 2614 \text{ kg.m}$$

$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$  OK

Dianalisis dengan tegangan elastis

Lebar efektif

$$B_{eff} \leq \frac{1}{4} \cdot L$$

$$B_{eff} \leq \frac{1}{4} \cdot 498$$

$$B_{eff} \leq 124,5 \text{ cm}$$

$$B_{eff} \leq S = 125 \text{ cm}$$

Dipakai  $B_{eff} = 124,5 \text{ cm}$

Menentukan nilai C:

$$C1 \text{ atau } T = A \times F_y = 97525 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})$$

$$A_c = B_{eff} \cdot t_b = 124,5 \cdot (9-5,4) = 448,2 \text{ cm}^2$$

$$C2 = 0,85 \times f'_c \times A_c = 152388 \text{ kg}$$

$T < C$ , maka garis netral terletak pada beton.

Menentukan jarak dari centroid gaya yang bekerja:

$$a = \frac{A_s \times F_y}{0,85 \times f'_c \times B_{eff}}$$

$$= \frac{97525}{0,85 \times 400 \times 124,5} = 2,3 \text{ cm}$$

$$d_1 = h_r + t_b - \frac{a}{2}$$

$$= 5,4 + 3,6 - \frac{2,3}{2} = 7,85 \text{ cm}$$

$d_2 = 0$  (profil baja tidak mengalami tekan)

$$d_3 = \frac{D}{2} = \frac{19,4}{2} = 9,7 \text{ cm}$$

$$M_n = C(d_1 + d_2) + T(d_3 - d_2)$$

$$= 152388(7,85 + 0) + 97525(9,7 - 0)$$

$$= 2142238,3 \text{ kg.cm}$$

$$= 21422,38 \text{ kg.m}$$

$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$  dimana  $\phi = 0,9$

$$\phi_b \cdot M_n = 19281 \text{ kg.m}$$

$$M_u = M_{max} = 2614 \text{ kg.m}$$

$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$  OK

Kontrol geser

$$\begin{aligned} A_w &= d \times t_w \\ &= 19,4 \times 0,6 \\ &= 11,64 \quad \text{cm}^2 \end{aligned}$$

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 F_y A_w C_v \\ &= 17460 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{150}{6} = 25$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63,3568$$

$$\frac{h}{t_w} < 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \dots \text{OK}$$

$$\phi V_n \geq V_u \text{ dimana } \phi = 1$$

$$\phi V_n = 1 \times 48000 = 17460 \quad \text{kg}$$

$$V_u = 2395 \quad \text{kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u \text{ OK}$$

Kontrol lendutan

Transformasi beton ke baja

$$\begin{aligned} E_c &= 0,043 W_c^{1,5} \sqrt{f'_c} \\ &= 0,043 \times 2400^{1,5} \times \sqrt{40} \\ &= 31975,4 \end{aligned}$$

$$E_s = 200000$$

$$n = E_s / E_c$$

$$= 6,25482$$

$$B_{eff} = 225 \quad \text{cm}$$

$$B_{tr} = B_{eff} / n$$

$$= 35,98 \quad \text{cm}$$

$$\begin{aligned} A_{tr} &= B_{tr} \times t_b \\ &= 129,53 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Menentukan garis netral:

$$Y_{na} = 7,76 \text{ cm (dari atas)}$$

$$I_{tr} = 9982,45 \text{ cm}^4$$

Batas lendutan maksimum

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{498}{360} = 1,39 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi

$$\begin{aligned} f^o &= \frac{5}{384} \times \left( \frac{(Q_d + Q_l)L^4}{E \cdot I_x} \right) \\ &= \frac{5}{384} \times \left( \frac{(10,05 + 6,61)498^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 61571,43} \right) \\ &= 0,76 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$f^o < f_{ijin} \dots \text{OK}$$

Perencanaan penghubung geser

Direncanakan penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud, dengan data sebagai berikut:

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

$$A_{sc} = 201,07 \text{ mm}^2$$

$$F_u = 400 \text{ Mpa}$$

$$= 41 \text{ kg/mm}^2$$

$$E_c = 31975,4$$

$$Q_n = 0,5 A_{sc} \sqrt{f'_c} E_c \leq R_g R_p A_s F_u$$

$$Q_n = 0,5 \cdot 201,07 \cdot \sqrt{40} \cdot 31975,35$$

$$= 113699 \text{ N}$$

$$= 11369,9 \text{ kg/stud}$$

$$R_g R_p A_s F_u = 1 \times 0,75 \times 201,07 \times 41$$

$$= 6182,91 \text{ kg/stud} \quad (\text{dipakai})$$

$$Q_n = 6182,91 \text{ kg/stud}$$

Jumlah Stud yang dibutuhkan: (dipasang 2 buah dalam satu baris)

$$N = \frac{T}{2Q_n} = \frac{210300}{2 \cdot 6182,91} = 7,0066 \approx 8 \text{ pasang}$$

Jarak Seragam (S) dengan Stud pada masing-masing lokasi:

$$S = \frac{L}{N} = \frac{498}{8} = 62,25 \text{ cm}$$

Jarak Maksimum:  $8 \times 9 = 72 \text{ cm}$

Jarak Minimum:  $6 \times 1,6 = 9,6 \text{ cm}$

Jadi, profil WF 200x150x6x9 dapat dipakai dan dipasang shear connector tipe stud dengan diameter 16 mm setiap jarak 60 cm sebanyak 8 pasang.

#### 4.4.2. Perencanaan Balok Penumpu Tangga

Balok penumpu tangga direncanakan menggunakan profil WF 300 x 200 x 9 x 14 dengan spesifikasi sebagai berikut:

d	298 mm	ix	12,6 cm
bf	201 mm	iy	4,77 cm
tf	14 mm	Zx	963 cm <sup>3</sup>
tw	9 mm	Zy	288 cm <sup>3</sup>
A	83,36 cm <sup>2</sup>	Sx	893 cm <sup>3</sup>
w	65,4 kg/m	Sy	189 cm <sup>3</sup>
Ix	13300 cm <sup>4</sup>	r	18 mm
Iy	1900 cm <sup>4</sup>	h = d - 2(tf + r) =	234 mm

Pembebanan

Beban mati

Berat profil = 65,4 kg/m

Berat dinding 1/2 lantai  $1,75 \times 250 = 437,5 \text{ kg/m} +$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{502,9 \text{ kg/m}}{\phantom{=}} \\
 \text{Sambungan 10\%} &= \frac{50,29 \text{ kg/m} +}{\phantom{=}} \\
 &= \frac{553,19 \text{ kg/m}}{\phantom{=}}
 \end{aligned}$$

Beban hidup

$$Ql = 0 \text{ kg/m}$$

Beban merata ultimate

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2 Q_d + 1,6 Q_l \\
 &= 663,828 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban terpusat akibat balok utama tangga

$$R_{ta} = 2394,891 \text{ kg}$$

$$R_{tc} = 2073,692 \text{ kg}$$

Gaya yang bekerja

$$\sum M_a = 0$$

$$\begin{aligned}
 1,25 R_{ta} + 1,45 R_{tc} + Q_u (8,1) (4,05) - 8,1 R_b &= 0 \\
 R_b = \frac{2993,614 + 3006,853 + 21776,88}{8,1}
 \end{aligned}$$

$$R_b = 3429,302 \text{ kg}$$

$$\sum M_b = 0$$

$$\begin{aligned}
 6,85 R_{ta} + 6,65 R_{tc} + Q_u (8,1) (4,05) - 8,1 R_a &= 0 \\
 R_a = \frac{16405 + 13790,05 + 21776,88}{8,1}
 \end{aligned}$$

$$R_a = 6416,288 \text{ kg}$$

$$\sum V = 0$$

$$\begin{aligned}
 (R_{ta} + R_{tc} + Q_u \cdot L) - (R_a + R_b) &= 0 \\
 9845,59 - 9845,59 &= 0
 \end{aligned}$$

OK

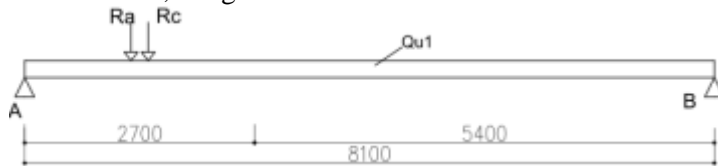
Momen maksimum terjadi apabila  $\frac{dM_x}{dx} = 0$

$$\frac{dM_x}{dx} = R_a - Q_u \cdot x - R_{ta} - R_{tc} = 0$$

$$x = \frac{R_a - R_{ta} - R_{tc}}{Q_u}$$

$$x = 2,94 \quad \text{m}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= R_a (2,84) - R_{ta} (1,59) - R_{tc} (1,39) - Q_u (2,84)(2,84/2) \\ &= 9304,64 \text{ kg.m} \end{aligned}$$



Gambar 4.9 Model pembebanan balok penumpu tangga.

Kontrol penampang

Kontrol sayap

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{201}{28} = 7,18$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 10,748$$

$$\frac{b}{2t_f} < \lambda_p \text{ OK}$$

Kontrol badan

$$\frac{h}{t_w} = \frac{234}{9} = 26$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 106,349$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_p \text{ OK}$$

$$\frac{b}{2t_f} < \lambda_p \quad \text{dan} \quad \frac{h}{t_w} < \lambda_p$$



Penampang kompak. Maka,

$$\begin{aligned}
 M_n = M_p &= F_y \cdot Z_x \\
 &= 2500 \cdot 963 \\
 &= 2407500 \text{ kg.cm} \\
 &= 24075 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$  dimana  $\phi = 0.9$

$$\phi_b \cdot M_n = 21667,5 \text{ kg.m}$$

$$M_u = M_{\max} = 9305 \text{ kg.m}$$

$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$  OK

Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 125 \text{ cm}$$

$$L_p = 237,452 \text{ cm} \quad \text{tabel } L_p \text{ dan } L_r$$

$$L_r = 816,357 \text{ cm} \quad \text{tabel } L_p \text{ dan } L_r$$

$L_b \leq L_p$ , bentang pendek maka keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

Kontrol geser

$$\begin{aligned}
 A_w &= d \times t_w \\
 &= 29,8 \times 0,9 \\
 &= 11,64 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0.6 F_y A_w C_v \\
 &= 402300 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{234}{9} = 26$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63,3568$$

$$\frac{h}{t_w} < 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \dots \text{OK}$$

$\emptyset V_n \geq V_u$  dimana  $\emptyset = 1$

$$\emptyset V_n = 1 \times 48000 = 402300 \text{ kg}$$

$$V_u = 6417 \text{ kg}$$

$\emptyset V_n \geq V_u$  OK

Kontrol lendutan

Batas lendutan maksimum

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

Lendutan yang terjadi

$f^0 = 1,91 \text{ cm}$  didapatkan dari program bantu SAP 2000

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

Jadi, profil WF 300 x 200 x 9 x 14 dapat digunakan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB V**

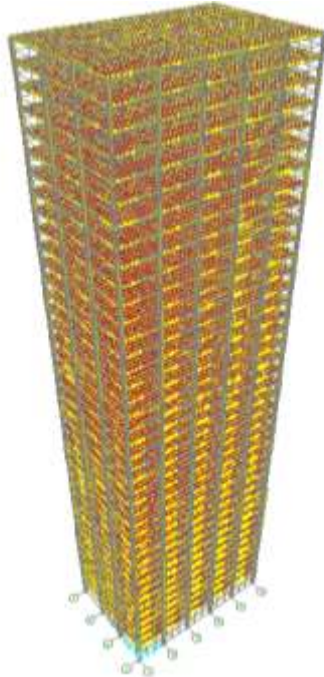
### **ANALISA STRUKTUR**

#### **5.1 Umum**

Dalam perencanaan gedung bertingkat perlu dilakukan adanya perencanaan pembebanan gravitasi maupun pembebanan gempa. Hal ini bertujuan agar struktur gedung tersebut mampu untuk memikul beban beban yang terjadi. Pembebanan gravitasi mengacu pada ketentuan SNI 1727:2013 serta SNI 2847:2013, dan pembebanan gempa dengan mengacu pada SNI 1726:2012, yang di dalamnya terdapat ketentuan dan persyaratan perhitungan beban gempa.

#### **5.2 Permodelan Struktur**

Perancangan gedung ini dimodelkan terlebih dahulu sebagai sistem rangka pemikul momen, yaitu suatu gedung dengan asumsi bahwa struktur memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur. Untuk sistem pemikul beban gempa menggunakan sistem anti seismic base isolator. Permodelan struktur ini mengambil peraturan yang disyaratkan dalam SNI 1726:2012.



Gambar 5.1 Permodelan struktur gedung pada SAP 2000

### 5.3 Data Gedung

Data-data perencanaan Gedung ITS Office Jakarta yang direncanakan dalam struktur fix based adalah sebagai berikut:

- Mutu baja	=	BJ	41
- Mutu beton ( $f'c$ )	=	40	Mpa
- Lebar gedung	=	27	m
- Panjang gedung	=	40,5	m
- Tinggi total	=	146	m
- Tinggi antar lantai			
- Lantai dasar	=	6	m
- Lantai 1-40	=	3,5	m
- Tebal pelat			
- Pelat atap	=	9	cm

- Pelat lantai	=	9	cm
- Profil balok anak			
- Lantai atap	=	WF 400x200x8x13	
- Lantai 1-40	=	WF 400x200x8x13	
- Profil balok lift			
- Balok penggantung	=	WF 350x250x9x14	
- Balok penumpu	=	WF 450x300x11x18	
- Tangga			
- Balok utama	=	WF 200x150x6x9	
- Balok penumpu	=	WF 300x200x9x14	
- Shear wall	=	30	cm
- Profil balok induk	=	WF 500x300x11x18	
- Profil kolom			
- Lantai dasar-10 (K1)	=	K 700x300x13x24	
- Selimut beton	=	800x800	
- Lantai 11-20 (K2)	=	K 600x200x11x17	
- Selimut beton	=	700x700	
- Lantai 21-30 (K3)	=	K 500x200x10x16	
- Selimut beton	=	600x600	
- Lantai 31-40 (K4)	=	K 400x200x8x13	
- Selimut beton	=	500x500	

#### 5.4 Pembebanan Grafitasi

Pembebanan grafitasi berupa beban mati dan beban hidup yang bekerja pada gedung. Beban mati dan beban hidup yang diperhitungkan berupa:

## a. Beban mati

Beban mati adalah seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap dan tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layaknya.

- Berat jenis beton	=	2400	kg/m <sup>3</sup>
- Berat jenis baja	=	7850	kg/m <sup>3</sup>
- Berat bondek	=	10,1	kg/m <sup>2</sup>
- Aspal (t = 1cm)	=	14	kg/m <sup>2</sup>
- Keramik	=	24	kg/m <sup>2</sup>
- Plafond + Rangka	=	18	kg/m <sup>2</sup>
- Plumbing + Ducting	=	25	kg/m <sup>2</sup>
- Spesi (t = 1cm)	=	21	kg/m <sup>2</sup>
- Dinding	=	250	kg/m <sup>2</sup>

Beban lift merupakan beban terpusat pada balok

- lantai teratas, dengan besar beban lift terlampir.

Dengan rincian pembebanan sebagai berikut:

## a. Pelat atap

- Bondek	=	10,1	kg/m <sup>2</sup>
- Pelat beton	=	216	kg/m <sup>2</sup>
- Aspal (t = 1cm)	=	14	kg/m <sup>2</sup>
- Plafond + Rangka	=	18	kg/m <sup>2</sup>
- Plumbing + Ducting	=	25	kg/m <sup>2</sup>
	=	<u>283,1</u>	<u>kg/m<sup>2</sup></u>
- Sambungan 10%	=	<u>28,31</u>	<u>kg/m<sup>2</sup></u>
	=	311,41	kg/m <sup>2</sup>

## b. Pelat Lantai

- Bondek	=	10,1	kg/m <sup>2</sup>
- Pelat beton	=	216	kg/m <sup>2</sup>
- Spesi (t = 1cm)	=	21	kg/m <sup>2</sup>
- Plafond + Rangka	=	18	kg/m <sup>2</sup>
- Plumbing + Ducting	=	25	kg/m <sup>2</sup>
- Keramik	=	24	kg/m <sup>2</sup>
	=	<u>314,1</u>	kg/m <sup>2</sup>
- Sambungan 10%	=	<u>31,41</u>	kg/m <sup>2</sup>
	=	345,51	kg/m <sup>2</sup>

## b. Beban hidup

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup sudah termasuk perlengkapan ruangan dan dinding pemisah ringan (dinding partisi) yang beratnya tidak melebihi 100 kg/m<sup>2</sup>. Beban hidup yang bekerja pada perkantoran ini adalah sebagai berikut:

- Lantai atap	=	97,9	kg/m <sup>2</sup>
- Lantai perkantoran	=	244,73	kg/m <sup>2</sup>

Berdasarkan analisa pembebanan yang dilakukan, berikut ini adalah rekapitulasi pembebanan gravitasi manual.



Tabel 5.1 Rekapitulasi beban mati dan hidup.

Rekapitulasi Beban Mati (D) + Beban Hidup (L)		
Lantai Atap	444504	kg
Lantai 31 -40	9921571,38	kg
Lantai 21 -30	10139411,38	kg
Lantai 11 -20	10380771,38	kg
Lantai dasar -10	11071400,86	kg
Berat Total Manual	41957659	kg
Berat Total SAP	44171014,5	kg

Beda perhitungan 5,28%

c. Kelas situs

Kelas situs ditentukan berdasarkan data tanah yang didapat dari proses pengumpulan data. Salah satu cara mengetahui jenis tanah lokasi adalah dengan test penetrasi tanah (SPT). Berikut perhitungan N rata-rata untuk menentukan jenis tanah:

Tabel 5.2 Perhitungan N rata-rata.

DEPTH (Meter)	Tebal (Meter)	N Value	Tebal/N
0,00	2	3	0,666667
-1,00			
-2,00			
-3,00	2	7	0,285714
-4,00			
-5,00	2	8	0,25
-6,00			
-7,00	2	14	0,142857
-8,00			
-9,00	2	27	0,074074
-10,00			
-11,00	2	39	0,051282
-12,00			
-13,00	2	72	0,027778
-14,00			
-15,00	2	83	0,024096
-16,00			
-17,00	2	13	0,153846
-18,00			
-19,00	2	65	0,030769
-20,00			
-21,00	2	82	0,02439
-22,00			
-23,00	2	60	0,033333
-24,00			
-25,00	2	109	0,018349
-26,00			
-27,00	2	50	0,04
-28,00			
-29,00	2	17	0,117647
-30,00			
Total			1,940803

$$N = \frac{30}{1,940803} = 15,45752$$

Berdasarkan perhitungan  $N$  rata-rata di atas, pada proyek pembangunan gedung ITS Office Tower didapatkan nilai  $N$  (tes  $N_{spt}$ ) rata-rata yaitu lebih besar dari 15 jadi dapat dikatakan tanah termasuk dalam kelas situs SD (tanah sedang).

d. Parameter respon spektrum rencana

Parameter respon spektrum rencana digunakan untuk menentukan gaya gempa rencana yang bekerja pada struktur. Pada tugas akhir ini, perhitungan gaya gempa digunakan analisis dinamik sesuai persyaratan SNI 1726:2012. Berikut adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah Jakarta dengan kondisi tanah Sedang (kelas situs D).

Tabel 5.3 Nilai parameter respon spektrum Jakarta.

variabel	nilai	variabel	nilai
PGA (g)	0,355	PSA (g)	0,367
$S_s$ (g)	0,677	SMS (g)	0,911
$S_1$ (g)	0,295	SM1 (g)	0,833
CRS	0,997	SDS (g)	0,607
CR1	0,938	SD1 (g)	0,555
FPGA	1,036	T0 (detik)	0,183
FA	1,346	TS (detik)	0,913
FV	2,82		

e. Sistem penahan gaya gempa

Gedung ini direncanakan dengan struktur sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus (Dinding geser beton bertulang khusus). Berdasarkan tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan nilai faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) = 5,5, nilai koefisien modifikasi respon ( $R$ ) = 7 dan nilai faktor kuat lebih sistem ( $\Omega$ )=2,5.

f. Faktor keutamaan gempa

Faktor keutamaan gempa ditentukan dari jenis pemanfaatan gedung sesuai dengan kategori resiko pada peraturan. Kategori resiko untuk gedung perkantoran masuk dalam kategori resiko II dengan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) = 1,0.

### **5.5. Kontrol Desain**

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut:

1. Kontrol partisipasi massa
2. Kontrol periode getar struktur
3. Kontrol nilai akhir respon spektrum
4. Kontrol batas simpangan (drift)
5. Kontrol sistem ganda

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

#### **5.5.1. Kontrol Partisipasi Massa**

Menurut SNI 1726 ps 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah. Dalam hal ini digunakan bantuan program SAP 2000 untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada tabel berikut:

Tabel 5.4 Partisipasi massa.

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	99,9999	99,8859
MODAL	Acceleration	UY	99,9998	99,8867
MODAL	Acceleration	UZ	97,2215	82,0365

### 5.5.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Untuk batas atasnya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai SD1.

Struktur gedung ITS Office Tower memiliki tinggi struktur 146 m. Pada struktur ini tergolong pada jenis semua sistem struktur lainnya sehingga pada tabel 15 SNI 1726:2012 didapatkan nilai:

$$T = C_t \cdot H_n^x$$

$$C_t = 0,0488$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = 146 \text{ m}$$

maka:

$$T = C_t \cdot H_n^x = 2,05 \text{ detik}$$

Nilai  $C_u$  didapat dari tabel 14 SNI 1726:2012, untuk nilai SD1 = 0,555, maka didapat  $C_u = 1,4$ :

$$C_u \cdot T = 2,87 \text{ detik}$$

Tabel 5.5 Modal periods.

TABLE: Modal Periods And Frequencies			
OutputCase	StepType	StepNum	Period
Text	Text	Unitless	Sec
MODAL	Mode	1	0,846767
MODAL	Mode	2	0,670289
MODAL	Mode	3	0,626977
MODAL	Mode	4	0,435156
MODAL	Mode	5	0,419345
MODAL	Mode	6	0,371648
MODAL	Mode	7	0,361974
MODAL	Mode	8	0,33117
MODAL	Mode	9	0,295875
MODAL	Mode	10	0,291223
MODAL	Mode	11	0,29063
MODAL	Mode	12	0,280068
MODAL	Mode	13	0,268929
MODAL	Mode	14	0,266406
MODAL	Mode	15	0,26522
MODAL	Mode	16	0,260714
MODAL	Mode	17	0,251729
MODAL	Mode	18	0,248909
MODAL	Mode	19	0,247957
MODAL	Mode	20	0,246265
MODAL	Mode	21	0,241385
MODAL	Mode	22	0,239565
MODAL	Mode	23	0,236626
MODAL	Mode	24	0,23275
MODAL	Mode	25	0,232562
MODAL	Mode	26	0,227091
MODAL	Mode	27	0,227067
MODAL	Mode	28	0,226945
MODAL	Mode	29	0,226278
MODAL	Mode	30	0,22608
MODAL	Mode	31	0,226032
MODAL	Mode	32	0,22585
MODAL	Mode	33	0,225705
MODAL	Mode	34	0,225542
MODAL	Mode	35	0,225413
MODAL	Mode	36	0,225276
MODAL	Mode	37	0,225196
MODAL	Mode	38	0,225091
MODAL	Mode	39	0,225051
MODAL	Mode	40	0,224958

Dari hasil analisis SAP 2000 didapat  $T = 0,84677$  detik.  
 $2,05 > 0,85 < 2,87$

Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental  $T$  masih lebih kecil dari  $C_u \times T$ . Tetapi, tidak lebih besar dari  $T_a$  Jadi analisis struktur memenuhi syarat SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2 tetapi  $T$  yang dipakai selanjutnya adalah  $T = 2,05$ .

### 5.5.3 Kontrol Sistem Ganda

Untuk sistem ganda, rangka pemikul momen harus mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser atau rangka bresing, dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya.

Tabel 5.6 Presentase pemikul gaya geser pada sistem.

Pemikul Gaya Geser	Arah X (kg)	%	Arah Y (kg)	%
Dinding Geser	1704323,42	70,03%	1802595	74,01%
Sistem Rangka	729234,84	29,97%	632921,5	25,99%
Total	2433558,26	100,00%	2435516	100,00%

### 5.5.4 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 03-1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah:

$$V = C_s \cdot W \text{ (SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1).}$$

Dimana:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = 0,09$$

Nilai  $C_s$  dihitung tidak perlu melebihi nilai berikut:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} = 0,04$$

Nilai Cs juga tidak boleh kurang dari nilai berikut:

$$\begin{aligned} Cs &= 0,044 \text{ SDS } I_e > 0,01 \\ &= 0,03 > 0,01 \quad (\text{OK}) \\ 0,027 < 0,09 > 0,039 \quad (\text{dipakai}) \end{aligned}$$

Dari program analisa struktur SAP 2000, didapat berat total struktur adalah 44171014,5 kg.

$$\begin{aligned} V_{\text{statik}} &= Cs \cdot W \\ &= 1722670 \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut:

Tabel 5.7 Base reactions.

<b>TABLE: Base Reactions</b>				
<b>OutputCase</b>	<b>CaseType</b>	<b>StepType</b>	<b>GlobalFX</b>	<b>GlobalFY</b>
Text	Text	Text	Kgf	Kgf
Qx	LinRespSpec	Max	2414155,3	724253,67
Qy	LinRespSpec	Max	724247,74	2414175,11

Untuk gempa arah X:

$V_{\text{dinamik}} > 85\% V_{\text{statik}}$

$$2414155,34 > 1464269,131 \quad \text{OK}$$

Untuk gempa arah Y:

$V_{\text{dinamik}} > 85\% V_{\text{statik}}$

$$2414175,11 > 67184,11305 \quad \text{OK}$$

### 5.5.5 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (Drift)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan penghuni. Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus:

$$\Delta_i < \Delta_a$$

Dimana:

$\Delta_i$  = simpangan yang terjadi

$\Delta_a$  = simpangan ijin antar lantai



Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 1:

$$\Delta_1 = C_d \cdot \delta e_1 / I$$

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 2:

$$\Delta_2 = (\delta e_2 - \delta e_1) \cdot C_d / I$$

Dimana:

$\delta e_1$  = simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

$\delta e_2$  = simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi

$I$  = faktor keutamaan gedung

Dari Tabel 16 SNI 1726:2012 sistem ganda merupakan struktur yang termasuk dalam semua struktur yang lain bilamana simpangan antar tingkat ijinnya adalah:

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

Dimana:

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

Untuk tinggi tingkat 4 m, simpangan ijinnya adalah

$$\begin{aligned} \Delta_a &= 0,020 \cdot 6 \\ &= 0,12 \quad \text{m} \\ &= 120 \quad \text{mm} \end{aligned}$$

Untuk tinggi tingkat 3,5 m, simpangan ijinnya adalah

$$\begin{aligned} \Delta_a &= 0,020 \cdot 3,5 \\ &= 0,07 \\ &= 70 \end{aligned}$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP 2000, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur yaitu sebagai berikut:

Tabel 5.8 Simpangan akibat gempa arah X

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Lantai (m)	Simpangan (mm)	Simpangan diperbesar (mm)	Simpangan antar lantai (mm)	Simpangan Ijin (mm)	Ket
i	h <sub>i</sub>	h <sub>x</sub>	δ <sub>e</sub>	δ	Δ	Δ <sub>i</sub>	
dasar	0	0	0	0	0	0	0
1	6	6	6,92	38,04	38,04	120	OK
2	9,5	3,5	13,83	76,09	38,04	70	OK
3	13	3,5	20,75	114,13	38,04	70	OK
4	16,5	3,5	27,67	152,17	38,04	70	OK
5	20	3,5	34,59	190,22	38,04	70	OK
6	23,5	3,5	41,50	228,26	38,04	70	OK
7	27	3,5	48,42	266,30	38,04	70	OK
8	30,5	3,5	55,34	304,35	38,04	70	OK
9	34	3,5	62,25	342,39	38,04	70	OK
10	37,5	3,5	69,17	380,44	38,04	70	OK
11	41	3,5	76,09	418,48	38,04	70	OK
12	44,5	3,5	83,00	456,52	38,04	70	OK
13	48	3,5	89,92	494,57	38,04	70	OK
14	51,5	3,5	96,84	532,61	38,04	70	OK
15	55	3,5	103,76	570,65	38,04	70	OK
16	58,5	3,5	110,67	608,70	38,04	70	OK
17	62	3,5	117,59	646,74	38,04	70	OK
18	65,5	3,5	124,51	684,78	38,04	70	OK
19	69	3,5	131,42	722,83	38,04	70	OK
20	72,5	3,5	138,34	760,87	38,04	70	OK
21	76	3,5	145,26	798,91	38,04	70	OK
22	79,5	3,5	152,17	836,96	38,04	70	OK
23	83	3,5	159,09	875,00	38,04	70	OK
24	86,5	3,5	166,01	913,04	38,04	70	OK
25	90	3,5	172,93	951,09	38,04	70	OK
26	93,5	3,5	179,84	989,13	38,04	70	OK
27	97	3,5	186,76	1027,17	38,04	70	OK
28	100,5	3,5	193,68	1065,22	38,04	70	OK
29	104	3,5	200,59	1103,26	38,04	70	OK
30	107,5	3,5	207,51	1141,31	38,04	70	OK
31	111	3,5	214,43	1179,35	38,04	70	OK
32	114,5	3,5	221,34	1217,39	38,04	70	OK
33	118	3,5	228,26	1255,44	38,04	70	OK
34	121,5	3,5	235,18	1293,48	38,04	70	OK
35	125	3,5	242,10	1331,52	38,04	70	OK
36	128,5	3,5	249,01	1369,57	38,04	70	OK
37	132	3,5	255,93	1407,61	38,04	70	OK
38	135,5	3,5	262,85	1445,65	38,04	70	OK
39	139	3,5	269,76	1483,70	38,04	70	OK
40	142,5	3,5	276,68	1521,74	38,04	70	OK
atap	146	3,5	283,60	1559,78	38,04	70	OK

Tabel 5.9 Simpangan akibat gempa arah arah Y

Lantai	Elevasi (m)	Tinggi Lantai (m)	Simpangan (mm)	Simpangan diperbesar (mm)	Simpangan antar lantai (mm)	Simpangan Ijin (mm)	Ket
i	hi	hsx	$\delta e$	$\delta$	$\Delta$	$\Delta i$	
dasar	0	0	0	0	0	0	
1	6	6	6,05	33,29	33,29	120	OK
2	9,5	3,5	12,10	66,57	33,29	70	OK
3	13	3,5	18,16	99,86	33,29	70	OK
4	16,5	3,5	24,21	133,14	33,29	70	OK
5	20	3,5	30,26	166,43	33,29	70	OK
6	23,5	3,5	36,31	199,72	33,29	70	OK
7	27	3,5	42,36	233,00	33,29	70	OK
8	30,5	3,5	48,42	266,29	33,29	70	OK
9	34	3,5	54,47	299,57	33,29	70	OK
10	37,5	3,5	60,52	332,86	33,29	70	OK
11	41	3,5	66,57	366,15	33,29	70	OK
12	44,5	3,5	72,62	399,43	33,29	70	OK
13	48	3,5	78,68	432,72	33,29	70	OK
14	51,5	3,5	84,73	466,00	33,29	70	OK
15	55	3,5	90,78	499,29	33,29	70	OK
16	58,5	3,5	96,83	532,58	33,29	70	OK
17	62	3,5	102,88	565,86	33,29	70	OK
18	65,5	3,5	108,94	599,15	33,29	70	OK
19	69	3,5	114,99	632,43	33,29	70	OK
20	72,5	3,5	121,04	665,72	33,29	70	OK
21	76	3,5	127,09	699,01	33,29	70	OK
22	79,5	3,5	133,14	732,29	33,29	70	OK
23	83	3,5	139,20	765,58	33,29	70	OK
24	86,5	3,5	145,25	798,86	33,29	70	OK
25	90	3,5	151,30	832,15	33,29	70	OK
26	93,5	3,5	157,35	865,44	33,29	70	OK
27	97	3,5	163,40	898,72	33,29	70	OK
28	100,5	3,5	169,46	932,01	33,29	70	OK
29	104	3,5	175,51	965,29	33,29	70	OK
30	107,5	3,5	181,56	998,58	33,29	70	OK
31	111	3,5	187,61	1031,87	33,29	70	OK
32	114,5	3,5	193,66	1065,15	33,29	70	OK
33	118	3,5	199,72	1098,44	33,29	70	OK
34	121,5	3,5	205,77	1131,72	33,29	70	OK
35	125	3,5	211,82	1165,01	33,29	70	OK
36	128,5	3,5	217,87	1198,30	33,29	70	OK
37	132	3,5	223,92	1231,58	33,29	70	OK
38	135,5	3,5	229,98	1264,87	33,29	70	OK
39	139	3,5	236,03	1298,15	33,29	70	OK
40	142,5	3,5	242,08	1331,44	33,29	70	OK
atap	146	3,5	248,13	1364,73	33,29	70	OK

## BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR PRIMER

### 6.1 Perencanaan Struktur Primer

Perencanaan struktur primer meliputi perencanaan balok induk melintang dan memanjang menggunakan profil WF serta perencanaan kolom menggunakan profil King Cross komposit beton. Pada perencanaan balok induk dan kolom, menggunakan balok induk dan kolom yang paling kritis, sehingga profil yang digunakan seragam untuk semua balok induk.

### 6.2 Perencanaan Balok Induk

Balok induk direncanakan menggunakan profil WF 500 x 300 x 11 x 18 dengan data-data sebagai berikut:

d	= 488	mm	ix	= 20.08	cm
bf	= 300	mm	iy	= 7,04	cm
tf	= 18	mm	Zx	= 3100	cm <sup>3</sup>
tw	= 11	mm	Zy	= 824	cm <sup>3</sup>
A	= 163,5	cm <sup>2</sup>	Sx	= 2910	cm <sup>3</sup>
w	= 128	kg/m	Sy	= 541	cm <sup>3</sup>
Ix	= 71000	cm <sup>4</sup>	r	= 26	mm
Iy	= 8110	cm <sup>4</sup>	h = d - 2(tf + r)	= 400	mm

BJ 41:  $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

Beton :  $f_c' = 400 \text{ kg/cm}^2$

$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$                       hr = 5,4 cm

$f_r = 700 \text{ kg/cm}^2$                       t pelat = 9 cm

Pada kondisi sebelum komposit, berdasarkan hasil analisa menggunakan SAP 2000 diperoleh gaya-gaya dalam maksimum sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Bentang (L)} &= 8,1 \text{ m} \\ \text{Mmax} &= 31533,75 \text{ kg.m} \\ \text{Vmax} &= 18089,457 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol penampang

Kontrol sayap

$$\frac{b}{2tf} = \frac{300}{36} = 8,33$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 10,748$$

$$\frac{b}{2tf} < \lambda_p \text{ OK}$$

Kontrol badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{488}{11} = 44,36$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 106,349$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \text{ OK}$$

$$\frac{b}{2tf} < \lambda_p \quad \text{dan} \quad \frac{h}{tw} < \lambda_p$$

Penampang kompak. Maka,

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= F_y \cdot Z_x \\ &= 2500 \cdot 3100 \\ &= 7750000 \text{ kg.cm} \\ &= 77500 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u \text{ dimana } \phi = 0,9$$

$$\phi_b \cdot M_n = 69750 \text{ kg.m}$$

$$M_u = M_{\text{max}} = 31353 \text{ kg.m}$$

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u \text{ OK}$$

Kontrol tekuk lateral

$$L_b = 270 \text{ Cm}$$

$$L_p = 350,45 \text{ cm} \quad \text{tabel } L_p \text{ dan } L_r$$

$$L_r = 1050,71 \text{ cm} \quad \text{tabel } L_p \text{ dan } L_r$$

$L_b \leq L_p$ , bentang pendek maka keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

Kontrol geser

$$\begin{aligned} A_w &= d \times t_w \\ &= 48,8 \times 1,1 \\ &= 53,68 \quad \text{cm}^2 \end{aligned}$$

$$C_v = 1$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 F_y A_w C_v \\ &= 80520 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{400}{11} = 36,36$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 63,3568$$

$$\frac{h}{t_w} < 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \dots \text{OK}$$

$$\phi V_n \geq V_u \text{ dimana } \phi = 1$$

$$\phi V_n = 1 \times 80250 = 80520 \text{ kg}$$

$$V_u = 10890 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u \text{ OK}$$

Kontrol lendutan

Batas lendutan maksimum

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{810}{360} = 2.25 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi

$$f^0_{SAP\ 2000} = 0,562\text{ cm}$$

$$f^0 < f_{ijin} \dots \text{OK}$$

Pada kondisi komposit, berdasarkan hasil analisa menggunakan SAP 2000 diperoleh gaya-gaya dalam maksimum sebagai berikut:

$$M_{max (+)} = 66605,38\text{ kg.m}$$

$$M_{max (-)} = 73579,02\text{ kg.m}$$

$$V_{max} = 42208,73\text{ kg}$$

a. Zona momen positif (momen lapangan)

Menghitung momen nominal

Kontrol badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{488}{11} = 44,36$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 106.349$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_p \text{ OK}$$

$$\frac{b}{2tf} < \lambda_p \quad \text{dan} \quad \frac{h}{tw} < \lambda_p$$

Penampang kompak. Maka,

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= F_y \cdot Z_x \\ &= 2500 \cdot 3100 \\ &= 7750000\text{ kg.cm} \\ &= 77500\text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u \text{ dimana } \phi = 0.9$$

$$\phi_b \cdot M_n = 69750\text{ kg.m}$$

$$M_u = M_{max} = 66606\text{ kg.m}$$

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u \text{ OK}$$

Dianalisis dengan tegangan elastis

Lebar efektif

$$B_{eff} \leq \frac{1}{4} \cdot L$$

$$B_{eff} \leq \frac{1}{4} \cdot 900$$

$$B_{eff} \leq 225 \text{ cm}$$

$$B_{eff} \leq S = 125 \text{ cm}$$

Dipakai  $B_{eff} = 225 \text{ cm}$

Menentukan nilai C:

$$C1 \text{ atau } T = A \times F_y = 408750 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})$$

$$A_c = B_{eff} \cdot t_b = 225 \cdot (9-5,4) = 810 \text{ cm}^2$$

$$C2 = 0,85 \times f'_c \times A_c = 275400 \text{ kg}$$

$T > C$ , maka garis netral terletak pada baja.

Menentukan jarak dari centroid gaya yang bekerja:

$$d_1 = h_r + t_b/2 = 5,4 + 3,6/2 = 3,6 \text{ cm}$$

$$P_y = C + 2 (2 d_2 \text{ bf } F_y)$$

$$d_2 = \frac{(p_y - c)}{2 \text{ bf } F_y} = \frac{(408750 - 275400)/2}{2 \cdot 30 \cdot 2500}$$

$$= \frac{66675}{150000}$$

$$= 0,4445 \text{ cm}$$

$$2 d_2 = 0,889 < t_f = 1,8 \text{ cm}$$

Garis netral komposit jatuh pada flens baja

$$d_3 = d/2 = 44,8/2 = 22,4 \text{ cm}$$

Menghitung kekuatan nominal penampang komposit

$$M_n = C (d_1 + d_2) + T (d_3 - d_2)$$

$$= 10088165,9 \text{ kg.cm}$$

$$= 100881,7 \text{ kg.m}$$

$$\emptyset \cdot M_n \geq M_u, \text{ dimana } \emptyset = 0,9$$

$$\emptyset \cdot M_n = 90794 \text{ kg.m}$$

$$M_u = M_{max} = 66606 \text{ kg.m}$$

$$\emptyset \cdot M_n \geq M_u \quad \text{OK}$$



Kekuatan nominal penampang komposit lebih besar daripada momen akibat beban berfaktor, sehingga penampang mampu menahan beban yang terjadi.

Kontrol lendutan

Batas lendutan maksimum

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{810}{360} = 2.25 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi

$$f^{\circ} \text{ SAP 2000} = 0,875 \text{ cm}$$

$$f^{\circ} < f_{ijin} \quad \dots \quad \text{OK}$$

Kontrol geser

$$A_w = d \times t_w$$

$$= 44,8 \times 1,1$$

$$= 49,28 \text{ cm}^2$$

$$C_v = 1$$

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v$$

$$= 73920 \text{ kg}$$

$$\frac{h}{t_w} = \frac{414}{18} = 23$$

$$2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2,24 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 63,4$$

$$\frac{h}{t_w} < 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \dots \text{OK}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u, \text{ dimana } \emptyset = 1$$

$$\emptyset V_n = 1 \times 72600 = 73920 \text{ kg}$$

$$V_u = 42209 \text{ kg}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u \text{ OK}$$

b. Zona momen negatif (momen tumpuan)

Dipasang tulangan pada pelat beton berjumlah 10 Ø 8 disepanjang beff. Batang tulangan menambah kekuatan tarik nominal pada pelat beton.

$$\begin{aligned} T &= n \times A_r \times F_{yr} \\ &= 10 \times (0,25 \times \pi \times 0,8 \times 0,8) \times 2500 \\ &= 12566,37 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya tekan nominal maksimum dalam penampang baja:

$$\begin{aligned} P_{yc} &= A_s \times F_y \\ &= 163,5 \times 2500 \\ &= 408750 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena  $P_{yc} > T$ , maka garis netral terletak pada profil baja, berlaku persamaan:

$$(P_{yc} - T)/2 = 408.750 - 12566,37)/2 = 198091,8 \text{ kg}$$

Gaya pada sayap:

$$T_f = b_f \times t_f \times f_y = 30 \times 1,8 \times 2.500 = 135000 \text{ kg}$$

Gaya pada badan:

$$T_w = [(P_{yc} - T)/2] - T_f = 63091,81 \text{ kg}$$

Jarak garis netral dari tepi bawah sayap:

$$\begin{aligned} a_w &= \frac{T_w}{f_y t_w} = \frac{63091,81}{2750} \\ &= 22,9 \text{ cm} \end{aligned}$$

Menentukan jarak-jarak dari centroid gaya-gaya yang bekerja:

$$\begin{aligned} d_2 &= \frac{(T_f \times 0,5 \times t_f) + (T_w(t_f + 0,5 a_w))}{T_f + T_w} \\ d_2 &= \frac{(135000 \times 0,5 \times 1,8) + (63091,8(1,8 + 0,5 \times 22,9))}{135000 + 63091,8} \\ &= 4,84 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$d_3 = \frac{d}{2} = \frac{48,8}{2} = 24,4 \text{ cm}$$

$$d_1 = t_p - c = 9 - 3,6 = 5,4 \text{ cm}$$

Perhitungan momen negatif:

$$\begin{aligned} M_n &= T (d_1 + d_2) + P_{yc} (d_3 - d_2) \\ &= 8123745,29 \text{ kg.cm} \\ &= 81237,45 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\emptyset.M_n \geq M_u, \text{ dimana } \emptyset = 0,85$$

$$\emptyset.M_n = 69052 \text{ kg.m}$$

$$M_u = M_{\max} = 73580 \text{ kg.m}$$

$$\emptyset.M_n \geq M_u \quad \text{OK}$$

c. Perencanaan penghubung geser

Direncanakan penghubung geser yang dipakai adalah tipe stud, dengan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned} d_s &= 16 \text{ mm} \\ A_{sc} &= 201,07 \text{ mm}^2 \\ F_u &= 400 \text{ Mpa} \\ &= 41 \text{ kg/mm}^2 \\ E_c &= 31975,4 \end{aligned}$$

$$Q_n = 0,5 A_{sc} \sqrt{f'_c} E_c \leq R_g R_p A_s F_u$$

$$Q_n = 0,5 \cdot 201,07 \cdot \sqrt{40} \cdot 31975,35$$

$$= 113699 \text{ N}$$

$$= 11369,9 \text{ kg/stud}$$

$$R_g R_p A_s F_u = 1 \times 0,75 \times 201,07 \times 41$$

$$= 6182,91 \text{ kg/stud} \quad (\text{dipakai})$$

$$Q_n = 6182,91 \text{ kg/stud}$$

Jumlah stud yang dibutuhkan: (dipasang 2 buah dalam satu baris)

$$N = \frac{T}{2Q_n} = \frac{408750}{2 \cdot 6128,91} = 33,05 \approx 34 \text{ pasang}$$

Jarak Seragam (S) dengan stud pada masing-masing lokasi:

$$S_{\text{Maksimum}} = \frac{L}{N+1} = \frac{810}{34+1} = 23,8 \text{ cm} \quad 8 \times 9 = 72 \text{ cm}$$

Jarak Minimum:  $6 \times 1,6 = 9,6 \text{ cm}$

Jadi, profil WF 500x300x11x18 dapat dipakai dan dipasang shear connector tipe stud dengan diameter 16 mm setiap jarak 20 cm sebanyak 34 pasang.

### 6.3. Perencanaan Kolom Komposit

#### Kolom K1

Kolom komposit direncanakan menggunakan profil K 700x300x13x 24 dengan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 W &= 369,7 \text{ kg/m} & t_1 &= 13 \text{ mm} & I_x &= 211800 \text{ cm}^4 \\
 A &= 471 \text{ cm}^2 & t_2 &= 24 \text{ mm} & I_y &= 220791 \text{ cm}^4 \\
 B &= 300 \text{ mm} & r &= 28 \text{ mm} & Z_x &= 6051,4 \text{ cm}^3 \\
 H &= 700 \text{ mm} & i_x &= 21,21 \text{ cm} & Z_y &= 6193,3 \text{ cm}^3 \\
 & & i_y &= 21,65 \text{ cm} & &
 \end{aligned}$$

$$\text{BJ 41 : } f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2 \quad f_r = 700 \text{ kg/m}^2$$

$$f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Beton : } f_c' = 400 \text{ kg/cm}^2$$

$$w = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Tulangan utama} = 4 \text{ D } 22$$

$$\text{Tulangan sengkang terpasang} = \text{Ø}12 - 250$$

$$\text{Selubung beton} = 850 \times 850 \text{ mm}^2$$

$$A_c = 722500 \text{ mm}^2$$

$$A_r = 1520,53 \text{ mm}^2$$

$$\text{Spasi} = 850 - 2 \times 40 - 2 \times 12 - 22$$

$$= 724 \text{ mm}^2$$

Batasan-batasan perhitungan kolom komposit

a. Kontrol luas penampang minimum profil baja

$$\begin{aligned}\rho_o &= \frac{A_s}{A_c} = \frac{471}{7225} \\ &= 0,06519 \\ &= 6,52 \% > 4\% \quad \text{OK}\end{aligned}$$

Cek jarak sengkang

$$\begin{aligned}&= 250 \text{ mm} < 2/3 \cdot 850 \\ &= 250 \text{ mm} < 566,677 \text{ mm} \quad \text{OK}\end{aligned}$$

Kontrol mutu beton

$$\begin{aligned}&= 21 \text{ Mpa} < f'c < 70 \text{ Mpa} \\ &= 21 \text{ Mpa} < 40 \text{ MPa} < 70 \text{ Mpa} \quad \text{OK}\end{aligned}$$

Kontrol mutu baja tulangan

$$\begin{aligned}&= f_y < 525 \text{ Mpa} \\ &= 250 \text{ Mpa} < 525 \text{ Mpa} \quad \text{OK}\end{aligned}$$

b. Kontrol kekuatan tekan

Dari hasil analisa SAP 2000 diperoleh gaya dalam maksimal pada kolom sebagai berikut:

$$\begin{aligned}P_u &= 1012662,85 \text{ kg} \\ M_{ux} &= 26344,6 \text{ kg.m} = 2634456 \text{ kg.cm} \\ M_{uy} &= 33115,9 \text{ kg.m} = 3311587 \text{ kg.cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_{no} &= F_y A_s + F_{ysr} A_{sr} + 0,85 f'c A_c \\ &= (2500 \cdot 471) + (2500 \cdot 0,25 \cdot 2,2 \cdot 2,2) + (0,85 \cdot 400 \cdot 7225) \\ &= 3643503,318 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$P_e = \pi^2 \frac{(E_s I_s + 0,5 E_s I_{sr} + C_1 E_c I_c)}{(KL)^2}$$

$$\begin{aligned}C_1 &= 0,1 + 2 (A_s/A_c + A_s) \leq 0,3 \\ &= 0,1 + 2 (471/7225 + 471) \leq 0,3 \\ &= 0,22 \leq 0,3\end{aligned}$$

$$E_c = 0,043 W_c^{1,5} \sqrt{f'_c}$$

$$= 31975,35 \text{ Mpa}$$

$$E_s I_s = 2 \cdot 10^5 \cdot 211800 \cdot 10^4$$

$$= 4,2 \cdot 10^{14}$$

$$0,5 E_s I_{sr} = 0,5 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,25\pi \cdot 22^2 \cdot ((850 - 2 \cdot 40 - 2 \cdot 12 - 22)/2)^2$$

$$= 0,05 \cdot 10^{14}$$

$$C1 E_c I_c = 0,24 \cdot 31975,35 \cdot 850^2 \cdot (0,5 \cdot 850)^2$$

$$= 9,28 \cdot 10^{14}$$

$$(KL)^2 = (1 \times 6000)^2$$

$$= 3,6 \times 10^7$$

$$P_e = 37,19 \times 10^7 \text{ N}$$

$$\frac{P_{no}}{P_e} = \frac{3,363503}{37,19}$$

$$= 0,10 \leq 2,25$$

Maka,

$$P_n = P_{no} \times (0,658)^{\frac{P_{no}}{P_e}}$$

$$= 34971320,19 \text{ N}$$

$$P_u \leq \phi_c P_n$$

$$10126629 \leq 0,75 \cdot 34971320,19$$

$$10126629 \leq 26228490 \text{ N}$$

c. Kontrol kekuatan lentur

Kuat nominal momen kolom menurut Smith:

$$M_{nc} = f_y Z + \frac{1}{3} (h^2 - 2Cr) A_r \cdot f_{yr} + \left( \frac{h^2}{2} - \frac{A_w \cdot f_y}{1,7 \cdot f_c' \cdot h1} \right) A_w \cdot f_y$$

$$Cr = 40 + 12 + (0,5 \cdot 22) = 63 \text{ mm} = 6,3 \text{ cm}$$

$$A_r = 4 \cdot (0,25 \cdot \pi \cdot 2,2^2) = 15,21 \text{ cm}^2$$

$$A_w = (700 - 2 \cdot 24) \cdot 2 \cdot 13 = 16952 \text{ mm}^2 = 169,52 \text{ cm}^2$$

$$h1 = h2 = 850 \text{ mm} = 85 \text{ cm}$$

$$Z_x = 6051,4 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 6193,3 \text{ cm}^3$$

$$f_y = 250 \text{ Mpa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{yr} = 250 \text{ Mpa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{c'} = 40 \text{ Mpa} = 400 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{nx} = f_y Z_x + \frac{1}{3}(h_2 - 2C_r)A_r \cdot f_{yr} + \left(\frac{h_2}{2} - \frac{A_w \cdot f_y}{1,7 \cdot f_{c'} \cdot h_1}\right) A_w \cdot f_y$$

$$= 12938549,09 \text{ kg.cm}$$

$$M_{ny} = f_y Z_y + \frac{1}{3}(h_2 - 2C_r)A_r \cdot f_{yr} + \left(\frac{h_2}{2} - \frac{A_w \cdot f_y}{1,7 \cdot f_{c'} \cdot h_1}\right) A_w \cdot f_y$$

$$= 13293299,09 \text{ kg.cm}$$

d. Kontrol interaksi

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} = \frac{10126629}{26228490}$$

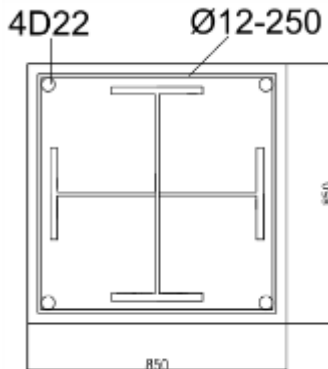
$$= 0,39 > 0,2$$

maka digunakan rumus 1 pada SNI 03 - 1729 ps. 12. 5

$$= \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \ll 1,0$$

$$= 0,83 \leq 1,0 \quad \text{OK}$$

Jadi kolom komposit profil K700x300x13x24 dengan seli mut beton 80 cm x 80 cm dapat digunakan.



Gambar 6.1 Penampang kolom komposit.

Tabel 6.1 Rekap dimensi kolom komposit.

lantai	Dimensi	Selubung beton
lantai dasar - 10	K 700x300x13x24	800 x 800
lantai 11 - 20	K 600x200x11x17	700 x 700
lantai 21 - 30	K 500x200x10x16	600 x 600
lantai 31 - 40	K 400x200x8x13	500 x 500

#### 6.4 Perencanaan Dinding Geser (Shear Wall)

Dinding geser (shear wall) dalam struktur gedung berfungsi untuk menahan gaya geser dan momen-momen yang terjadi akibat gaya lateral. Dinding geser bekerja sebagai sebuah balok kantilever vertikal dan dalam menyediakan tahanan lateral, dinding geser menerima tekuk maupun geser. Dalam struktur bangunan ini dipakai model section dinding geser dengan tebal 30 cm Sebagai contoh perhitungan, akan direncanakan dinding geser berdasarkan hasil analisis gaya SAP 2000 lalu dianalisa dengan bantuan SPColumn.

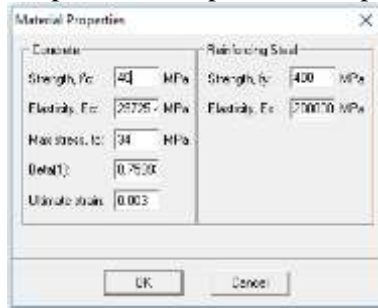
Data perencanaan sebagai berikut:

Tebal dinding	=	30	cm
Tebal decking	=	40	mm
Mutu baja	=	BJ 41	
Mutu beton ( $f_c'$ )	=	40	Mpa
Tinggi Shearwall	=	146	m
Bentang Shearwall	=	2,7	m (Arah X)
	=	3	m (Arah Y)
Tulangan Utama	=	D19 - 200	
Sengkang	=	D13 - 250	



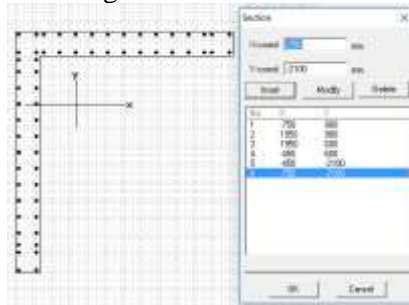
Berikut langkah-langkah dalam analisa menggunakan program Spcolumn:

1. Buka Program Spcolumn – Input Material properties



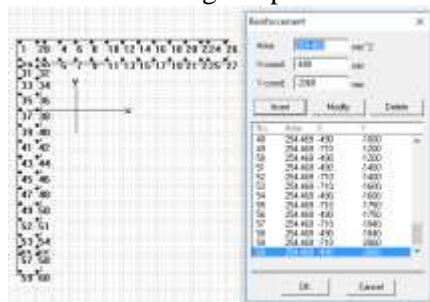
Gambar 6.2 Material properties.

2. Input Section – Irregular



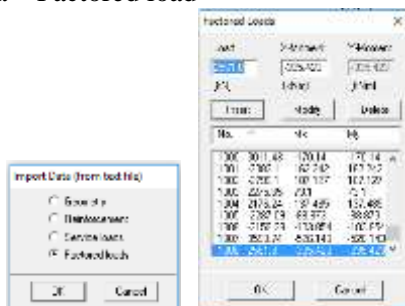
Gambar 6.3 Irregular section.

3. Input Reinforcement – Irregular pattern



Gambar 6.4 Irregular reinforcement.

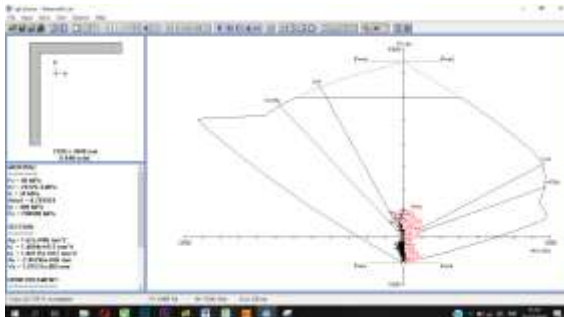
## 4. Import data – Factored load



Gambar 6.5 Input factored load.

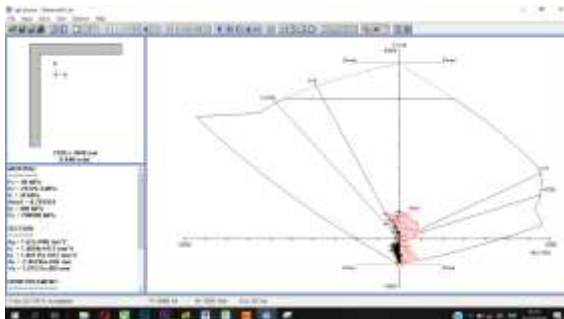
## 5. Execute model

Arah X



Gambar 6.6 Execute model arah X.

Arah Y



Gambar 6.7 Execute model arah Y.

Dari gambar diagram interaksi antara momen dan tekan shear wall arah X dan arah Y di atas. Dapat diketahui bahwa gaya-gayanya masih berada di dalam diagram. Dimana desain shear wall mampu menerima gaya-gaya yang terjadi.

## BAB VII PERENCANAAN SAMBUNGAN

### 7.1. Sambungan Balok Anak dengan Balok Induk

Sambungan ini direncanakan sebagai simple connection karena balok anak diasumsikan terletak pada tumpuan sederhana. Sambungan menggunakan baut dan pelat siku sebagai penyambungannya, dengan data-data sebagai berikut:

Balok anak      WF 400x200x8x13

Balok induk     WF 500x300x11x18

$$V_u = 11751,93 \text{ kg}$$

Baut tipe tumpu

$$\varnothing 16 \text{ mm} ; A_b = 0,25 \cdot \pi \cdot 1,6 \cdot 1,6 = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5 \text{ (tanpa ulir pada bidang geser)}$$

$$\text{BJ 55: } f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

Pelat penyambung: (double siku)

L 70 x 70 x 7

$$\text{BJ 41 : } f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

Sambungan pada badan balok anak

Kuat geser:

$$\begin{aligned} \varnothing V_n &= \varnothing \times r_1 \times f_{ub} \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5500 \times 2,01 \times 2 \\ &= 8293,805 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu:

$$\begin{aligned} \varnothing R_n &= \varnothing \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 4100 \\ &= 8265,6 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$\begin{aligned} n &= V_u / \phi V_n \\ &= \frac{11751,93}{8265,6} \\ &= 1,421788 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \cdot \phi V_n &\geq V_u \\ 16531,2 &\geq 11751,93 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Kontrol jarak baut

Jarak tepi:

$$\begin{aligned} (S1) &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 24 \text{ mm s/d } 102,8 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S1 = 35 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (S2) &= 1,25 \text{ db s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 20 \text{ mm s/d } 84 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S2 = 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak baut:

$$\begin{aligned} (S) &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d } 105 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S = 60 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sambungan pada badan balok induk

Kuat geser:

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times r1 \times f_{ub} \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5500 \times 2,01 \times 1 \\ &= 4146,9 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu:

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times 2,4 \times db \times tp \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,6 \times 0,7 \times 4100 \\ &= 8265,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$\begin{aligned} n &= V_u / \phi V_n \\ &= \frac{11751,93}{8265,6} \\ &= 1,421788 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \cdot \phi V_n &\geq V_u \\ 33062,4 &\geq 11751,93 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Kontrol jarak baut

Jarak tepi:

$$\begin{aligned} &1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \\ (S1) &= \text{ mm} \\ &= 24 \text{ mm s/d } 102,8 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S1 = 35 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (S2) &= 1,25 \text{ db s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 20 \text{ mm s/d } 84 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S2 = 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak baut:

$$\begin{aligned} (S) &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d } 105 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S = 60 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan pelat siku

Diameter perlemahan (dengan bor):

$$\begin{aligned} d1 &= 16 + 1,5 = 17,5 \text{ Mm} \\ &= 1,75 \text{ Cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= 2 \times S1 + S \\ &= 130 \text{ mm} \\ &= 13 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kuat geser

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \times t_l \\
 &= (L - n \times d_1) \times t_l \\
 &= (13 - 2 \times 1,75) \times 0,7 \\
 &= 6,65 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned}
 2 \phi V_n &= 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\
 &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 6,65) \\
 &= 24538,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \cdot \phi V_n &\geq V_u \\
 24538,5 &\geq 11751,93 \text{ OK}
 \end{aligned}$$

## 7.2 Sambungan Balok Utama Tangga dengan Balok Penumpu Tangga

Sambungan antara balok utama tangga dengan balok penumpu tangga direncanakan sebagai sambungan simple connection, sambungan direncanakan dengan menggunakan baut yang hanya memikul beban geser dari balok utama tangga, sehingga dalam analisa dapat dianggap sebagai sendi.

Balok utama            WF 200x150x6x9

Balok penumpu        WF 300x200x9x14

$V_u$                       6417 kg

Baut tipe tumpu

$$\phi 8 \text{ mm} ; A_b = 0,25 \cdot \Pi \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 0,50$$

$$r_1 = 0,5 \text{ (tanpa ulir pada bidang geser)}$$

BJ 55 :             $f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$

$f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

L 60 x 60 x 6

BJ 41:             $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$

$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

a. Sambungan balok utama tangga dengan plat siku

Kuat geser:

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_{ub} \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5500 \times 0,5 \times 2 \\ &= 2073,451 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})\end{aligned}$$

Kuat tumpu:

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 0,8 \times 0,6 \times 4100 \\ &= 3542,4 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$\begin{aligned}n &= V_u / \phi V_n \\ &= \frac{6417}{2073,451} \\ &= 3,09484 \approx 4 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n \cdot \phi V_n &\geq V_u \\ 14169,6 &\geq 6417 \quad \text{OK}\end{aligned}$$

Kontrol jarak baut

Jarak tepi:

$$(S1) = 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 24 \text{ mm s/d } 102,8 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S1 = 35 \text{ mm}$$

$$(S2) = 1,25 d_b \text{ s/d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

$$= 20 \text{ mm s/d } 84 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S2 = 30 \text{ mm}$$

Jarak baut:

$$(S) = 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$= 48 \text{ mm s/d } 105 \text{ mm}$$

$$\text{Pakai } S = 60 \text{ mm}$$



b. Sambungan balok penumpu tangga dengan plat siku

Kuat geser:

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_{ub} \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5500 \times 2,01 \times 1 \\ &= 1036,7 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})\end{aligned}$$

Kuat tumpu:

$$\begin{aligned}\phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 0,8 \times 0,6 \times 4100 \\ &= 3542,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$\begin{aligned}n &= V_u / \phi V_n \\ &= \frac{6417}{1036,7} \\ &= 6,18968 \approx 8 \text{ buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n \cdot \phi V_n &\geq V_u \\ 28339,2 &\geq 6417 \quad \text{OK}\end{aligned}$$

Kontrol jarak baut

Jarak tepi:

$$\begin{aligned}(S1) &= 1,5d_b \text{ s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 24 \text{ mm s/d } 102,8 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S1 = 35 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(S2) &= 1,25 d_b \text{ s/d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 20 \text{ mm s/d } 84 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S2 = 30 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jarak baut:

$$\begin{aligned}(S) &= 3d_b \text{ s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d } 105 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S = 60 \text{ mm}\end{aligned}$$

c. Kontrol kekuatan pelat siku

Diameter perlemahan (dengan bor):

$$\begin{aligned} d1 &= 8 + 1,5 = 9,5 \text{ mm} \\ &= 0,95 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= 2 \times S1 + S \\ &= 130 \text{ mm} \\ &= 13 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kuat geser

$$\begin{aligned} Anv &= Lnv \times tl \\ &= (L - n \times d1) \times tl \\ &= (13 - 2 \times 0,95) \times 0,6 \\ &= 6,66 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned} 2 \phi Vn &= 2 \times \phi \times (0,6 \times fu \times Anv) \\ &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 6,65) \\ &= 24538,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \cdot \phi Vn &\geq Vu \\ 24538,5 &\geq 6417 \text{ OK} \end{aligned}$$

### 7.3 Sambungan Balok Induk dengan Kolom

Sesuai SNI 03:1729:2002 pasal 15.9.2 dikatakan bahwa untuk sambungan balok ke kolom harus menggunakan las atau baut mutu tinggi. Bila digunakan sambungan kaku yang merupakan bagian dari sistem pemikul beban gempa harus mempunyai kuat lentur perlu  $M_u$  yang besarnya paling tidak sama dengan yang terkecil dari:

- a)  $1,1 R_y M_p$  balok atau gelagar, atau
- b) Momen terbesar yang dapat disalurkan oleh sistem rangka pada titik tersebut.

Pada sambungan kaku, 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  $M_u$  seperti yang sudah disebutkan diatas.

$$\begin{aligned} \mu &= 1,1 \times R_y \times M_p \\ &= 1,1 \times 1,5 \times (3100 \times 2500) \\ &= 12787500 \text{ kgcm} \\ &= 127875 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Profil dari balok induk dan kolom yang akan disambung adalah sebagai berikut:

Balok Induk	WF 500x300x11x18
Kolom	K 700 x 300 x 13 x 24

#### Pembebanan

##### Beban mati

Pelat bondek = $10,1 \times 2,7 =$	27,27	kg/m
Pelat beton = $0,09 \times 2,7 \times 2400 =$	583,2	kg/m
Berat profil=	128	kg/m
Ducting + Plumbing = $25 \times 2,7 =$	67,5	kg/m
Rangka + Plafond = $18 \times 2,7 =$	48,6	kg/m
Spesi (t = 1 cm) = $21 \times 2,7 =$	56,7	kg/m
Keramik = $24 \times 2,7 =$	64,8	kg/m
	<hr/>	
	= 976,07	kg/m
sambungan 10% =	97,61	kg/m
	<hr/>	
$Q_d =$	1073,68	kg/m

##### Beban hidup

Lantai kantor	=	2,4	Kn/m <sup>2</sup>
1 kpa =	101,97	kg/m <sup>2</sup> x 2,7 m	
$Q_l =$	660,7656	kg/m	

Beban berfaktor

$$\begin{aligned} Q_u &= 1,2 Q_d + 0,5 Q_l \\ &= 1618,799 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Maka  $V_u$  akibat kombinasi 1,2D + 0,5 L:

$$\begin{aligned} V_{u1} &= \frac{1}{2} \times q_u \times L \\ &= 7284,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$V_u$  akibat Mu:

$$\begin{aligned} V_{u2} &= \frac{2}{9} \times 1,1 \times r_y \times Z_x \times F_y \\ &= 28416,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

$V_u$  total:

$$\begin{aligned} V_u &= V_{u1} + V_{u2} \\ &= 35701,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

Akibat beban geser  $P_u$

Alat penyambung

Baut tipe biasa (tanpa ulir pada bidang geser):

BJ 55 :  $f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$ ;  $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

$\emptyset 20 \text{ mm}$  ;  $A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times 2 \times 2 = 3,14 \text{ cm}^2$

Pelat penyambung: (2 siku)

L 100x100x10

BJ 41 ;  $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$  ;  $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

Sambungan pada badan balok induk

Kuat geser:

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= \emptyset \times r_l \times f_u \times b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5500 \times 3,14 \times 2 \\ &= 12959,07 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu:

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 1 \times 4100 \\ &= 14760 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$\begin{aligned} n &= V_u / \phi V_n \\ &= \frac{35701,3}{12959,07} \\ &= 2,754925 \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \cdot \phi V_n &\geq V_u \\ 38877,21 &\geq 35701,3 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Kontrol jarak baut:

Jarak tepi:

$$\begin{aligned} (S1) &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 30 \text{ mm s/d } 140 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S1 = 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (S2) &= 1,25 \text{ db s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 25 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S2 = 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak baut:

$$\begin{aligned} (S) &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S = 60 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sambungan pada sayap kolom

Kuat geser:

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times r_1 \times f_u \times b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5500 \times 3,14 \times 1 \\ &= 6479,535 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu:

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times 2,4 \times db \times tp \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 1 \times 4100 \\ &= 14760 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$\begin{aligned} n &= Vu / \phi V_n \\ &= \frac{35701,3}{14760} \\ &= 2,418785 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \cdot \phi V_n &\geq Vu \\ 59040 &\geq 35701,3 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

Kontrol jarak baut:

Jarak tepi:

$$\begin{aligned} (S1) &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 30 \text{ mm s/d } 140 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S1 = 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (S2) &= 1,25 \text{ db s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 25 \text{ mm s/d } 120 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S2 = 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak baut:

$$\begin{aligned} (S) &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 60 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S = 120 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan pelat siku

Diameter perlemahan (dengan bor):

$$\begin{aligned} d1 &= 20 + 1,5 = 21,5 \text{ mm} \\ &= 2,15 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L &= 2 \times S1 + S \\ &= 240 \text{ mm} \\ &= 24 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kuat geser

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{nv} \times t_l \\
 &= (L - n \times d_1) \times t_l \\
 &= (13 - 2 \times 1,75) \times 0,7 \\
 &= 13,79 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat rencana (karena ada 2 siku)

$$\begin{aligned}
 2 \phi V_n &= 2 \times \phi \times (0,6 \times f_u \times A_{nv}) \\
 &= 2 \times 0,75 \times (0,6 \times 4100 \times 13,79) \\
 &= 50885,1 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \cdot \phi V_n &\geq V_u \\
 50885,1 &\geq 35701,3 \quad \text{OK}
 \end{aligned}$$

Akibat beban  $M_u$

Alat penyambung

Baut tipe biasa (tanpa ulir pada bidang geser):

$\phi$  30 mm ;  $A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times 3^2 = 7,068 \text{ cm}^2$

BJ 55 ;  $f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$  ;  $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

Potongan Profil T 400x400x30x50 dengan data-data sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 d &= 229 \text{ mm} & t_w &= 30 \text{ mm} \\
 b_f &= 417 \text{ mm} & t_f &= 50 \text{ mm} \\
 r &= 22 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sambungan pada sayap potongan profil T 400x200x30x50 dengan sayap kolom.

Gaya tarik akibat momen:

$$\begin{aligned}
 2T &= \frac{M_u}{d \text{ balok}} \\
 T &= \frac{M_u}{2 \cdot D \text{ balok}} \\
 &= 127875 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Kekuatan tarik nominal dari baut (pakai baut  $\varnothing 30\text{mm}$ ):

$$\begin{aligned}\varnothing T_n &= \varnothing \times 0,75 \times f_u \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,75 \times 5500 \times 7,068 \\ &= 21866,63 \text{ kg}\end{aligned}$$

Bila digunakan 2 baut dalam 1 baris:

$$\begin{aligned}B &= 2 \times \varnothing T_n \\ &= 43733,25 \text{ kg}\end{aligned}$$

Syarat:  $B > T$

$$43733,25 > 127875 \text{ OK}$$

Dengan menggunakan profil T 400x200x30x50 maka:

$$\begin{aligned}c &= r + 0,5tw = 22 + 0,5 \times 30 = 37 \text{ mm} \\ a + b &= 0,5bf - c = 0,5 \times 417 - 37 = 171,5 \text{ mm} \\ b &= 77,5 \text{ mm (direncanakan)} \\ a &= 171,5 - 77,5 = 94 \text{ mm}\end{aligned}$$

Syarat menurut Kulak, Fisher dan Struik:  $a \leq 1,25b$

$$\begin{aligned}a' &= a + 0,5\varnothing_{\text{baut}} = 94 + 0,5 \times 30 = 109 \text{ mm} \\ b' &= b - 0,5\varnothing_{\text{baut}} = 77,5 - 0,5 \times 30 = 62,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\delta = \frac{(w - \sum \varnothing_{\text{lubang}})}{w} = \frac{(200 - 2(30 + 1,5))}{200} = 0,6$$

$$\beta = \left(\frac{B}{T} - 1\right) \frac{a'}{b'} = \left(\frac{83848}{70331,25} - 1\right) \frac{109}{62,5} = 0,33$$

Karena  $\beta < 1$ , maka  $\alpha = 0,33$

$$\begin{aligned}Q &= T \left(\frac{a\delta}{1 + a\delta}\right) \frac{b'}{a'} = 70331,25 \left(\frac{0,33 \times 0,685}{1 + 0,33 \times 0,685}\right) \frac{62,5}{109} \\ &= 7435,296 \text{ kg}\end{aligned}$$

Gaya pada baut:

$$T + Q \leq B$$

$$21866,625 + 7435,2946 \leq 43733,25 \text{ (OK)}$$

$$29301,915 < 43733,25 \text{ (OK)}$$



Tebal flens profil T

$$t_f \geq \sqrt{\frac{4Tb'}{\phi_w f_y (1 + a\delta)}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 70331 \cdot 6,25}{0,9 \cdot 20 \cdot 4100 \cdot (1 + 0,35 \cdot 0,685)}}$$

$$t_f \geq 4,4 \text{ cm}$$

$$5 \text{ cm} \geq 4.4 \text{ cm (OK)}$$

Sambungan pada badan profil T dengan sayap balok kekuatan baut (pakai baut Ø30mm).

Kuat geser:

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \times r \times l \times f_u \times b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5500 \times 3,14 \times 1 \\ &= 6479,535 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat tumpu:

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 1 \times 4100 \\ &= 14760 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$\begin{aligned} n &= V_u / \phi V_n \\ &= \frac{43733,3}{14760} \\ &= 2,962957 \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \cdot \phi V_n &\geq V_u \\ 59040 &\geq 43733,3 \text{ OK} \end{aligned}$$

Kekuatan badan profil T

Badan profil T sebagai batang tarik:

$$\begin{aligned} A_g &= w \times t_w = 60 \text{ cm}^2 \\ A_n &= A_g - \sum d' \times t_w \\ &= 60 - 3 \times (3,3 + 0,15) \times 3 = 39,3 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol leleh:

$$\begin{aligned}\emptyset R_n &= \emptyset \times A_g \times f_y \geq 2T \\ &= 0,9 \times 60 \times 4100 \geq 43733,25 \\ &= 221400 \text{ kg} > 43733,25 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

Kontrol putus:

$$\begin{aligned}\emptyset R_n &= \emptyset \times A_n \times f_u \geq 2T \\ &= 0,75 \times 60 \times 5500 \geq 43733,25 \text{ kg} \\ &= 247500 \text{ kg} \geq 43733,25 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

#### 7.4. Sambungan antar Kolom

Berdasarkan hasil SAP 2000 diperoleh gaya-gaya yang bekerja pada kolom:

$$\begin{aligned}P_{ux} &= 996405,8 \text{ kg} \\ M_{ux} &= 35356,06 \text{ kg.m} \\ M_{uy} &= 30199,58 \text{ kg.m} \\ V_{ux} &= 16137,6 \text{ kg} \\ V_{uy} &= 13100,7 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kolom K 700 x 300 x 13 x 24

$$\begin{aligned}\text{BJ 41} \quad f_y &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ \quad \quad \quad f_u &= 4100 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$A \text{ profil} = 471 \text{ cm}^2$$

Alat penyambung

Baut tipe biasa (tanpa ulir pada bidang geser):

BJ 55 :  $f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$ ;  $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$

$\emptyset 32 \text{ mm}$  ;  $A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times 3,2 \times 3,2 = 8,04 \text{ cm}^2$

Pelat penyambung:

tebal 24 mm

BJ 41 ;  $f_u = 4100 \text{ kg/cm}^2$  ;  $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$

$P_u = 996405,8 \text{ kg}$

140

$$Pu \text{ badan} = \frac{A \text{ badan} \cdot Pu}{A \text{ profil}} = \frac{169,52 \cdot 996405,8}{471} = 358621,5 \text{ kg}$$

$$Pu \text{ sayap} = Pu - Pu \text{ badan} = 637784,3 \text{ kg}$$

Sambungan arah X

Pembagian beban momen:

$$Mu \text{ Badan} = \frac{I \text{ badan} \cdot Mux}{I \text{ profil}} = \frac{30026,1 \cdot 35356}{211800} = 5012,3 \text{ kg.m}$$

$$Mu \text{ Sayap} = Mu - Mu \text{ badan} = 30343,69 \text{ kg.m}$$

Sambungan pada sayap kolom (pakai baut Ø32 mm)

Kuat geser:

$$\begin{aligned} \emptyset V_n &= \emptyset \times r_1 \times f_u \times b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5500 \times 8,04 \times 1 \\ &= 16582,5 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu:

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= \emptyset \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 3,2 \times 12,4 \times \\ &= 4100 \\ &= 56678,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya kopel pada sayap:

$$T = \frac{Mu \text{ Sayap}}{d} = 43348,13$$

Total gaya pada sayap:

$$\begin{aligned} Pu \text{ Total} &= T + \frac{Pu \text{ Sayap}}{4} = 43348,13 + \frac{637784,3}{4} \\ &= 202794,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$\begin{aligned}
 n &= P_u \text{ Total} / \phi V_n \\
 &= \frac{202794,2}{16582,5} \\
 &= 12,22941 \approx 18 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak baut:

Jarak tepi:

$$\begin{aligned}
 (S1) &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 48 \text{ mm s/d } 196 \text{ mm} \\
 \text{Pakai } S1 &= 50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (S2) &= 1,25 \text{ db s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\
 &= 40 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm} \\
 \text{Pakai } S2 &= 50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jarak baut:

$$\begin{aligned}
 (S) &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 &= 96 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm} \\
 \text{Pakai } S &= 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Sambungan pada badan kolom (pakai baut  $\phi 29$  mm)

$$A_b = 1/4 \cdot 3,14 \cdot 2,9 \cdot 2,9 = 6,6 \text{ cm}^2$$

Kuat geser:

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= \phi \cdot r \cdot 1 \cdot f_u \cdot b \cdot A_b \cdot m \\
 &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5500 \cdot 8,04 \cdot 1 \\
 &= 27225 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})
 \end{aligned}$$

Kuat tumpu:

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot db \cdot t_p \cdot f_u \\
 &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 3,2 \cdot 12,4 \cdot 4100 \\
 &= 27822,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan:

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= (\text{Mu badan} + V_{ux} \cdot e) \\ &= 6626,126 \text{ kg.m} \\ &= 662612,6 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Perkiraan jumlah baut:

$$n = \sqrt{\frac{6 \text{ Mu}}{\mu \text{ Ru}}} = 5,568689 \approx 8 \text{ buah}$$

Akibat Pu

$$\begin{aligned} \text{KuV1} &= \frac{\text{Pu badan}}{2 \cdot N} = \frac{358621,5}{16} \\ &= 22413,84 \text{ kg} \end{aligned}$$

Akibat Vu:

$$\begin{aligned} \text{KuH1} &= \frac{V_{ux}}{n} = \frac{16137,6}{8} \\ &= 2017,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Akibat Mu:

$$\sum x^2 = 200 \text{ cm}^2$$

$$\sum y^2 = 1000 \text{ cm}^2$$

$$\sum x^2 + \sum y^2 = 1200 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{KuV2} &= \frac{\text{Mu total} \cdot X}{\sum(x^2 + y^2)} \\ &= 2760,886 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KuH2} &= \frac{\text{Mu total} \cdot Y}{\sum(x^2 + y^2)} \\ &= 8282,658 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{KU total} &= \sqrt{\sum \text{Kuv}^2 + \sum \text{Kuh}^2} \\ &= 27200,26 \text{ kg} < 27225 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol jarak baut:

Jarak tepi:

$$\begin{aligned} (\text{S1}) &= 1,5\text{db s/d } (4\text{tp} + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 43,5 \text{ mm s/d } 152 \text{ mm} \\ \text{Pakai S1} &= 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{S2}) &= 1,25 \text{ db s/d } 12\text{tp} \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm} \\ \text{Pakai S2} &= 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak baut:

$$\begin{aligned} (\text{S}) &= 3\text{db s/d } 15\text{tp} \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 87 \text{ mm s/d } 195 \text{ mm} \\ \text{Pakai S} &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sambungan arah Y  
pembagian beban momen:

$$\text{Mu Badan} = \frac{I_{\text{badan}} \cdot \text{Muy}}{I_{\text{profil}}} = \frac{30026,1}{211800} \cdot 30199 = 4281,3 \text{ kg.m}$$

$$\text{Mu Sayap} = \text{Mu} - \text{Mu badan} = 25918 \text{ kg.m}$$

Sambungan pada sayap kolom (pakai baut Ø32 mm)

Kuat geser:

$$\begin{aligned} \text{ØVn} &= \text{Ø} \times r \times l \times f_u \times b \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5500 \times 8,04 \times 1 \\ &= 16582,5 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

Kuat tumpu:

$$\begin{aligned}\emptyset Rn &= \emptyset \times 2,4 \times db \times tp \times fu \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 3,2 \times 12,4 \times 4100 \\ &= 56678,4 \text{ kg}\end{aligned}$$

Gaya kopel pada sayap:

$$T = \frac{\text{Mu Sayap}}{d} = 37026,06$$

Total gaya pada sayap:

$$\begin{aligned}\text{Pu Total} &= T + \frac{\text{Pu Sayap}}{4} = 37026,06 + \frac{637784,3}{4} \\ &= 1964271 \text{ kg}\end{aligned}$$

Jumlah baut yang diperlukan:

$$\begin{aligned}n &= \text{Pu Total} / \emptyset Vn \\ &= \frac{202794,2}{16582,5} \\ &= 12,22941 \approx 14 \text{ buah}\end{aligned}$$

Kontrol jarak baut:

Jarak tepi:

$$\begin{aligned}(S1) &= 1,5db \text{ s/d } (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 48 \text{ mm s/d } 196 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S1 = 50 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(S2) &= 1,25 db \text{ s/d } 12tp \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 40 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S2 = 50 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jarak baut:

$$\begin{aligned}(S) &= 3db \text{ s/d } 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 96 \text{ mm s/d } 200 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S = 100 \text{ mm}\end{aligned}$$

Sambungan pada badan kolom (pakai baut Ø29 mm)

$$A_b = 1/4 \cdot 3,14 \cdot 2,9 \cdot 2,9 = 6,6 \text{ cm}^2$$

Kuat geser:

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi \cdot r_1 \cdot f_u \cdot b \cdot A_b \cdot m \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5500 \cdot 8,04 \cdot 1 \\ &= 27225 \text{ kg} \quad (\text{menentukan}) \end{aligned}$$

Kuat tumpu:

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 3,2 \cdot 12,4 \cdot 4100 \\ &= 27822,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

Momen yang bekerja pada titik berat sambungan:

$$\begin{aligned} M_u &= (M_u \text{ badan} + V_{ux} \cdot e) \\ &= 6626,126 \text{ kg.m} \\ &= 662612,6 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Perkiraan jumlah baut:

$$n = \sqrt{\frac{6 M_u}{\mu R_u}} = 5,568689 \approx 8 \text{ buah}$$

Akibat  $P_u$ :

$$\begin{aligned} K_u V_1 &= \frac{P_u \text{ badan}}{2 \cdot N} = \frac{358621,5}{16} \\ &= 22413,84 \text{ kg} \end{aligned}$$

Akibat  $V_u$ :

$$\begin{aligned} K_u H_1 &= \frac{V_{ux}}{n} = \frac{16137,6}{8} \\ &= 2017,2 \text{ kg} \end{aligned}$$



Akibat Mu:

$$\sum x^2 = 200 \text{ cm}^2$$

$$\sum y^2 = 1000 \text{ cm}^2$$

$$\sum x^2 + \sum y^2 = 1200 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{KuV}^2 &= \frac{\text{Mu total} \cdot X}{\sum(x^2 + y^2)} \\ &= 2760,886 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KuH}^2 &= \frac{\text{Mu total} \cdot Y}{\sum(x^2 + y^2)} \\ &= 8282,658 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{KU total} &= \sqrt{\sum \text{KuV}^2 + \sum \text{KuH}^2} \\ &= 27200,26 \text{ kg} < 27225 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol jarak baut:

Jarak tepi:

$$\begin{aligned} (S1) &= 1,5 \text{ db s/d } (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 43,5 \text{ mm s/d } 152 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S1 = 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (S2) &= 1,25 \text{ db s/d } 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \\ &= 36 \text{ mm s/d } 150 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S2 = 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak baut:

$$\begin{aligned} (S) &= 3 \text{ db s/d } 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ &= 87 \text{ mm s/d } 195 \text{ mm} \\ &\text{Pakai } S = 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

### 7.5. Desain Baseplate

a. Sambungan kolom dengan base plate

Sambungan kolom tepi dengan base plate direncanakan dengan gaya-gaya yang bekerja sebagai berikut:

$$P_u = 989760 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 14478,1 \text{ kg.m}$$

$$M_{uy} = 19165,7 \text{ kg.m}$$

b. Sambungan las pada base plate

Direncanakan las dengan mutu Fe90xx dengan  $t_e = 1,8$  cm.

$$A_{las} = ((2 \cdot 63,9) + (2 \cdot 65,2) + (4 \cdot 30)) \cdot 1,8 \\ = 680,76 \text{ cm}^3$$

$$I_x = \left[ 2x \left[ \frac{1}{12} x 1,8 x 65,2^3 + \frac{1}{12} x 30 x 1,8^3 + 30 x 1,8 x 32,6^2 \right] \right] \\ + \left[ 2x \left[ \frac{1}{12} x 63,9 x 1,8^3 + \frac{1}{12} x 1,8 x 30^3 \right] \right] = 206119,7 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \left[ 2x \left[ \frac{1}{12} x 1,8 x 65,9^3 + \frac{1}{12} x 30 x 1,8^3 + 30 x 1,8 x 31,95^2 \right] \right] \\ + \left[ 2x \left[ \frac{1}{12} x 65,2 x 1,8^3 + \frac{1}{12} x 1,8 x 30^3 \right] \right] = 196714,3 \text{ cm}^4$$

$$I_x = 206119,7 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 196714,3 \text{ cm}^4$$

$$W_x = I_x / y_{max} = 206119,7 / 32,6 = 6322,69 \text{ cm}^3$$

$$W_y = I_y / x_{max} = 196714,3 / 21,95 = 8961,927 \text{ cm}^3$$

$$f_{total} = \frac{P_u}{A} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \\ = \frac{989760}{680,76} + \frac{14478,1}{6322,69} + \frac{19165,7}{8961,927} \\ = 1458,333 \text{ kg/cm}^3$$

Kuat rencana las ( $t_e = 1 \text{ cm}$ ):

$$\phi f_n = 0.75 \times 0.6 \times 90 \times 70.3 \times 1 = 2847,15 \text{ kg/cm}$$

maka:

$$t_{\text{perlu}} \geq \frac{f_{\text{total}}}{\phi f_n} \times 1 \text{ cm} = \frac{1436,30}{2847,15} \times 1 \text{ cm} = 0,50 \text{ cm}$$

$$a_{\text{perlu}} \geq \frac{t_{\text{perlu}}}{0,707} = \frac{0,50}{0,707} = 0,707 \text{ cm}$$

Perhitungan base plate

Arah y:

$$\begin{aligned} e_y &= \frac{M_{uy}}{P_u} \\ &= 1,936399 \text{ cm} \\ &= 19,36399 \text{ mm} \end{aligned}$$

Direncanakan diameter angkur: 1 inch = 2,54 cm

$$h' > w_e + c_1$$

$$w_e = \text{jarak baut ke tepi} = 1\frac{3}{4} \times 2,54 = 4,4 \text{ cm} = 44,5 \text{ mm}$$

$$c_1 = \text{jarak minimum untuk kunci} = 27/16 \times 2,54$$

$$= 4,3 \text{ cm} = 43,9 \text{ mm}$$

$$h' \geq 4,45 + 4,29$$

$$h' \geq 87,4 \text{ mm}$$

$$h = H - 0,5h' = 875 - 0,5 \times 87,5 = 831,25 \text{ mm}$$

Dimensi base plate:

$$H_1 = 700 + 2(44,5 + 42,9) = 874,8 \approx 875 \text{ mm}$$

$$B_1 = 700 + 2(44,5 + 42,9) = 874,8 \approx 875 \text{ mm}$$

$$H/6 = 145,83$$

$$\frac{M_{uy}}{P_u} < \frac{H}{6}$$

$$1,936399 < 145,83$$

Maka tidak perlu angker untuk menahan gaya tarik, dipasang angker praktis.

Dimensi beton pedestal:

$$H2 = 875 + 2(87,5) = 1050 \text{ mm}$$

$$B2 = 875 + 2(87,5) = 1050 \text{ mm}$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{1050 \times 1050}{875 \times 875}} = 1,2$$

$$f_{cu} = 0,85 \cdot f_{c'} \cdot 1,2$$

$$= 1,02 f_{c'}$$

$$\phi \cdot M_n = 0,9 \cdot f_{yx} B x \frac{t^2}{4} \geq \phi c x f_{c'} u x B m x h' x \left(\frac{h'}{2}\right)$$

$$= \frac{0,9}{4} f_{yx} B x t^2 \geq 0,6 c x f_{c'} u x B m x h' x \left(\frac{h'}{2}\right)$$

$$= t \geq h' x \sqrt{\frac{1,33 x f_{c'} u x B m}{f_{yx} B}}$$

$$= 4,076561 \text{ cm}$$

jadi dipakai tebal plat = 5 cm

Arah x:

$$e_x = \frac{M_{ux}}{P_u}$$

Pu

$$= 1,436399 \text{ cm}$$

$$= 14,36399 \text{ mm}$$

Direncanakan diameter angkur: 1 inch = 2,54 cm

$$h' > w_e + c_1$$

$$w_e = \text{jarak baut ke tepi} = 1\frac{3}{4} \times 2,54 = 4,4 \text{ cm} = 44,5 \text{ mm}$$

$$c_1 = \text{jarak minimum untuk kunci} = \frac{27}{16} \times 2,54$$

$$= 4,3 \text{ cm} = 43,9 \text{ mm}$$

$$h' \geq 4,45 + 4,29$$

$$h' \geq 87,4 \text{ mm}$$

$$h = H - 0,5h' = 875 - 0,5 \times 87,5 = 831,25 \text{ mm}$$

Dimensi base plate:

$$H1 = 700 + 2(44,5 + 42,9) = 874,8 \approx 875 \text{ mm}$$

$$B1 = 700 + 2(44,5 + 42,9) = 874,8 \approx 875 \text{ mm}$$

$$H/6 = 145,83$$

$$\frac{Muy}{Pu} < \frac{H}{6}$$

$$1,936399 < 145,83$$

Maka tidak perlu angker untuk menahan gaya tarik, dipasang angker praktis.

Dimensi beton pedestal:

$$H2 = 875 + 2(87,5) = 1050 \text{ mm}$$

$$B2 = 875 + 2(87,5) = 1050 \text{ mm}$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = \sqrt{\frac{1050 \times 1050}{875 \times 875}} = 1,2$$

$$f_{cu} = 0,85 \cdot F_{c'} \cdot 1,2$$

$$= 1,02 f_{c'}$$

$$\phi \cdot M_n = 0,9 x f_{yx} B x \frac{t^2}{4} \geq \phi c x f_{c'} u x B m x h' x \left( \frac{h'}{2} \right)$$

$$= \frac{0,9}{4} x f_{yx} B x t^2 \geq 0,6 c x f_{c'} u x B m x h' x \left( \frac{h'}{2} \right)$$

$$= t \geq h' x \sqrt{\frac{1,33 x f_{c'} u x B m}{f_{yx} B}}$$

$$= 4,076561 \text{ cm}$$

$$\text{jadi dipakai tebal plat} = 5 \text{ cm}$$

## **BAB VIII**

### **PERENCANAAN PONDASI**

#### **8.1 Umum**

Pondasi adalah komponen struktur pendukung bangunan yang berada di posisi paling bawah dan berfungsi meneruskan beban struktur atas ke tanah. Dalam perencanaan pondasi ada dua jenis pondasi yang umum dipakai dalam dunia konstruksi, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemakaian pondasi dalam bergantung pada kekuatan tanah yang ada. Jika penggunaan pondasi dangkal tidak cukup kuat menahan beban struktur di atasnya, maka digunakan pondasi dalam. Umumnya pondasi dalam dipakai untuk struktur dengan beban yang relatif besar seperti apartemen, hotel dll. Dikatakan pondasi dalam jika perbandingan antara kedalaman pondasi ( $D$ ) dengan diameternya ( $B$ ) adalah lebih besar sama dengan 10 ( $D/B > 10$ ). Pondasi dalam ini ada beberapa macam jenis, antara lain pondasi tiang pancang, pondasi tiang bor (pondasi sumuran), lain sebagainya.

Pondasi yang akan direncanakan pada Gedung ITS Office Tower ini memakai pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang. Tiang pancang yang akan dipakai adalah tiang pancang produksi PT. Wijaya Karya (WIKA) beton. Spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Diameter: 600 mm
- Tebal: 100 mm
- Type: A1
- Allowable axial: 252,70 ton
- Bending Momen crack: 17,00 tm
- Bending Momen ultimate: 25,50 tm

#### **8.2 Data Tanah**

Penyelidikan tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah dimana suatu struktur akan dibangun. Sehingga kita bisa merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah

tersebut. Data tanah pada perencanaan pondasi ini diambil sesuai dengan data hasil penyelidikan dilapangan. Adapun data tanah yang telah tersedia dilapangan data penyelidikan tanah hasil uji Standard Penetration Test (SPT).

### 8.3 Daya Dukung Tanah

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_s$ ). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan:

$$Q_u = Q_p + Q_s.$$

Disamping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut. Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang.

Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji Standard Penetration Test (SPT) dengan kedalaman 25 m.

Dimana:

$Q_L$  = daya dukung tanah maksimum pada pondasi

$Q_P$  = resistance ultimate di dasar tiang

$Q_S$  = resistance ultimate akibat lekatan lateral

$Q_p = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p$

$Q_s = q_s \cdot A_s = (N_s/3 + 1) \cdot A_s$

Dimana:

$N_p$  = harga rata-rata SPT pada 4D pondasi di bawah dan di atasnya

$K$  = koefisien karakteristik tanah

= 12 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lempung

= 20 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lanau berlempung

= 25 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah lanau berpasir

= 40 t/m<sup>2</sup>, untuk tanah pasir

$A_p$  = luas penampang dasar tiang

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

$A_s$  = keliling x panjang tiang yang terbenam ( $\pi \times D$ ) x L

Bila direncanakan menggunakan tiang pancang diameter 60 cm dengan kedalaman 20 m, diperoleh:

$$A_p = 0,282743 \text{ m}^2$$

$$N_s = 39,83$$

$$N_p = 24,74$$

$$K = 40 \text{ t/m}^2$$

$$A_s = 37,7 \text{ m}$$

$$SF = 3$$

$$\begin{aligned} Q_p &= N_p \times K \times A_p \\ &= 279,8028 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= (N_s/3 + 1) \times A_s \\ &= 538,2303 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_l &= Q_p + Q_s \\ &= 818,0331 \end{aligned}$$

Sehingga P ijin 1 tiang berdasarkan daya dukung tanah adalah:

$$P \text{ ijin 1 tiang tekan} = Q_l / SF = 272,6777 \text{ ton} \quad (\text{menentukan})$$

$$P \text{ ijin 1 tiang tarik} = Q_s / SF = 179,4101 \text{ ton}$$

kapasitas tiang pancang tunggal PT. WIKA adalah 252,07 ton.



Tabel 8.1 Pengolahan data tanah.

D	Jenis Tanah	N-SPT	N'	Np	K (t/m <sup>2</sup> )	Qp (t)	Ns	qs (t)	As (m <sup>2</sup> )	Qs (t)	Ql (t)	Qu (t)
0	LL	0	0	1,58	20	8,95	3	2	0	0	8,95	2,98
1	LL	1,5	1,5	2,50	20	14,14	3	2	1,88	3,77	17,91	5,97
2	LL	3	3	3,71	20	20,97	3	2	3,77	7,54	28,51	9,50
3	LL	5	5	5,17	20	29,22	3	2	5,65	11,31	40,52	13,51
4	LL	7	7	7,25	20	41,00	3,30	2,10	7,54	15,83	56,83	18,94
5	LL	8	8	9,75	20	55,13	4,08	2,36	9,42	22,25	77,39	25,80
6	LL	8	11,5	12,17	20	68,80	5,14	2,71	11,31	30,70	99,50	33,17
7	LL	14	14,5	14,92	20	84,35	5,81	2,94	13,19	38,76	123,11	41,04
8	LL	20	17,5	17,75	20	100,37	7,39	3,46	15,08	52,22	152,59	50,86
9	LL	27	21	23,08	20	130,53	9,35	4,12	16,96	69,84	200,37	66,79
10	LL	34	24,5	30,58	20	172,94	10,32	4,44	18,85	83,68	256,62	85,54
11	LL	39	27	35,92	20	203,10	11,71	4,90	20,73	101,65	304,76	101,59
12	LP	72	43,5	36,50	25	258,00	14,15	5,72	22,62	129,33	387,34	129,11
13	LP	105	60	32,58	25	230,32	17,43	6,81	24,05	163,80	394,11	131,37
14	LP	83	49	34,83	25	246,22	19,53	7,51	26,39	198,21	444,43	148,14
15	LP	60	37,5	38,92	25	275,09	20,66	7,89	28,27	222,95	498,04	166,01
16	LL	13	14	45,50	20	257,30	20,26	7,75	30,16	233,88	491,18	163,73
17	LP	39	27	41,42	25	292,76	20,64	7,88	32,04	252,49	545,25	181,75
18	LP	65	40	37,33	25	263,89	21,66	8,22	33,93	278,87	542,77	180,92
19	P	104	59,5	34,08	40	385,47	23,55	8,85	35,81	316,95	702,43	234,14
20	P	82	48,5	39,83	40	450,50	24,74	9,25	37,70	348,57	799,07	266,36
21	P	60	37,5	43,42	40	491,03	25,32	9,44	39,58	373,65	864,68	288,23
22	P	60	37,5	43,00	40	486,32	25,85	9,62	41,47	398,76	885,08	295,03
23	P	60	37,5	39,33	40	444,85	26,33	9,78	43,35	423,90	868,75	289,58
24	P	60	37,5	37,50	40	424,12	26,78	9,93	45,24	449,06	873,18	291,06
25	P	60	37,5	18,75	40	212,06	27,19	10,06	47,13	474,29	686,35	228,78

#### 8.4 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Dari analisa struktur SAP 2000 pada kaki kolom dengan kombinasi 1,0D+1,0L didapat gaya-gaya dalam sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P &= 990921,8 \text{ kg} &= 990,9218 \text{ ton} \\
 M_{ux} &= 5442,13 \text{ kg.m} &= 5,44213 \text{ t.m} \\
 M_{uy} &= 3578,21 \text{ kg.m} &= 3,57821 \text{ t.m} \\
 H_x &= 1221,03 \text{ kg} &= 1,22103 \text{ ton} \\
 H_y &= 4410,96 \text{ kg} &= 4,41096 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan jumlah tiang yang diperlukan dalam menahan beban reaksi kolom dapat dihitung dengan pendekatan jumlah tiang perlu adalah beban aksial ultimate dasar kolom (Hasil dari analisis struktur dengan program bantu SAP 2000) dibagi dengan daya dukung izin satu tiang.

Jumlah tiang yang minimum yang diperlukan:

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P_n}{P_{ijin}} \\
 &= 3,63404 \approx 4 \text{ tiang}
 \end{aligned}$$

Pondasi tiang pancang direncanakan  $\varnothing 60$  cm. Jarak antar tiang pancang dalam satu kelompok direncanakan sebagai berikut:

Untuk jarak ke tepi pondasi:

$$\begin{aligned}
 1 D &\leq S_1 \leq 1,5 D \\
 1 \times 60 &\leq S_1 \leq 1,5 \times 60 \\
 60 &\leq S_1 \leq 90 \\
 \text{Pakai } S_1 &= 60 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Untuk jarak antar tiang pancang:

$$\begin{aligned}
 3 D &\leq S_2 \leq 4 D \\
 3 \times 60 &\leq S_2 \leq 4 \times 60 \\
 180 &\leq S_2 \leq 240 \\
 \text{Pakai } S_2 &= 180 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

### 8.5 Kontrol Beban Maksimum Tiang (Pmax)

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Dalam hal ini nilai tersebut diperoleh dari hasil analisa struktur dengan bantuan program SAP 2000. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur kemudian dikontrol dengan P ijin 1 tiang yang telah dikalikan dengan efisiensi dari perhitungan daya dukung pondasi kelompok menurut Converse Labarre, sehingga berlaku persamaan:

$$P_{\max} = \left( \frac{V}{n} + \frac{M_y \cdot X_{\max}}{\sum X^2} + \frac{M_x \cdot Y_{\max}}{\sum Y^2} \right) \leq \eta \times P_{\text{ijin}} \text{ 1 tiang}$$

$$\eta = 1 - \frac{\arctan(D/S)}{90^\circ} \times \left( 2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$$

Dimana:

D = diameter tiang pancang = 60 cm

S = jarak antar tiang pancang = 180 cm

m = jumlah tiang pancang dalam 1 baris = 2

n = jumlah baris tiang pancang = 2

$$(\eta) = 1 - \frac{\arctan(60/180)}{90^\circ} \times \left( 2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \right) = 0,795$$

$$P_{\max} = \left( \frac{9900921}{4} + \frac{3572,8 \cdot 0,9}{3,24} + \frac{5442,13 \cdot 0,9}{3,24} \right) \ll P_{\text{ijin}}$$

$$= 250236,1 \text{ kg}$$

$$= 250,2361 \text{ ton} \leq P_{\text{ijin}} \text{ bahan } 252,7 \text{ t}$$

## 8.6 Perencanaan Poer

Poer direncanakan untuk meneruskan gaya dari struktur atas ke pondasi tiang pancang. Oleh karena itu poer harus memiliki kekuatan yang cukup terhadap geser pons dan lentur.

Data-data perencanaan:

Dimensi poer (B x L)	= 3000 x 3000 mm
Tebal poer (t)	= 1500 mm
N tiang pancang tiap group	= 4
Dimensi pedestal	= 1050 x 1050 mm
Mutu beton ( $f'c$ )	= 40 MPa
Mutu baja ( $f_y$ )	= BJ 41
Diameter tulangan utama	= 22 mm
Dimensi kolom	= 800 x 800 mm
Tebal selimut beton	= 150 mm

Tinggi efektif (d):

$$D_x = 1500 - 150 - \frac{1}{2} 22 = 1339 \text{ mm}$$

$$D_y = 1500 - 150 - 22 - \frac{1}{2} 22 = 1317 \text{ mm}$$

Kontrol geser pons pada poer

Dalam merencanakan poer harus dipenuhi persyaratan kekuatan gaya geser nominal beton yang harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Hal ini sesuai yang disyaratkan pada SNI 2847:2013 Pasal 11.11.2.1. Kuat geser yang disumbangkan beton dirumuskan:

$$\phi V_c = \phi \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \left( \frac{\sqrt{f'c}}{6} \right) x b_o x d$$

tetapi tidak boleh kurang dari:

$$\phi V_c = \phi x \frac{1}{3} x \sqrt{f'c} x b_o x d$$

Dimana:

$\beta_c$  = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek beton dari daerah beban terpusat atau reaksi =  $800/800 = 1$

$b_o$  = keliling dari penampang kritis pada poer

$$\begin{aligned} b_o &= 2(b_k + d) + 2(h_k + d) \\ &= 9556 \text{ Mm} \end{aligned}$$

Batas geser pons

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{2}{\beta c}\right) \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6}\right) \times b_o \times d \\ &= 24277724 \text{ N} \\ &= 24277,72 \text{ ton}\end{aligned}$$

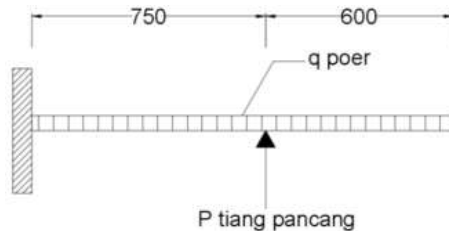
$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi \times \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\ &= 16185149 \text{ N} \\ &= 16185,15 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$P_u = 990,9218 < 16185,15$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat.

### 8.6.1 Penulangan Lentur pada Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat (P) di tiang kolom yang berasal dari gaya perlawanan tanah (beban ijin terpusat dari tiang) dan beban terbagi rata (q) yang berasal dari berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.



Gambar 8.1 Permodelan kantilever pada poer.

$$\begin{aligned}\text{Berat poer (qu)} &= 3 \times 1,5 \times 2,4 = 10,8 \text{ t} \\ P_t = 2 P_{\text{maks}} &= 2 \times 250,36 = 500,47 \text{ t}\end{aligned}$$

a. Penulangan arah X

Penulangan lentur:

$$P_u = 1,2 P_t = 1,2 \times 500,47 = 600,56 \text{ t}$$

Momen-momen yang bekerja:

$$\begin{aligned} M &= (Pt \times x) - \left( \frac{1}{2} q \times l^2 \right) \\ &= 440,58346 \text{ t.m} \\ &= 440583462 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

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

$$M = f_y / (0,85 \times f^2 c) = 400 / (0,85 \times 40) = 11,76$$

$$R_n = M_u / (\phi b d^2) = 0,91$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \\ &= 0,0023 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b_w \times d \\ &= 9265,69 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= A_{\text{perlu}} / A_{D22} \\ &= 24 \approx 25 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$S = b_w / (n-1) = 112,5 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan 25 D22 – 100

b. Penulangan arah Y

Penulangan lentur:

$$P_u = 1,2 P_t = 1,2 \times 500,47 = 600,56 \text{ t}$$

Momen-momen yang bekerja:

$$\begin{aligned} M &= (Pt \times x) - \left( \frac{1}{2} q \times l^2 \right) \\ &= 440,58346 \text{ t.m} \\ &= 440583462 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

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

$$M = f_y / (0,85 \times f^2 c) = 400 / (0,85 \times 40) = 11,76$$

$$R_n = M_u / (\phi b d^2) = 0,94$$

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

$$= 0,0023$$

$$A_{\text{sperlu}} = \rho_{\text{perlu}} \times b_w \times d$$

$$= 9424,9 \text{ mm}^2$$

$$N = A_{\text{sperlu}} / A_{D22}$$

$$= 24 \approx 25 \text{ buah}$$

$$S = b_w / (n-1) = 112,5 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan 25 D22 – 100

### 8.7 Perencanaan Balok Sloof

Balok sloof berfungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antar pile cap. Hal ini diperlukan jika terjadi penurunan maka seluruh bangunan akan turun bersama-sama dan juga untuk menahan gaya horizontal akibat gempa.

Balok sloof direncanakan mampu memikul beban berat sendiri balok dan dinding yang ada di atasnya, balok sloof juga harus dapat menahan gaya axial 10% x reaksi kolom.

Direncanakan:

Dimensi sloof

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

$$H = 60 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang sloof} = 8,1 \text{ m}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi dinding} = 6 \text{ m}$$

$$\text{Tul. Utama} = 20 \text{ mm}$$

$$\text{Tul. Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$D = 600 - 50 - 12 - \frac{1}{2} 20 = 528 \text{ mm}$$

Beban-beban yang terjadi pada sloof:

$$\text{Berat balok sloof: } 0,3 \times 0,6 \times 2400 = 432 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat dinding: } 250 \times 6 = \underline{1500 \text{ kg/m}}$$

$$= 1932 \text{ kg/m}$$

$$Q_u = 1,2 \times 1,932 = 2,3184 \text{ t/m}$$

$$M_u = 1/12 Q_u L^2 = 12,675 \text{ t.m}$$

$$V_u = 1/2 Q_u L = 9,389 \text{ t}$$

$$M_n = M_u / \phi = 14,084 \text{ t.m}$$

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

$$M = f_y / (0,85 \times f'_c) = 400 / (0,85 \times 40) = 11,76$$

$$R_u = M_n / (b d^2) = 1,68$$

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

$$= 0,0043 > \rho_{\min} = 0,0035$$

Akibat Momen Lentur:

$$A_{s1} = \rho_{\min} \times b \times d = 0,0043 \times 300 \times 528 = 684,26 \text{ mm}^2$$

Beban Axial yang dipikul:

$$N_u = 10 \% \text{ Reaksi kolom} = 10\% \ 990928,1 = 99092,81 \text{ kg}$$

$$A_{s2} = N_u / f_y = 99092,81 \times 10 / 400 = 2477,3 \text{ mm}^2$$

$A_{s2}$  dibagi menjadi tulangan atas dan bawah

$$1/2 A_{s2} = 1/2 \ 2477,3 = 1238,65 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Tulangan atas total} &= A_{s1} + 1/2 A_{s2} \\ &= 1922,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai D20 ; } A_s = 1/4 \ 3,14 \ 20^2 = 314,6 \text{ mm}^2$$

$$N = 1922,9/314,6 = 6,12 \approx 8$$

Tulangan bawah:

$$N = 2477,3/314,6 = 7,88 \approx 8$$

Tulangan geser:

$$V_u = 0,5 Q_u L = 0,5 \ 2318,4 \ 8,1 = 9389,52 \text{ kg}$$



Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton:

$$\begin{aligned}V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{40} \times 300 \times 528 \\ &= 166968,2 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= 0,75 V_c \\ &= 0,75 \times 166968,2 = 125226,15 \text{ N} = 12522,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

Karena  $V_u = 9389,52 < \phi V_c = 12522,6 \text{ kg}$ , maka tidak perlu tulangan geser.

## BAB IX KESIMPULAN DAN SARAN

### 9.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan struktur sekunder:

1. Dilakukan perhitungan struktur sekunder terlebih dahulu seperti perhitungan tangga, pelat lantai, dan balok anak terhadap beban-beban yang bekerja baik beban mati, beban hidup maupun beban terpusat.
2. Dilakukan kontrol terhadap balok utama pada kondisi sebelum komposit dan kondisi setelah komposit. Kontrol yang dilakukan meliputi: kontrol lendutan, kontrol penampang (*local buckling*), kontrol lateral buckling dan kontrol geser.
3. Dilakukan kontrol kekuatan struktur kolom komposit yang meliputi kontrol luas minimum beton pada kolom komposit, perhitungan kuat tekan aksial kolom, perhitungan kuat lentur kolom, dan kontrol kombinasi aksial dan lentur.
4. *Rigid connection* digunakan untuk sambungan antara balok-kolom. *Simple connection* digunakan pada sambungan balok anak dengan balok induk.
5. Dimensi-dimensi dari struktur yang di gunakan adalah sebagai berikut:
  - Dimensi kolom komposit:
    - K1 (lantai dasar-10): K 700 x 300 x 13 x 24  
Beton : 800 mm x 800 mm
    - K2 (lantai 11-20): K 600 x 200 x 11 x 17  
Beton : 700 mm x 700 mm
    - K3 (lantai 21-30): K 500 x 200 x 10 x 16  
Beton : 600 mm x 600 mm
    - K4 (lantai 31-40): K 400 x 200 x 8 x 13  
Beton : 500 mm x 500 mm
  - Profil balok induk komposit:  
WF 500 x 300 x 11 x 18
  - Profil balok anak lantai:  
WF 400x200x8x13

- Profil balok anak atap:  
WF 400x200x8x13
- Profil balok lift:  
Penggantung: WF 350 x 250 x 9 x 14  
Penumpu: WF 450 x 300 x 11 x 18
- Profil balok tangga:  
Utama: WF 200 x 150 x 6 x 9  
Penumpu: WF 300 x 200 x 9 x 14
- Tebal shearwall 30 cm.
- Struktur bangunan bawah menggunakan pondasi dalam berupa tiang pancang berdiameter 60 cm sedalam 20 meter.

## 9.2 Saran

1. Untuk dimensi selubung beton harus dipertimbangkan jarak decking beton dan profil baja. Sehingga pada proses pengerjaan selimut beton tidak terlalu tipis dan sulit dikerjakan.
2. 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 pelaksanaan.

## DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 03-2847-2013 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 03-1729-2015 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Wahyudi, Herman. 1999. **Daya Dukung Pondasi Dalam**. Surabaya: ITSPress.

Marwan dan Isdarmanu. 2006. **Buku Ajar: Struktur Baja 2**. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.

Arifin, Zainul. 2011. **Modifikasi Perancangan Struktur Komposit Baja Dan Beton Pada RSUD - Kepanjen Malang**, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil ITS. Surabaya.

Zakki, Muhammad. 2013 **Modifikasi Perancangan Gedung Tower C Kebagusan City Jakarta Menggunakan Struktur Baja Komposit**, JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 1, 2013.

Ayu, Ida M. B., et.al. 2012. **Pengujian Kekuatan Penghubung Geser yang Terbuat dari Baja Tulangan Berbentuk “U Terbalik”**. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol.16, No.2, Juli 2012.

Lahamukang, Krisantus M., et.al. 2014. **Kuat Geser Komposit Baja Beton dengan Variasi Bentuk Penghubung Geser Ditinjau Dari Uji Geser Murni**. Jurnal Teknik Sipil Vol. III, No. 1, April 2014.

Widiarsa, Ida Bagus Rai., dan Putu Deskarta. 2007. **Kuat Geser Baja Komposit Dengan Variasi Tinggi Penghubung Geser Tipe-T Ditinjau Dari Uji Geser Murni**. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 11, No 1, 2007.

Widhiawati, I. A. Rai., et. al. 2010. **Analisa Biaya Pelaksanaan Antara Plat Konvensional Dan Sistem Plat Menggunakan Metal Deck**. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol.14. No.1, 2010.

Mursid, Mufdillawati. 2013. **Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran Telkomsel Di Surabaya Barat Menggunakan Baja-Beton Komposit**. JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 2, No. 1, 2013.

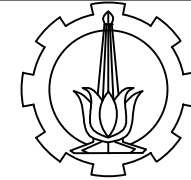
Eirine, Monika Tumimomor. 2016. **Analisis Penghubung Geser ( Shear Connector ) Pada Balok Baja dan Plat Beton**. Jurnal Sipil Statik Vol. 4, No. 8, 2016.

## BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di kota Surabaya pada tanggal 04 Maret 1993 sebagai anak kedua dari lima bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Barunawati Surabaya dan lulus pada tahun 2005, SMPN 2 Surabaya dan lulus pada tahun 2008, SMAN 6 Surabaya dan lulus pada tahun 2011. Pada tahun 2012

penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh November. Selama menjadi mahasiswa, penulis tergabung sebagai staff departemen pengembangan sumber daya mahasiswa dalam organisasi mahasiswa Badan Eksekutif Mahasiswa FTSP-ITS dan aktif diberbagai kegiatan atau kepanitiaan baik dalam lingkup fakultas maupun universitas.



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

TAMPAK SAMPING

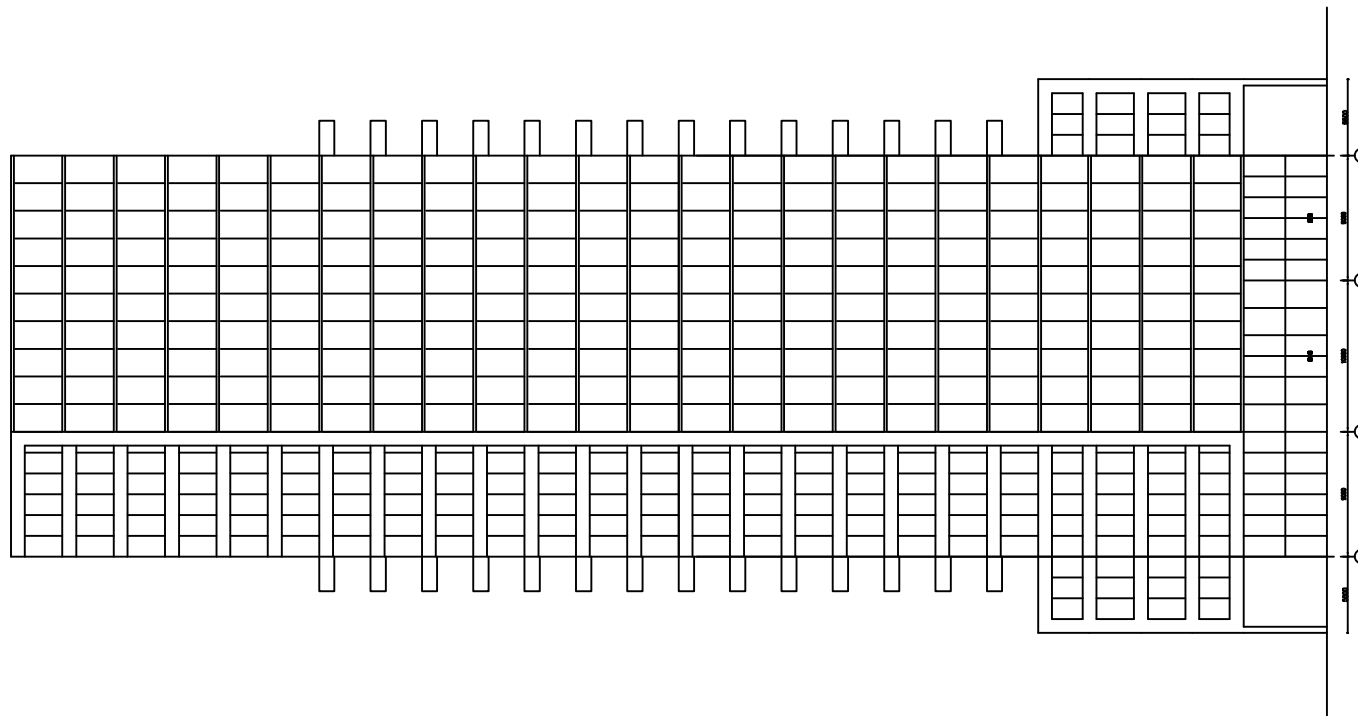
CATATAN

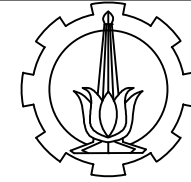
SEBELUM MODIFIKASI

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

01	27
----	----

TAMPAK SAMPING  
SCALE 1:250





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

TAMPAK DEPAN

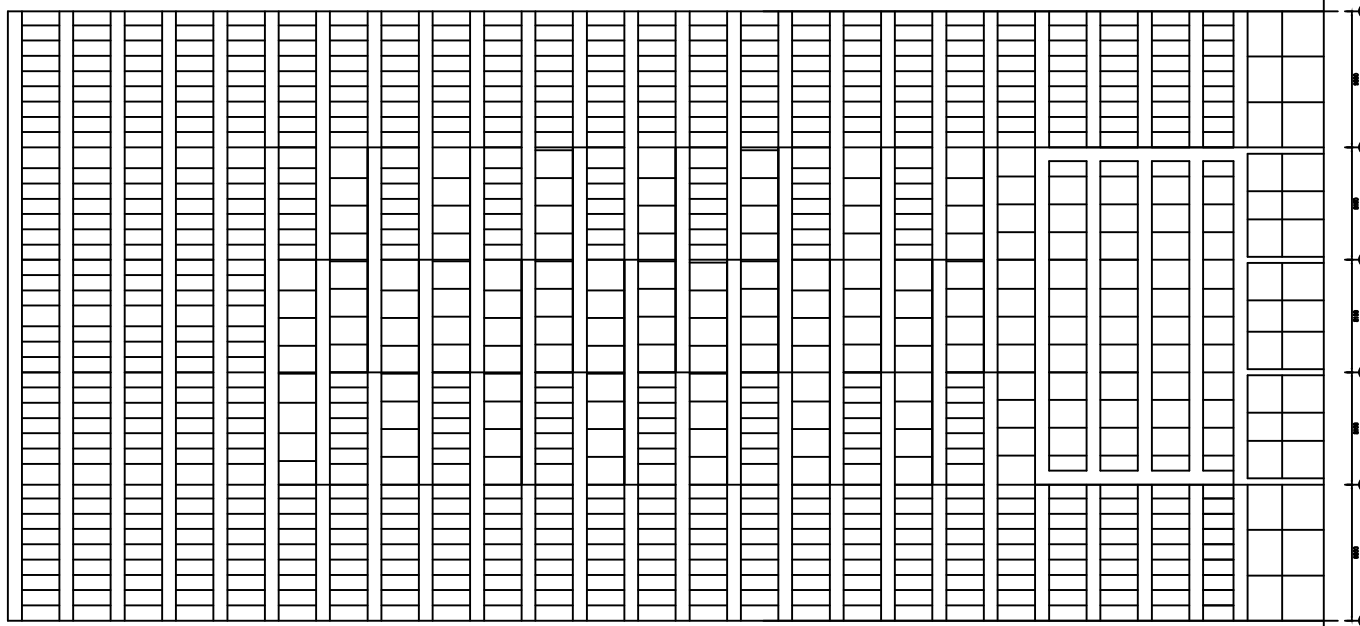
CATATAN

SEBELUM MODIFIKASI

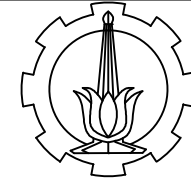
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

02	27
----	----

TAMPAK DEPAN  
SCALE 1:250







JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

POTONGAN

CATATAN

SEBELUM MODIFIKASI

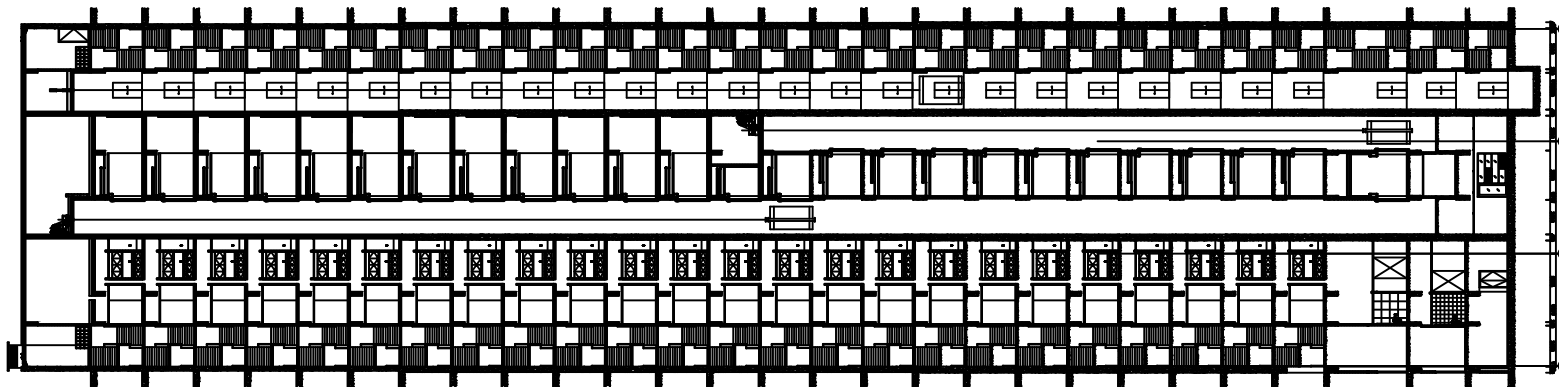
NO. GAMBAR

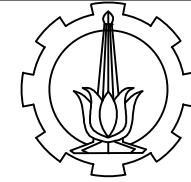
JML. GAMBAR

03

27

POTONGAN - 3  
1:100





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

POTONGAN

CATATAN

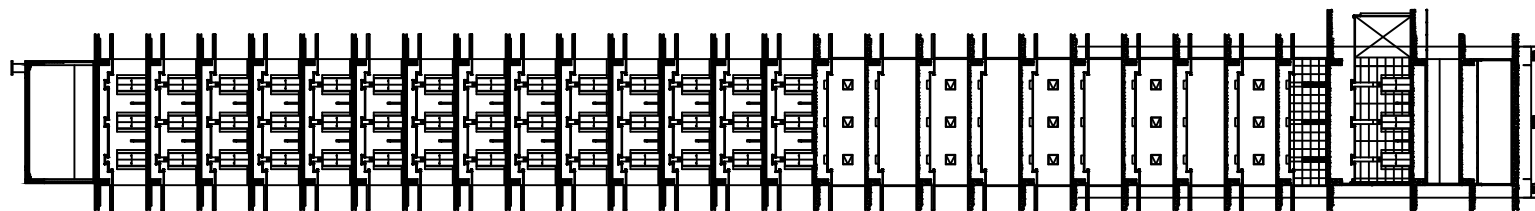
SEBELUM MODIFIKASI

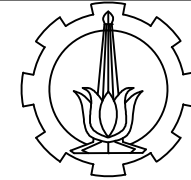
NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

04

27





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

DENAH

CATATAN

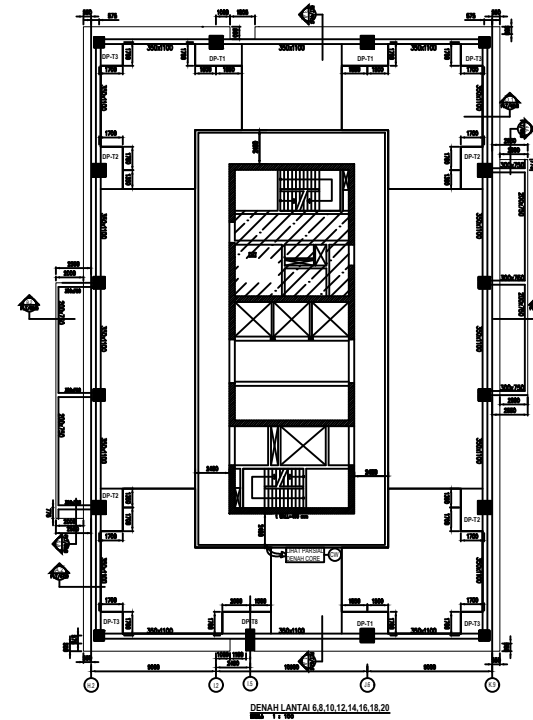
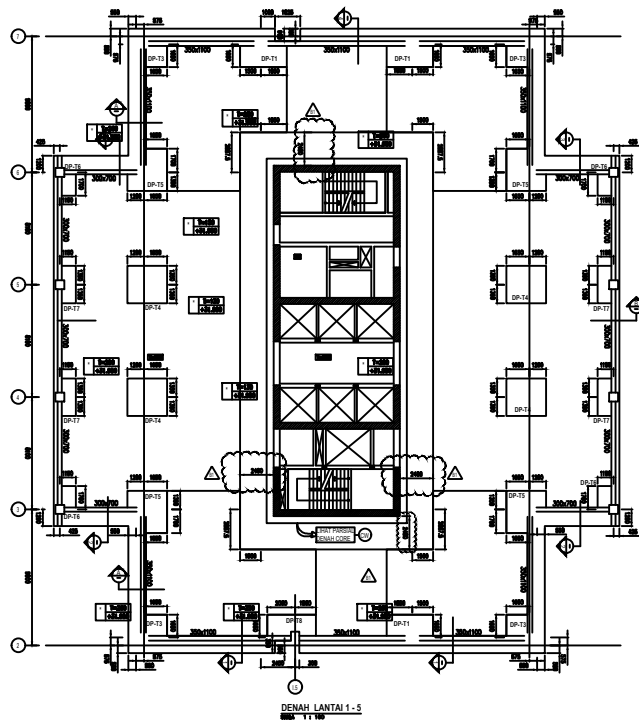
SEBELUM MODIFIKASI

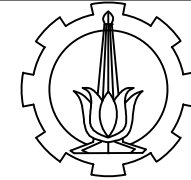
NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

05

27





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

DENAH

CATATAN

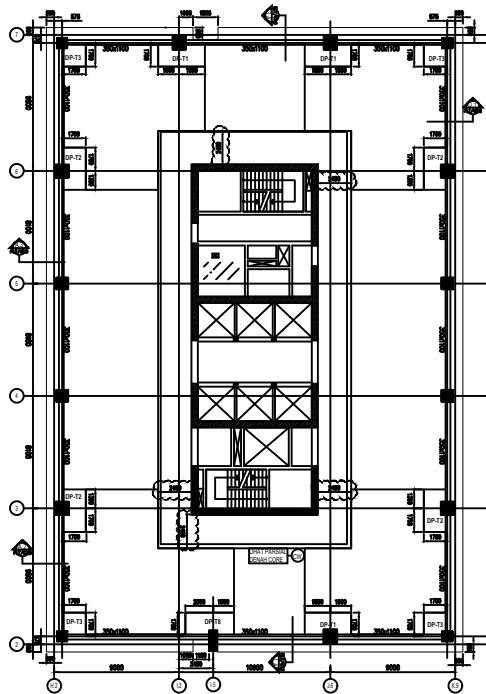
SEBELUM MODIFIKASI

NO. GAMBAR

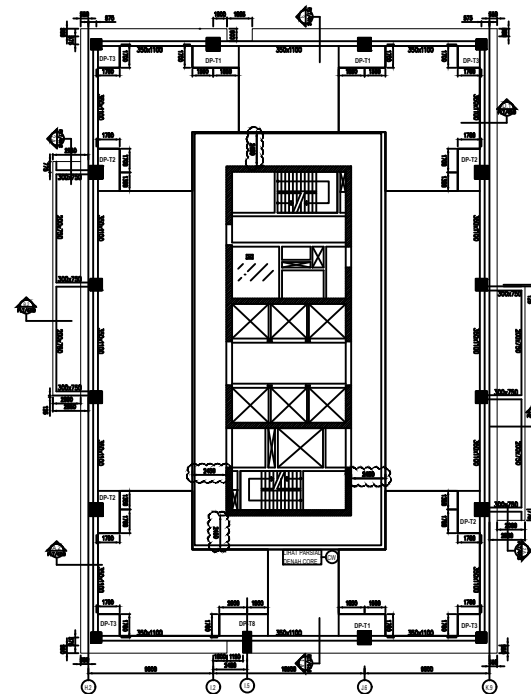
JML. GAMBAR

06

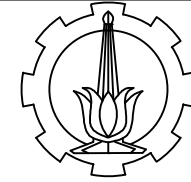
27



DENAH LANTAI 22 - 27  
1:1



DENAH LANTAI 7,9,11,13,15,17,19,21  
1:1



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

TAMPAK

CATATAN

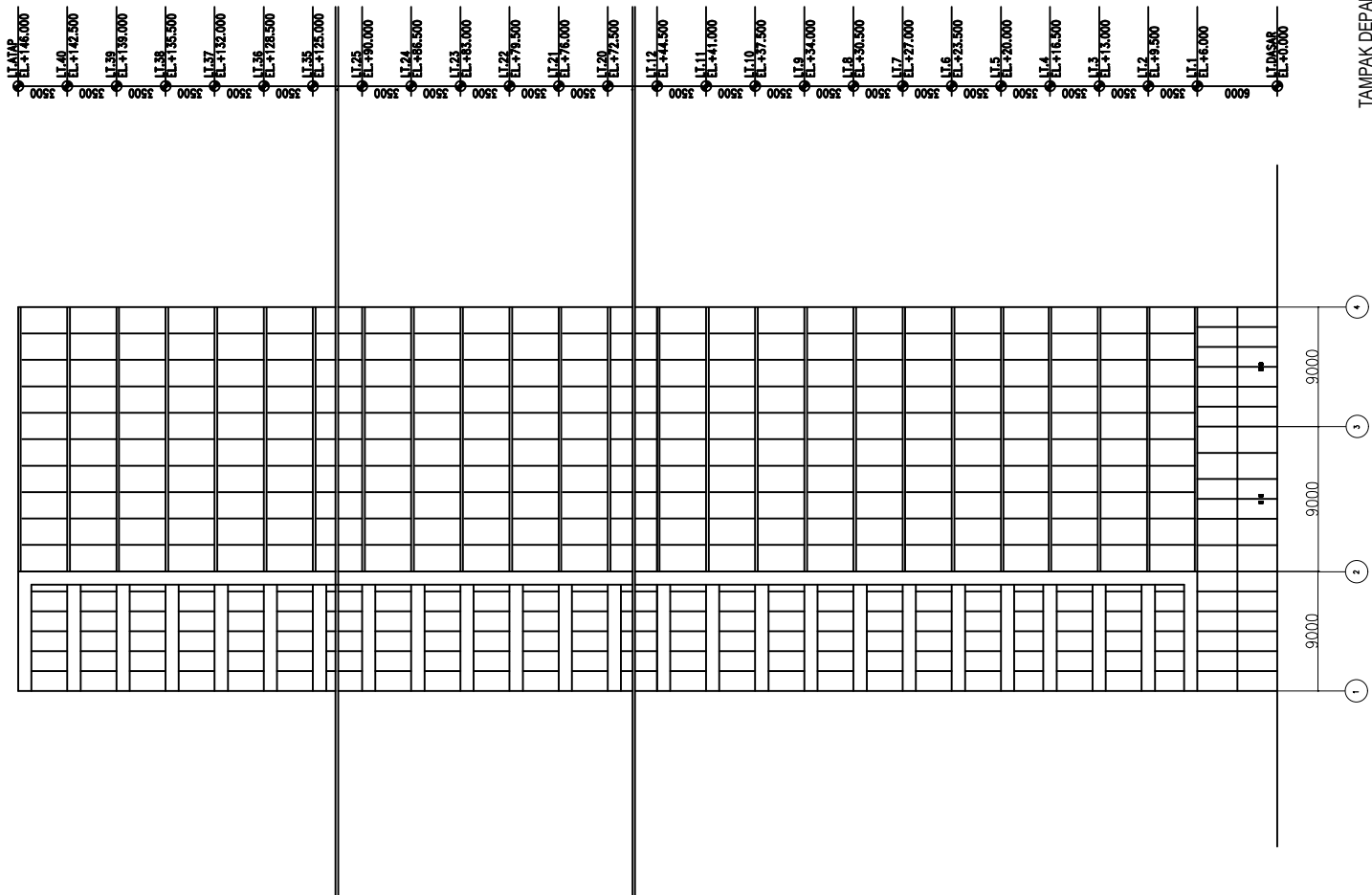
SESUDAH MODIFIKASI

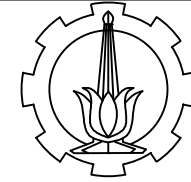
NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

07

27





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S. T., M. T., Ph.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

TAMPAK

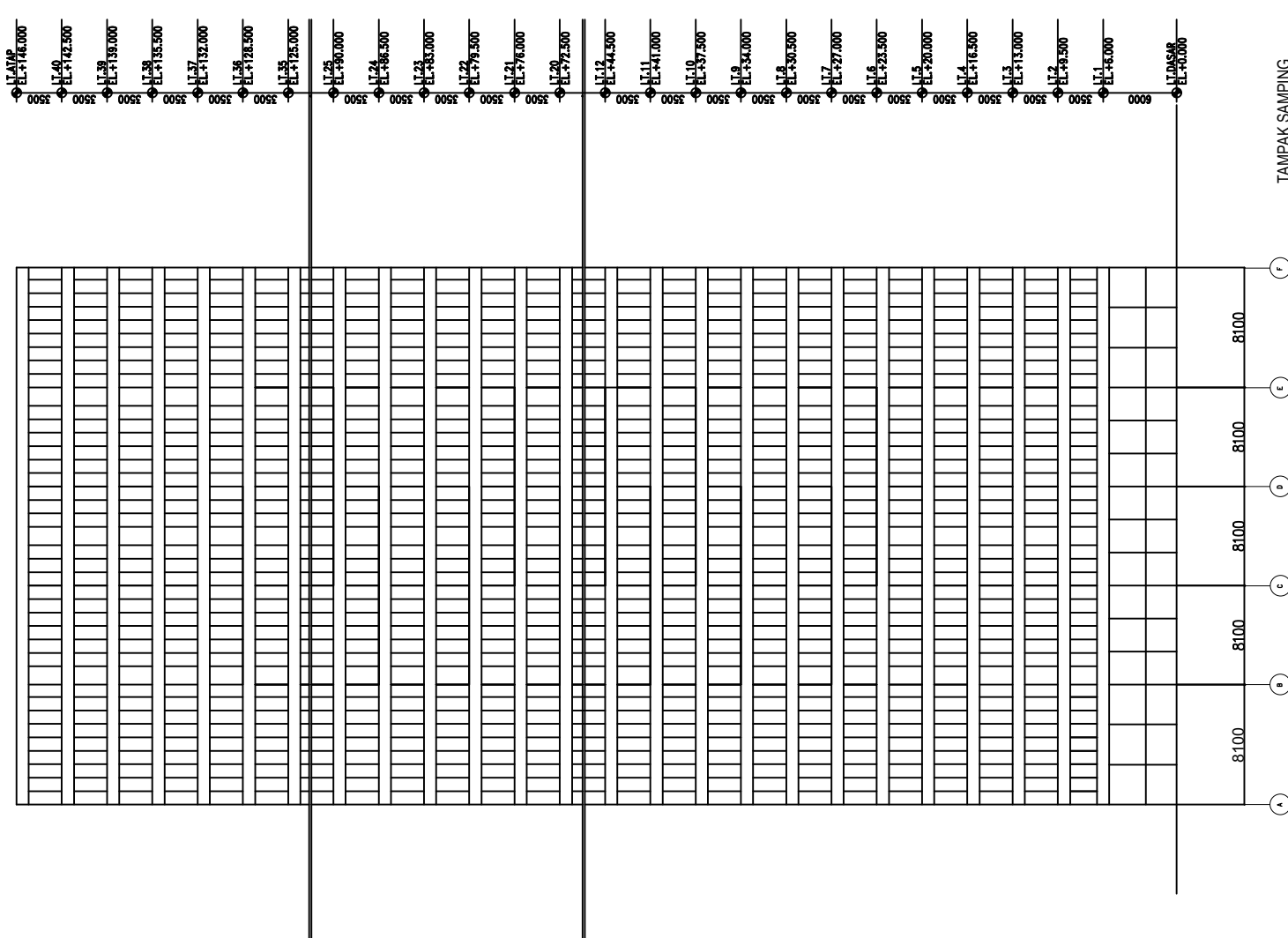
CATATAN

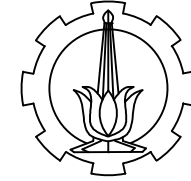
SESUDAH MODIFIKASI

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

08

27





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

POTONGAN

CATATAN

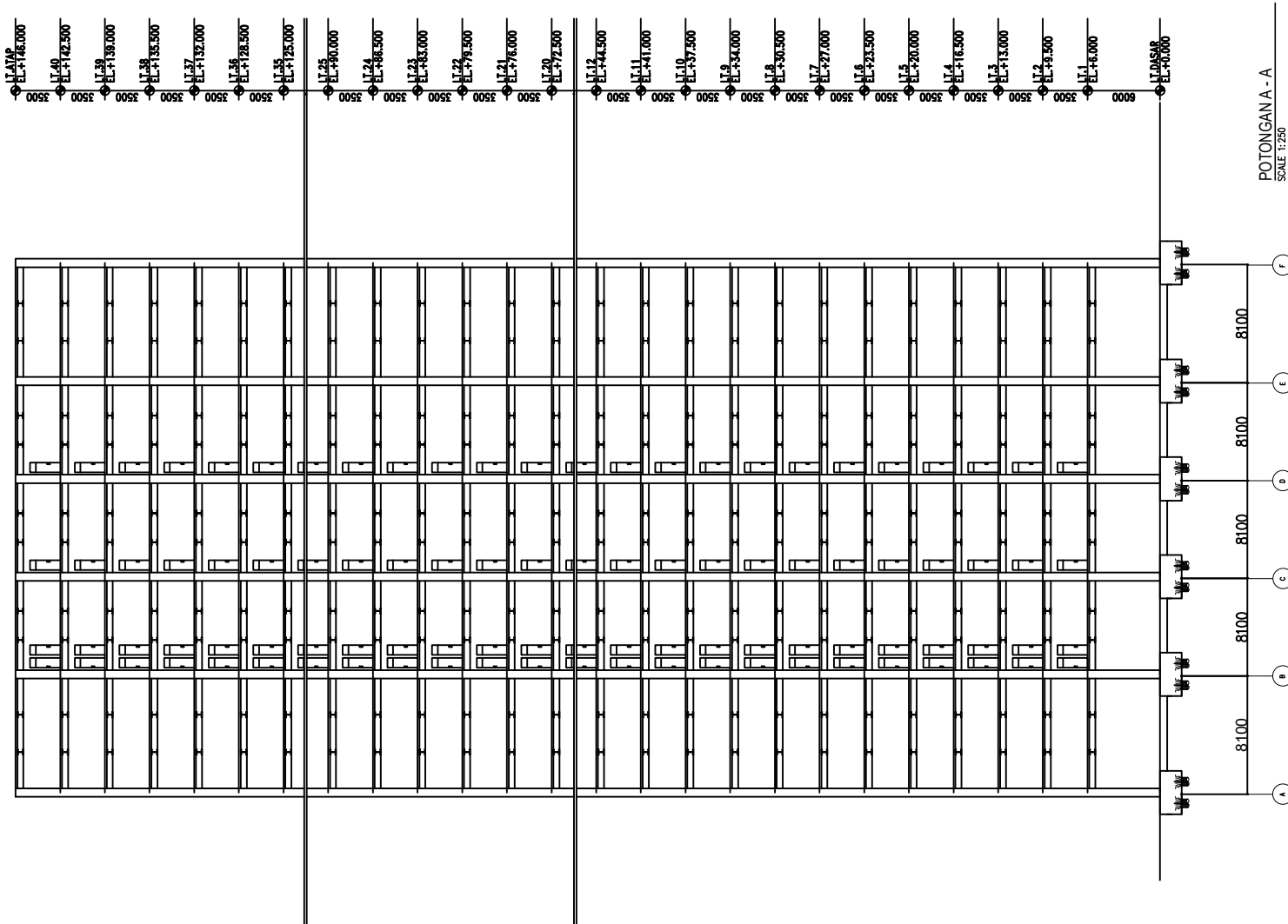
SESUDAH MODIFIKASI

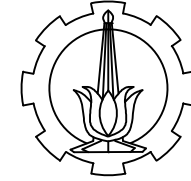
NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

09

27





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

POTONGAN

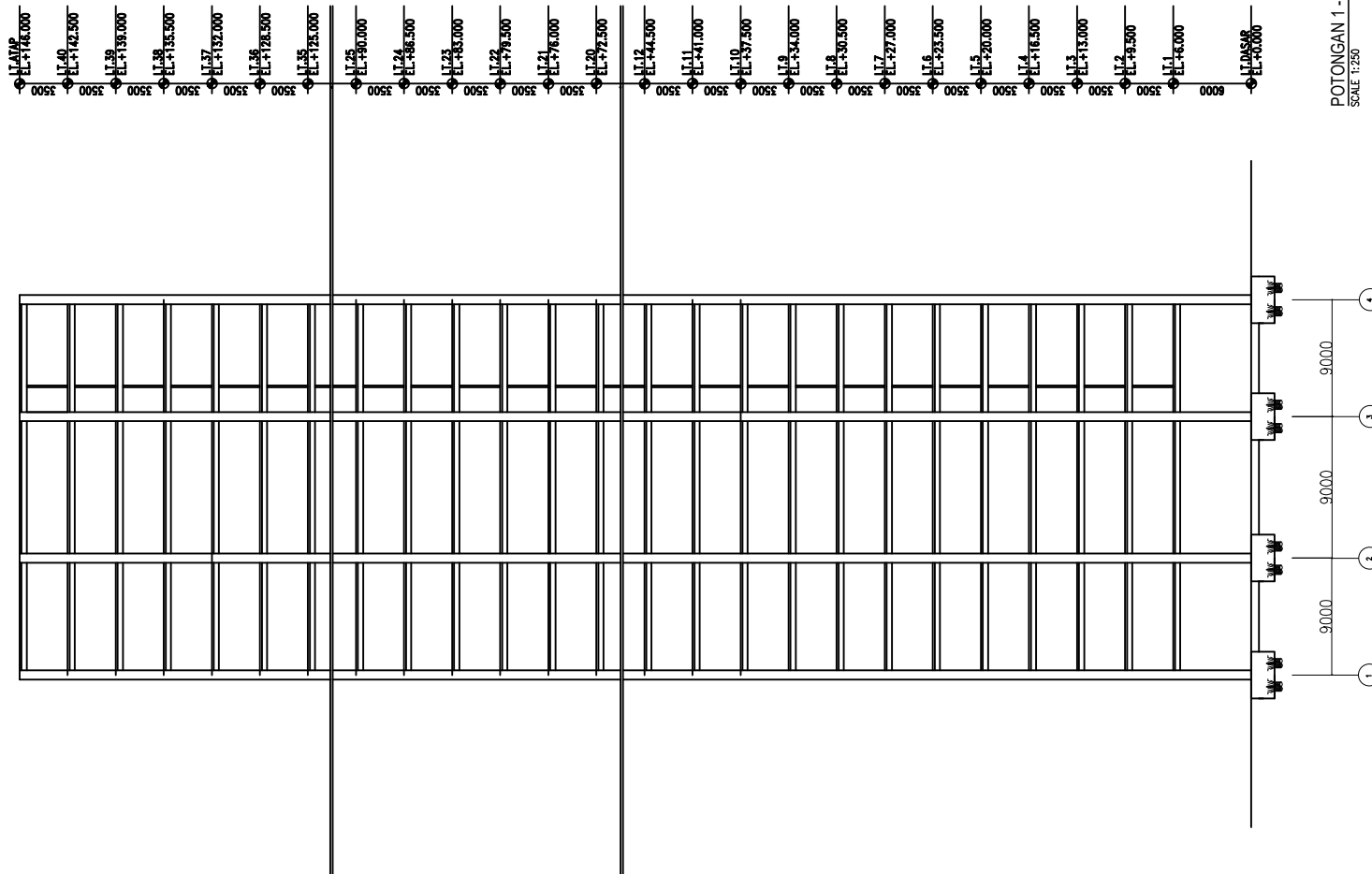
CATATAN

SESUDAH MODIFIKASI

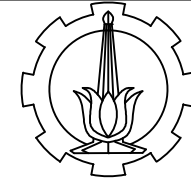
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

10

27







JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

**DOSEN PEMBIMBING**

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

**MAHASISWA**

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

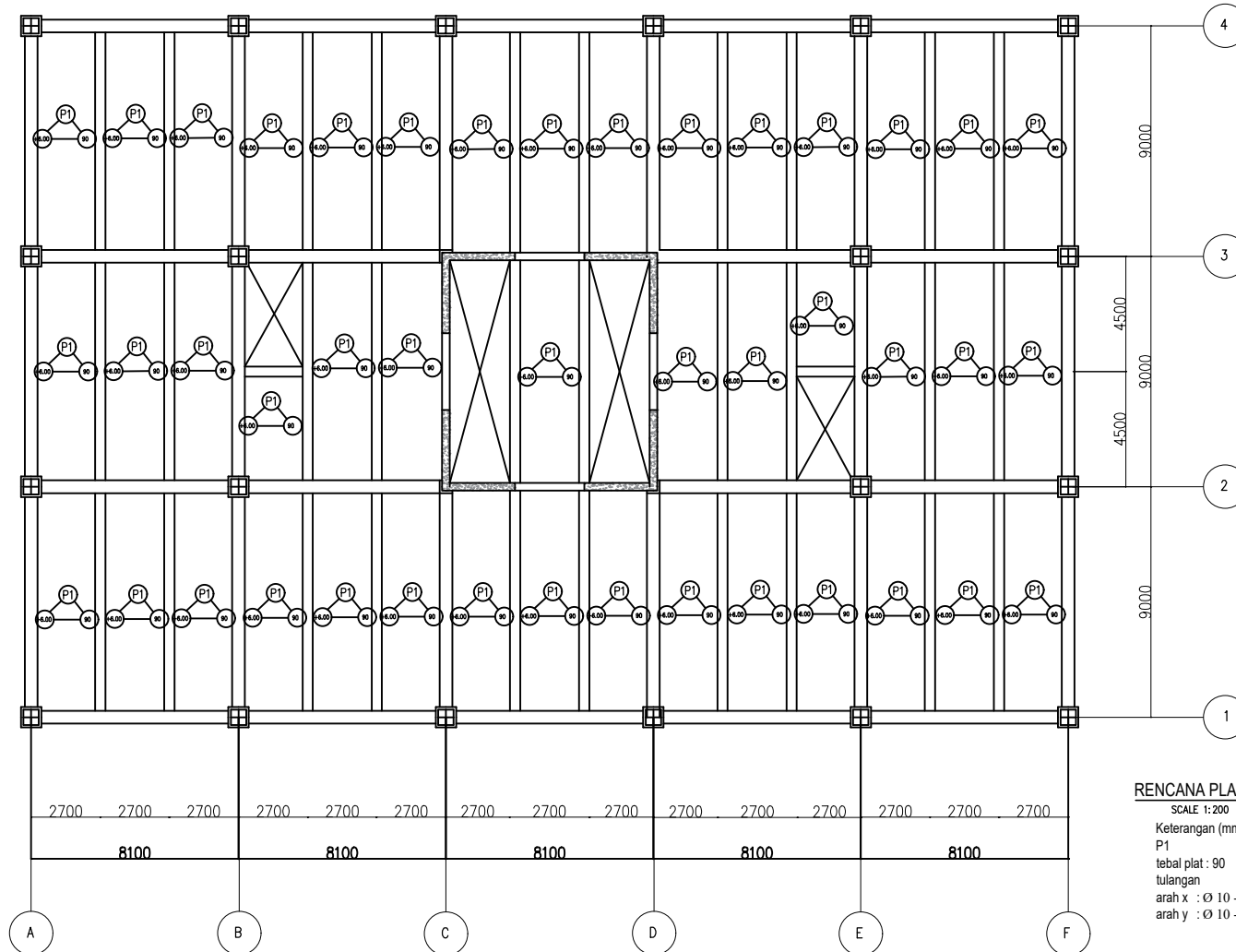
**JUDUL GAMBAR**

RENCANA PLAT

**CATATAN**

SESUDAH MODIFIKASI

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
II	27



**RENCANA PLAT LANTAI 1-40**

SCALE 1:200

Keterangan (mm) :

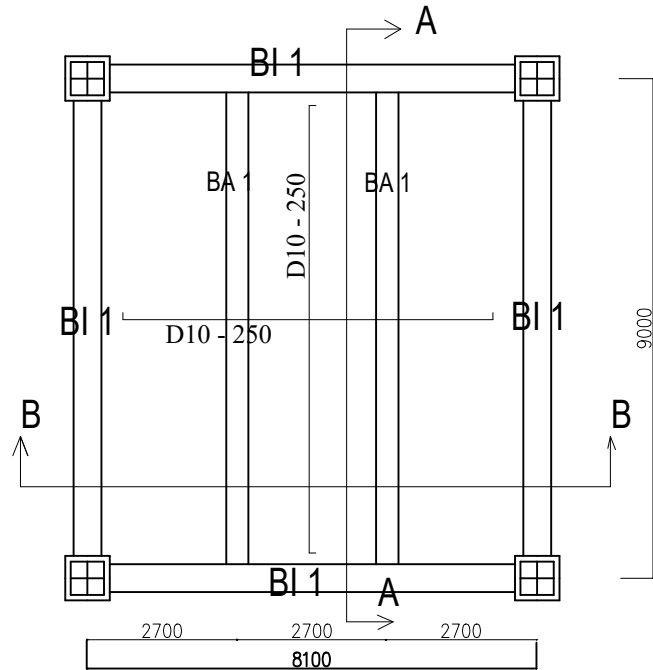
P1

tebal plat : 90

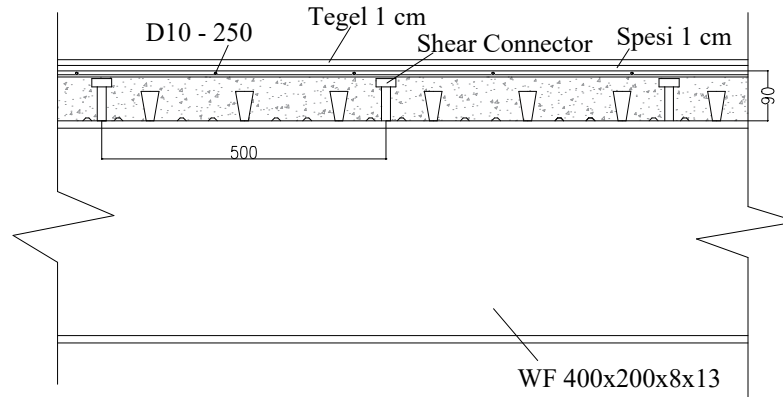
tulangan

arah x : Ø 10 - 250

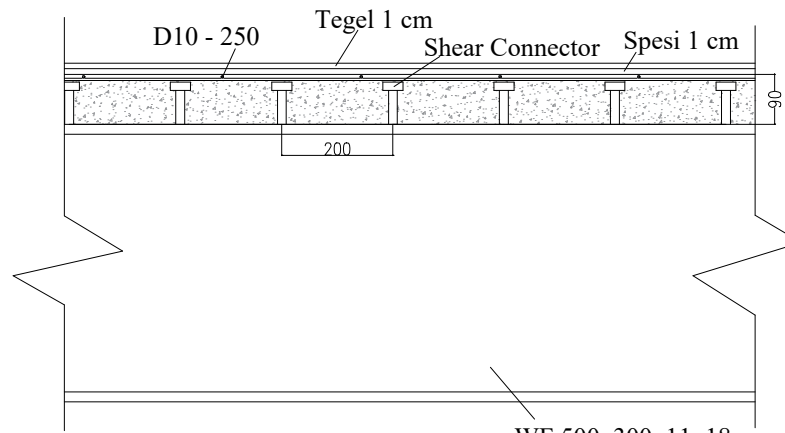
arah y : Ø 10 - 250



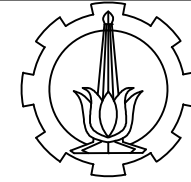
DENAH PLAT  
SCALE 1:100



POTONGAN A  
SCALE 1:40



POTONGAN B  
SCALE 1:40



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

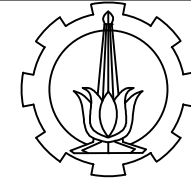
DETAIL  
PLAT

CATATAN

SESUDAH MODIFIKASI

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

12	27
----	----



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

**DOSEN PEMBIMBING**

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

**MAHASISWA**

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

**JUDUL GAMBAR**

RENCANA PONDASI & SLOOF

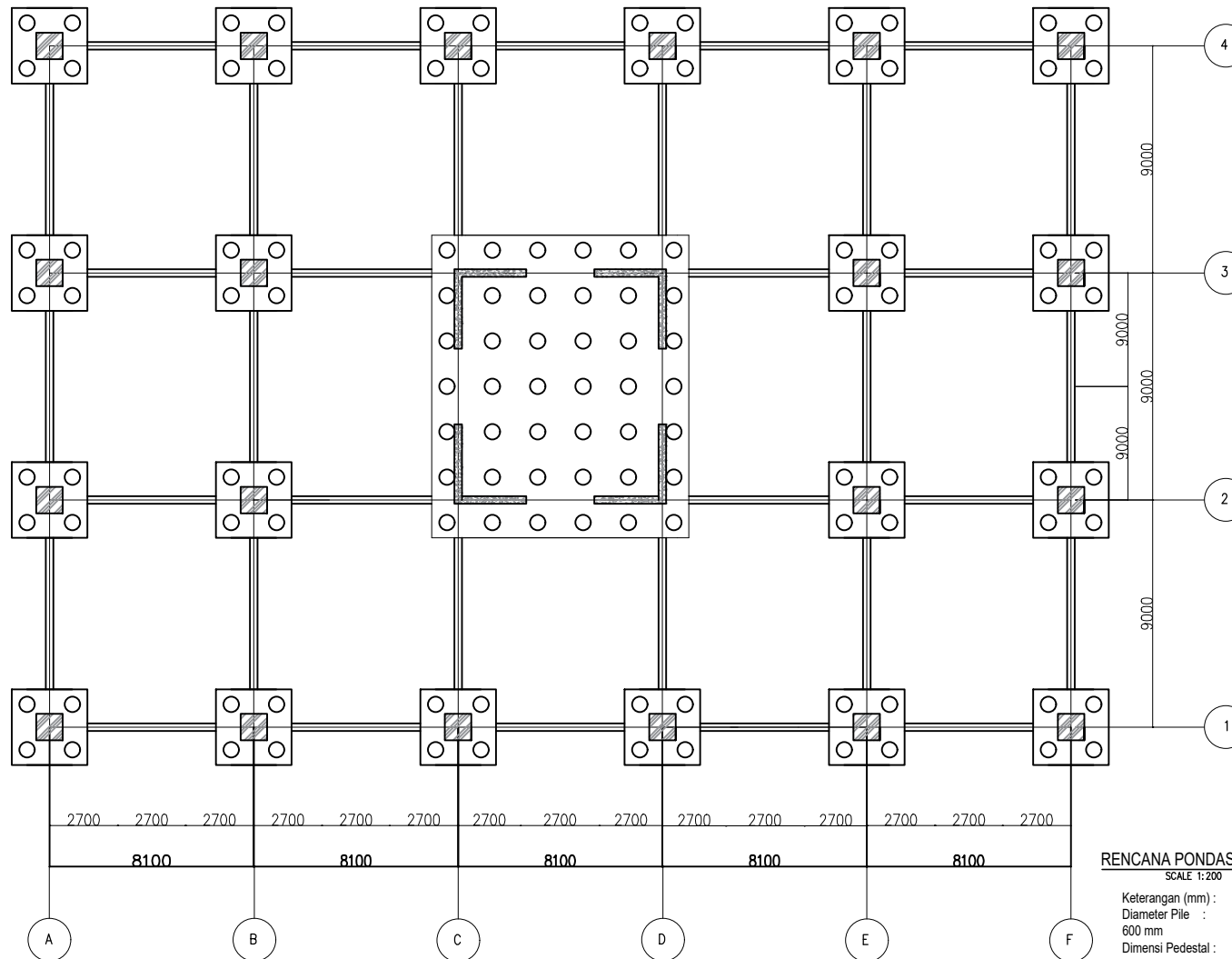
**CATATAN**

SESUDAH MODIFIKASI

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

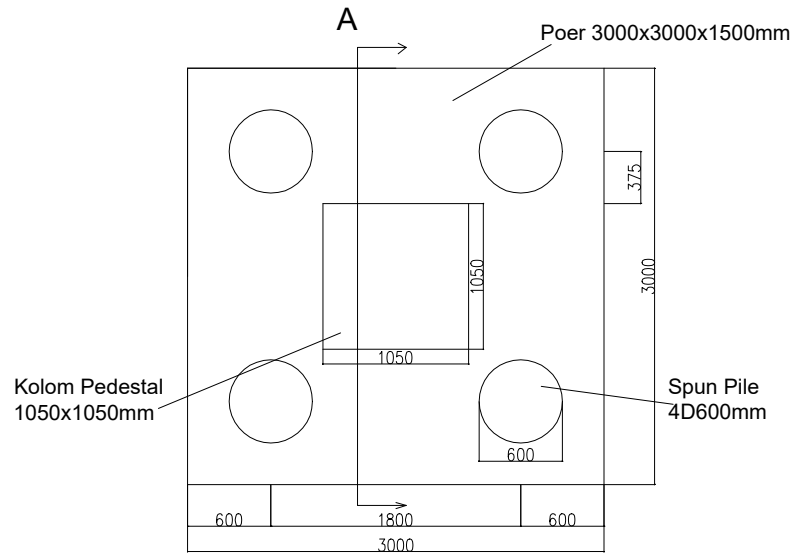
13

27

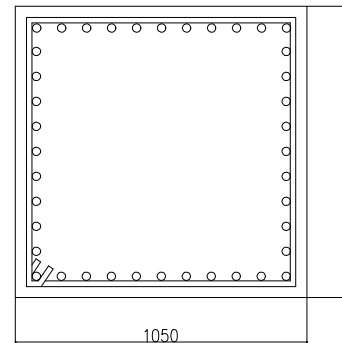


**RENCANA PONDASI & SLOOF**  
SCALE 1:200

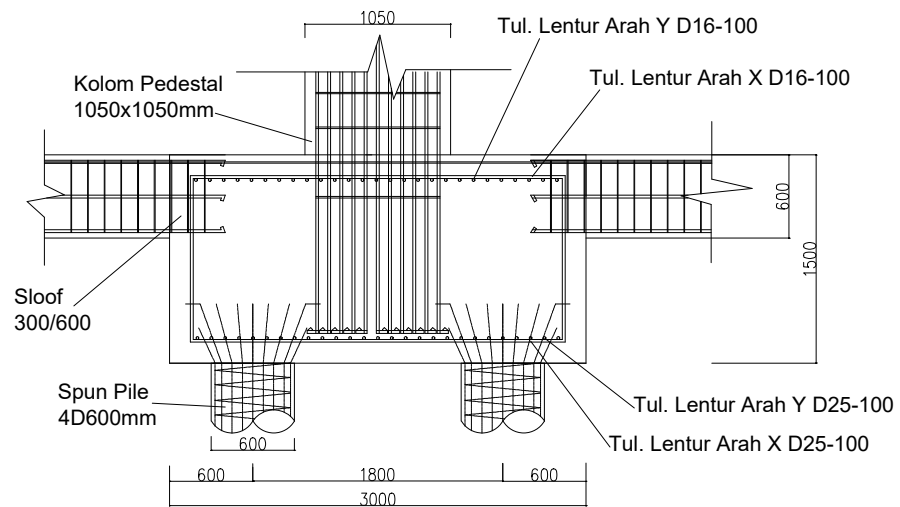
Keterangan (mm) :  
Diameter Pile :  
600 mm  
Dimensi Pedestal :  
1050 x 1050  
Dimensi Poer :  
3000 x 3000 x 1500  
Sloof :  
300 x 600



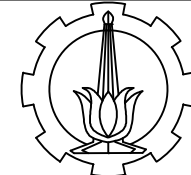
**TAMPAK ATAS**  
SCALE 1:10



**PENULANGAN KOLOM PEDESTAL**  
SCALE 1:5



**POTONGAN A**  
SCALE 1:10



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

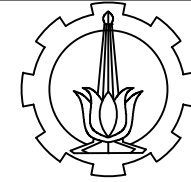
DETAIL  
PONDASI  
&  
PEDESTAL

CATATAN

SESUDAH MODIFIKASI

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

14	27
----	----



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

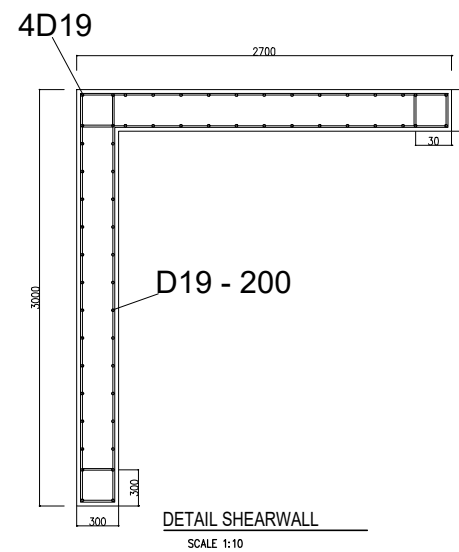
DETAIL  
SHEARWALL

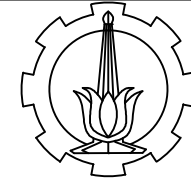
CATATAN

SESUDAH MODIFIKASI

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

15	27
----	----





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

**DOSEN PEMBIMBING**

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

**MAHASISWA**

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

**JUDUL GAMBAR**

RENCANA KOLOM

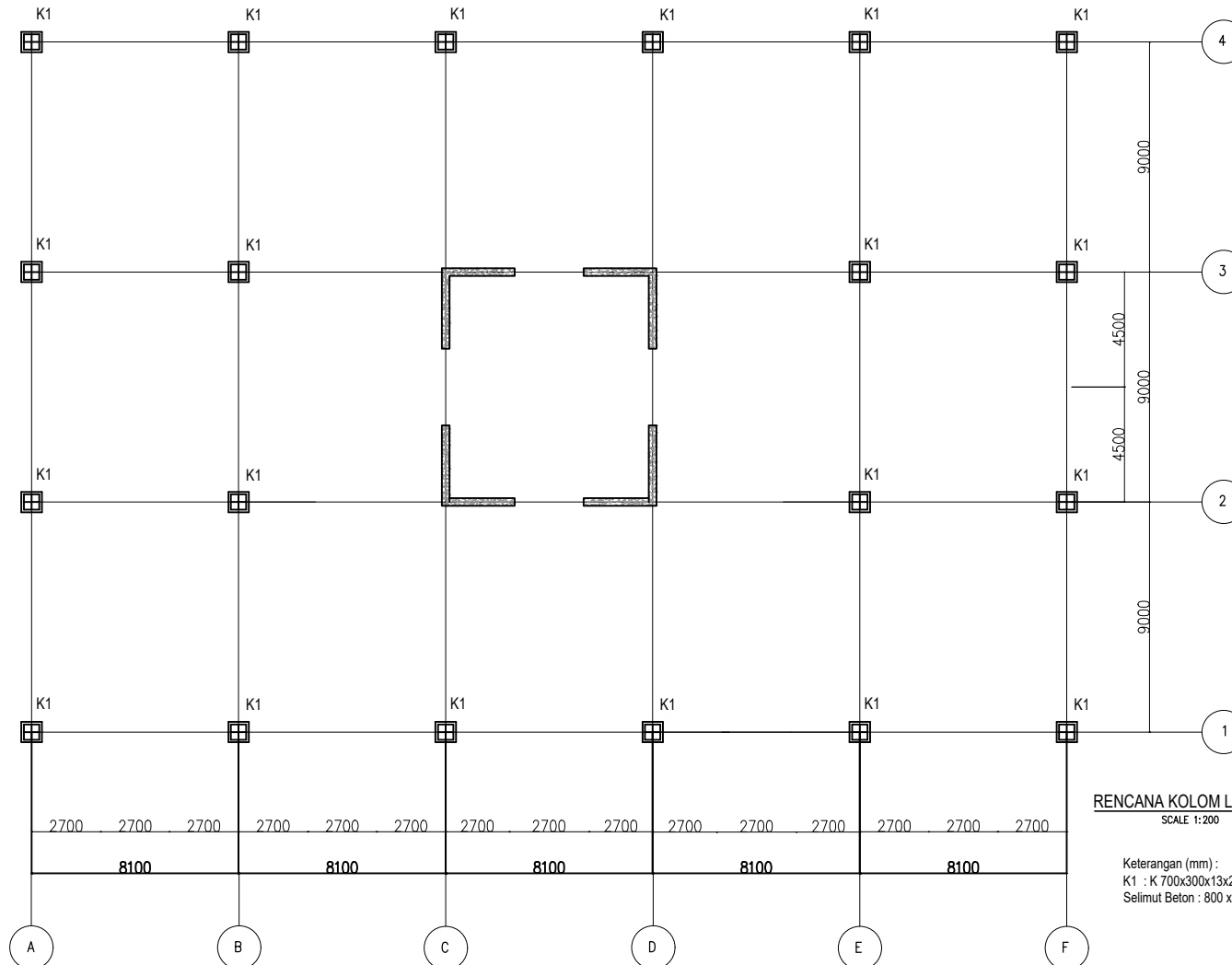
**CATATAN**

SESUDAH MODIFIKASI

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

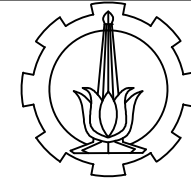
16

27



RENCANA KOLOM LANTAI DASAR-10  
SCALE 1:200

Keterangan (mm) :  
K1 : K 700x300x13x24  
Selimut Beton : 800 x 800



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

RENCANA KOLOM

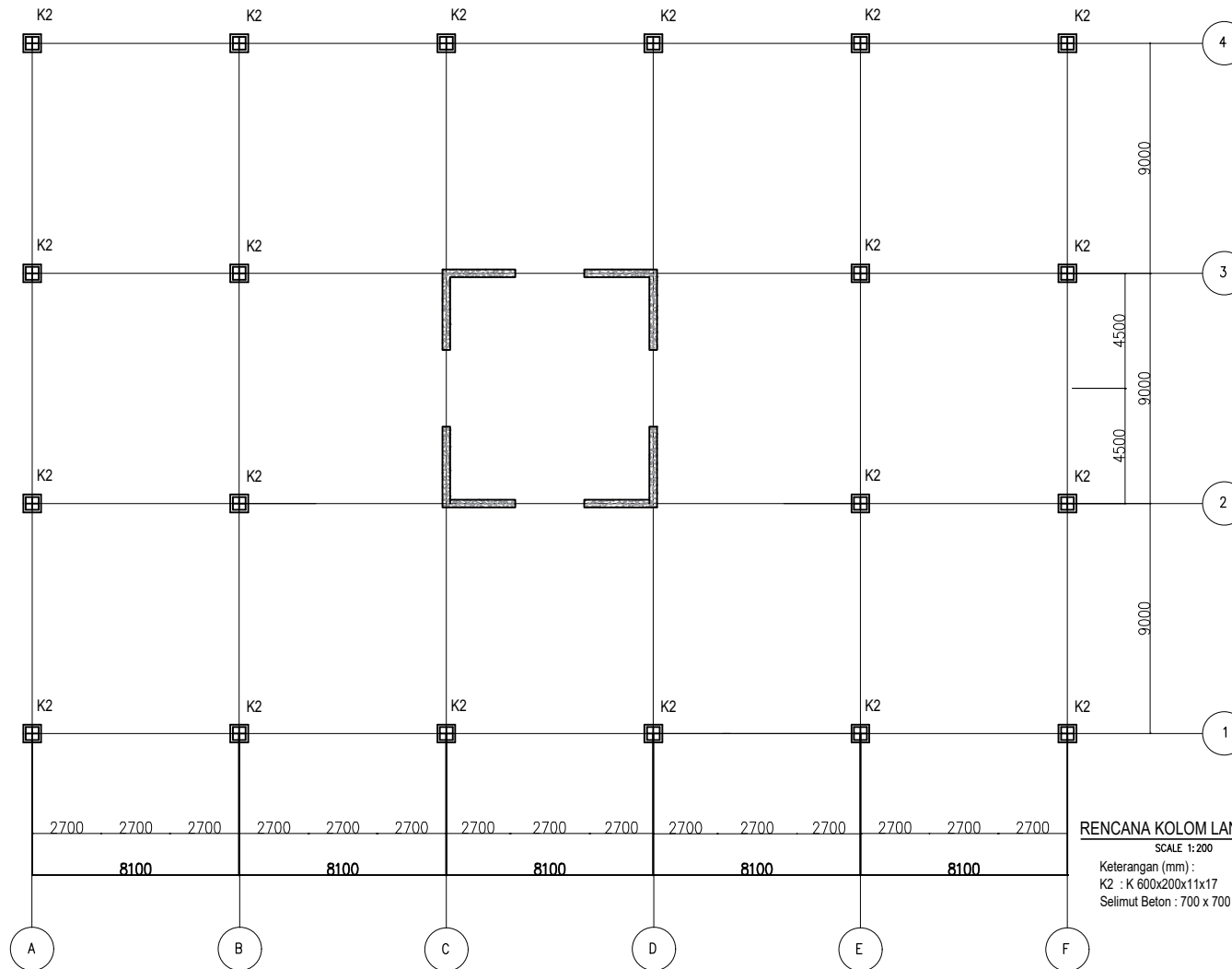
CATATAN

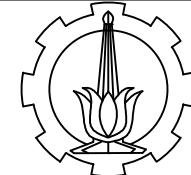
SESUDAH MODIFIKASI

NO. GAMBAR      JML. GAMBAR

17

27





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

**DOSEN PEMBIMBING**

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

**MAHASISWA**

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

**JUDUL GAMBAR**

RENCANA KOLOM

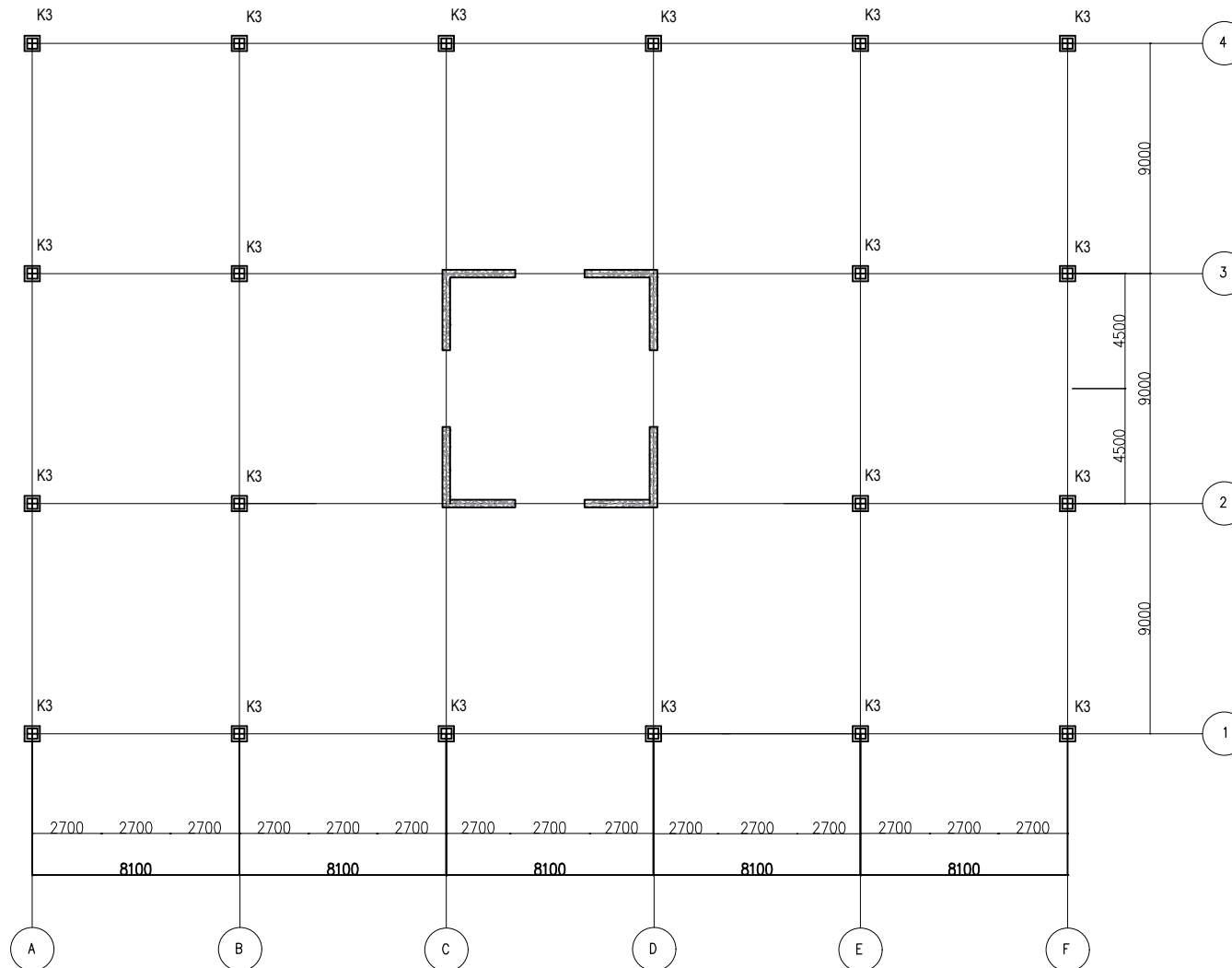
**CATATAN**

SESUDAH MODIFIKASI

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

18

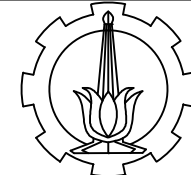
27



**RENCANA KOLOM LANTAI 21-30**  
SCALE 1:200

Keterangan (mm) :  
K3 : K 500x200x10x16  
Selimut Beton : 600 x 600





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

**DOSEN PEMBIMBING**

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

**MAHASISWA**

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

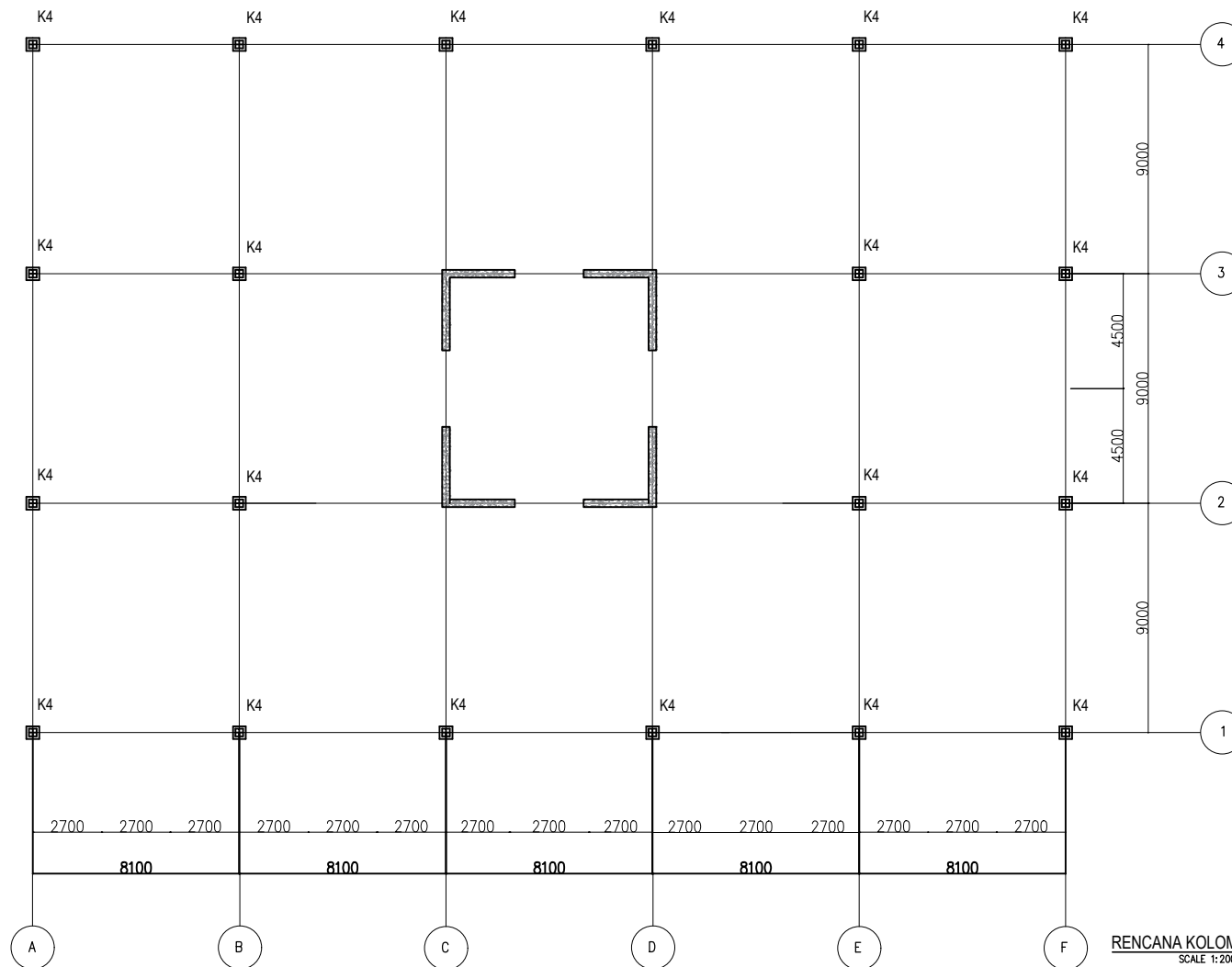
**JUDUL GAMBAR**

RENCANA KOLOM

**CATATAN**

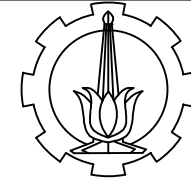
SESUDAH MODIFIKASI

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
19	27



**RENCANA KOLOM LANTAI 21-30**  
SCALE 1:200

Keterangan (mm):  
K4 : K 400x200x8x13  
Selimut Beton : 500 x 500



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

**DOSEN PEMBIMBING**

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

**MAHASISWA**

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

**JUDUL GAMBAR**

RENCANA BALOK

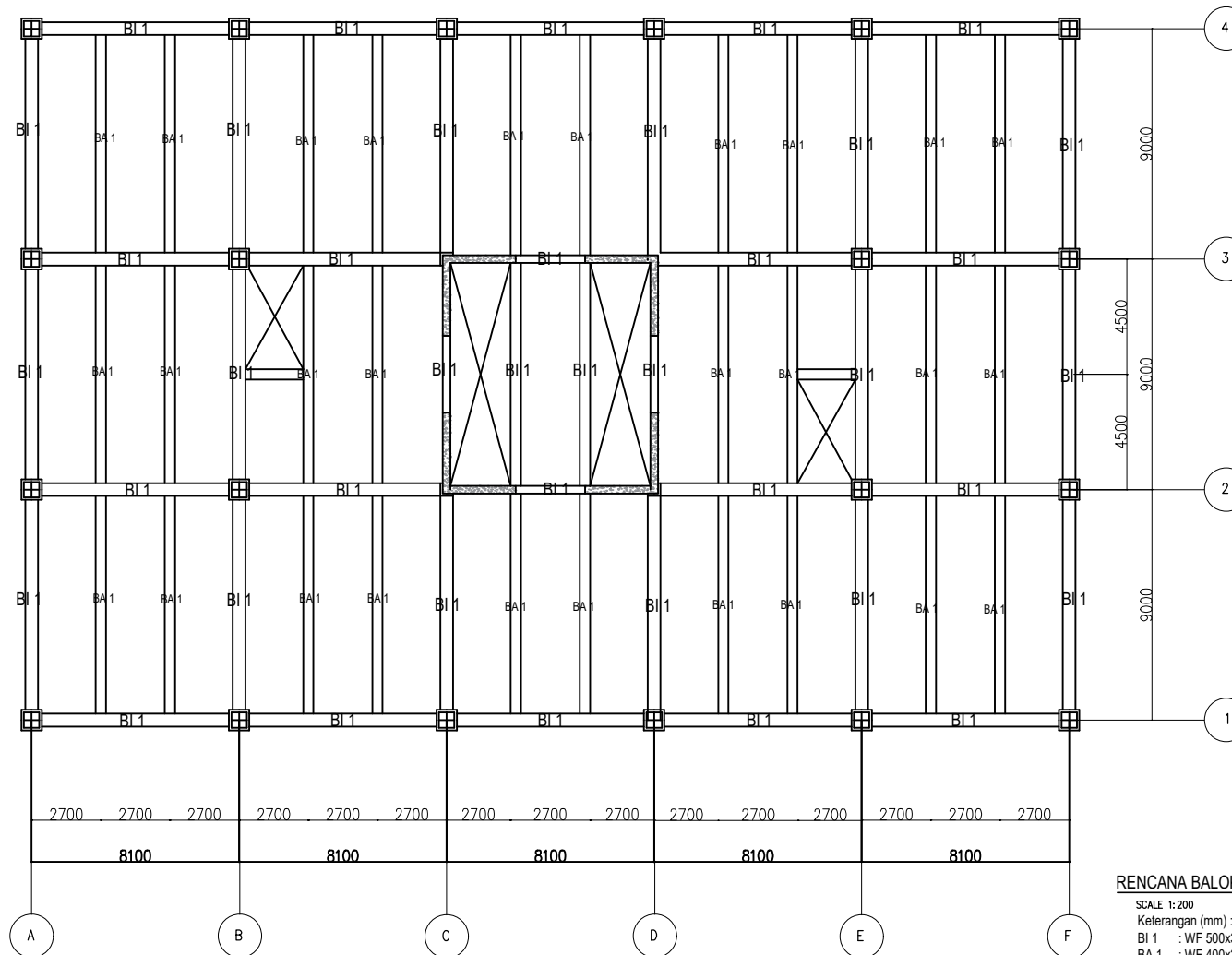
**CATATAN**

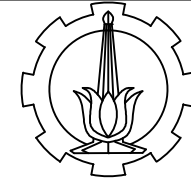
SESUDAH MODIFIKASI

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

20

27





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

SAMBUNGAN  
BALOK INDUK  
DENGAN  
BALOK ANAK

CATATAN

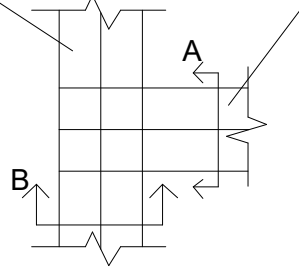
SESUDAH MODIFIKASI

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

21

27

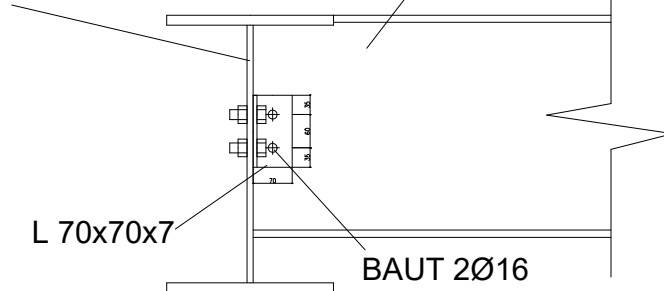
WF 500x300x11x18      WF 400x200x8x13



TAMPAK ATAS

SCALE 1:50

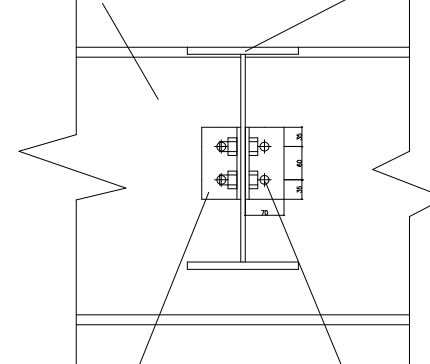
WF 500x300x11x18      WF 400x200x8x13



POTONGAN B

SCALE 1:40

WF 500x300x11x18      WF 400x200x8x13

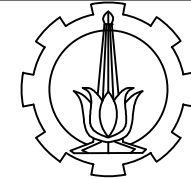
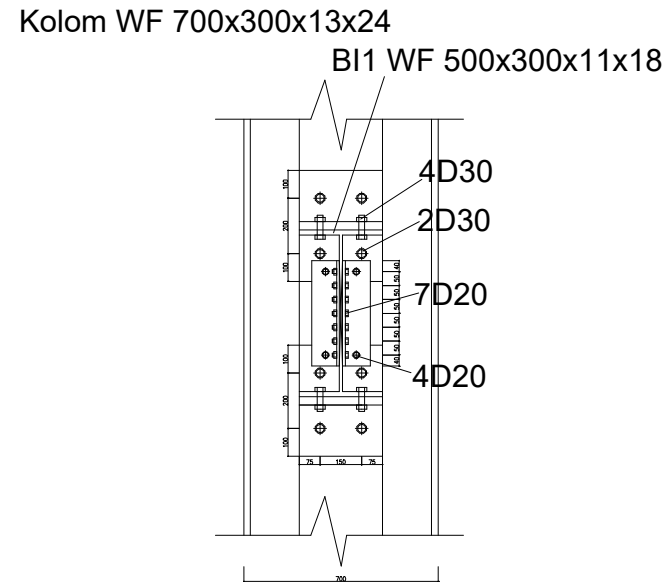
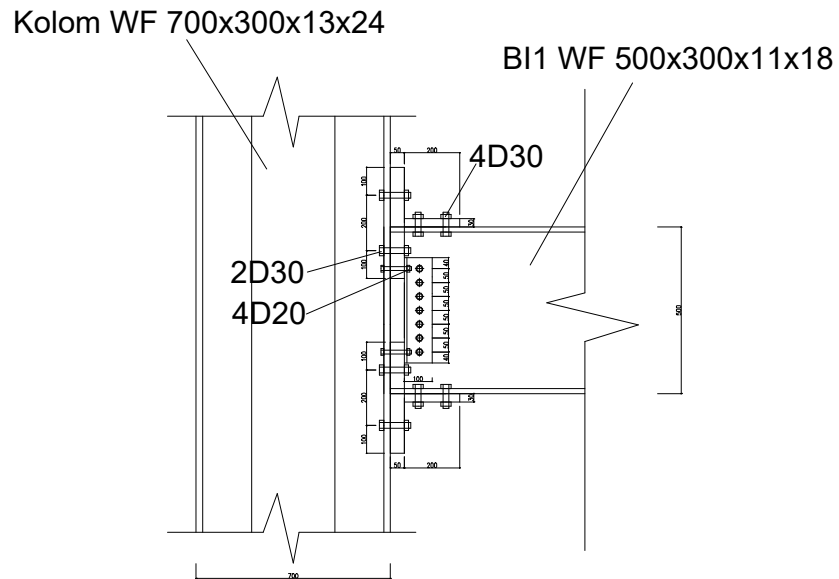
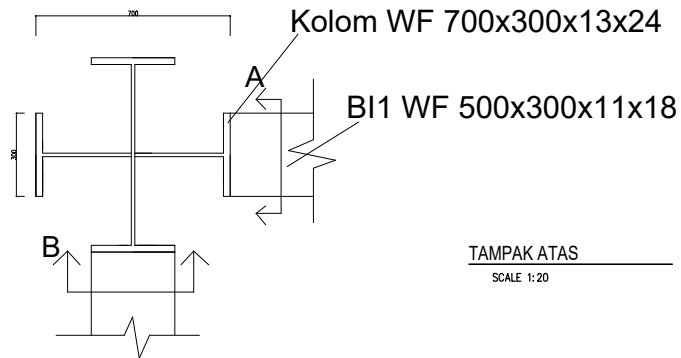


L 70x70x7

BAUT 2Ø16

POTONGAN A

SCALE 1:40



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., PH.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

SAMBUNGAN  
BALOK INDUK  
DENGAN KOLOM

CATATAN

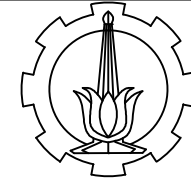
SESUDAH MODIFIKASI

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

22

27



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., PH.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

SAMBUNGAN  
ANTAR KOLOM  
BASEPLATE  
DENGAN  
KI

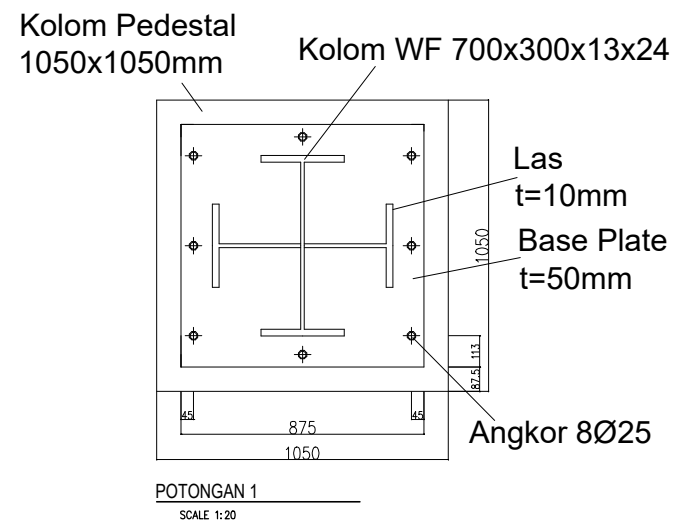
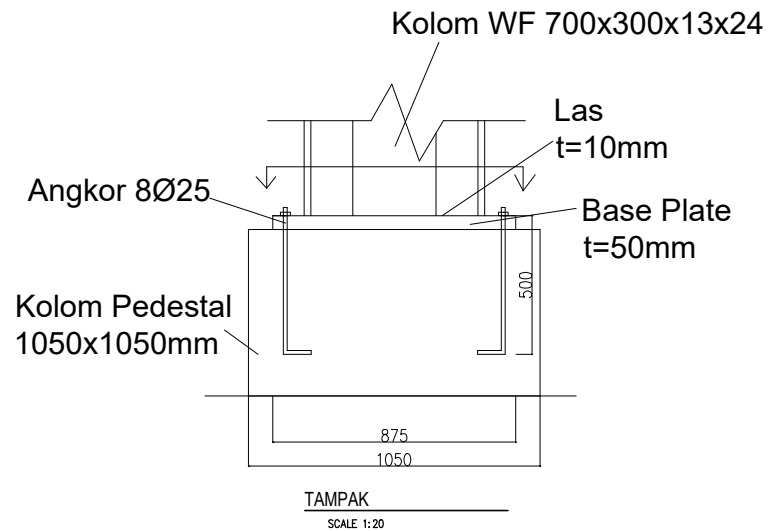
CATATAN

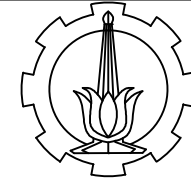
SESUDAH MODIFIKASI

NO. GAMBAR      JML. GAMBAR

23

27





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

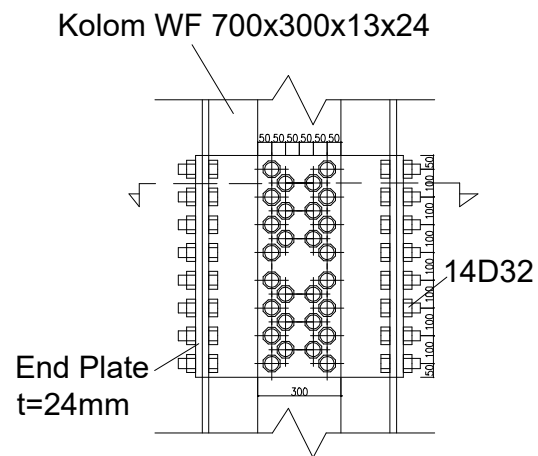
SAMBUNGAN  
SAYAP KI  
DENGAN KI

CATATAN

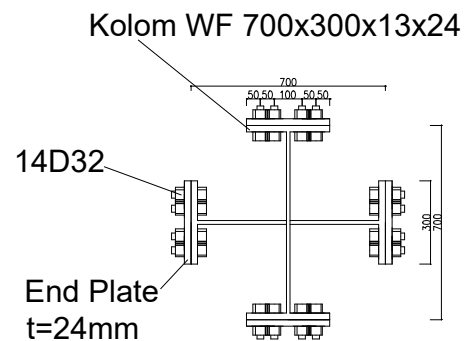
SESUDAH MODIFIKASI

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

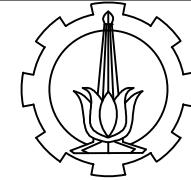
24	27
----	----



TAMPAK  
SCALE 1:20



POTONGAN 1  
SCALE 1:20



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

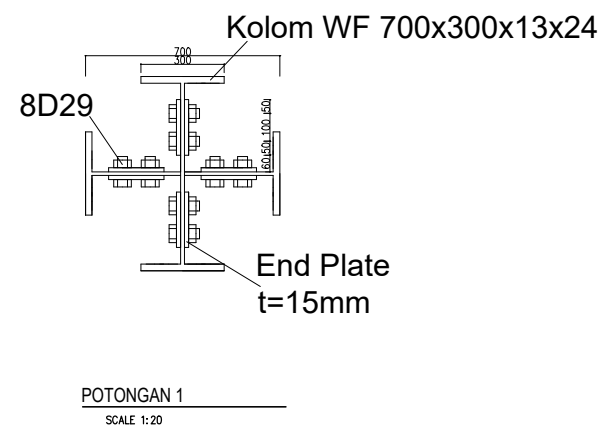
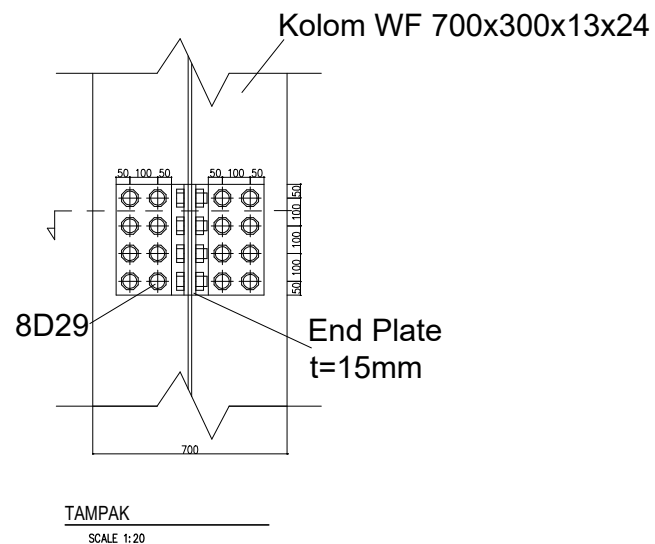
SAMBUNGAN  
BADAN KI  
DENGAN KI

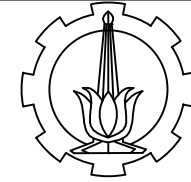
CATATAN

SESUDAH MODIFIKASI

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

25	27
----	----





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

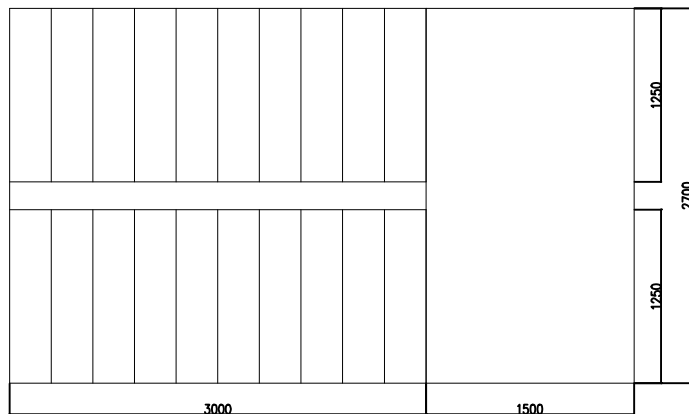
TANGGA

CATATAN

SESUDAH MODIFIKASI

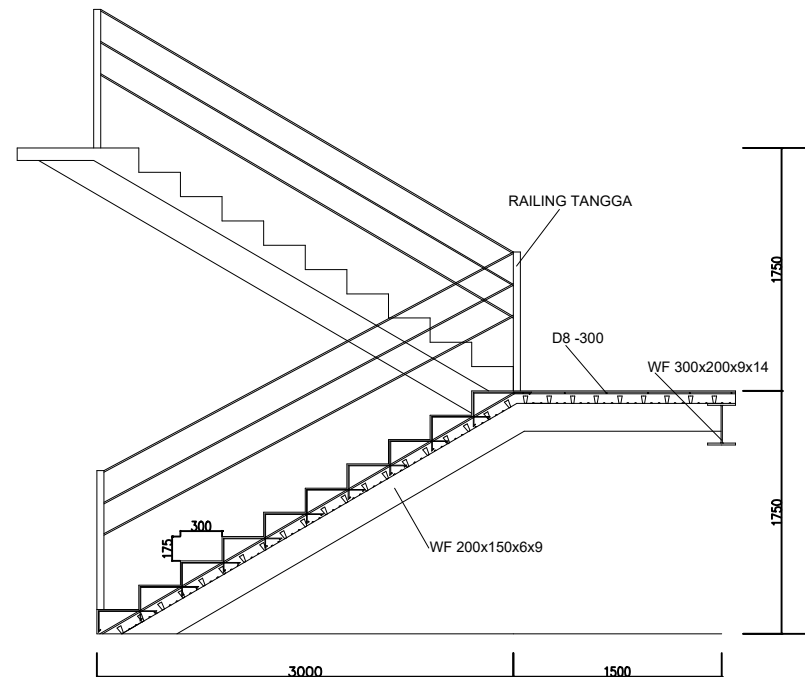
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

26	27
----	----



DENAH TANGGA

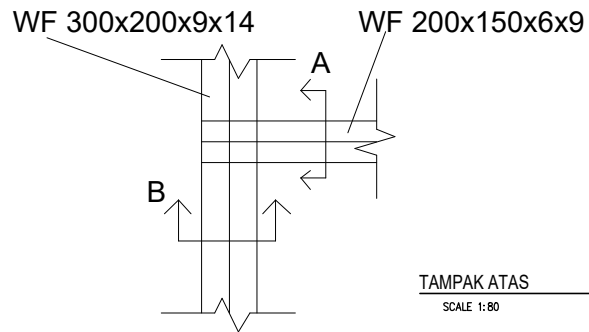
SCALE 1:100



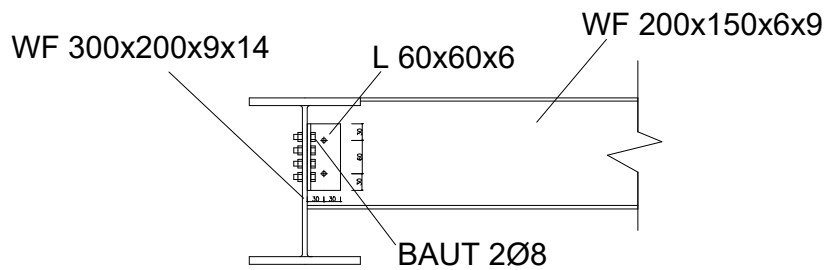
POTONGAN TANGGA

SCALE 1:100

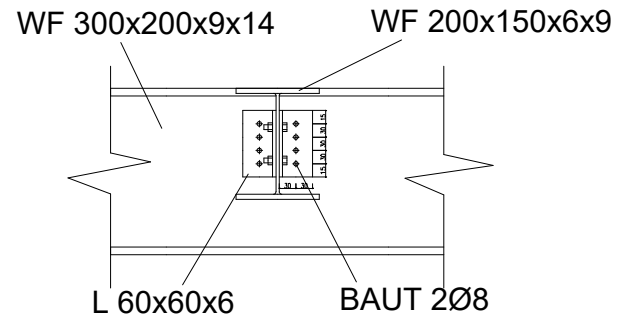




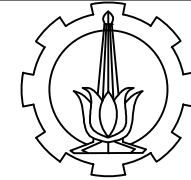
TAMPAK ATAS  
SCALE 1:80



POTONGAN B  
SCALE 1:40



POTONGAN A  
SCALE 1:40



JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FTSLK-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERANCANGAN  
GEDUNG ITS OFFICE TOWER  
JAKARTA DENGAN  
MENGUNAKAN STRUKTUR BAJA  
BETON KOMPOSIT

DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, S.T., M.T., Ph.D.

MAHASISWA

IVAN NARENDRA ROIS  
031 III 124 00000 031

JUDUL GAMBAR

DETAIL  
SAMBUNGAN  
TANGGA

CATATAN

SESUDAH MODIFIKASI

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

27

27