

**STUDI PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG IGD TERPADU  
RSUD PROVINSI NTB DENGAN STRUKTUR BAJA**  
*“Study Of Design IGD TERPADU RSUD PROVINSI NTB Using Steel  
Structure”*

Tugas Akhir

Untuk memenuhi sebagian persyaratan

Mencapai derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh :

**LALE YUKTI HAKIKI**

**F1A018132**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MATARAM**

**2023**

## TUGAS AKHIR

### STUDI PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG IGD TERPADU RSUD

#### PROVINSI NTB DENGAN STRUKTUR BAJA

### *“Study Of Design IGD TERPADU RSUD PROVINSI NTB Using Steel Structure”*

Oleh :

Lale Yukti Hakiki

FIA018132

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing:

1. Pembimbing Utama



Hariyadi, ST., MSc (Eng)., Ph.D

NIP: 19731027 199802 1 001

Tanggal : 20 Juli 2023

2. Pembimbing Pendamping



Ni Nyoman Kencanawati, ST., MT., Ph.D

NIP: 19760804 200003 2 001

Tanggal : 21 Juli 2023

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Mataram



Hariyadi, ST., MSc (Eng)., Ph.D

NIP: 19731027 199802 1 001

**TUGAS AKHIR**  
**STUDI PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG IGD TERPADU RSUD**  
**PROVINSI NTB DENGAN STRUKTUR BAJA**  
***“Study Of Design IGD TERPADU RSUD PROVINSI NTB Using Steel***  
***Structure”***


Oleh :

**Lale Yukti Hakiki**

**FIA018132**

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dewan Penguji:

1. Penguji I

  
**Prof. Akmaludin, ST., MSc (Eng.), Ph.D**

**NIP: 19681231 199412 1 001**

Tanggal :

2. Penguji II

  
**Fatmah Mahmud, ST.,MT**

**NIP: 19711109 200012 2 001**

Tanggal :

3. Penguji III

  
**I Nyoman Merdana, ST., MT.**

**Nip: 19680913 199703 1 001**

Tanggal:

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Mataram



**Muhamad Syamsu Iqbal, ST., MT., Ph.D**

**NIP: 19720222 199903 1 002**

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Lale Yukti Hakiki

NIM : F1A018132

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir Penulis yang berjudul “Studi Perancangan Struktur Gedung IGD TERPADU RSUD Provinsi NTB dengan Struktur Baja” ini bersifat asli dan belum pernah dikerjakan sebelumnya.

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan penelitian ini, maka penullis bersedia untuk menerima resiko sesuai dengan aturan yang berlaku.

Dengan pernyataan ini penulis buat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Yang menyatakan,

**Lale Yukti Hakiki**

**NIM.F1A018132**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas segala rahmat dan Karunia-Nya sehingga tugas akhir yang berjudul “ *Studi Perancangan Struktur Gedung IGD TERPADU RSUD Provinsi NTB dengan Struktur Baja*” ini dapat diselesaikan sebagaimana mestinya. Tugas akhir ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana (S-1) di Jurusan Teknk Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram.

Dengan terbatasnya kemampuan dan pengetahuan yang penulis miliki, mohon maaf apabila dalam tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan tugas akhir ini sangat penluis harapkan. Akhir kata penulis sampaikan, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya bagi mahasiswa teknik sipil.

Mataram, 30 Juni 2023

Penulis,

Lale Yukti Hakiki

## UCAPAN TERIMA KASIH

Tugas akhir ini dalam penyusunannya tidak terlepas dari bantuan, bimbingan dan dukungan dari semua pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Bapak Muh Syamsul Iqbal, ST.,MT.ph.D selaku dekan fakultas teknik Universitas Mataram
2. Bapak Hariyadi, ST,MSc.,(Eng).,ph.D. Selaku ketua jurusan Teknik sipil dan sebagai dosen pembimbing utama tugas akhir, yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi kepada penulis selama menyusun tugas akhir ini, sehingga dapat terselesaikan dengan baik
3. Ibu Ni Nyoman Kencanawati, ST.,MT.,ph.D., selaku dosen pembimbing pendamping yang juga turut memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Akmaludin,ST.,MSc.,(Eng).,ph.D., ibu Fatmah Mahmud, ST.,MT dan bapak I Nyoman Merdana, ST.,MT selaku dosen penguji, terimakasih atas segala kritikan dan saran yang diperlukan dalam menyelesaikan dan menyempurnakan tugas akhir ini.
5. Bapak Fathur Rahman, ST.,MT., selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan dan motivasi dalam aktivitas perkuliahan.
6. Terimakasih kepada ibu bapak dosen yang telah memberikan berbagai macam ilmu kepada penulis hingga saat ni
7. Terimakasih kepada kedua orang tuaku, Lalu Fahak, dan almarhumah ibu saya Srifatmawati, serta kakak ku Baiq Iin Masria Ulfahani, dan Lalu Iqbal Sugarna dan adik adikku Lalu Ifror Atmaja, Baiq Alfariza, Lalu Bulga, Baiq Bintang dan Lalu Adam, terimakasih atas doa, kasih sayang, pengorbanan, dan dukungan yang tidak ada putus-putusnya.
8. Kakek tercinta H.Lalu Tajudin serta seluruh keluarga dan sanak saudara yang selalu memberikan semangat dan doa
9. Silvia zuana selaku teman teknik sipil yang selalu memberikan bantuan disaat saya membutuhkan sesuatu terkait tugas akhir saya

10. Lalu Ismi Wardana, selaku support sistem yang tidak ada hentinya membantu dan menyemangati mulai dari awal penulisan tuas akhir sampai saat ini.
11. Semua teman-teman teknik sipil angkatan 2018, pegawai dan petugas di lingkungan kampus Teknik Sipil Universitas Mataram serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga ALLAH SWT memberikan balasan atas segala bantuan dan dukungan semuanya, dalam usaha penulis menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, karena terbatasnya pengetahuan yang penulis miliki. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan.

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Perancangan.....	3
1.4 Manfaat Perancangan.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Landasan Teori.....	5
2.2.1 Bangunan Tahan Gempa.....	5
2.2.2 Perencanaan Struktur.....	6
2.2.3 Pengertian Baja.....	7
2.2.4 Sifat-sifat Mekanika Baja.....	7
2.2.5 Penampang Profil Baja.....	9
2.2.6 Beban-Beban Yang Bekerja.....	9
2.2.6.1 Beban Mati.....	9
2.2.6.2 Beban Hidup.....	11
2.2.6.3 Beban Gempa.....	14
2.2.7 Peraturan Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung.....	29
2.2.7.1 Material .....	29



2.2.7.2	Ketentuan Umum.....	30
2.2.7.3	Beban dan Kombinasi Pembebanan.....	31
2.2.8	Perencanaan Komponen Struktur Baja.....	34
2.2.8.1	Perencanaan Pelat Komposit.....	34
2.2.8.2	Perencanaan Wiremesh.....	37
2.2.8.3	Perencanaan Struktur Balok.....	38
2.2.8.4	Perencanaan Kolom.....	44
2.2.8.5	Kontrol Strong Column Weak Beams (SCWB).....	51
2.2.9	Perencanaan Sambungan (Mutu Tinggi).....	52
2.2.9.1	Persyaratan Spasi Baut.....	52
2.2.9.2	Kuat Baut Terhadap Tarik atau Geser.....	56
2.2.10	Metode analisis langsung “direct analysis method (DAM) AISC 2010”...	55
2.2.10.1	Perencanaan Stabilitas.....	56
2.2.10.2	Perencanaan Analisis Struktur.....	56
2.2.10.3	penyesuaian kekakuan.....	58
2.2.11	Perencanaan Angkur.....	59
2.2.12	Helipad.....	60
 <b>BAB III METODE PERANCANGAN</b>		
3.1	Lokasi Perancangan.....	63
3.2	Tinjauan Pustaka dan Studi Literatur.....	64
3.3	Data Perencanaan.....	64
3.4	Analisa Data.....	69
3.5	Elemen-elemen Struktur.....	70
3.6	Bagan Alir Perancangan.....	73
 <b>BAB IV HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Umum.....	74
4.2	Data Struktur.....	74

4.2.1 Model Struktur.....	74
4.2.1.1 Komponen Desain Struktur.....	74
4.2.2 Material Struktur.....	75
4.2.3 Preliminary Desain.....	75
4.2.3.1 Perencanaan Pelat.....	76
4.2.3.2 Perencanaan Balok.....	76
4.2.3.3 Perencanaan Kolom.....	77
4.2.4 Pembebanan Struktur.....	78
4.2.4.1 Beban National.....	79
4.2.4.2 Beban Mati.....	79
4.2.4.3 Beban Hidup.....	79
4.2.4.4 Beban Gempa.....	83
4.2.5 Hasil Analisa Struktur.....	85
4.3 Perencanaan Komponen Struktur.....	98
4.3.1 Perencanaan Pelat Lantai.....	98
4.3.2 Perencanaan Balok Baja.....	101
4.3.3 Perencanaan Struktur Kolom Baja.....	112
4.3.4 Perencanaan Sambungan Antar Komponen Struktur.....	118
4.3.4.1 Sambungan Kolom-Kolom.....	118
4.3.4.2 Sambungan Balok-Balok.....	120
4.3.4.3 Sambungan Balok-Kolom.....	126
4.3.4.4 Perhitungan Angkur.....	129
4.3.4.5 Perhitungan Kolom Pedestal.....	133
4.3.5 Perencanaan Pondasi.....	137

4.3.6 Rekapitulasi Perhitungan Komponen Struktur.....	154
<b>BAB V KESIMPULAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	155
5.2 Saran.....	156
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>157</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Kurva Hubungan Tegangan ( $f$ ) vs Regangan ( $\epsilon$ ).....	7
<b>Gambar 2.2</b>	Bagian Kurva Tegangan-Regangan yang diperbesar.....	8
<b>Gambar 2.3</b>	Grafik Spektrum respon desain ( <i>Sumber: 1726:2019</i> ).....	21
<b>Gambar 2.4</b>	Peta transisi Panjang, $T_L$ ( <i>Sumber : 1726:2019</i> ).....	22
<b>Gambar 2.5</b>	Penentuan simpangan antar lantai ( <i>Sumber : SNI 1726:2019</i> ).....	27
<b>Gambar 2.6</b>	Pelat Baja Bergelombang.....	34
<b>Gambar 2.7</b>	Penampang Pelat Lantai Komposit.....	34
<b>Gambar 2.8</b>	Lebar efektif balok komposit.....	39
<b>Gambar 2.9</b>	Kuat lentur nominal berdasarkan tegangan plastis.....	41
<b>Gambar 2.10</b>	Penghubung geser headed stud fan steel deck.....	42
<b>Gambar 2.11</b>	Grafik faktor panjang efektif kolom.....	47
<b>Gambar 2.12</b>	Kolom axial bending.....	48
<b>Gambar 2.13</b>	perletakan rasio kekakuan antara sistem kolom dan balok.....	49
<b>Gambar 2.14</b>	Gaya geser akibat beban gravitasi dan efek gaya horizontal.....	52
<b>Gambar 2.15</b>	Elemen tidak diperkaku (a) dan diperkaku (b).....	53
<b>Gambar 2.16</b>	Jarak dan spasi baut.....	52
<b>Gambar 2.17</b>	Momen yang dipengaruhi efek p-delta.....	57
<b>Gambar 3.1</b>	Peta lokasi gedung IGD terpadu RSUD Provinsi NTB.....	63
<b>Gambar 3.2</b>	Denah Lantai I.....	65
<b>Gambar 3.3</b>	Denah Lantai Atap dan Denah Helipad.....	66
<b>Gambar 3.4</b>	Potongan 1- 1.....	67
<b>Gambar 3.5</b>	Potongan 2 – 2.....	68
<b>Gambar 4.1</b>	Pemodelan ETABS.....	76
<b>Gambar 4.2</b>	Rencana Penampang Balok Baja.....	77
<b>Gambar 4.3</b>	Detail Rencana penampang kolom baja.....	77
<b>Gambar 4.4</b>	Input National Load Programs ETABS.....	79
<b>Gambar 4.5</b>	Ilustrasi Helikopter.....	84
<b>Gambar 4.6</b>	Grafik spektrum respon desain dari situs sesuai koordinat lokasi.....	85

<b>Gambar 4.7</b>	Distribusi tegangan plastis balok komposit.....	106
<b>Gambar 4.8</b>	Penampang transformasi balok komposit.....	108
<b>Gambar 4.9</b>	Detail sambungan kolom-kolom profil WF 500.300.11.18 dan WF 350.350.16.16.....	119
<b>Gambar 4.10</b>	Detail sambungan balok-balok pada profil WF 500.300.11.15 dan WF 600.300.12.20.....	121
<b>Gambar 4.11</b>	Detail sambungan balok menerus profil IWF 600.300.12.20 dan IWF 600.300.12.20 (tampak samping).....	124
<b>Gambar 4.12</b>	Detail sambungan balok menerus profil IWF 600.300.12.20 dan IWF 600.300.12.20 (tampak atas).....	124
<b>Gambar 4.13</b>	Sketsa sambungan siku-siku.....	126
<b>Gambar 4.14</b>	Detail sambungan kolom WF500.300.11.18 dan balok WF500.300.11.15.....	127
<b>Gambar 4.15</b>	Tampak susunan tiang pancang dalam pilecap.....	141
<b>Gambar 4.16</b>	Tampak pembebanan tiang pancang dalam pilecap arah X.....	143
<b>Gambar 4.17</b>	Tampak pembebanan tiang pancang dalam pilecap arah Y.....	145
<b>Gambar 4.18</b>	Tampak pengaruh geser pons pada tiang pancang dalam pilecap.....	146
<b>Gambar 4.19</b>	Tampak pembebanan dalam perhitungan ruangan arah x.....	148
<b>Gambar 4.20</b>	Tampak pembebanan dalam perhitungan ruangan arah Y.....	150

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Berat sendiri bahan bangunan.....	10
<b>Tabel 2.2</b>	Berat sendiri komponen gedung.....	11
<b>Tabel 2.3</b>	Beban hidup terdistribusi merata minimum.....	12
<b>Tabel 2.4</b>	Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa.....	15
<b>Tabel 2.5</b>	Faktor Keutamaan Gedung ( $I_e$ ).....	17
<b>Tabel 2.6</b>	Kelas situs tanah.....	17
<b>Tabel 2.7</b>	Koefisien situs, $F_a$ .....	19
<b>Tabel 2.8</b>	Koefisien situs, $F_v$ .....	20
<b>Tabel 2.9</b>	Kategori resiko desain seismic berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek.....	23
<b>Tabel 2.10</b>	Kategori desain seismic berdasarkan parameter respon percepatan pada periode 1 detail.....	23
<b>Tabel 2.11</b>	Sistem penahan gaya seismic pada sistem rangka baja pemikul momen.....	24
<b>Tabel 2.12</b>	Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung.....	25
<b>Tabel 2.13</b>	Nilai parameter periode pendekatan $C_i$ dan $\alpha$ .....	25
<b>Tabel 2.14</b>	Simpangan antar lantai ijin $\Delta_{a,b}$ .....	27
<b>Tabel 2.15</b>	Sifat Mekanis Baja Struktural.....	30
<b>Tabel 2.16</b>	Nilai koefisien $R_g$ dan $R_p$ .....	44
<b>Tabel 2.17</b>	Perilaku tekan aksial pada kolom IWF atau H struktur baja dapat dilihat pada .....	45
<b>Tabel 2.18</b>	Kekuatan Baut Mutu Tinggi.....	54
<b>Tabel 2.19</b>	Prategang baut minimum.....	55
<b>Tabel 2.20</b>	Data Helikopter.....	62
<b>Tabel 4.1</b>	Data spesifikasi lift PM Gearless Elevator Iris NV (Duplex).....	82
<b>Tabel 4.2</b>	Rekapitulasi pembebanan pada setiap ruangan.....	83
<b>Tabel 4.3</b>	Data Tanah.....	88
<b>Tabel 4.4</b>	Berat total struktur.....	90
<b>Tabel 4.5</b>	Kontrol gaya geser dasar dinamik hasil etabs.....	92

<b>Tabel 4.6</b>	Kontrol translasi.....	92
<b>Tabel 4.7</b>	Partisipasimassa.....	92
<b>Tabel 4.8</b>	Kontrol batas layan struktur arah x.....	93
<b>Tabel 4.9</b>	Kontrol batas layan struktur arah y.....	94
<b>Tabel 4.10</b>	Kontrol simpangan antar tingkat arah x.....	95
<b>Tabel 4.11</b>	Kontrol simpangan antar tingkat arah y.....	94
<b>Tabel 4.12</b>	Efek p-delta arah (X).....	96
<b>Tabel 4.13</b>	Efek p-delta arah (Y).....	97
<b>Tabel 4. 14</b>	Hasil Pengujian NSPT.....	139
<b>Tabel 4.15</b>	Rekapitulasi nilai tahanan ujung.....	140
<b>Tabel 4.16</b>	Hasil perhitungan nilai tahanan gesek.....	141
<b>Tabel 4.17</b>	Data susunan tiang pancang.....	143
<b>Tabel 4.18</b>	Rekapitulasi perhitungan balok.....	154
<b>Tabel 4.19</b>	Rekapitulasi perhitungan kolom.....	154

## DAFTAR NOTASI DAN KETERANGAN

$A_1$	= Luas beton yang dibebani gaya tekan eksentris
$A_2$	= Luas permukaan beton landasan
$A_b$	= Luas penampang baut, bagian berulir atau polos, tergantung tegangan geser nominal yang dipakai
$A_c$	= Luas bersih penampang beton
$A_g$	= Luas bruto komponen struktur komposit
$A_{nt}$	= Luas netto (dengan lubang) potongan mengalami gaya tarik
$A_{nv}$	= Luas netto (dengan lubang) potongan mengalami gaya geser
$A_s$	= Luas profil baja
$A_{sr}$	= Luas seluruh batang tulangan menerus
$B_b$	= Koefisien numeric
$B_M$	= Koefisien rendaman
$C_d$	= Faktor pembesaran simpangan lateral
$C_m$	= koefisien untuk elemen yang tidak bergoyang
$C_s$	= Koefisien respon seismic
$C_t, X$	= Parameter periode pendekatan
$C_u$	= Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung
$C_1$	= Koefisien untuk perhitungan kekuatan dari suatu komponen struktur tekan D komposit terbungkus beton = Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen
$d_b$	= Diameter baut
$D_m$	= Perpindahan maksimum
$D_{Tm}$	= Total perpindahan maksimum
$E$	= Beban gempa
$E$	= Eksentrisitas
$E_c$	= Modulus kompresi
$E_c$	= Modulus elastisitas beton
$E_{eff}$	= Kekakuan efektif penampang komposit



$E_s$	= Modulus elastisitas baja
$f_c$	= Kuat tekan beton
$F_a$	= Koefisien situs untuk periode pendek
$F_{GA}$	= Percepatan untuk tanah puncak MCEG terpeta
$F_i$	= Gaya horizontal tingkat
$F_{PGA}$	= Koefisien situs untuk PGA
$F_{py}$	= Tegangan leleh dari material pelat ujung xxii $F_{up}$ $F_u$
$F_{up}$	= Kuat tarik minimum pelat sambung
$F_v$	= Koefisien situs untuk periode 1 detik
$F_x$	= Gaya gempa lateral
$f_y$	= Kuat leleh tulangan
$G$	= Modulus geser isolator
$g$	= Percepatan gravitasi
$G_{cpi}$	= Koefisien tekanan internal
$h_f$	= Faktor terkait adanya pelat pengisi (filler)
$h_n^x$	= ketinggian struktur (m) diatas dasar sampai akhir tingkat tertinggi struktur
$h_t$	= Tinggi total isolator $h_x$ ,
$h_x h_t$	= Tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x
$I$	= Momen inersia
$I_e$	= Faktor keutamaan gempa
$I_s$	= Momen inersia profil baja disumbu netral elastis dari penampang komposit
$I_c$	= Momen inersia dari penampang beton di sumbu netral elastis dari penampang
$k$	= komposit Faktor panjang efektif
$k_d$	= Faktor arah angin
$k_h$	= Kekakuan horizontal isolator
$k_{Mmin}$	= Kekakuan efektif minimum sistem isolasi
$k_r$	= Kekakuan rubber

$k_v$	= Kekakuan vertikal isolator
$k_{zt}$	= Faktor Topografi
$L$	= Panjang kolom
$L_r$	= Beban hidup yang diakibatkan oleh pembebanan atap
$M_{np}$	= Kapasitas sambungan end-plate didasarkan pada kuat baut tarik tanpa efek
$M_{nt}$	= prying Momen lentur perlu elemen, hasil analisis struktur elastis linier (global) untuk elemen struktur yang titik nodalnya tidak
$M_r$	= Kuat lentur perlu desain
$n$	= Jumlah tulangan
$n_r$	= Jumlah lapisan rubber
$N_i$	= Beban notional yang digunakan pada level $i$ dari kombinasi beban DFBK
$P$	= Tebal selimut beton
$P_c$	= Kuat rencana elemen struktur
$P_e$	= Beban tekuk kritis elastis
$P_{lt}$	= Kuat aksial perlu elemen
$P_{no}$	= Kekuatan tekan aksial momen nominal tanpa memperhitungkan efek
$P_r$	= kelangsingan Gaya aksial perlu xxiii
$P_r$	= Rasio periode transisional efektif sistem isolasi terhadap periode torsional
$q_z$	= efektif sistem isolasi Tekanan velositas , pada atap datar $q_z=q_h$
$R$	= Faktor modifikasi response
$r$	= Jari-jari girasi dari sistem isolasi
$R_n$	= Kekuatan nominal
$R_u$	= Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK
$S$	= Faktor bentuk isolator
$S_a$	= Spektrum respon percepatan desain
$S_{D1}$	= Parameter percepatan respon spektral pada periode 1 detik, redaman
5%	

$S_{DS}$	= Parameter percepatan respon spektral pada periode pendek, redaman 5%
$S_{M1}$	= Parameter percepatan respon spektra respons spektral MCE pada periode 1 detik
$S_{Ms}$	= Parameter percepatan respon spektra respons spektral MCE pada periode pendek
$S_s$	= Percepatan batuan dasar pada pada periode pendek
$T$	= Periode fundamental struktur
$T_r$	= Tebal rubber
$T_0$	= Periode awal fundamental struktur
$T_a$	= Periode pendekatan
$T_m$	= Periode efektif struktur dengan isolasi seismik, dalam detik, pada perpindahan Maksimum
$t_p$	= Tebal pelat ujung
$T_r$	= Total tebal karet
$v$	= Gaya geser dasar
$V_b$	= Total gaya (geser) lateral seismik rencana elemen-elemen sistem isolasi
$V_s$	= Gaya rencana seismic lateral tak tereduksi
$V_t$	= Geser dasar dari kombinasi ragam yang disyaratkan
$W$	= Berat struktur gedung
$W$	= Beban angin
$W_c$	= Berat beton per unit volume
$W_s$	= Berat tanah diatas pilecap
$W_x W_x$	= Tinggi berat seismik efektif total struktur (w) yang ditempatkan atau
$x_i Y_i$	= dikenakan pada tingkat I dan x Jarak horizontal, dalam mm, antara pusat massa terhadap unit isolasi ke-I dalam dua sumbu horizontal sistem isolasi
$Y_p$	= Parameter kuat batas pelat berdasarkan pola garis leleh
$Z_s$	= Modulus penampang plastis dari profil baja

$a_{fm}$  = Nilai rata-rata  $\alpha f$  untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu pelat

xxiv

$\nu$  = Angka poisson

$\mu$  = Koefisien slip rata-rata

$\omega$  = Frekuensi sudut

$\Delta a$  = Simpangan antar lantai tingkat ijin

$\Phi$  = Faktor ketahanan

$\Phi_b$  = Faktor ketahan lentur terhadap leleh

$\phi R_n$  = Kekuatan desain

## INTISARI

Pada tugas akhir ini akan didesain gedung IGD Terpadu RSUD Provinsi NTB 8 lantai, perancangan pembangunan gedung IGD ini menggunakan kolom dan balok baja. Baja dipilih karena baja bersifat daktil. Prinsip dari desain gedung ini adalah menghasilkan suatu bangunan yang aman, nyaman kuat efisien dan aman terhadap bahaya gempa bagi pengguna gedung. Gedung rumah sakit merupakan gedung yang mendapat prioritas utama, yaitu gedung yang tidak boleh mengalami kerusakan serius setelah terjadi bencana gempa dan harus tetap berfungsi sebagai pusat pelayanan kesehatan pasca bencana.

Gedung yang akan didesain berlokasi di Jl. . Prabu Rangkasari Dasan Cermen – Mataram NTB. Gedung yang akan di desain terdiri dari 8 lantai dan terdapat helipad di puncak gedung. Mutu bahan yang digunakan baja BJ37 dengan ( $F_y = 240\text{MPa}$ ,  $F_u = 370\text{ MPa}$ ). Pemodelan dan analisa struktur menggunakan program ETABS V2018 dan hasil gambar desain menggunakan program Autocad 2007. Hasil akhir analisa berupa, balok, kolom, sambungan, dan pondasi.

Dari hasil desain, digunakan pelat bondek dengan tebal 130 mm, dan tulangan wiremesh M8-300. Digunakan dimensi kolom WF 500.300.11.18, WF 400.400.16.16, WF 350.350.16.16, dan WF 300.300.11.19. Digunakan dimensi balok 600.300.12.20, WF 500.300.11.15 dan WF 250.175.7.11. Digunakan pondasi jenis tiang pancang spun pile dengan diameter pondasi 0,6 m.

**Kata kunci: Rumah sakit, Struktur baja dan kinerja struktur.**

## ABSTRACT

In this final project, the 8-story Integrated Emergency Room building of the NTB Provincial Hospital will be designed, the design of this emergency room building uses steel columns and beams. Steel was chosen because steel is ductile. The principle of this building design is to produce a building that is safe, comfortable strong efficient and safe against earthquake hazards for building users. The hospital building is a building that gets top priority, which is a building that should not suffer serious damage after an earthquake disaster and must continue to function as a post-disaster health service center.

The building to be designed is located on Jl. . Prabu Rangkasari Dasan Cermen - Mataram NTB. The building to be designed consists of 8 floors and there is a helipad at the top of the building. The quality of the material used is BJ37 steel with ( $F_y = 240\text{MPa}$ ,  $F_u = 370\text{MPa}$ ). Modeling and structural analysis using the ETABS V2018 program and design drawing results using the Autocad 2007 program. The final results of the analysis are beams, columns, connections, and foundations.

From the design results, bondek plates with a thickness of 130 mm, and M8-300 wiremesh reinforcement are used. Column dimensions of WF 500.300.11.18, WF 400.400.16.16, WF 350.350.16.16, and WF 300.300.11.19 were used. Beam dimensions of 600.300.12.20, WF 500.300.11.15 and WF 250.175.7.11 are used. Spun pile type foundations with a foundation diameter of 0.6 m are used.

**Keywords: Hospital, Steel structure and structural performance.**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada zaman yang modern ini pembangunan sangat pesat di berbagai daerah. Pembangunan gedung-gedung tinggi dan besar banyak dibangun di daerah - daerah dengan tingkat penduduk tinggi serta kegiatan ekonomi yang pesat. Hal ini disebabkan banyaknya tingkat pertumbuhan masyarakat yang menyebabkan berkurangnya lahan, sehingga bangunan tinggi menjadi alternative untuk mengurangi atau menghemat lahan yang ada. Hal tersebut mendorong para perencana bangunan untuk mendesain bangunan tingkat tinggi yang aman dan tahan terhadap gempa.

Berdasarkan geografis, Indonesia terletak diantara dua lempeng dunia yaitu lempeng Eurasia dan Australia, hal ini mengakibatkan Indonesia merupakan daerah yang rawan terjadi gempa. Untuk mengurangi resiko yang diakibatkan oleh gempa diperlukan perencanaan struktur bangunan yang kuat agar dapat menahan gaya yang diakibatkan oleh gempa.

Obyek tugas akhir ini adalah studi perancangan struktur “GEDUNG IGD TERPADU RSUD PROVINSI NTB DENGAN STRUKTUR BAJA”. Prinsip dari studi perancangan gedung IGD ini adalah menghasilkan suatu bangunan yang aman, nyaman dan kuat efisien dan aman terhadap bahaya gempa bagi pengguna gedung. Suatu konstruksi gedung harus mampu menahan beban dan gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi itu sendiri (beban gravitasi dan beban gempa), sehingga bangunan atau struktur gedung aman dalam jangka waktu yang direncanakan. Struktur yang kuat biasanya memiliki dimensi yang besar tetapi tidak ekonomis jika diterapkan pada bangunan tingkat tinggi. Untuk mendapatkan dimensi penampang yang optimal, maka kita perlu menganalisa besar gaya-gaya yang bekerja pada struktur utama yaitu kolom dan balok.

Gedung rumah sakit merupakan bangunan yang mendapat prioritas utama, dimana gedung rumah sakit tidak boleh mengalami kerusakan serius setelah terjadi bencana gempa. Gedung harus tetap bisa difungsikan sebagai pusat pelayanan kesehatan pasca bencana. Oleh karena itu, struktur gedung rumah sakit harus dirancang dengan struktur yang memiliki sifat daktil yang baik, seperti halnya struktur baja.

Daktil adalah suatu sifat yang mempengaruhi mekanisme keruntuhan pada material baja ketika struktur baja telah berada pada kondisi inelastic (plastisnya). Ketika mekanisme itu terjadi, baja mengalami leleh sebelum runtuh yang akan memberikan waktu bagi pengguna gedung untuk

menyelamatkan diri. Hal ini sangat berguna jika mengetahui letak proyek pembangunan berada di daerah yang sering mengalami gempa.

Diwilayah Lombok sudah mulai banyak menggunakan struktur baja, salah satu contoh kecilnya adalah gedung parkir di BIZAM dan gedung VIP sirkuit Mandalika, dan judul yang diangkat merupakan salah satu dari gedung-gedung yang akan dirancang dengan struktur baja diwilayah Lombok ini.

Beberapa keuntungan penggunaan struktur baja, antara lain :

- 1) Mempunyai kekuatan tinggi, sehingga dapat mengurangi ukuran struktur serta mengurangi pula berat sendiri dari struktur. Hal ini cukup menguntungkan bagi struktur-struktur jembatan yang panjang, gedung yang tinggi atau bangunan-bangunan yang berada pada kondisi tanah yang buruk
- 2) Keseragaman dan keawetan yang tinggi, tidak seperti halnya material beton bertulang yang terdiri dari berbagai macam bahan penyusun, material baja jauh lebih seragam/homogen serta mempunyai tingkat keawetan tinggi jika prosedur perawatan dilakukan secara semestinya
- 3) Daktilitas baja cukup tinggi, karena suatu batang baja yang menerima tegangan tarik yang tinggi akan mengalami regangan tarik cukup besar sebelum terjadi keruntuhan

(Sumber: Agus Setiawan, 2008)

Berdasarkan latar belakang diatas, maka pada tugas akhir ini diambil judul “STUDI PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG IGD TERPADU RSUD PROVINSI NTB DENGAN STRUKTUR BAJA”.



## **1.2 Rumusan Masalah**

permasalahan yang akan dihadapi dalam Perancangan Struktur Gedung IGD Terpadu RSUD Provinsi NTB, adalah sebagai berikut :

- a. Berapa dimensi profil balok baja yang dipakai sehingga mampu menahan beban mati dan beban hidup yang bekerja?
- b. Berapa dimensi profil kolom baja agar mampu menahan beban aksial, beban kombinasi dan lentur yang bekerja ?
- c. Berapa dimensi pondasi serta jenis pondasi yang digunakan agar mampu menahan beban yang bekerja ?

## **1.3 Tujuan Perancangan**

- a. Mendesain dimensi profil balok baja yang mampu menahan beban mati dan beban hidup yang bekerja
- b. Mendesain dimensi profil kolom baja yang mampu menahan beban aksial, beban kombinasi, dan lentur yang bekerja
- c. Mendesain dimensi dan jenis pondasi yang akan digunakan

## **1.4 Manfaat Perancangan**

- a. Dapat meningkatkan wawasan tentang struktur baja terutama yang diaplikasikan pada gedung tinggi
- b. Dapat digunakan sebagai referensi dalam perancangan struktur gedung dari tahap awal sampai finishing
- c. Dapat dijadikan perbandingan untuk skripsi dimasa yang akan datang dengan merubah tipe strukturnya.

## **1.5 Batasan Masalah**

- a. Perancangan menggunakan software Etabs versi 2018 dan hasil perancangan menggunakan bantuan aplikasi autocad 2007
- b. Tidak menghitung anggaran biaya dan manajemen konstruksi
- c. Tidak menghitung struktur tangga dan lift.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Tujuan utama dari struktur adalah memberikan kekuatan pada suatu bangunan. Struktur bangunan dipengaruhi oleh beban mati (dead load) berupa berat sendiri, beban hidup (live load) berupa beban akibat penggunaan ruangan dan beban khusus seperti penurunan pondasi, tekanan tanah atau air, pengaruh temperatur dan beban akibat gempa.

Suatu beban yang bertambah dan berkurang menurut waktu secara berkala disebut beban bergoyang, beban ini sangat berbahaya apabila periode penggoyangannya berimpit dengan periode struktur dan apabila beban ini diterapkan pada struktur selama kurun waktu yang cukup lama, dapat menimbulkan lendutan. Lendutan yang melampaui batas yang direncanakan dapat merusak struktur bangunan tersebut.

Gempa bumi terjadi karena adanya kerusakan kerak bumi yang terjadi secara tiba-tiba yang umumnya diikuti dengan terjadinya patahan atau sesar (fault). Gaya ini dapat disebabkan oleh banyak hal, tetapi salah satu factor yang utama adalah benturan pergesekan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bumi. Lokasi terjadinya gesekan ini disebut fault-zones. Gaya yang berkaitan dengan benturan tersebut akan menjalar dalam bentuk gelombang. Gelombang ini menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya bergetar.

Material konstruksi yang populer saat ini adalah baja, material ini adalah komponen utama dari bangunan-bangunan di dunia, khususnya bangunan tinggi. Keunggulan konstruksi baja antara lain, mempunyai kekuatan yang tinggi, dan beberapa keuntungan lain pemakaian baja sebagai material konstruksi adalah kemudahan penyambungan antar elemen yang satu dan lainnya menggunakan alat sambung las atau baut. Langkah penyelesaian masalah, gambar perencanaan, menghitung pembebanan bagunan, menghitung beban gempa, analisa pembebanan, dan control stabilitas. (Agus, 2016).

Baja merupakan material yang memiliki kekuatan dan kekakuan yang tinggi, sehingga dapat memikul beban dengan baik dibandingkan dengan beton, juga baja memiliki keunggulan didalam pengerjaan yang lebih mudah dan cepat. Pada perencanaan ini langkah-langkah yang

dilakukan adalah dengan mempelajari gambar denah gedung, dari data tersebut didapat lokasi kolom dan bentang-bentang yang akan direncanakan, kemudian dilakukan pendimensian awal, setelah itu menghitung pembebanan struktur, kemudian melakukan analisa statika menggunakan bantuan software komputer, melakukan kontrol stabilitas dan penampang struktur utama, merencanakan sambungan, dan terakhir mengerjakan gambar struktur dan detail-detail dari hasil perencanaan. Dari hasil analisa dan perencanaan digunakan pelat lantai komposit dengan floor deck tipe Union W-1000. Balok, kolom, dan bresing menggunakan profil WF hot rolled yang ada dipasaran. (Julianto, 2017)

Struktur baja adalah bahan struktur modern yang biasa digunakan untuk kebutuhan membangun gedung dan jembatan. Seiring berkembangnya perubahan zaman dengan pertumbuhan sumber daya manusia terutama bertambahnya mahasiswa yang terus meningkat. Konstruksi baja digunakan karena pemasangan yang mudah dan memiliki kekuatan yang tinggi. (Renaldy, Warsito, Rachmawati, 2020)

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Bangunan Tahan Gempa**

Dalam perancangan struktur gedung terhadap pengaruh gempa rencana semua unsur struktur gedung, baik bagian dari subsistem struktur gedung maupun bagian dari sistem struktur gedung seperti rangka (portal), dinding geser, kolom balok, lantai, lantai tanpa balok (lantai cendawan) dan kombinasinya, harus diperhitungkan memikul pengaruh gempa rencana, sehingga struktur yang direncanakan tidak akan mengalami kerusakan pada waktu menahan beban gempa yang kecil atau sedang dan tidak akan mengalami keruntuhan yang fatal ketika terjadi gempa yang kuat. Struktur yang direncanakan harap mampu bertahan oleh beban bolak-balik memasuki perilaku inelastik tanpa mengurangi kekuatan yang berarti. Karena itu, selisih energi beban gempa harus mampu disebarkan dan di serap oleh struktur yang bersangkutan dalam bentuk kemampuan ini yang disebut sebagai kemampuan daktilitas struktur.

Daktilitas juga dapat diartikan kemampuan suatu struktur gedung yang mengalami simpangan pasca-elastik yang besar secara berulang kali di bolak-balik akibat gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang

cukup, sehingga struktur gedung tersebut tetap berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi ambang keruntuhan.

Perancangan bangunan gedung pada tugas akhir ini adalah stuktur yang dirancang mampu berperilaku daktail. Untuk mendapatkan suatu struktur yang mampu berperilaku dektail maka dalam skripsi ini perancangan struktur gedung “IGD Terpadu RSUD Provinsi NTB” dirancang dengan menggunakan struktur baja.

### **2.2.2 Perencanaan Struktur**

Perencanaan struktur dapat di definisikan sebagai campuran antara seni dan ilmu pengetahuan yang dikombinasikan dengan intuisi seorang ahli struktur mengenai perilaku struktur dengan dasar-dasar pengetahuan dalam statika, dinamika, mekanika bahan, dan analisa struktur, untuk menghasilkan suatu struktur yang ekonomis dan aman selama masa layan. Perencanaan itu sendiri adalah sebuah proses untuk mendapatkan suatu hasil optimum.

Prosedur perencanan struktur secara iterasi dapat dilakukan seperti berikut :

- 1) Perancangan, penetapan fungsi dari struktur
- 2) Penetapan konfigurasi struktur awal (preliminary) sesuai langkah 1 termasuk pemilihan jenis material yang digunakan
- 3) Penetapan beban kerja struktur
- 4) Pemilihan awal bentuk dan ukuran elemen struktur berdasarkan 1,2,3
- 5) Analisis struktur untuk memperoleh gaya-gaya dalam dan perpindahan elemen
- 6) Evaluasi, apakah perancangan sudah optimum sesuai yang diharapkan
- 7) Perancangan ulang langkah 1 hingga 6
- 8) Perencanaan akhir

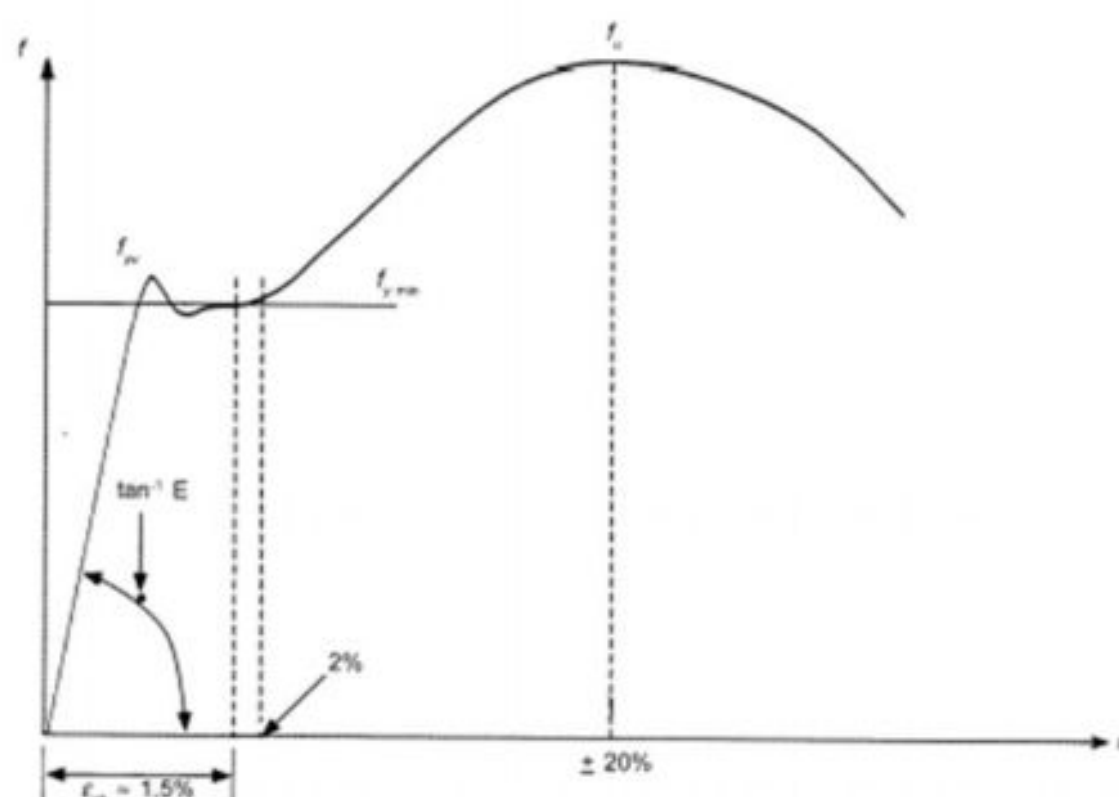
( *Sumber* : Dewo Broto, 2008 )

### 2.2.3 Pengertian Baja

Baja adalah material yang proses pembuatannya terdiri dari unsur-unsur kimiawi, yaitu besi atau logam sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Selain itu juga terdapat unsur-unsur kimiawi lainnya, Seperti sulfur, phosphor, mangan dan lain sebagainya. Kandungan unsur-unsur kimiawi pada baja akan mempengaruhi karakteristik dan juga kekuatan mutunya. Prosentasi kandungan karbon bisa mencapai 1.7 % atau 85 kali lipat dibanding kandungan karbon pada besi tempa. Proses pembuatannya dimulai dari pengumpulan material biji besi logam mutu tinggi kemudian dipanaskan pada suhu tinggi didalam tungku converter hingga menjadi cair, selanjutnya ditambahkan unsur karbon sebagai pengkristal dan membuat baja menjadi padat, hasil baja padat kemudian dibuat menjadi bentuk yang khas, batang (bloom), bulat (billet), dan pelat (slab).

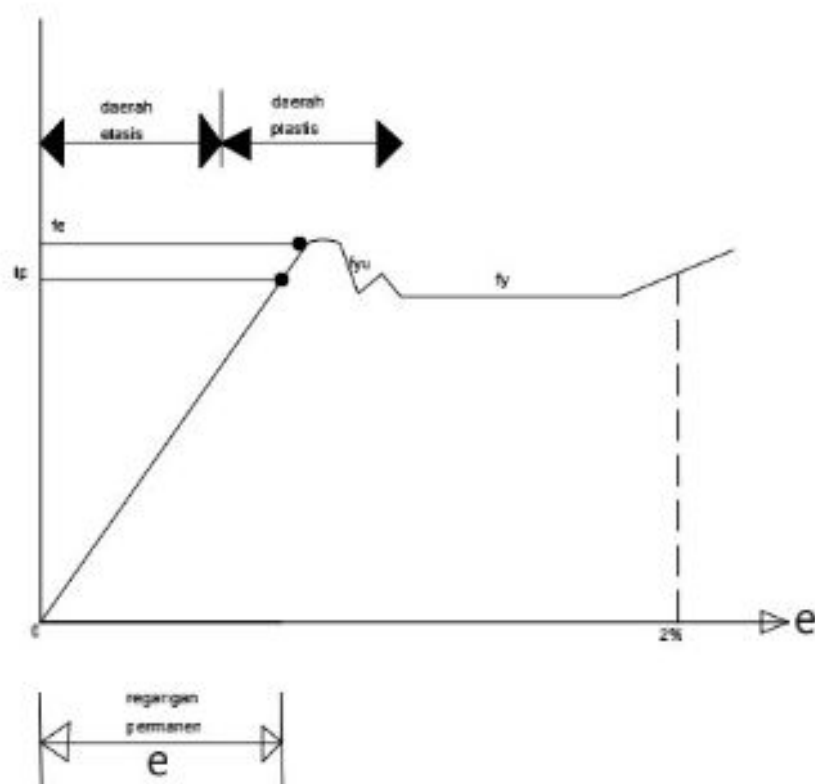
### 2.2.4 Sifat – Sifat Mekanika Baja

Untuk mengetahui sifat-sifat dari mekanik baja perlu dilakukan proses pengujian tarik pada benda uji baja. Uji Tarik dilakukan pada suhu kamar dengan memberikan laju regangan yang normal. Tegangan nominal ( $f$ ) yang terjadi dalam benda uji diplot pada sumbu vertical, sedangkan regangan ( $\epsilon$ ) yang merupakan perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang mula-mula ( $\Delta L/L$ ) diplot pada sumbu horizontal. Hubungan tegangan-regangan ditunjukkan pada gambar.



**Gambar 2.1** Kurva Hubungan Tegangan ( $f$ ) vs Regangan ( $\epsilon$ )

(Sumber : Agus Setiawan- perencanaan struktur baja dengan metode LRFD, 2008)



**Gambar 2.2** Bagian Kurva Tegangan-Regangan yang diperbesar

(Sumber : Agus Setiawan- perencanaan struktur baja dengan metode LRFD,2008)

Titik –titik penting dalam kurva tegangan-regangan antara lain adalah :

- $f_p$  : Batas proporsional
- $f_e$  : Batas elastis
- $f_{yu}, f_y$  : Tegangan leleh atas dan bawah
- $f_u$  : Tegangan putus
- $E_{sb}$  : Regangan saat mulai terjadi efek strain-hardening (penguatan regangan)
- $E_u$  : Regangan saat tercapainya tegangan putus

Titik-titik penting ini membagi kurva tegangan-regangan menjadi beberapa daerah sebagai berikut :

1. Daerah linier antara 0 dan  $f_y$ , dalam daerah ini berlaku hukum hooke, kemiringan dari bagian kurva yang lurus ini disebut sebagai modulus elastisitas atau modulus young,  $E = (f/\epsilon)$ .
2. Daerah elastis antara 0 dan  $f_e$ , pada daerah ini jika pada beban dihilangkan maka benda uji akan kembali ke bentuk semula atau dikatakan benda uji bersifat elastis.

3. Daerah plastis yang dibatasi regangan antara 2% hingga 1.2-1.5%, pada bagian ini regangan mengalami kenaikan akibat tegangan konstan sebesar  $f_y$ , daerah ini dapat menunjukkan pula tingkat daktilitas dari material baja tersebut. Pada baja mutu tinggi terdapat pula daerah plastis, namun pada daerah ini tegangan masih mengalami kenaikan. Karena itu jenis baja ini tidak mempunyai daerah plastis yang benar-benar datar sehingga tidak dapat dipakai dalam analisis plastis.
4. Daerah penguatan regangan (strain-hardening) antara  $\epsilon_{sb}$  dan  $\epsilon_u$ . Untuk regangan lebih besar dari 15 hingga 20 kali regangan elastis maksimum, tegangan kembali mengalami kenaikan namun kemiringan yang lebih kecil dari pada kemiringan daerah elastis. Daerah ini disebut daerah penguatan regangan (strain-hardening), yang berlanjut hingga, mencapai tegangan putus. Kemiringan daerah ini disebut modulus penguatan regangan ( $E_u$ ).  
(Agus Setiawan, 2008).

### **2.2.5 Penampang Profil Baja**

Penampang profil baja dengan cara penggilingan terbagi menjadi 2 bagian yaitu proses canai panas (hot-rolled) dan canai dingin (cold-rolled). Pada proses canai dingin dihasilkan produk yaitu baja ringan (cold form). Pada proses canai panas (hot-rolled) umumnya diperuntukkan pada bentuk profil baja yang relative tebal. Bentuk-bentuk profil baja diberi nama sesuai dengan desain standar yang dipilih.

### **2.2.6 Beban-Beban yang Bekerja**

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Penentuan secara pasti besarnya beban yang bekerja pada suatu struktur selama umur layannya merupakan salah satu pekerjaan yang cukup sulit, dan pada umumnya penentuan besarnya beban hanya merupakan suatu estimasi saja. Beban – beban yang bekerja pada struktur, pada umumnya dikelompokkan berdasarkan (SNI 1727 – 2020 ) beberapa jenis antara lain :

#### **2.2.6.1 Beban mati**

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek

dan system pengangkut material lainnya. Berat sendiri bahan bangunan pada tabel 2.1 Dan berat sendiri komponen gedung pada tabel 2.2

**Tabel 2.1** Berat sendiri bahan bangunan

NO	Bahan Bangunan	Beban	Satuan
1	Baja	7850	Kg/m <sup>2</sup>
2	Batu alam	2600	Kg/m <sup>2</sup>
3	Batu belah, Batu gunung, Batu bulat,(berat tumpuk)	1500	Kg/m <sup>2</sup>
4	Batu karang (berat tumpuk)	700	Kg/m <sup>2</sup>
5	Batu pecah	1450	Kg/m <sup>2</sup>
6	Besi tuang	7250	Kg/m <sup>2</sup>
7	Beton (1)	2200	Kg/m <sup>2</sup>
8	Beton bertulang (2)	2400	Kg/m <sup>2</sup>
9	Kayu (kelas I) (3)	1000	Kg/m <sup>2</sup>
10	Kerikil, koral,( kering udara lembab, tanpa ayak)	1650	Kg/m <sup>2</sup>
11	Pasangan batu merah	1700	Kg/m <sup>2</sup>
12	Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200	Kg/m <sup>2</sup>
13	Pasangan batu cetak	2200	Kg/m <sup>2</sup>
14	Pasangan batu kerang	1450	Kg/m <sup>2</sup>
15	Pasir (kering udara sampai lembab)	1600	Kg/m <sup>2</sup>
16	Pasir (jenuh air)	1800	Kg/m <sup>2</sup>
17	Pasir kerikil, koral ( kering udara sampai lembab)	1850	Kg/m <sup>2</sup>
18	Tanah lempung, lanau ( kering udara-lembab)	1700	Kg/m <sup>2</sup>
19	Tanah, lempung dan lanau (basah)	200	Kg/m <sup>2</sup>
20	Tanah hitam ( timbel)	11400	Kg/m <sup>2</sup>

(sumber : SKBI-1.3.53.1987) Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung



**Tabel 2.2** Berat sendiri komponen gedung

NO	Komponen Gedung	Beban	Satuan
1	Adukan per cm tebal		
	- Dari semen	21	Kg/m <sup>2</sup>
- Dari kapur, semen merah atau tras	17		
2	Aspal, termasuk bahan-bahan mineral, per cm tebal	14	Kg/m <sup>2</sup>
3	Dinding pasangan batu merah		Kg/m <sup>2</sup>
	- Satu Batu	450	
	- Setengah Batu	250	
4	Dinding pasangan batu merah		Kg/m <sup>2</sup>
	- Satu Batu		
	- Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200	
	- Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120	
	- Tanpa lubang		
	- Tebal dinding 15 cm	300	
	- Tebal dinding 10 cm	200	
5	Langit-langit dan dinding ( termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku). Terpadu dari:		Kg/m <sup>2</sup>
	- Semen asbes, tebal maksimum 4mm	11	
	- Kaca, dengan tebal 3-4 mm	10	
6	Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	40	Kg/m <sup>2</sup>
7	Penutup atap gentung dengan reng usuk/kaso per m2 bidang atap	50	Kg/m <sup>2</sup>
8	Penutup atap sirap dengan reng dan rusuk/kaso, per m2	40	Kg/m <sup>2</sup>
9	Penutup atap seng bergelombang (BWG24) tanpa gording	10	Kg/m <sup>2</sup>
10	Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso, dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24	Kg/m <sup>2</sup>
11	Seeng asbes gelombang (tebal 5 mm)	11	Kg/m <sup>2</sup>

(Sumber: SKBI-1.3.53.1987 Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung)

### 2.2.6.2 Beban hidup

Beban hidup adalah beban-beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati.

**Tabel 2.3** Beban hidup terdistribusi merata minimum, Lo dan beban hidup terpuast

minimum

<b>Hunian dan Penggunaan</b>	<b>Beban merata</b>	
<b>Apartemen/Rumah tinggal</b>		
- Semua ruang kecuali tangga dan balkon	1,92	
- Tangga rumah tinggal	1,92	
<b>Kantor</b>		
- Ruang kantor	2,4	8,9
- Rang computer	4,79	8,9
- Lobi koridor lantai pertama	4,79	
- Koridor diatas lantai pertama	3,83	
<b>Ruang Pertemuan</b>		1,33
- Lobi	4,79	
- Kursi dapat dipindahkan	4,79	
- Panggung pertemuan	4,79	
- Balkon dan Dek	4,79	
- 1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani jalur akses pemeliharaan	1,92	
<b>Koridor</b>		
- Koridor lantai pertama	4,79	
- Koridor lantai lain sama seperti pelayanan hunian	4,79	
<b>Ruang makan dan Restoran</b>	4,79	
<b>Rumah Sakit</b>		
- Ruang operasi, Laboratorium	2,87	4,45
- Ruang Pasien	1,92	4,45
- Koridor diatas lantai pertama	3,83	4,45
<b>Perpustakaan</b>		
- Ruang baca	2,87	4,45
- Ruang Penyimpanan	7,18	4,45
- Koridor diatas lantai pertama	3,83	4,45
<b>Perpustakaan</b>		

- Ruang baca	2,87	4,45
- Ruang Penyimpanan	7,18	4,45
- Koridor diatas lantai pertama	3,83	4,45
<b>Pabrik</b>		
- Ringan	6,00	8,90
- Berat	11,97	13,40
<b>Gedung Perkantoran</b>		
Ruang arsip dan computer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
- Lobi dan koridor	4,79	8,9
- Kantor	2,40	8,9
- Koridor diatas lantai pertama	3,83	8,9
<b>Lembaga Hukum</b>		
- Balok sel	1,92	
- Koridor	4,79	
<b>Tempat rekreasi</b>		
- Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama	3,59	
- Ballroom dan ruang dansa	4,79	
- Gimnasium	4,79	
	4,79	
<b>Sekolah</b>		
- Ruang kelas	1,92	4,5
- Koridor lantai pertama	4,79	4,5
- Koridor diatas lantai pertama	3,83	4,5
- Tangga dan jalan keluar	4,79	
<b>Gudang penyimpanan barang</b>		
- Ringan	6,00	
- Berat	11,97	
<b>Atap</b>		
- Atap datar, berhubungan dan lengkung	0,96	
- Atap digunakan untuk taman atap	4,79	
	4,79	

- Atap yang digunakan untuk tujuan lain sama seperti hunian dilayani	0,96	
- Semua konstruksi lainnya		
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung pekerjaan lantai		8,9
Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, Gudang, dan perbaiki garasi		1,33
- Semua komponen struktur atap utama lainnya		1,33
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		
<b>Toko Eceran</b>		
- Lantai pertama	4,79	4,45
- Lantai diatasnya	3,59	4,45

(Sumber: SNI-1727:2020) *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*

### 2.2.6.3 Beban gempa

Beban gempa adalah semua beban yang timbul akibat getaran di atas permukaan tanah saat terjadi gempa. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%.

#### a. Kategori Resiko

Untuk berbagai kategori resiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 2.4 berpengaruh terhadap gempa rencana harus dikalikan dengan factor keutamaan  $I_e$  menurut Tabel 2.4 Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut didesain sesuai dengan kategori IV.

**Tabel 2.4** Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori resiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	<p><b>I</b></p>
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori resiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ Mall</li> <li>- Bangunan industry</li> <li>- Fasilitas Manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	<p><b>II</b></p>
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas Kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar</p>	

<p>dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori IV, (termasuk, tapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan dan tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahanya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran</p>	<b>III</b>
<p>Gedung dan non gedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-banguna monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan</li> <li>- Rumah ibadah</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas Kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk Menara komunikasi, tangka penyimpanan bahan bakar, Menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangka pemadam kebakaran atau rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam</li> </ul>	<b>IV</b>

kebakaran) yang diisyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat	
---	--

(Sumber: SNI-1726:2019) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

**Tabel 2.5** Faktor keutamaan gedung (Ie)

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa (Ie)
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,5

(Sumber: SNI-1726:2019) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

**Tabel 2.6** Kelas situs tanah

Kelas Situs	Vs (m/dt)	N atau Nch	Su (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (Batuan)	750s/d 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 s/d 750	>50	>= 100
SD (tanah sedang)	175 s/d 350	15 s/d 50	50 s/d 100
SE (tanah Lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut:		
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, PI &gt;20</li> <li>2. Kadar air, w &gt;=40%</li> <li>3. Kuat geser niralir Su &lt;25 kPa</li> </ol>		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik situs)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteritik berikut:		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitive, tanah besementasi lemah</li> <li>- Lempung sangat organic dan/atau gambut (ketebalan &gt;3 m)</li> <li>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan H &gt; 7,5 m dengan indeks plastisitas PI &gt; 75</li> </ul>		

	- Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan ( $S_u < 50$ kPa)
--	---

Catatan: N/A = tidak dapat dipakai

(Sumber: SNI-1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung)

#### **b. Parameter percepatan terpetakan**

Parameter  $S_s$  (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing respon spectral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismic pada pasal diatas dengan kemungkinan 2% terlampaui dalam 50 tahun (MCER, 2% dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bilangan decimal terhadap percepatan gravitasi. Bila  $S_1 \leq 0,004$  g dan  $S_s \geq 0,15$ , maka struktur bangunan boleh dimasukkan kedalam kategori desain seismic A, dan cukup memenuhi dalam persyaratan pasal 6.6, yaitu bangunan gedung dan non gedung dengan kategori desain seismic A hanya perlu memenuhi ketentuan-ketentuan dibawah ini. Elemen non struktural dalam kategori desain seismic A dibebaskan dari ketentuan-ketentuan desain seismic.

#### **c. Klasifikasi Situs**

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasikan sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE atau SF yang mengikuti, bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situs-nya, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah/ dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs lainnya. Jika penyelidikan tanah yang dilakukan sesuai dengan kondisi batuan yang konsisten dengan kelas situs Sb, tetapi tidak dilakukan sesuai dengan kondisi batuan yang konsisten dengan kelas situs Sb, tetapi tidak dilakukan pengukuran kecepatan gelombang geser situs-spesifik, maka koefisien situs  $F_a$ ,  $F_v$ , dan  $F_{PGA}$  harus diambil sebesar 1,0. Profil tanah di situs harus diklasifikasi sesuai dengan tabel 2.6.

#### **d. Menentukan koefisien-koefisien situs dan parameter-parameter respons spectral percepatan gempa maksimum yang di pertimbangan resiko-tertarget (MCER)**

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismic pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_v$ ). Parameter



respons spektral percepatan pada periode pendek (SMS) dan periode 1 detik (SM1) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$SMS = Fa \cdot Ss \quad (2-1)$$

$$SM1 = Fv \cdot S1 \quad (2-2)$$

Dimana:

Ss = Parameter respons spektral percepatan gempa MCER untuk periode pendek;

S1 = Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk perioda 1,0 detik.

Sedangkan koefisien (Fa) dan (Fv) mengikuti Tabel 2.7 dan Tabel 2.8

#### e. Menentukan parameter percepatan spektra desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, SDS dan pada periode 1 detik SD1, harus ditentukan melalui persamaan (2-3) dan persamaan (2-4)

$$SDs = 2/3 \cdot SMS \quad (2-3)$$

$$SD1 = 2/3 \cdot SM1 \quad (2-4)$$

Dimana:

SDs = Parameter percepatan respons spektral pada periode pendek, redaman 5%

SD1 = Periode getar fundamental struktur periode getar fundamental struktur, redaman 5%

**Tabel 2.7** Koefisien situs, Fa

Kelas situs	Parameter percepatan spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, T = 0,2 detik, Ss					
	Ss ≤ 0,25	Ss = 0,5	Ss = 0,75	Ss = 1,0	Ss = 1,25	Ss = 1,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS <sup>(a)</sup>					

(Sumber: SNI-1726:2019) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung

(a) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs spesifik.

**Tabel 2.8** Koefisien situs,  $F_v$

Kelas situs	Parameter percepatan spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko - tertarget (MCER) terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$					
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s = 0,4$	$S_s = 0,5$	$S_s \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SE	SS (a)					

(Sumber: SNI-1726:2019) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung.

Catatan:

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dan  $S_1$  dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs spesifik, lihat (SNI 1726:2019).

**f. Menentukan spektrum respons desain**

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu gambar 2.3 Dan mengikuti ketentuan dibawah ini:

- a) Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spectrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan (2-5)

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad T > T_0 \quad (2-5)$$

- b) Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$  sama dengan SDS  $T_0 \leq T \leq T_s \rightarrow S_a = S_{DS}$

- c) Untuk periode lebih besar dari  $T_s$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{SD1}{T} \quad T > T_s ; S_a = \frac{S_{DS}}{T} \quad (2-6)$$

- d) Untuk periode lebih besar dari  $T_L$ , respon spektral percepatan desain,  $S_a$ , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{SD_1 T_L}{T^2} \quad (2-7)$$

Dimana:

$S_{DS}$  = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

$S_{D1}$  = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

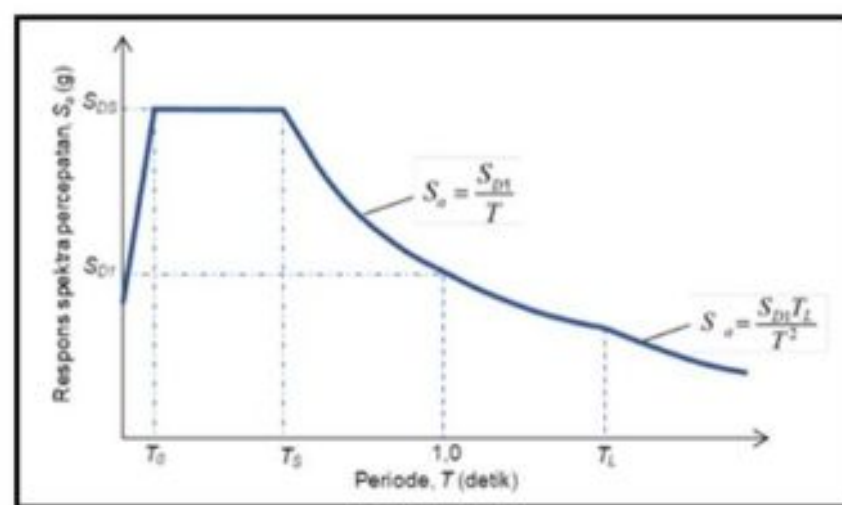
$T$  = Periode getar fundamental struktur untuk parameter periode respons ditentukan melalui persamaan (2-8) dan persamaan (2-9)

$$T_0 = 0,2 \frac{SD_1}{SDS} \quad (2-8)$$

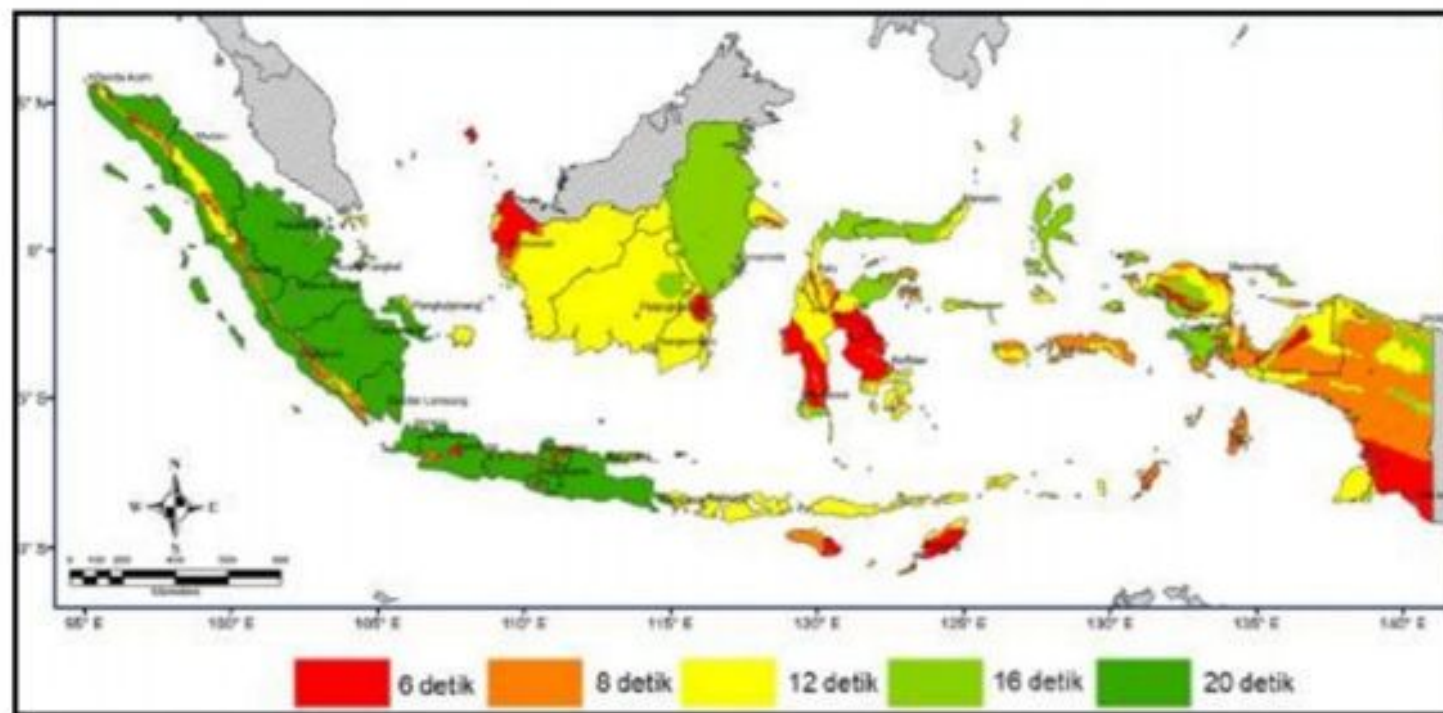
$$T_s = \frac{DD_1}{SDS} \quad (2-9)$$

$T_L$  = peta transisi periode panjang yang ditunjukkan pada gambar 2.4 Yang nilainya diambil dari Gambar 2.3

Kemudian data - data yang didapat dari rumusan diatas diplot kedalam kurva respon spektrum desain seperti gambar



**Gambar 2.3** Grafik Spektrum respon desain (Sumber: 1726:2019)



**Gambar 2.4** Peta transisi Panjang,  $T_L$  (Sumber : 1726:2019)

#### e) Kategori Desain Seismic

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang mengikut pasal ini. Struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik,  $S_1$ , lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi dimana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada periode 1 detik,  $S_1$ , lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F. Semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismik-nya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya, SDS dan SD1, masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan kedalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada tabel 2.9 dan tabel 2.10, terlepas dari nilai periode fundamental getaran struktur,  $T$ .

Apabila  $S_1$  lebih kecil dari 0,75, kategori desain seismik diizinkan untuk ditentukan sesuai tabel 2.9 Saja, dimana berlaku semua ketentuan dibawah:

1. Pada masing-masing dua arah orthogonal, perkiraan periode fundamental struktur  $T_a$ , adalah kurang dari 0,8  $T_s$ , dimana  $T_s$  ditentukan sesuai dengan persamaan (2- 9)
2. Pada masing-masing dua arah orthogonal, periode fundamental struktur yang digunakan untuk menghitung simpangan antar tingkat adalah kurang dari  $T_a$ .
3. Persamaan (2 - 11) digunakan untuk menentukan koefisien respons seismik,  $C_s$ .

4. Diafragma structural adalah kaku, untuk diafragma yang fleksibel, jarak antara elemen-elemen vertical pemikul gaya seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek.

**Tabel 2. 9** Kategori resiko desain seismic berdasarkan parameter respon percepatan pada perioda pendek

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

(Sumber: SNI-1726:2019) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung

**Tabel 2.10** Kategori desain seismic berdasarkan parameter respon percepatan pada perioda 1 detail

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

(Sumber: SNI-1726:2019) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung

**f) Pemilihan system struktur dan parameter system (R, Cd,  $\Omega_0$ )**

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertical dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan dalam Tabel 2.11 . Pembagian setiap tipe berdasarkan pada elemen vertical yang digunakan untuk menahan gaya gempa lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem dan batasan ketinggian struktur yang ditunjukkan dalam tabel 2.11 . Koefisien modifikasi respons yang sesuai, R, factor kuat lebih sistem,  $\Omega_0$ , dan koefisien amplifikasi defleksi, Cd, sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2.11 Harus

digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar lantai tingkat desain.

**Tabel 2.11** Sistem penahan gaya seismik pada sistem rangka baja pemikul momen

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi respons	Faktor kuat lebih sistem	Faktor pembesaran defleksi	Batasan sistem dan tinggi struktur $h_n(m)^c$ kategori desain				
				B	C	D	E <sup>d</sup>	F <sup>e</sup>
Sistem Rangka Pemikul Momen (Komposit Baja Beton)								
SRPMK	8	3	5.5	TB	TB	TB	TB	TB
SRPMM	5	3	5.5	TB	TB	TI	TI	TI
SRPMTPPM	6	3	5.5	48	48	30	TI	TI
SRPMBB	3	3	5.5	TB	TB	TI	TI	TI

(Sumber: SNI-1726:2019) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung

TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Diizinkan.

Pasal 7.2.5.4 batas ketinggian dalam Tabel 2.11 yang diizinkan dari 48 m menjadi 75 m untuk struktur yang desain dengan kategori desain seismik D atau E, dan dari 30 m menjadi 48 m untuk struktur yang didesain kategori seismic F.

#### g. Periode fundamental pendekatan

Perioda fundamental pendekatan ( $T_a$ ), harus ditentukan dalam persamaan berikut:

$$T_a = C_1 \cdot h_n^x \quad (2-10)$$

Dimana:

$h_n$  = Ketinggian struktur diatas dasar sampai akhir tingkat tertinggi struktur

$C_1, X$  = Ditentukan dari tabel

**Tabel 2.12** Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

Parameter percepatan respon spektra desain pada perioda 1 detik, $S_{DS}$	Koefisien $C_u$
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber: SNI-1726:2019) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung

**Tabel 2.13** Nilai parameter perioda pendekatan  $C_i$  dan  $x$

Tipe Struktur	$C_i$	$X$
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100% gaya seismic yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismic:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bressing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bressing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

(Sumber: SNI-1726:2019) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

Berdasarkan tabel diatas untuk perencanaan gedung rumah sakit ini menggunakan  $T = 0,0724$  0,8 (Rangka Baja Pemikul Momen).

#### h. Gaya geser dasar (V)

Gaya geser dasar seismic  $V$  dalam arah yang ditetapkan harus dihitung sesuai dengan pasal 7.8.1 SNI 1726:2019 sebagai berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R} \quad (2-11)$$

Nilai  $C_s$  yang dihitung sesuai dengan persamaan (2- 11) tidak boleh melebihi berikut in:

Untuk  $T \leq T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left( \frac{R}{I_e} \right)} \quad (2-12)$$

Untuk  $T \geq T_L$

$$C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left( \frac{R}{I_e} \right)} \quad (2-13)$$

$C_s$  harus tidak kurang dari:

$$C_s = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e \geq 0,01 \quad (2-14)$$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi dimana  $S_1$  sama atau lebih besar dari  $0,6g$  maka  $C_s$  harus tidak kurang dari:

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left( \frac{R}{I_e} \right)} \quad (2-15)$$

Dimana :

V = Gaya geser dasar

Wt = Berat seismic efektif

$C_s$  = Koefisien respons seismic

$I_e$  = Faktor keutamaan gempa

R = Faktor modifikasi respons

$S_{DS}$  = Parameter percepatan respons spektral pada perioda pendek

T = Perioda getar fundamental struktur

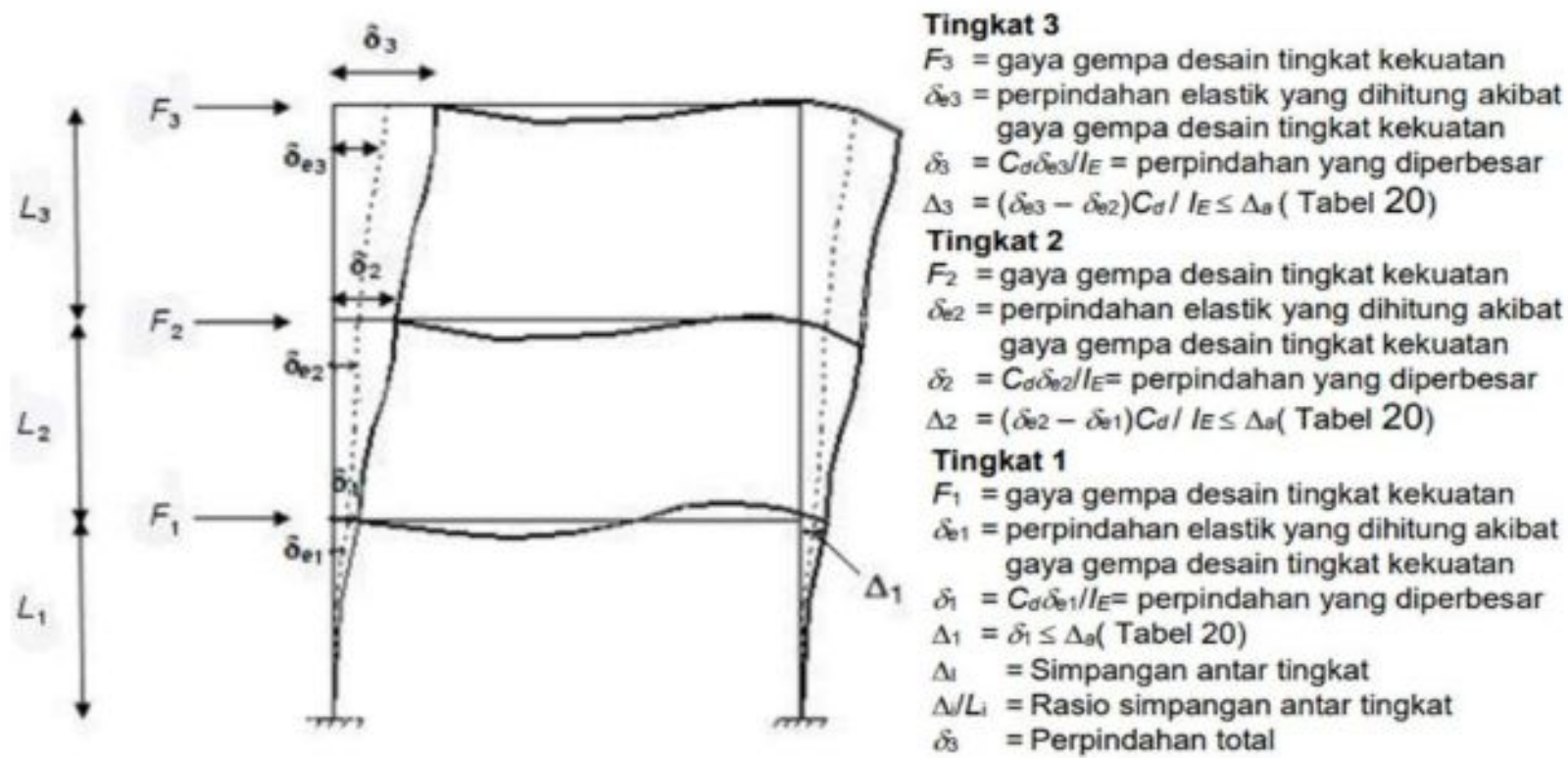
$T_L$  = Peta transisi periode panjang

$S_{D1}$  = Parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

#### i. Batas Simpangan

Penentuan simpangan antar tingkat desain ( $\Delta_s$ ) harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat masa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau lihat Gambar 2.5. Apabila pusat massa tidak segaris dalam arah vertikal, diizinkan untuk menghitung simpangan di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat masa tingkat di atasnya. Jika desain tegangan izin digunakan ( $\Delta_s$ ) harus dihitung menggunakan gaya seismic desain yang ditetapkan tanpa reduksi untuk desain tegangan izin. Simpangan antar lantai tingkat desain ( $\Delta_s$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta_s$ ) seperti didapatkan dari Tabel 2.14 untuk semua tingkat





**Gambar 2.5** Penentuan simpangan antar lantai (Sumber : SNI 1726:2019)

Defleksi pusat massa ditingkat  $x$  ( $\delta_x$ ) harus ditentukan sesuai dengan persamaan (2-16) sebagai berikut

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (2-16)$$

Dimana:

$C_d$  = Faktor pembesaran simpangan lateral, dirangkum pada Tabel 2.11

$I_e$  = Faktor keamanan gempa, di Tabel 2.14

$\delta_{xe}$  = Defleksi yang ditentukan dengan menggunakan gaya seismic desain

**Tabel 2.14** Simpangan antar lantai ijin  $\Delta_{a,b}$

Struktur	Kategori Resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding exterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 $h_{sx}$	0,020 $h_{sx}$	0,015 $h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010 $h_{sx}$	0,010 $h_{sx}$	0,010 $h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 $h_{sx}$	0,007 $h_{sx}$	0,007 $h_{sx}$
Semua struktur lainnya	0,020 $h_{sx}$	0,015 $h_{sx}$	0,010 $h_{sx}$

$h_{sx}$  adalah tingkat di bawah tingkat  $x$

(Sumber: SNI-1726:2019) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

#### j. Pengaruh P-Delta

Pengaruh P-delta pada geser tingkat dan momen, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar tingkat yang diakibatkannya tidak perlu diperhitungkan bila koefisien stabilitas seperti ditentukan oleh persamaan berikut sama dengan atau kurang dari 0,10:

$$C_u T_a \leq 0.1 \quad (2.17)$$

#### k. Skala Gaya

Apabila perioda fundamental hasil analisis yang dihitung melebihi  $C_u T_a$  pada suatu arah tertentu maka perioda struktur  $T$  harus diambil sebesar  $C_u T_a$ . Apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam ( $V_1$ ) kurang dari 100% dari gaya geser ( $V$ ) yang harus dihitung melalui metode static ekuivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan persamaan (2-18)

$$\frac{V}{V_t} \quad (2.18)$$

Dimana :

$V$  = Geser dasar prosedur gaya lateral ekuivalen

$V_t$  = Geser dasar dari kombinasi ragam yang disyaratkan

#### l. Distribusi vertikal gaya gempa

Gaya gempa lateral ( $F_x$ ) yang diambil disemua tingkat harus ditentukan dari persamaan (2-19) dan persamaan (2-20)

$$F_x = C V_x V \quad (2-19)$$

$$C V_x = \frac{W_x \cdot h_{xk}}{\sum W_i \cdot h_{ik}} V \quad (2-20)$$

Dimana:

$C V_x$  = Faktor distribusi vertikal

$V$  = Gaya lateral atau geser didasar struktur (kN)

$W_{ix}$  = Tinggi berat seismik efektif total struktur ( $W$ ) yang ditempatkan atau dikenalkan pada tingkat  $I$  dan  $x$

$h_i, h_x$  = Tinggi dari dasar sampai tingkat  $I$  atau  $x$  (m)

- k = Eksponen yang terkait dengan perioda struktur dengan nilai sebagai berikut
- Untuk struktur dengan  $T \leq 0,5$  detik,  $k = 1$
  - Untuk struktur dengan  $T \geq 2,5$  detik,  $k = 2$
  - Untuk struktur dengan  $0,5 < T < 2,5$  detik,  $k = 2$  atau ditentukan dengan interpolasi

### 2.2.7 Peraturan Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung

Spesifikasi untuk bangunan gedung baja structural (Standar Nasional Indonesia 1729, SNI 1729), selanjutnya disebut sebagai standar, harus digunakan untuk mendesain, pabrikasi, dan ereksi pada system baja structural atau system dengan baja structural yang bekerja secara komposit dengan beton bertulang, dengan elemen baja didefinisikan pada pasal 2.1 ANSI/AISC 303, Pelaksanaan Bangunan Gedung dan Jembatan Baja, yang selanjutnya disebut ANSI/AISC 303. Standar ini memberikan kriteria untuk desain, pabrikasi dan ereksi bangunan gedung baja structural dan struktur lainnya, yang mana struktur lainnya didefinisikan sebagai struktur yang didesain, dipabrikasi, dan diereksi dengan cara yang sama pada bangunan gedung, dengan bangunan gedung seperti elemen penahan beban vertical dan elemenn penahan beban lateral.

#### 2.2.7.1 Material

Material yang digunakan harus memenuhi persyaratan minimum, diatur sesuai SNI 1729-2020 : pasal A.1 ( material baja structural ).

Untuk perencanaan baik tegangan leleh ( $f_y$ ) dan tegangan putus ( $f_u$ ) tidak boleh melebihi nilai yang diberikan pada tabel sifat-sifat mekanis baja structural untuk perencanaan ditetapkan sebagai berikut :

- Modulus elastisitas :  $E = 200.000 \text{ MPa}$
- Modulus geser :  $G = 80.000 \text{ MPa}$
- Koefisien pemuaian :  $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

Berikut table sifat mekanis baja structural :

**Table 2.15** Sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum, $f_u$ (MPa)	Tegangan Putus Minimum, $f_y$ (MPa)	Peregangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	510	410	13

### 2.2.7.2 Ketentuan Umum

#### a) Persyaratan Desain

Persyaratan umum untuk analisis dan desain structural baja yang berlaku diatur sesuai SNI 1729-2020 Pasal B1 ( ketentuan umum )

Desain komponen struktur dan sambungan harus konsisten dengan perilaku yang dikehendaki pada system rangka dan asumsi yang digunakan dalam analisis struktur .

#### b) Sistem Struktur

Sistem Rangka Pemikul Momen (SPRM) adalah sistem rangka ruang dimana komponen-komponen struktur balok, kolom dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Sistem pemikul momen dapat dibagi menjadi:

- 1) Sistem rangka pemikul momen biasa (SPRMB) atau *ordinary moment resisting frame (OMRF)*. Sistem rangka ini memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan didaerah dengan resiko gempa yang rendah (zona 1 dan 2).
- 2) Sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM) atau *Intermediate Moment Resisting Frame (IMRF)*. Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas sedang dan dapat digunakan didaerah dengan zona gempa 1 hingga zona 4.

3) Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) atau *special momen resisting frame (SMRF)*.

Jenis sistem rangka ini didesain untuk bekerja secara inelastis penuh. Oleh karena itu pada bagian yang akan mengalami sendi-plastis perlu disiapkan secara khusus. Sistem ini mempunyai kemampuan menyerap energi yang baik, tetapi menyebabkan simpangan antar lantai yang cukup besar agar timbul sendi-sendi plastis pada balok yang akan berfungsi untuk menyerap energi gempa.

Pada perancangan gedung rumah sakit ini akan dirancang menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) karena wilayah bangunan termasuk wilayah yang memiliki resiko gempa tinggi.

### 2.2.7.3 Beban dan Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1729-2020 beban, beban nominal dan kombinasi beban harus sesuai dengan yang ditetapkan dalam peraturan bangunan gedung yang berlaku. Bila peraturan tersebut tidak ada beban, beban nominal dan kombinasi beban harus diambil seperti yang ditetapkan dalam ASCE/SEI 7 ( SNI 1727-2020) .

a) Berdasarkan SNI 1726:2019 kombinasi struktur atas (pasal 4.2.21)

1.  $1,4 DL$  (2-21)
2.  $1,2 DL + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$  (2-22)
3.  $1,2 DL + 1,6 (Lr \text{ atau } R ) + (L \text{ atau } 0,5w)$  (2-23)
4.  $1,2 DL + 1,0 WL + LL + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$  (2-24)
5.  $0,9 D + 1,0 WL$  (2-25)
6.  $1,2 DL + E_v + E_h + LL + 1,0 N$  (2-26)
7.  $0,9 DL - E_v + E_h + 1,0 N$  (2-27)

b) Berdasarkan SNI 1726:2019 kombinasi struktur bawah (pasal 4.2.3.1)

1.  $DL$  (2-28)
2.  $DL+LL$  (2-29)
3.  $DL + 1,0 (L_r)$  (2-30)
4.  $D1 + 0,75 LL + 0,75 L_r$  (2-31)
5.  $D1 + 0,6 W$  (2-32)
6.  $D1 + 0,75 (0,6 WL) + 0,75 LL + 0,75$  (2-33)
7.  $0,6DL + 0,6 WL$  (2-34)

$$8. 1,0 D1 + 0,7 E_v + 0,7 E_h \quad (2-35)$$

$$9. 1,0 DL + 0,525 E_v + 0,525 E_h + 0,7 LL \quad (2-36)$$

$$10. 0,6 DL + 0,7 E_v + 0,7 E_h \quad (2-37)$$

Keterangan:

DL = Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen

LL = Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung

Lr = Beban bidu ( yang diakibatkan oleh pembebanan atap

R = Beban hujan

WL = Beban angin

E = Beban gempa

S = Beban salju

N = Beban National

Untuk beban salju (S) tidak diperhitungkan karena NTB tidak ada salju sedangkan beban gempa (E) dianggap bekerja 100% pada sumbu utama bersamaan dengan 30% pada daerah lurus sumbu utama. Maka kombinasi beba diatas dapat dijabarkan sebagai berikut:

Berdasarkan SNI 1729:2019 Pasal 7.4.2 pengaruh beban gempa seismic E harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

a) Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 7 pengaruh beban gempa E, maka beban seismic yang harus digunakan adalah:

$$E = E_h + E_v \quad (2-38)$$

b) Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 7 pengaruh beban gempa E, harus ditentukan sesua dengan persamaan (2-25) berikut:

c) Pengaruh beban gempa horizontal (Eh) dan gempa vertikal (Ev) harus ditentukan sebagai berikut:

$$E_h = P_{qe} \quad (2-39)$$

$$E_v = 0,2 S_{Ds} D \quad (2-40)$$

d) Sehingga beban gempa yang digunakan untuk desain kekuatan adalah sebagai berikut:

$$6 = (1,2 + 0,2 S_{Ds})D + \rho QE + L \quad (2-41)$$

$$7 = (0,9 + 0,2 S_{Ds})D + \rho QE \quad (2-42)$$

Pada pasal 7.3.4.2.SNI 1726:2019 menyatakan struktur dengan kategori desain seismic D yang memiliki ketidak beraturan torsi harus dikalikan dengan factor redundansi,  $\rho$ , sebesar 1,3 dan  $S_{Ds}$  yang didapat dari parameter spektra gempa sebesar 0,741 (g).

Beban national merupakan beban lateral khusus pada struktur baja yang diberikan pada titik modal disemua level. Penerapan beban national berdasarkan SNI-1729:2019 Pasal C termasuk kedalam kombinasi beban lateral dengan arah mengikuti penerapan gempa.

Dimana:

$P$  = Faktor redundansi ( $\rho = 1,3$ )

$QE$  = Pengaruh gaya gempa horizontal (Statik dan dinamik)

$S_{dS}$  = Parameter percepatan respon spektral pada periode pendek dengan redaman 5% ( $S_{Ds} = 0,7376$ )

## 2.2.8 Perencanaan Komponen Struktur Baja

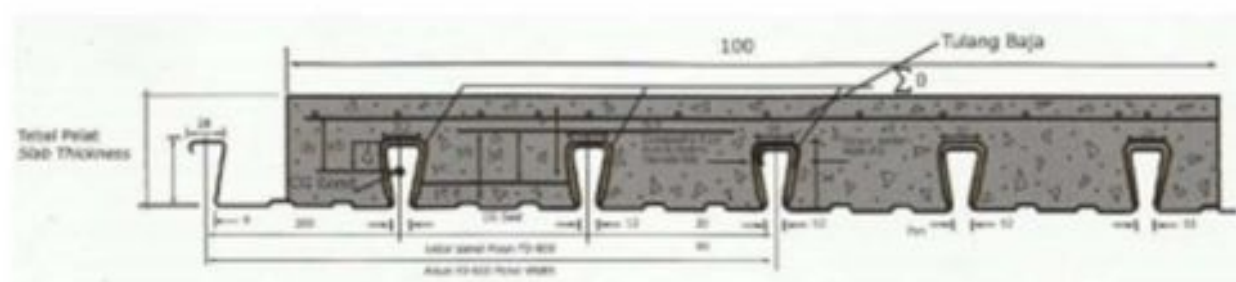
### 2.2.8.1 Perencanaan Pelat Lantai Komposit

Pelat lantai merupakan bagian dari struktur yang berbentuk bidang datar. Bidang datar tersebut berfungsi untuk lantai bangunan yang menerima beban baik beban hidup maupun beban mati. Pelat lantai komposit adalah sistem pelat lantai yang terdiri dari lembaran tipis baja berprofil atau bergelombang yang dikombinasikan dengan campuran beton. Perkembangan struktur komposit juga dimulai dengan digunakannya dek baja gelombang, yang selain berfungsi sebagai bekisting saat pelat beton dicetak, juga berfungsi sebagai tulangan positif bagi pelat beton. Tetapi yang perlu kita ketahui, bahwa tidak semua dek baja dapat memberikan aksi komposit dengan campuran beton, hal ini dapat dilihat pada bentuk penampangnya yang bersifat mengikat beton atau tidak.

Konsep balok yang memanfaatkan dua bahan material berbeda, yaitu pelat beton bertulang dan profil baja, sehingga keduanya bekerja sebagai satu kesatuan disebut balok komposit.



**Gambar 2.6** Pelat Baja Bergelombang



**Gambar 2.7** Penampang Pelat Lantai Komposit

Menghitung jarak (d)

$$d = h - \frac{1}{2}h_r \quad (2-43)$$



menghitung tinggi neton ( $h_c$ )

$$h_c = h - h_{cr} \quad (2-44)$$

Menghitung jarak dari pelat atas ke sumbu netral bagian retak ( $Y_{cc}$ )

$$Y_{cc} = d \times \sqrt{2pn + (pn)^2} < hc \quad (2-45)$$

$$Y_{cs} = d - Y_{cc} \quad (2-46)$$

Menghitung rasio modular

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad (2-47)$$

Menghitung momen inersia ( $I_c$ )

$$I_c = \frac{b}{3 \times h} \cdot Y_{cc}^3 + A_g \cdot Y_{cc}^2 = I_{sf} \quad (2-48)$$

Menghitung Flextural Strenght

$$M_y = \frac{f_y \cdot I_c}{h - Y_{cc}} \quad (2-49)$$

Dimana :

$h_c$  = Kedalaman beton diatas deck baja dalam (mm)

$Y_{cc}$  = Jarak dari pelat atas ke sumbu netral bagian retak (mm)

$W_c$  = Berat satuan beton ( $kg/m^3$ )

$n$  = Rasio Modular

$E_s$  = 200000 MPa

$E_c$  = Modulus elastisitas konsentrasi

$F_c$  = Kekuatan beton (MPa)

$A_s$  = Luas deck baja per unit ( $\text{mm}^2$ )

$I_{sf}$  = Momen inersia deck baja penuh per unit ( $\text{mm}^2$ )

$F_y$  = Tegangan ringan dari deck baja (MPa)

$I_{cr}$  = Momen Inersia retak ( $\text{mm}^2$ )

$h$  = Kedalaman lempengan (mm)

$\phi$  = 0,85

Kelebihan dari penggunaan pelat bondek:

- a) Penggunaan bondek sebagai material pelapis cor beton, tidak perlu dibuka atau dilepas setelah cor beton mengering
- b) Dapat menghemat waktu pengerjaan pembuatan bekisting
- c) Mempercepat pekerjaan cor dak, dan hasil cor akan terlihat lebih rapi dan tidak ada keluhan cor plat beton bocor karena bondek begitu rapat dan anti bocor
- d) Mengurangi jumlah perancah atau penyangga dan ini lebih hemat dibandingkan dengan penggunaan bekisting kayu atau triplek
- e) Cara pemasangan bondek dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu pertama balok lantai dicor bersamaan dengan pelat lantai

Kekurangan dari penggunaan pelat bondek:

- a) Pelat bondek agak sulit dipotong
- b) Pemasangan bondek harus dilakukan oleh tenaga ahli yang telah berpengalaman
- c) Dalam proses pemasangan sambungan antara sisi bondek harus menggunakan las listrik guna menguatkan sambungan
- d) Aplikasi bondek harus menggunakan pemompa balok jika dipasang secara terpisah

### 2.2.8.2 Perencanaan *Wiremesh*

*Wiremesh* merupakan material jaringan kawat baja pengganti tulangan pada pelat yang fungsinya sama dengan tulangan dari segi pemasangan lebih praktis dan murah dibandingkan dengan tulangan konvensional. Keuntungan utama dalam menggunakan jaringan kawat baja adalah mutunya yang tinggi dan konsisten yang terjamin bagi perencana, pemilik dan pemborong.

Penggunaan tulangan baja ini dimaksudkan untuk memperbesar kuat lentur pelat karena kawat baja ini mempunyai kuat tarik yang tinggi dan berbentuk seperti jala yang sangat memudahkan pada saat pemasangan.

Selain itu *wiremesh* juga memiliki ukuran diameter besi dan jarak atau spasi antar besi lainnya yang beragam. Dimana dalam perencanaan dan desain atau perhitungan konversi dari tulangan biasa ke *wiremesh* untuk menentukan diameter dan pada jarak beberapa kawat akan dipakai. Dapat dihitung dengan trial seperti persamaan berikut:

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \left(\frac{1000}{s}\right) \quad (2-50)$$

$$A_{s \text{ perlu}} = A_s \cdot \frac{f_y}{f_{yw}} \quad (2-51)$$

$$A_{sw} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \left(\frac{1000}{s}\right) \quad (2-52)$$

Trial dengan menggunakan tulangan *wiremesh*

Jika  $A_s > A_{s \text{ perlu}}$

Batasan-batasan dalam perencanaan kekuatan lentur yang tersedia dari konstruksi komposit yang terdiri dari pelat beton pada dek yang berlekuk yang disambungkan ke balok baja harus ditentukan melalui bagian yang sesuai dari pasal 13.2a dan 13.2b, dengan persyaratan sebagai berikut:

- 1) Tinggi rusuk nominal tidak lebih dari (75 cm). lebar rata-rata dari rusuk beton,  $W_r$  harus tidak kurang dari ( 50 mm), tetapi tidak boleh diambil dalam perhitungan sebagai lebih dari lebar bersih minimum di dekat bagian paling atas dari deck baja
- 2) Pelat beton harus disambungkan ke balok baja dengan angkur *steel headed stud* di las,  $\frac{3}{4}$  in (19 mm) atau kurang dalam diameter ( AWS D1. 1/D1. 1M) Angkur *steel headed stud*, sesudah pemasangan, harus diperpanjang tidak kurang dari  $1 \frac{1}{2}$  in (13 mm) dari selimut beton yang diisyaratkan di atas bagian paling atas dari angkur *steel headed stud*
- 3) Tebal pelat di atas deck baja tidak boleh kurang dari 50 mm
- 4) Deck baja harus diangkurkan kesemua komponen struktur pendukung pada spasi tidak melebihi dari 18 in (460 mm). Angkur yang sedemikian harus diberikan dengan angkur *Steel Headed Stud*, suatu kombinasi dari angkur diisyaratkan oleh dokumen kontrak.

### 2.2.8.3 Perencanaan Struktur Balok

Balok komposit (composite beam) adalah balok yang kekuatannya bergantung pada interaksi diantara dua atau lebih bahan. Balok salah satu diantara elemen-elemen struktur yang paling banyak dijumpai pada setiap struktur. Pada dasarnya aksi komposit pada balok komposit dapat tercapai atau tidaknya tergantung dari penghubung geser diletakkan di sayap atas profil baja dengan tujuan untuk mengurangi terjadinya slip pada pelat beton dengan balok baja.

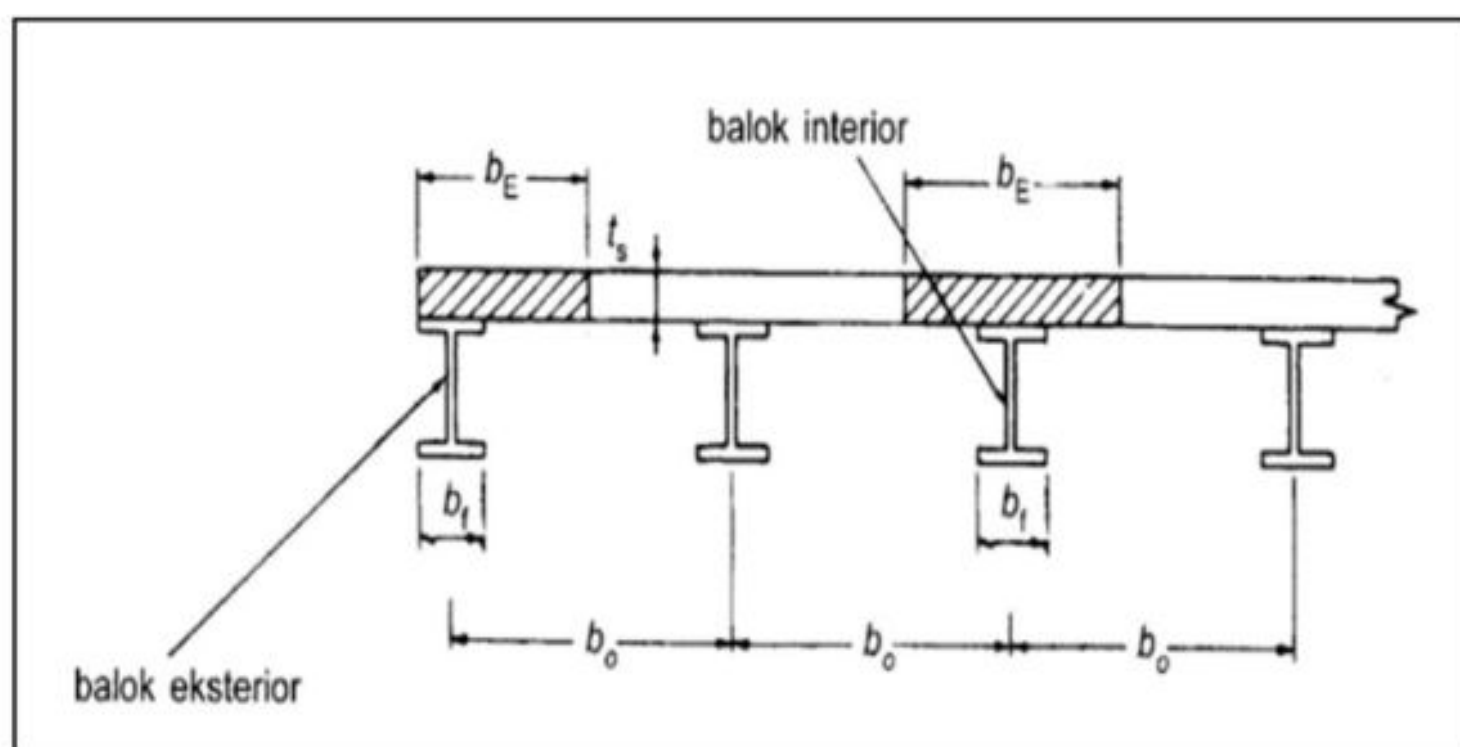
Metode pelaksanaan satu komponen struktur komposit (khususnya untuk komponen struktur lentur), secara umum dapat dibedakan berdasarkan ada atau tidaknya tumpuan sementara (perancah).

Jika tumpuan sementara 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 beban hidup ) akan dipikul oleh komponen struktur komposit. Sistem pelaksanaan yang lain adalah dengan menggunakan tumpuan sementara (shored) selama pelat beton belum mengeras. Tumpuan ini akan memikul berat sendiri profil baja, bekisting pelat beserta beton yang belum mengeras. Dengan digunakan tumpuan sementara akan dapat mengurangi tegangan yang timbul pada profil baja

selama proses konstruksi. Setelah beton mengeras perancah dilepas dan beban-beban layan yang dipikul melalui komposit baja dan pelat beton.

**a) Lebar efektif balok komposit**

Lebar efektif sangat berguna dalam proses desain suatu komponen struktur (komposit) terutama ketika proses desain harus dilakukan terhadap suatu elemen yang tidak seragam. Besarnya lebar efektif dari suatu komponen struktur komposit dapat ditentukan sebagai berikut:



**Gambar 2.8** Lebar efektif balok komposit

(Sumber: Sthefani 2017) *Evaluasi Kekuatan Balok Beton Bertulang Dengan Komposit Baja Menggunakan Floor Deck.*

- 1) Untuk balok interior

$$b_E \leq \frac{L}{4} \tag{2-53}$$

$$b_E \leq b_o \tag{2-54}$$

- 2) Untuk balok-balok Eksterior

$$b_E \leq \frac{L}{8} \text{ (Jarak pusat balok ketepi pelat)} \tag{2-55}$$

$$b_E \leq \frac{1}{2} b_o + \text{(jarak pusat balok ketepi pelat)} \tag{2-56}$$

Dimana:

$b_E$  = Lebar efektif

$b_0$  = Jarak antara balok baja

$L$  = Panjang bentang

**b) Kuat lentur Nominal**

kuat lentur nominal dari suatu komponen struktur komposit menurut SNI-1729:2019 pasal 2a Balok Komposit dengan angkur steel headed stud ditentukan sebagai berikut:

1. Untuk,  $\frac{h}{T_w} \leq 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$  (2-57)

$M_n$  kuat momen nominal harus dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis pada penampang komposit untuk keadaan batas leleh (momen plastis)

2. Untuk,  $\frac{h}{T_w} \geq 3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$  (2-58)

$M_n$  kuat momen nominal harus harus yang dihitung berdasarkan distribusi tegangan elastis dengan memperhitungkan efek penampang, untuk keadaan batas leleh (momen leleh)

Kuat lentur nominal yang dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis dapat dikategorikan menjadi dua kasus sebagai berikut:

1) Sumbu netral plastis Plastis Natural Axis (PNA) jatuh pada pelat beton

Dengan mengacu pada gambar 2.9 (b), maka besar gaya tekan  $C$  adalah:

$$C = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_E \quad (2-59)$$

Gaya tarik  $T$  pada profil baja adalah sebesar:

$$T = A_s \cdot f_y \quad (2-60)$$

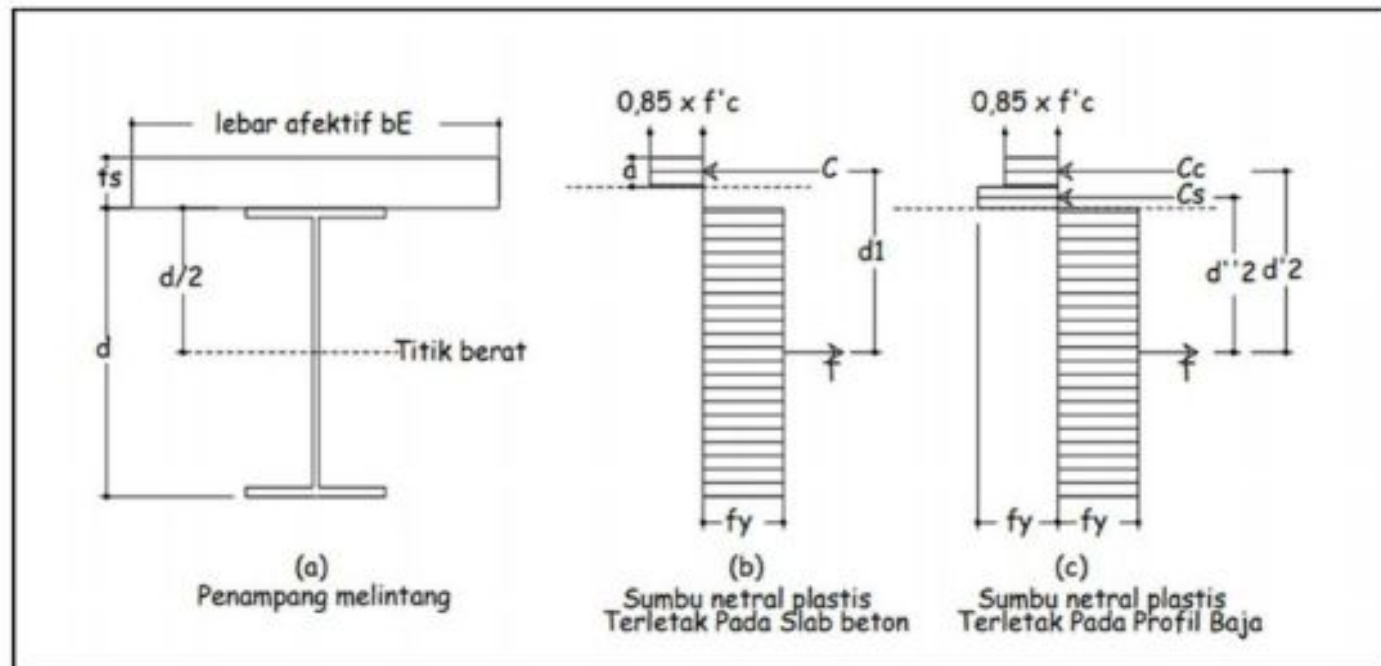
Dari keseimbangan gaya  $C = T$ , maka diperoleh:

$$a = \frac{A_s \cdot F_y}{0,85 \cdot F'_c \cdot b_e} \quad (2-61)$$

kuat lentur nominal dapat dihitung dari gambar 2.9 (b)

$$M_n = C \cdot d_1 \text{ atau} \quad (2-62)$$

$$M_n = T \cdot d_1 = A_s \cdot F_y \cdot \left( \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right) \quad (2-63)$$



**Gambar 2.9** Kuat lentur nominal berdasarkan tegangan plastis

Jika dari hasil perhitungan persamaan ternyata  $a > t_s$  maka asumsi harus diubah. Hasil ini menyatakan bahwa pelat beton tidak cukup menahan untuk mengimbangi gaya tarik yang timbul pada profil baja.

- 2) Sumbu netral plastis Plastic Natural Axis (PNA) jatuh pada profil baja apabila kedalam balok tegangan beton, nilai  $a$  ternyata melebihi tebal pelat beton, maka distribusi tegangan dapat ditunjukkan seperti pada gambar 2.9 (c). gaya tekan,  $C_c$  yang bekerja pada beton adalah sebesar:

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_E \cdot t_s \quad (2-64)$$

Dari keseimbangan gaya, diperoleh hubungan:

$$T = C_c + C_s \quad (2-65)$$

Besarnya menyamakan persamaan (2-53) dan (2-54) diperoleh:

$$C_s = \frac{A_s \cdot f_y - C_c}{2} \quad (2-66)$$

Dengan menyamakan persamaan (2-52) diperoleh persamaan berikut:

Maka kuat lentur nominal diperoleh dengan memperhatikan gambar 2.10 (c)

$$C_s = \frac{A_s \cdot f_y - 0,85 \cdot f'_c \cdot b_g \cdot t_s}{2} \quad (2-67)$$

### c) Penampang Transformasi

Pelat beton dan profil baja dianggap sebagai sebuah penampang yang seluruhnya terbuat dari baja. Bagian pelat beton yang ditransformasikan sebagai berikut:

Menentukan lebar transformasi ( $b_{tr}$ )

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n} \quad (2-68)$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} \quad (2-69)$$

A transformasi ( $A_{tr}$ )

$$A_{tr} = b_{tr} \cdot t_{pelat} \quad (2-70)$$

Me menentukan letak garis netral,  $Y_{na}$

$$Y_{na} = \left[ \frac{A_{tr} \cdot \frac{1}{2} \cdot t_{pelat} + A_s \cdot \left( \frac{d}{2} + h_r + t_{pelat} \right)}{A_{tr} + A_s} \right] \quad (2-71)$$

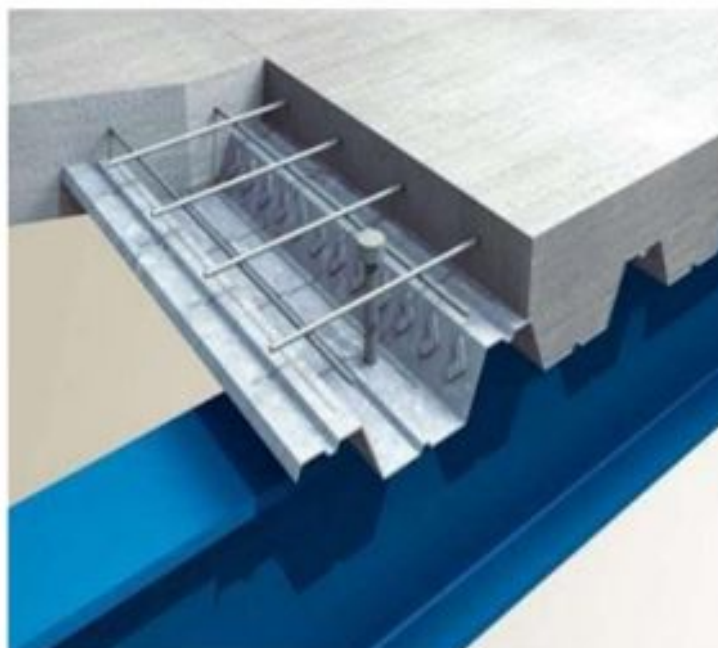
Menentukan momen inersia penampang transformasi ( $I_{tr}$ )

$$I_{tr} = A_{tr} + A_s \cdot \left[ \left( \frac{d}{2} + h_r + t_{pelat} \right) - Y_{na} \right]^2 + \frac{1}{12} \cdot b_{tr} \cdot h_r + t_{pelat}^3 + A_{tr} \left( Y_{na} - \frac{h_r + t_{pelat}}{2} \right)^2 \quad (2-72)$$

#### d) Penghubung Geser (Shear Conector)

Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi slip pada saat masa layan.

Sejumlah penghubung geser diperlukan untuk membuat sebuah balok dapat berfungsi komposit secara penuh. Seiring dengan perkembangan teknologi mulai ditemukan pula pelat baja gelombang yang digunakan dalam struktur komposit dan terbuat dari bahan yang mempunyai tegangan tarik tinggi. Pelat baja gelombang mempunyai fungsi yaitu sebagai bekisting tetap dan sebagai penulangan positif satu arah. Adapun shear conector dapat dilihat pada gambar





**Gambar 2.10** Pnghubung geser headed stud dan steel deck

(Sumber: <https://Composite floor deck co.id>)

Pada pasal 18 SNI 1729-2019 kekuatan geser nominal satu angkur steel heade stud yang ditanam pada suatu pelat solid atau pada pelat komposit dengan dek harus ditentukan sebagai berikut:

$$Q_u = 0,5 \cdot A_{sa} \cdot \sqrt{f'_c \cdot E_c} \leq R_g \cdot R_p \cdot A_{sa} \cdot f_u \quad (2-73)$$

Besarnya gaya geser horizontal yang harus dipakai oleh penghubung geser, Aksi komposit dimana beton mengalami gaya tekan akibat lentur, gaya geser horizontal total yang bekerja pada daerah yang dibatasi oleh titik-titik momen positif maksimum dan momen nol berdekatan, harus diambil sebagai nilai sebagai berikut:

Menentukan gaya geser horizontal

$$V_h = 0,85 \cdot f'_c \cdot A_c \quad (2-74)$$

$$V_h = A_g \cdot f_y \quad (2-75)$$

Diambil nilai terkecil

Menghitung jumlah penghubung geser yang diperlukan antar titik momen nol dan momen maksimum adalah

$$n = \frac{V_n}{Q_n \cdot f_y} \quad (2-76)$$

Untuk koefisien reduksi ( $r_s$ ) karena pengaruh pelat bondek yang dipasang tegak lurus terhadap balok.

$$r_s = \frac{0,85}{\sqrt{2}} \cdot \left(\frac{W_r}{h_r}\right) \cdot \left[\left(\frac{h_s}{h_r}\right) - 1\right] \leq 1 \quad (2-77)$$

Dimana:

$A_{sa}$  = Luas penampang dari angkur Steel Headed Stud (mm)

$E_c$  = Modulus elastisitas beton

$F_u$  = Kekuatan Tarik minimum diisyaratkan dari suatu angkur Steel Headed Stud (mm)

$R_g$  = Tabel 2.16

$R_p$  = Tabel 2.16

$h_r$  = Tinggi rusuk nominal dek (mm)

$W_r$  = Lebar rata-rata dari rusuk (mm)

**Tabel 2.16** Nilai koefisien  $R_g$  dan  $R_p$

Kondisi	$R_g$	$R_p$
Tanpa Dek	1,0	1,0
Dek diprioritaskan parallel terhadap profil baja $\frac{W_r}{h_r} \geq 1,5$	1,0	0,75
$\frac{W_r}{h_r} \leq 1,5$	0,85	0,75
Dek diprioritaskan tegak lurus terhadap profil baja Jumlah dari angkur steel headed stud yang memiliki rusuk dek yang sama		
1	1,0	0,6
2	0,85	0,6
3 atau lebih	0,7	0,6

Persyaratan mengenai jarak antar penghubung geser (LRFD halaman 259) adalah sebagai berikut:

- a. Selimut lateral minimum = 25 mm, kecuali ada deck baja
- b. Diameter maksimum 2,5 x tebal flens profil baja
- c. Jarak longitudinal minimum 6x diameter penghubung geser
- d. Jarak longitudinal maksimum 8x tebal pelat beton
- e. Jarak minimum dalam arah tegak lurus sumbu longitudinal = 4x diameter
- f. Jika digunakan dek baja gelombang, jarak minimum penghubung geser dapat diperkecil menjadi 4x diameter


#### 2.2.8.4 Perencanaan Kolom Baja

Kolom adalah suatu elemen tekan dan merupakan struktur utama dari bangunan yang berfungsi untuk memikul beban vertikal. Pada umumnya kolom tidak mengalami lentur secara langsung. Pada perancangan struktur baja gedung IGD RSUD Provinsi NTB digunakan profil baja IWF atau H, sehingga perilaku kolom dibawah beban tekan aksial adalah sebagai berikut:

- 1) Flextural buckling (tekuk lentur)
  - a) Elastis
  - b) Inelastis

- c) Yielding (leleh)
- 2) Torsional buckling
- 3) Lateral torsional buckling (LTB)

**Tabel 2.17** Perilaku tekan aksial pada kolom IWF atau H struktur baja dapat dilihat pada tabel berikut.

Penampang melintang	Keadaan batas tanpa elemen langsing	Keadaan batas dengan elemen langsing
	Tekuk lentur Tekuk torsi	Tekuk lokal Tekuk lentur Tekuk torsi

(Sumber: SNI 1729:2015)

### 1. Analisis Orde Pertama

Penggunaan analisis orde pertama dengan faktor amplifikasi yang terdapat pada SNI 1729:2002, tentang tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung telah digantikan dengan peraturan baru yaitu SNI 1729:2015, tentang spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural. Penggunaan analisis orde pertama dengan faktor amplifikasi yang terdapat pada SNI 1729:2002 telah dibatasi dan hanya dapat digunakan untuk struktur yang memiliki rasio simpangan orde kedua maksimum terhadap simpangan orde pertama dalam semua tingkat sama dengan atau kurang dari 1,5. Struktur dengan nilai faktor amplifikasi momen lebih besar dari 1,5 dapat terjadi pada struktur yang mengalami efek P-Delta yang besar.

### 2. Analisis Orde Kedua

Perancangan bangunan dengan metode SRPMK merupakan bangunan tanpa breising yang bersifat sebagai portal bergoyang. Sehingga memungkinkan dapat menimbulkan simpangan lateral yang besar. Apabila terjadi simpangan dan efek P-delta yang begitu besar, maka bangunan tersebut terlebih dahulu dianalisis dengan metode analisis orde kedua. Kekuatan lentur orde kedua yang diperlukan ( $M_r$ ) dan kekuatan aksial ( $P_r$ ) dari semua komponen struktur ditentukan dengan persamaan:

$$M_r = \beta_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \quad (2-78)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{lt} \quad (2-79)$$

Keterangan:

$M_r$  = Momen akhir kolom setelah efek analisis order kedua (Nmm)

$B_1$  = Faktor amplifikasi akibat tekuk lateral

$B_2$  = Faktor amplifikasi akibat lentur lateral

$M_{lt}$  = Momen kolom akibat beban lateral (Nmm)

$M_{nt}$  = Momen kolom akibat beban gravitasi (Nmm)

$P_r$  = Gaya aksial akhir setelah efek analisis orde kedua (N)

$P_{lt}$  = Gaya aksial akibat beban lateral (N)

$P_{nt}$  = Gaya aksial akibat beban gravitasi (N)

Pengali  $\beta_1$  untuk setiap komponen struktur yang menahan tekan dan setiap arah dari lentur komponen struktur dihitung dengan persamaan

$$\beta_2 = \frac{1}{1 - \frac{\alpha P_{story}}{P_{e story}}} \geq 1 \quad (2-80)$$

Keterangan:

$\alpha$  = 1,00 (DFBK)

$P_{story}$  = Gaya aksial total didukung oleh tingkat yang merupakan bagian dari sistem penahan gaya gravitasi (N)

$P_{e story}$  = Kapasitas tekuk kritis elastis total untuk tingkat pada arah translasi (N)

### 3. Panjang Efektif

Faktor panjang efektif (K) untuk perhitungan kelangsingan komponen struktur harus ditentukan menurut syarat desain stabilitas. Komponen struktur yang dirancang berdasarkan tekan, rasio kelangsingan efektif sebaiknya tidak melebihi 200. Faktor panjang efektif dapat dilihat pada persamaan

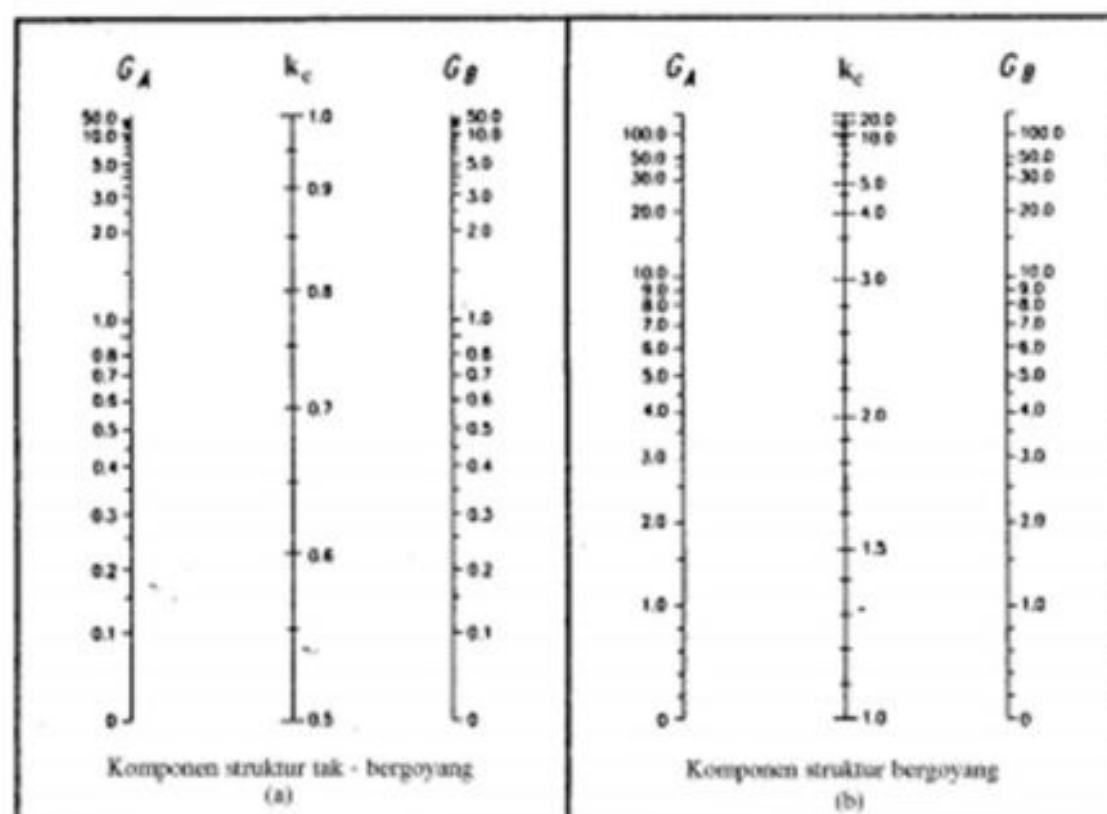
$$K = \sqrt{\frac{G_A(1,6G_B+4,0)+(4G_B+7,5)}{G_A+G_B+7,5}} \quad (2-81)$$

Keterangan:

- K = Faktor panjang efektif
- L = Panjang tanpa breising lateral dari komponen struktur (mm),
- R = Radius girasi (mm)

Faktor panjang efektif ( K) harus diambil sebesar 1,0 untuk kolom yang kekakuan lentur tidak diperhitungkan terhadap stabilitas lateral dan ketahanan terhadap beban lateral.

Menentukan nilai K dengan analisis tekuk sidesway ditentukan dengan grafik pada gambar:

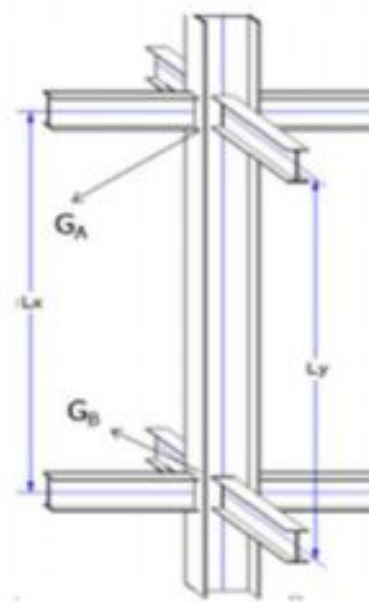


**Gambar 2.11** Grafik faktor panjang efektif kolom

(sumber: SNI 1729:2002)

Nilai  $G_A$  dan nilai  $G_B$  dapat ditentukan dengan persamaan 2.82 Dan untuk mengetahui letak nilai  $G_A$  dan nilai  $G_B$  dapat dilihat pada persamaan

$$G_A/G_B = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L}\right)_c}{\sum (EI/L)_b} \quad (2-82)$$



**Gambar 2.12** Kolom axial bending

(sumber: SNI 1729:2002)

Keterangan:

$G$  = Rasio kekakuan antara sistem kolom dan balok

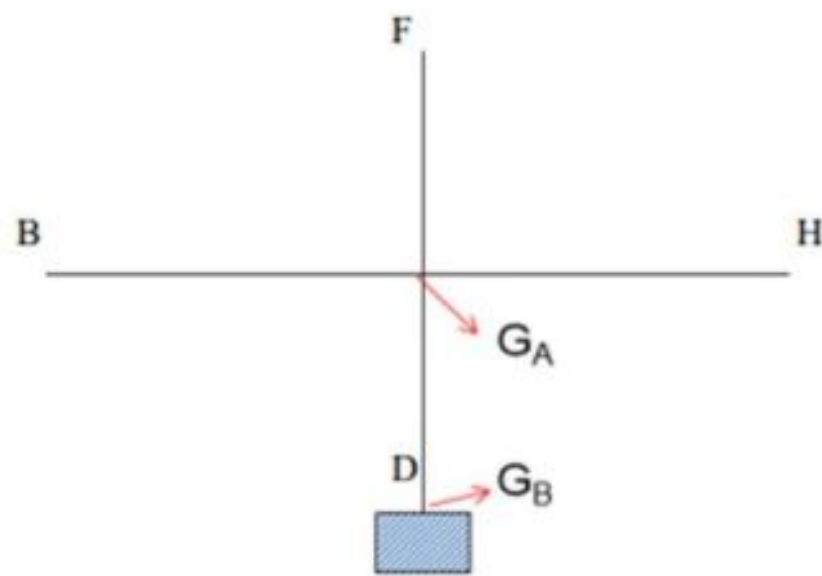
$A$  = *Upper end column*

$B$  = *Bottom end column*

$c$  = *Column* (kolom)

$b$  = *Beam* (balok)

Untuk kasus seperti pada gambar dibawah, nilai  $G_B = 1$ , karena kolom paling bawah bertumpu dengan menggunakan pada jepit.



**Gambar 2.13** Perletakan rasio kekakuan antara sistem kolom dan balok

(sumber: SNI 1729:2002)

#### 4. Tekuk Lentur

Kekuatan tekan nominal ( $P_n$ ) harus ditentukan berdasarkan keadaan batas dari tekuk lentur seperti pada persamaan berikut

$$\phi P_n = 0,9 F_{cr} A_g \quad (2-83)$$

Keterangan:

$P_n$  = Kekuatan tekan nominal (N)

$F_{cr}$  = Tegangan tekuk kritis (MPa)

$A_g$  = Luas profil ( $\text{mm}^2$ )

$\phi$  = Konstanta.

Tegangan kritis  $F_{cr}$  ditentukan berdasarkan persamaan 2.84. Dan persamaan 2.86 Berikut:

$$\text{Jika, } \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{atau } \frac{F_y}{F_e} \leq 2,25) \quad (2-84)$$

$$F_{cr} = [0,658 \frac{F_y}{F_e}] F_y \quad (2-85)$$

$$\text{Jika, } \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (\text{atau } \frac{F_y}{F_e} \leq 2,25) \quad (2-86)$$

$$F_{cr} = 0,877F_e \quad (2-87)$$

Tegangan tekuk kritis elastis ( $F_e$ ) untuk komponen struktur kolom dihitung dengan persamaan berikut.

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (2-88)$$

Keterangan:

$F_e$  = Modulus elastisitas baja ( 200000 MPa)

$E$  = Faktor panjang efektif

$L$  = Panjang tanpa dibreising lateral dari komponen struktur (mm)

$r$  = Radius girasi (mm)

#### a) Tekuk Torsi dan Tekuk Torsi-Lentur

Kekuatan tekan nominal ( $P_n$ ) harus ditentukan berdasarkan keadaan batas dari tekuk torsi dan tekuk lentur seperti persamaan berikut.

$$F_e = \left[ \frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \quad (2-89)$$

Keterangan:

$C_w$  =Konstanta lengkung ( $mm^6$ )

$G$  =Modulus geser (77,200 MPa)

$J$  =Konstanta torsi ( $mm^4$ )

$I_x, I_y$  = Major, minor aksial momen inersia ( $mm^6$ )

#### 5. Interaksi Balok-Kolom

Interaksi lentur dan gaya tekan pada komponen struktur simetris ganda dan komponen struktur simetris tunggal yang memiliki  $0,1 \leq \left(\frac{I_{yc}}{I_y}\right) \leq 0,9$  harus melentur terhadap sumbu geometris ( x dan/atau y) yang dibatasi oleh persamaan berikut.



$$\text{Bila, } \frac{Pr}{Pc} \geq 0,2 \quad (2-90)$$

$$\frac{Pr}{Pc} + \frac{8}{9} \left( \frac{Mrx}{Mcx} + \frac{Mry}{Mcy} \right) \leq 1,0 \quad (2-91)$$

$$\text{Bila, } \frac{Pr}{Pc} < 0,2 \quad (2-92)$$

$$\frac{Pr}{2Pc} + \frac{8}{9} \left( \frac{Mrx}{Mcx} + \frac{Mry}{Mcy} \right) \leq 1,0 \quad (2-93)$$

Keterangan:

$P_r$  = Kekuatan tekan aksial perlu dengan menggunakan kombinasi beban DFBK (N)

$P_c$  = Kekuatan aksial tersedia (N),

$M_r$  = Kekuatan lentur perlu menggunakan kombinasi beban DFBK (Nmm)

#### 2.2.8.5 Kontrol Strong Column Weak Beams ( SCWB)

Strong column weak beams merupakan prinsip desain pada saat kolom didesain lebih kuat dari balok. Apabila terjadi kerusakan, maka balok akan mengalami rusak terlebih dahulu dibandingkan dengan kolomnya, sehingga bangunan tidak langsung mengalami keruntuhan. Cara mengontrol SCWB memenuhi syarat atau tidak dapat dilihat pada persamaan berikut

$$\frac{\sum M_{pc}}{\sum M_{pb}} > 1 \quad (2-105)$$

Dengan besarnya  $M_{pc}$  dan  $M_{pb}$  berdasarkan DFBK adalah

$$\sum M_{pc} = \sum Z_c \left( F_{yc} - \frac{P_{uc}}{A_g} \right) \quad (2-106)$$

$$\sum M_{pb} = \sum ( 1,1R_y F_{yb} + M_{uv} ) \quad (2-107)$$

Keterangan:

$\sum M_{pc}$  = Jumlah momen kolom dibagian bawah dan atas sambungan pada pertemuan as kolom dan as balok

$\sum M_{pb}$  = Jumlah momen balok pada pertemuan balok dan kolom,

$A_g$  = Luas penampang bruto kolom ( $\text{mm}^2$ )

$F_{yc}$  = Tegangan leleh penampang kolom (MPa)

$F_{yb}$  = Tegangan leleh penampang balok (MPa)

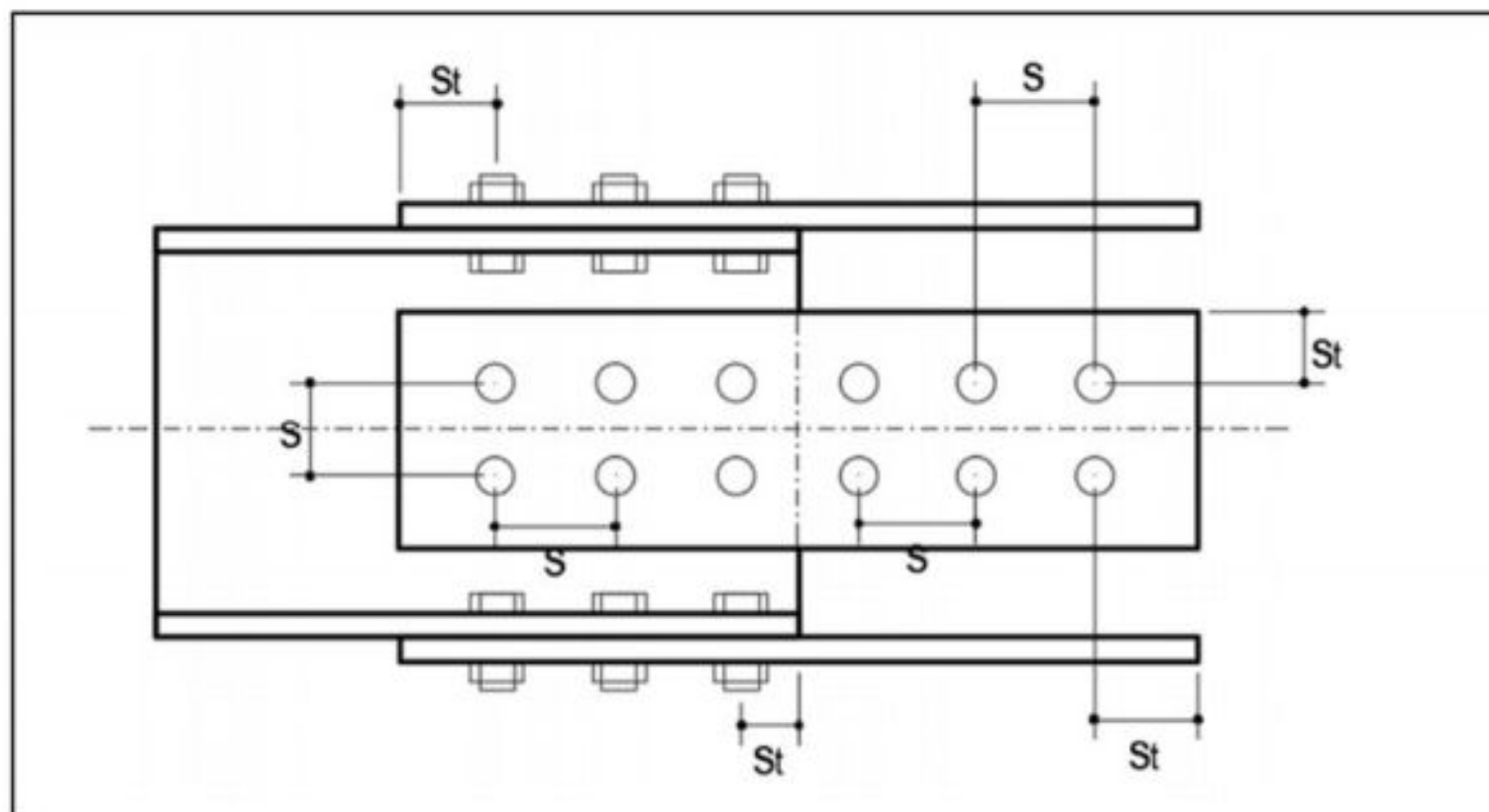
$P_{uc}$  = Gaya aksial terfaktor pada kolom (N)

## 2.2.8 Perencanaan Sambungan (Mutu Tinggi)

### 2.2.8.1 Persyaratan Spasi Baut

Penempatan baut mutu tinggi, perlu dibuat teratur, berulang dan sebisa mungkin simetri. Adapun jarak atau spasi antar baut, satu dengan lainnya perlu mengikuti aturan praktis yang ada, seperti:

1. Syarat AISC (2010) tentang spasi ( $s$ ) minimum antar lubang baut (semua tpe ) adalah  $s \geq 2,67d$ , dan rekomendasinya adalah  $s \approx 3d$ , dimana  $d$  = diameter baut nominal
2. AISC (2010) menetapkan, jarak titik pusat lubang standar ke tepi dari bagian sambungan  $s_t \geq 1,25d$ , tetapi tidak boleh lebih 12 kali tebal pelat terkecil sambungan atau 150 mm.
3.  $12,5d \leq S_t \leq 12t$
4.  $12,5d \leq S_t$
5.  $S_t \leq 150$



**Gambar 2.17** Jarak dan spasi baut

### 2.2.8.2 Kuat Baut Terhadap Tarik atau Geser

Spesifikasi baut mutu tinggi menurut ketentuan J3.1 AISC (2010) terdiri dari dua grup yaitu:

Grup A – ASTM A325, A325M, F1852, A354 Grade BC, dan A449

Grup B – ASTM A490, A490M, F2280, dan A354 Grade BD

Rumus kuat baut per satu (1) bidang geser adalah

$$R_n = F_{nv} \cdot A_b \quad (2-108)$$

Dimana:

$F_{nv}$  = Tegangan nominal baut sesuai tabel J3.2 (AISC 2010)

$A_b$  = Luas penampang baut sesuai tabel J3.2 (AISC 2010)

Rumus kuat geser blok baut adalah sebagai berikut:

$$R_n = 0,6 F_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt} \leq 0,6 F_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot F_u \cdot A_{nt} \quad (2-109)$$

Dimana:

$F_u$  = Kuat Tarik minimum pelat sambung (MPa)

$F_y$  = Kuat leleh minimum pelat sambung (MPa)

$A_{nv}$  = Luas netto (dengan lubang) potongan mengalami gaya geser (mm<sup>2</sup>)

$A_{gv}$  = Luas utuh (tanpa lubang) potongan mengalami gaya geser (mm<sup>2</sup>)

$A_{nt}$  = Luas netto (dengan lubang) potongan mengalami gaya tarik (mm<sup>2</sup>)

Kuat tekan nominal baut dan alat sambung berulir (seperti baut) untuk perencanaan sambungan tipe tarik dan tipe geser adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.18** Kekuatan Baut Mutu Tinggi

Baut atau alat sambungan berulir	Tarik Fnt (MPa)	Geser Fnv (MPa)	Keterangan
A 307 (baut mutu biasa)	310	188 165	Non-struktur
A 325 (baut mutu tinggi) jenis baut di grup A	620	372 330	Geser pada ulir draf
		457 414	Geser pada grip polos
A 490 (baut mutu tinggi) jenis baut di grup B	780	457 414	Geser pada ulir draf
		579 520	Geser pada grip polos
Alat sambung dengan ulir (missal: baut angkut)	780	372 330	Geser pada ulir draf
		457 414	Geser pada grip polos

(Sumber: Tabel J3.2 AISC (2010) dalam Dewabroto, 2016)

Besarnya tahanan slip untuk kondisi batas slip atau  $R_n$  untuk mutu tinggi berdasarkan AISC (2010) adalah sebagai berikut:

$$R_n = \mu \cdot D_u \cdot h_f \cdot T_b \cdot n_s \quad (2-110)$$

Dimana;

- $\mu$  = Koefisien slip rata-rata, tergantung kondisi permukaan, pekerjaan persiapan mutu Kelas-A adalah 0,3. Untuk mutu kelas-B (lebih ketat) adalah 0,5
- $D_u$  = 1,13 adalah factor pengali yang mempresentasikan gaya prategang baut rata-rata terpsang dengan tarik baut prategang minimum
- $h_f$  = Factor terkait adanya pelat pengisi (filler), jika tidak ada filler atau hanya 1 filler

$h_f = 1,0$ . Jika ada 2 filler diantara pelat sambung maka  $h_f = 0,85$ .

$T_b =$  Gaya tarik baut prategang minimum sesuai Tabel 2.27 atau Tabel K3.1M AISC (2010)

$n_s =$  Jumlah permukaan yang menimbulkan bidang kontak.

Kuat tumpu pelat sambungan dari AISC (2010) memperhitungkan pengaruh deforms, jika besarnya itu akan mempengaruhi fungsi struktur sehingga kekuatannya perlu dibatasi maka dapat dipakai rumusan berikut dengan mengambil nilai terkecil:

$$R_n = 1,2 l_c \cdot t \cdot F_u \leq 2,4 d \cdot t \cdot F_u \quad (2-111)$$

Selanjutnya, jika terjadi deformasi pada sambungan dianggap tidak mempengaruhi fungsi maka kuat tumpu dapat ditingkatkan yaitu nilai terkecil persamaan berikut:

$$R_n = 1,5 l_c \cdot t \cdot F_u \leq 3,0 d \cdot t \cdot F_u \quad (2-112)$$

Dimana:

$l_c =$  Jarak bersih (mm) searah gaya, dihitung dari tepi lubang ke tepi pelat terluar (untuk baut pinggir) atau jarak bersih antar tepi lubang (untuk baut dalam)

$F_u =$  Kuat tarik minimum baja pelat yang ditinjau (MPa).

**Tabel 2.19** Prategang baut minimum

Diameter		A325 (Grup A)		A490 (Grup B)	
Inchi	Mm	Kips	kN	Kips	kN
1/2	-	12	-	15	-
5/8	M16	19	91	24	114
3/4	M20	28	142	35	179
7/8	M22	39	176	49	221
1	M24	51	205	64	257
1 1/8	M27	56	267	80	334
1 1/4	M30	71	326	102	408
1 3/8	M36	85	475	148	495
1 1/2	-	103	-	148	-

(Sumber: Tabel J3.1 – AISC 2010 dalam Dewabroto, 2016)

### 2.2.9 Metode analisis langsung “ Direct Analysis Method (DAM) AISC 2010”

Perencanaan struktur baja yang umumnya langsing, memerlukan analisis stabilitas. Hasilnya dipengaruhi adanya imperfection (non-linier geometri) dan kondisi inelastic (non-linier material). Oleh sebab non-linier, analisisnya dikerjakan secara incremental dan literasi. Sekarang

ini dukungan teknologi komputer canggih tetapi terjangkau menyebabkan cara analisis non-linier bukan kendala. Sehingga berbagai jenis analisis berbasis komputer berkembang mulai analisis tekuk elastis, analisis orde ke-2, analisis plastis, analisis elastis-plastis, dan analisis enelastis orde-2 juga disebut Advance Analysis. Umumnya jenis analisis seperti itu sudah tersedia sebagai opsi pada proram analisis struktur modern.

AISC (2010) menetapkan direct analysis method (DAM) sebagai cara analisis baru pada struktur baja yang telah memasukkan prinsip modern dalam analisis stabilitas. Memang untuk itu diperlukan analisis struktur berbasis komputer. Tetapi analisis yang dipilih bukan rumit seperti Advance Analysis, cukup yang minimalis, yaitu *second-Order Elastic Analisis*.(Dewobroto,2016)

#### **2.2.10.1 Perencanaan Stabilitas**

Cara perencanaan struktur baja saat ini, *Effective Length Method*, didasarkan analisa struktur elastis-linier. Pemakaiannya terbatas (ada struktur rasio pembesaran momen akibat perpindahan titik modal,  $\Delta_{2nd\ order} / \Delta_{1s\ order} \leq 1,5$  (AISC 2005). Jika melebihi batasan tersebut berarti strukturnya relative langsing, yang mana pengaruh non-linier geometri akan menjadi signifikan. Sedangkan cara DAM tidak ada pembatasan, sehingga cocok digunakan untuk perencanaan struktur baja modern, yang pada umumnya langsing akibat proses optimasi atau mengikuti estetika bangunan. (Dewobroto,2016)

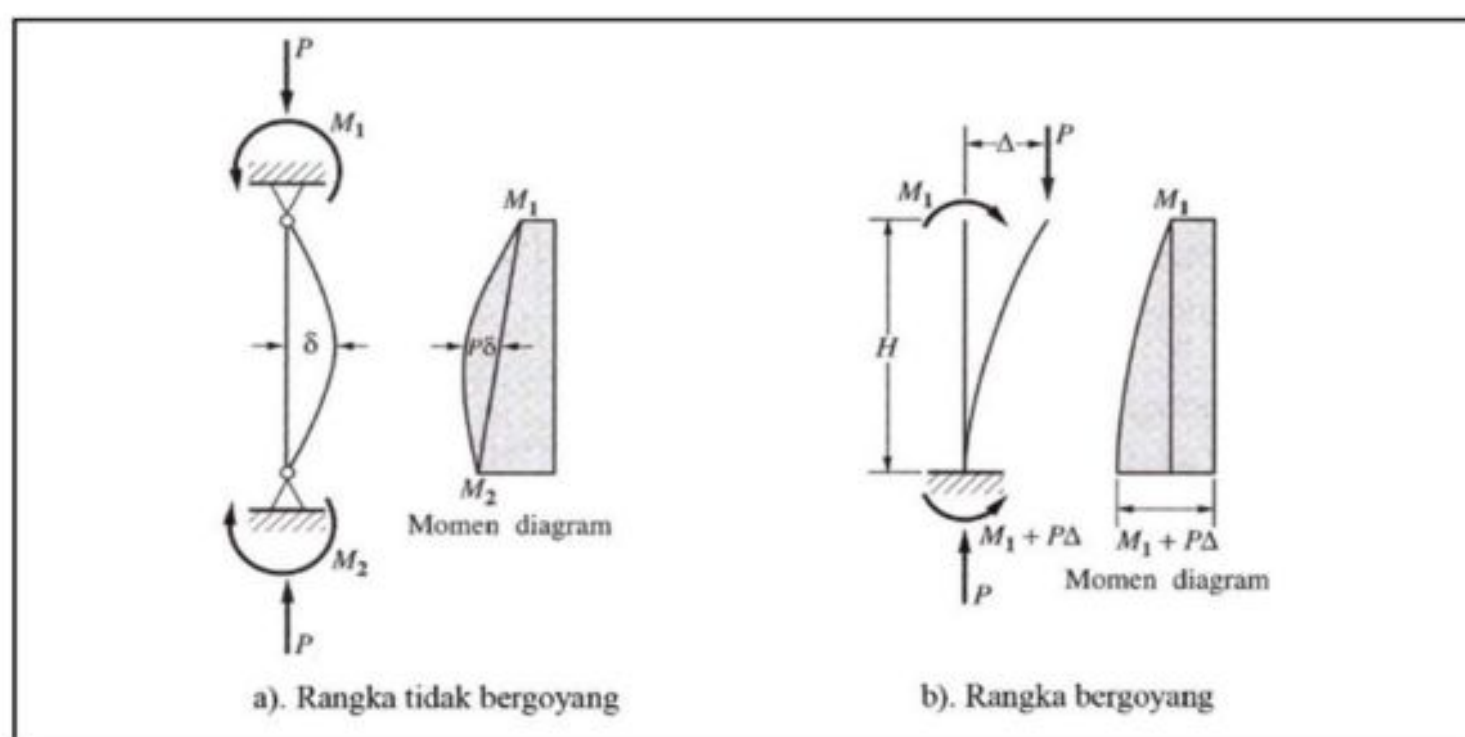
#### **2.2.10.2 Perencanaan Analisis Struktur**

Dalam desain stabilitas harus disediakan untuk struktur secara keseluruhan dan untuk setiap elemennya. Desain yang digunakan dalam ketentuan ini adalah kombinasi dari analisis untuk menentukan kekuatan perlu dari komponen dan memproporsikan komponen agar kekuatan cukup. Istilah *Direct Analysis Method (DAM)* mulai muncul di *Chapter C- Design for Stability (AISC 2010)*, yang mensyaratkan bahwa stabilitas adalah penting pada perencanaan stuktur baja, dan harus ditinjau secara keseluruhan, baik sebagai struktur (global) atau sebagai elemen-elemen penyusunnya (lokal). Dalam memperhitungkan stabilitas, perlu dimasukkan juga faktor-faktor yang mempengaruhi yaitu:

- a. Deformasi elemen akibat momen lentur, gaya aksial atau gaya geser, juga bentuk deformasi lain yang dapat mempengaruhi perilaku struktur

- b. Pengaruh orde-2 baik efek  $P-\Delta$  (global struktur) atau  $P-\delta$  (lokal struktur)
- c. Ketidak sempurnaan geometri
- d. Reduksi kekuatan akibat inelastisitas
- e. Ketidak pastian dalam kekakuan dan kekuatan. Semua efek yang bergantung beban harus dihitung di level pembebanan sesuai dengan kombinasi DFBK

Analisa struktur dengan metode matrik kekakuan menunjukkan bahwa perilaku struktur yang dievaluasi terbatas pada kondisi elastic-linier. Agar valid, salah satu persyaratan yang harus dipenuhi adalah deformasi struktur relative kecil sedemikian sehingga geometri sebelum dan sesudah pembebanan dianggap tidak berubah. Itulah mengapa salah satu syaratnya adalah dievaluasi terhadap deformasi maksimum yang terjadi. Jika deformasinya relative besar sedemikian sehingga konfigurasi geometri berubah, maka hasil analisis menjadi tidak valid. Kasusnya menjadi non-linier geometri, jika demikian cara analisis elastic-linier yang biasa dipakai akan memberikan hasil yang tidak tepat. Untuk mengatasi, penyelesaiannya harus memasukkan pengaruh deformasi struktur. Analisisnya lebih kompleks dibanding analisis elastic-linier, untuk itu umumnya perlu iterasi dan tahapan beban. Oleh sebab itu analisa strukturnya disebut sebagai analisis struktur orde ke-2. Istilah lain yang sepadan adalah analisa non-linier geometri. (Dewobroto,2016)



**Gambar 2.17** Momen yang dipengaruhi efek P-delta  
(sumber: Dewobroto,2016)

Dalam SNI-1729:2019 pasal bagian C2 bahwa harus menggunakan analisis orde-2 memperhitungkan efek  $P - \Delta$  dan  $P - \delta$ , kecuali boleh mengabaikan  $P - \delta$  pada respon struktur apabila kondisi pada pasal bagian C2.1.2 terpenuhi. Selain itu analisis harus mempertimbangkan semua beban gravitasi dan beban-beban lainnya yang dapat memengaruhi stabilitas struktur termasuk beban pada kolom-kolom miring dan elemen –elemen lainnya yang bukan merupakan bagian dari sistem penahan gaya lateral.

Ketidak sempurnaan geometri disebutkan dalam SNI-1729:2019 pasal C2.2 bahwa ketidak sempurnaan pada lokasi titik perpotongan dari komponen struktur atau pengaruh cacar bawaan. Pada struktur bangunan gedung tipika, ketidak sempurnaan dari tipe ini adalah kemirngan kolom dan ketidak sempurnaan pemodelan langsung. Ketidak sempurnaan geometri diwakili dengan penggunaan beban notional. Beban notional harus digunakan sebagai beban lateral pada semua level, beban notional harus ditambahkan ke beban lateral lainnya dan harus digunakan pada semua kombinasi beban.

Besar beban notional tersebut adalah:

$$N_i = 0,002 \cdot a \cdot y_1 \quad (2-113)$$

$a$  = 1,0 (DFBK)

$N_i$  = Beban notional yang digunakan pada level I dari kombinasi beban DFBK dengan satuan Newton

Beban notional merupakan beban lateral yang diberikan pada titik modal di semua level, berdasarkan prosentasi beban vertikal yang bekerja di level tersebut, dan diberikan pada sistem struktur penahan beban gravitasi melalui rangka atau kolom vertikal, atau dinding, sebagai simulasi pengaruh adanya cacat bawaan (*initial imperfection*). (Dewabroto, 2014).

Dengan catatan, untuk struktur dimana rasio dari simpangan orde-kedua maksimum terhadap simpangan orde-pertama maksimum pada semua tingkat adalah sama dengan atau kurang dari 1,7 maka diizinkan menggunakan beban notional  $N$  hanya dalam kombinasi beban gravitasi saja dan bukan kombinasi yang dimasukkan beban-beban lateral lainnya.

### 2.2.10.3 Penyesuaian Kekakuan

Adanya leleh setempat (*partial yielding*) akibat tegangan sisa pada profil baja (*hot rolled* atau *welded*) akan menyebabkan perlemahan kekuatan saat mendekati kondisi batasnya. Kondisi



tersebut pada akhirnya menghasilkan efek destabilizing seperti yang terjadi akibat adanya *geometry imperfection*. Kondisi tersebut ada Direct Analysis Method (DAM) akan dibatasi dengan penyesuaian kekakuan struktur, yaitu memberikan faktor reduksi kekuatan. Nilainya diperoleh dengan kalibrasi dengan membandingkannya dengan analisis distribusi plastisitas maupun hasil uji test empiris (Galambos 1998). Factor reduksi kekutan,  $EI^* = 0.8\tau_b EI$  dan  $EA^* = 0.8E$ .

Untuk kondisi  $P_r \leq 0,5 P_y$ , maka:

$$\tau_b = 1,0 \quad (2-114)$$

Jika gaya tekanya besar, yaitu  $P_r > 0,5 P_y$ , maka

$$\tau_b = 4 \frac{P_r}{P_y} \left( 1 - \frac{P_r}{P_y} \right) \quad (2-115)$$

Pemakaian reduksi kekuatan hanya berlaku untuk memperhitungkan kondisi batas kekuatan dan stabilitas struktur baja, dan tidak digunakan pada perhitungan *drfit* (pergeseran), lendutan, vibrasi dan penentuan periode getar. Untuk kemudahan pada kasus  $\tau_b = 1,0$ , reduksi  $EI^*$  dan  $EA^*$  dapat diberikan dengan cara memodifikasi nilai E dalam analisis. Tetapi jika komputer program bekerja semi otomatis, perlu diperhatikan bahwa reduksi E hanya diterapkan pada 2<sup>nd</sup> order analisis. Adapun nilai modulus elastis untuk memperhitungkan kuat nominal penampang tidak boleh dikurangi, seperti misal saat perhitungan terkuk torsi lateral pada balok tanpa tumpuan lateral. (Dewabroto 2014).

### 2.2.11 Perencanaan Angkur

Pemasangan baut angkur untuk base-plate adalah keharusan. Ketentuan OSHA (Occupational Safety and Health Administration) untuk memasang minimum empat (4) baut angkur (Fisher-Kloiber 2006).

Selain untuk jaminan keselamatan konstruksi, jika ditelaah secara mendalam, maka pada baut angkurlah dapat diharapkan adanya kesatuan struktur baja dengan struktur beton pondasi dibawahnya. Kesatuan tersebut menjadi sangat penting khususnya ketika terjadi beban lateral besar akibat angin atau gempa. Saat itu terjadilah gaya geser atau gaya tarik pada kolom baja. Jadi kepada baut angkur itu jugalah maka keselamatan bangunan baja setelah masa konstruksi berakhir, dapat diharapkan.

Pentingnya baut angkur pada konstruksi baja menyebabkan risetnya berkembang. Saat ini untuk perencanaan ternyata tidak cukup sekedar menentukan panjang penyaluran atau panjang tertanam

dibeton saja, karena sejak ACI 318-02 terdapat bab khusus yang membahasnya, yaitu *Appendix D-anchoring to concrete*.

Menurut appendix D (AC 2011) saat ini dikenal dua jenis angkur berdasarkan pemasangannya. Yaitu cor ditempat dan pasca pasang seperti gambar:

Jenis angkur cor ditempat, sangat cocok untuk berbagai macam konstruksi, dari base-plate sampai penggantung, secara individu maupun kelompok (group), pada proyek kecil maupun besar. Jenis itu menjadi pilihan karena tidak merujuk merk tertentu dan dapat dibuat sendiri (bukan buatan pabrik).

Jenis angkur pasca pasang banyak jenisnya. Jenis angkur ini relatif mahal dan terbatas ukurannya. Keunggulan utama adalah fleksibilitas waktu pemasangan sehingga memudahkan mengatur jadwal konstruksi. Dengan angkur pasca pasang maka pekerjaan beton dan perencanaan baja dapat paralel. Konstruksi beton pondasi dicor tanpa menunggu gambar layout baut angkur secara akurat. Karena spesifikasi jenis ini sudah tertentu, maka pemakai cukup mengikuti petunjuk pabrik, menerima kelebihan atau ketbatasannya saja.

### **2.2.12 Helipad**

Helipad merupakan landasan pendaratan untuk helikopter. Helipad ditandai dengan suatu lingkaran atau suatu huruf "H" agar kelihatan dari udara dan biasanya dibuat dari material beton. Pada umumnya suatu helipad tidak mempunyai suatu fasilitas bahan bakar, layanan untuk pesawat terbang, dan tidak ada pemandu lalu lintas udara full time, namun bandar udara yang mempunyai fasilitas bahan bakar dan layanan pemandu pesawat udara sering tersedia helipad. Helipad boleh juga ditempatkan jauh dari fasilitas seperti itu, sebagai contoh helipad ditempatkan jauh dari fasilitas seperti itu, sebagai contoh helipad diatap rumah sakit sebagai media transportasi udara (Sutehno,2014).

Untuk merancang konstruksi dan memperhitungkan kekuatan konstruksi helipad yang sesuai, perlu diperhatikan tipe helikopter yang berhubungan dengan berat helikopter dengan bahan bakar penuh dan diameter rotor, tanda yang direncanakan untuk visual pilot, dan kondisi lingkungan.

Beban hidup pada atap gedung tinggi yang dilengkapi dengan landasan helikopter (helipad) harus diambil sebesar minimum 200 kg/m<sup>2</sup> diluar daerah landasan, sedangkan pada daerah landasannya harus diambil beban yang berasal dari helikopter sewaktu mendarat dan mengangkasa dan ketentuan – ketentuan sesuai PPPURG 1989 sebagai berikut:

- a. Struktur landasan beserta struktur pemikulnya harus direncanakan terhadap beban-beban yang berasal dari helikopter yang paling menentukan, yaitu apabila terjadi pendaratan yang keras karena mesin mati sewaktu melandas (*hovering*). Beban-beban helikopter tersebut dikerjakan pada landasan melalui tumpuan – tumpuan pendarat. Helikopter-helikopter ukuran kecil sampai sedang pada umumnya mempunyai tumpuan pendarat jenis palang (*skid type*) atau jenis bantalan (float type), sedangkan yang ukuran besar mempunyai tumpuan pendarat jenis roda. Tumpuan-tumpuan pendarat dapat terdiri dari dua buah tumpuan utama di samping sebuah tumpuan belakang atau sebuah tumpuan depan. Parameter-parameter sebuah helikopter bergantung pada jenis dan tipe sesuai keluaran pabrik helikopter.
- b. Pembagian beban helikopter berasal dari masing-masing tumpuan pendarat yang meneruskan bagian tertentu dari berat bruto helikopter yang tergantung pada jenis helikopter dan jenis tumpuan pendaratnya. Pada jenis-jenis helikopter yang mempunyai tumpuan-tumpuan pendarat utama, masing-masing tumpuan pendarat tersebut pada umumnya meneruskan 40 sampai 45 persen dari berat bruto helikopter. Yang dimaksud dari berat bruto helikopter adalah berat total helikopter berikut muatan penuh seperti yang diizinkan menurut peraturan internasional FAA. Dalam perencanaan struktur landasan beserta struktur pemikulnya dianggap bahwa 2 buah tumpuan pendarat secara serempak membebani landasan.
- c. Luas bidang kontak ini tergantung pada jenis helikopter dan jenis tumpuan pendaratnya. Untuk tumpuan pendarat dari jenis roda, dimana masing-masing terdiri dari beberapa roda, nilai-nilai luas bidang kontak yang diberikan adalah jumlah dari luas bidang kontak masing-masing roda, sedangkan untuk tumpuan pendarat dari jenis palang luas bidang kontak tersebut adalah luas bidang palang yang berada langsung sekitar batang penumpu. Pada umumnya, lantai landasan dapat dianggap kuat apabila direncanakan terhadap beban terpusat sebesar 50 persen dari berat bruto helikopter yang terbagi rata dalam bidang kontak seluas 600 cm<sup>2</sup>
- d. Beban helikopter, untuk memperhitungkan beban kejut pada pendaratan yang keras akibat mesin mati, maka sebagai beban rencana yang diteruskan oleh tumpuan pendaratan harus diambil beban menurut b diatas dikalikan dengan koefisien kejut sebesar 1,5

Berdasarkan Federal Aviation Administration AC No: 150/5390-2B berikut tabel data sebuah helikopter berdasarkan pabrik perakitnya:

**Tabel 2.20** Data Helikopter berdasarkan pabrik perakit

	Max.			Main Rotor			Tail Rotor		
	Takeoff	Overall		Dia.	Ground	Hub To	Dia.	Ground	Under
Manufacturer	Weight	Length	Height	# Blades	Clear.	Aft End	#Blades	Clear	Type
Model	(lbs)	(feet)	(feet)	(feet/No)	(feet)	(feet)	(feet/No)	(feet)	
<b>Agusta</b>									
A-109	5.997	43	11	37/4	10	25	6,7/2	2,3	wheel
A-109E Power	6.284	37,6	11,5	36,1/4	8,04	26,5	6,7/2	3	wheel
A119 Koala	5.997	42,7	11,5	36,1/4	8,33	25,5	6,6/2	4,23	skid
<b>Bell/Agusta</b>									
AB-139	13,228	54,8	12,5	45,3/5	7	32,2	8,9/4	7,5	wheel
BA-609 Tiltrotor	16,800	60	15	26/3 X 2	14	27	n/a	n/a	wheel
<b>Bell Helicopter</b>									
47	2.950	44	10	36/2	5	25	5,1/2	3,5	skid
205A, A-1	9.500	57,1	12,3	48/2	7,3	33,1	8,5/2	5,9	skid
205B & UH-1H II	10.500	57,1	11,8	48/2	7,3	33,1	8,5/2	5,9	skid
206B-3	3.200	39,1	10,4	33,3/2	6	22,5	5,4/2	2,1	skid
206L-1,3	4.150	42,5	10,3	37/2	6,2	24	5,4/2	3,5	skid
206L-4	4.450	42,5	10,3	37/2	6,2	24	5,4/2	3,5	skid
212	11.200	57,2	12,6	48/2	7,5	33,2	8,5/2	6,1	skid
214ST	17.500	63	16	52/2	6,5	37	9,7/2	3,5	skid
222B,UT	8.250	50,2	11,7	42/2	9,2	29,2	6,9/2	2,7	wheel/skid
230	8.400	50,2	12	42/2	9,2	29,2	6,9/2	2,7	wheel/skid
412EP	11.900	57	15	46/5	11	34	8,5/2	6,4	skid
407	5.250	41,8	10,9	35/4	8	24,3	5,4/2	3,3	skid

(Sumber: Sutehno,2014)

## BAB III

### METODE PERANCANGAN

#### 3.1 Lokasi Perancangan

Gedung IGD yang akan dirancang berlokasi di Jl. Prabu Rangkasari Dasan Cermen – Mataram NTB. Sebelah barat kawasan rumah sakit berbatasan dengan Jl. Prabu Rangkasari jalan ini adalah akses utama menuju entrance kawasan rumah sakit, akses utama Gedung IGD Terpadu menuju jalan raya tersebut. Sebelah selatan kawasan rumah sakit berbatasan dengan Jl. Jaya Lengkara. Jalan ini adalah akses menuju pemukiman penduduk yang berada disisi timur kawasan rumah sakit.



**Gambar 3.1** Peta lokasi gedung IGD terpadu RSUD Provinsi NTB

### 3.2 Tinjauan Pustaka dan Studi Literatur

Tinjauan pustaka dan studi literatur adalah tahapan pertama yang dilakukan dalam perancangan. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil analisis dengan dasar yang tepat dan dapat dipertanggung jawabkan,

### 3.3 Data Perencanaan

#### 3.3.1 Data Gedung

- a. Nama gedung : Gedung IGD Terpadu RSUD Provinsi NTB
- b. Lokasi : Jl. Prabu Rangkasari Dasan Cermen – Mataram NTB
- c. Fungsi : IGD Terpadu dan Trauma Center
- d. Jumlah Lantai : 8 lantai
- e. Tinggi Bangunan : 37,9 m
- f. Struktur Utama : Struktur Baja

#### 3.3.3. Data Bahan

Material yang digunakan dalam merencanakan ulang struktur ulang bangunan ini yaitu beton dan baja dengan mutu sebagai berikut :

- a. Mutu Beton ( $f'c$ ) : 30 MPa
- b. Mutu Profil Baja ( $f_y$ ) : BJ-37

#### 3.3.4. Konsep Desain Struktur

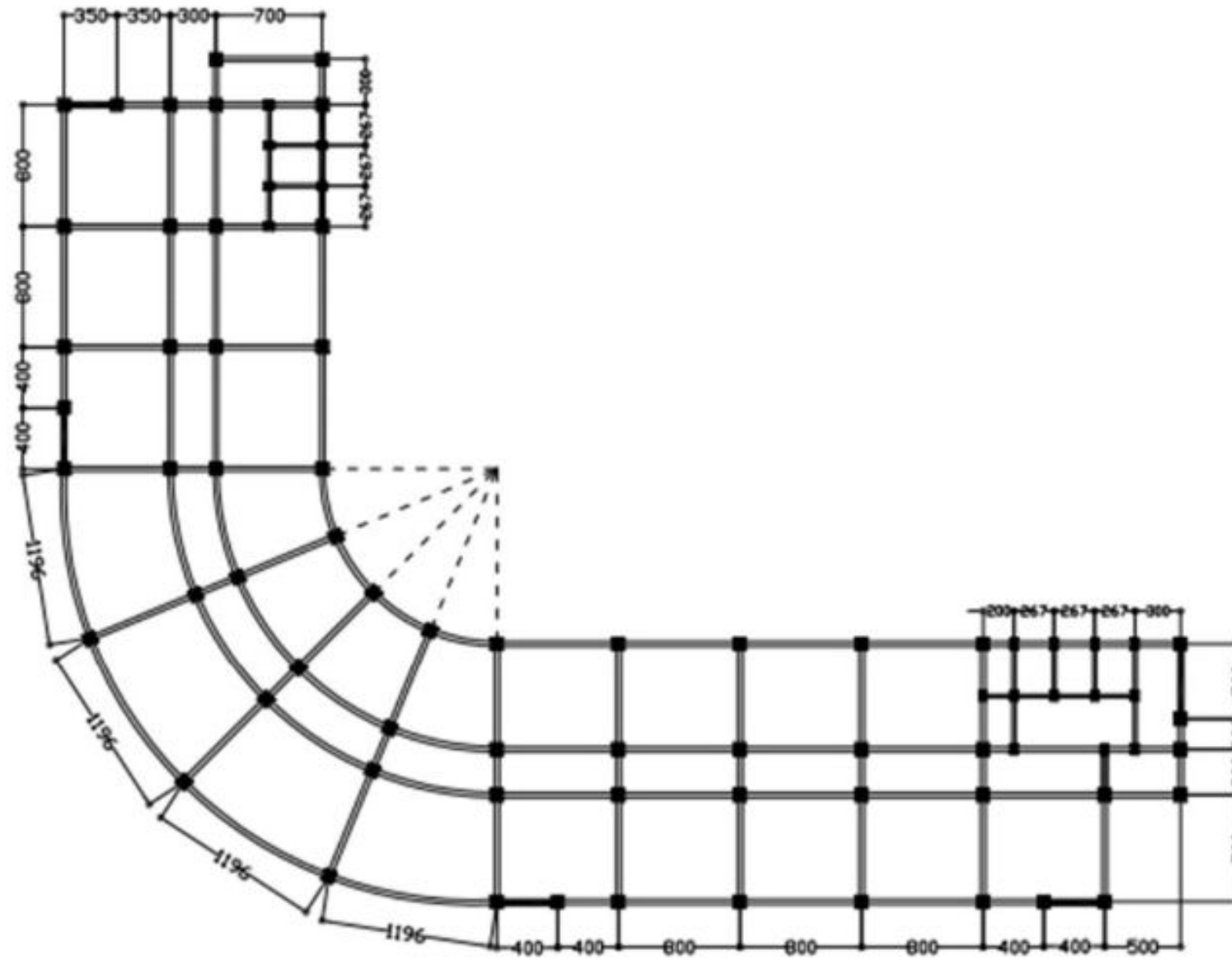
##### 3.3.4.1 Peraturan yang Digunakan

Secara umum bangunan gedung IGD RSUD PROVINSI NTB ini direncanakan berdasarkan :

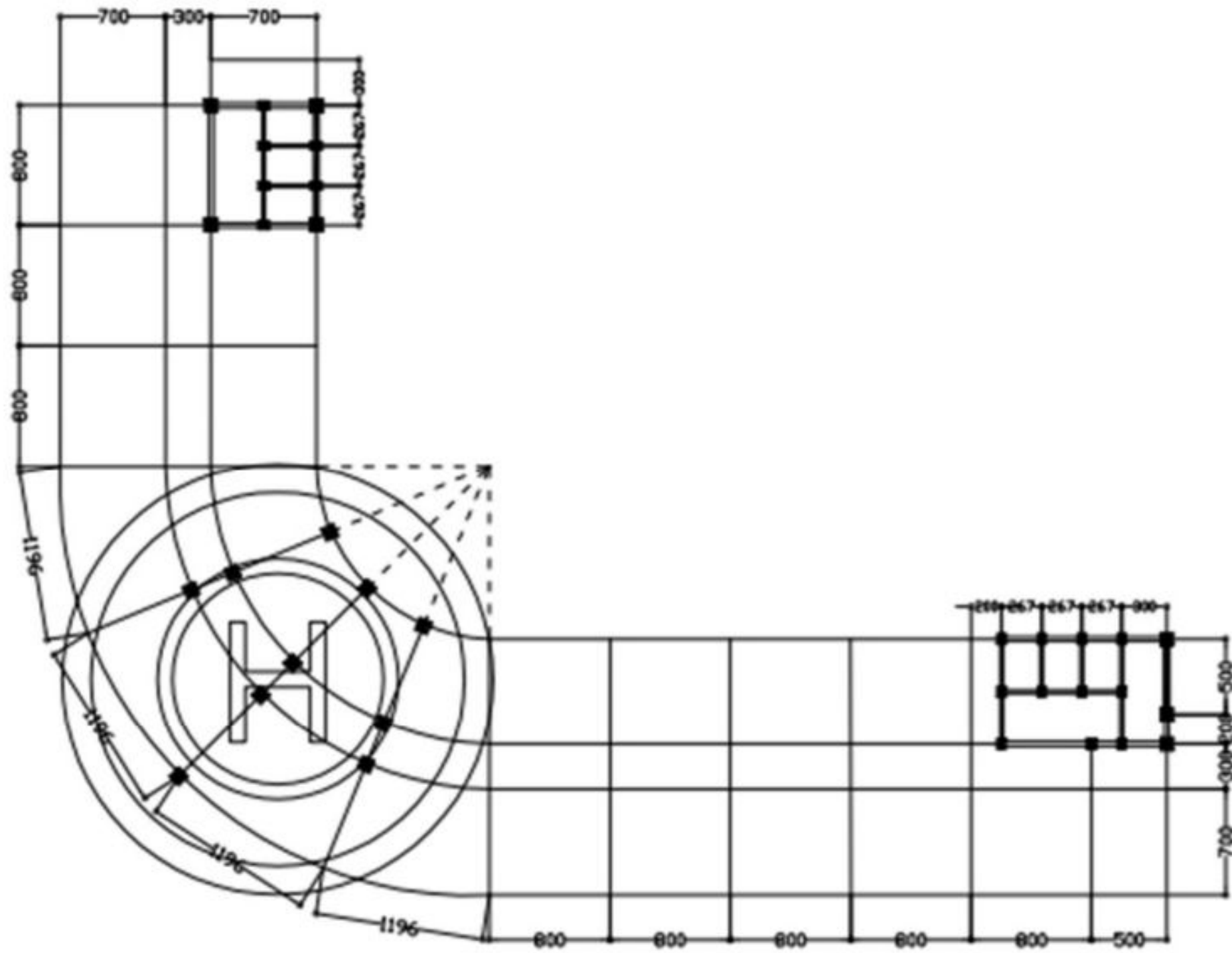
- 1) Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural  
SNI 1729:2020 (Baja)
- 2) Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung.  
SNI 1726-2019 (Peraturan Gempa Indonesia ).
- 3) Tata cara perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.  
SNI 2847-2019 (Peraturan Beton Indonesia)
- 4) Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727-2020)

### 3.3.5 Gambar Desain Rencana

#### 3.3.5.1 Denah



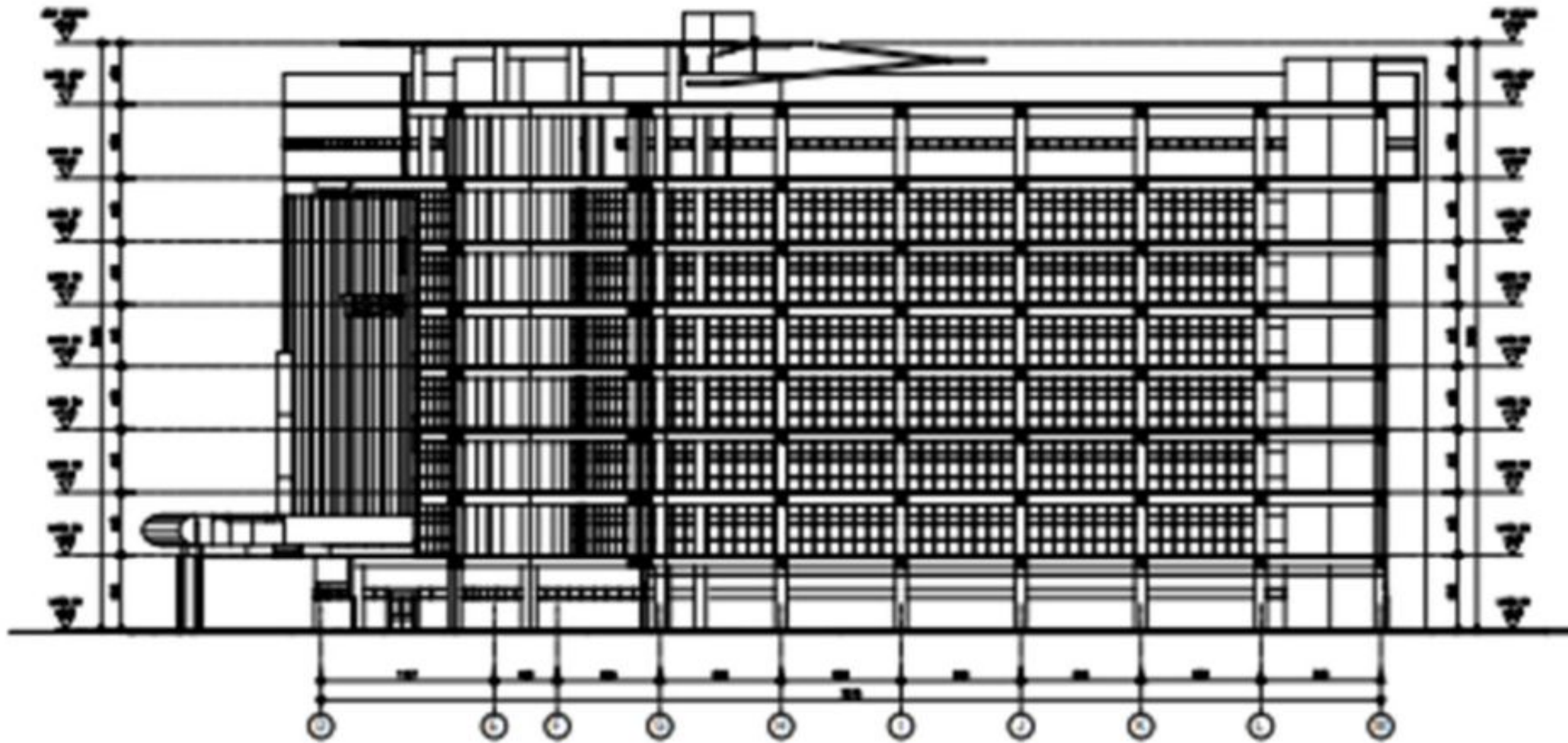
Gambar 3.2 Denah Lantai I



**Gambar 3.3** Denah Lantai Atap dan Denah Helipad



### 3.3.5.2 Potongan



Gambar 3.4 Potongan 1-1

### 3.3 Analisa Data

#### 3.3.5 Analisis Pembebanan

Pembebanan yang diperhitungkan pada Perancangan Gedung IGD Terpadu RSUD Provinsi NTB, secara garis besar adalah sebagai berikut :

##### 1) Beban Gravitasi

Beban gravitasi terdiri dari beban mati dan beban hidup. Adapun besar dari beban-beban tersebut adalah sebagai berikut :

###### a. Beban Mati

- Berat sendiri beton bertulang : 2400 kg/m<sup>2</sup>
- Baja : 7850 kg/m<sup>2</sup>
- Finishing lantai : 125 kg/m<sup>2</sup>
- Plafond + ducting : 25 kg/m<sup>2</sup>
- Tembok bata ringan ( 12cm ) : 125 kg/m<sup>2</sup>

###### b. Beban Hidup

- Secara umum : 192 kg/m<sup>2</sup>
- Lantai dasar : 479 kg/m<sup>2</sup>
- Koridor : 383 kg/m<sup>2</sup>
- Tangga darurat : 479 kg/m<sup>2</sup>
- Laboratorium : 479 kg/m<sup>2</sup>
- Ruang operasi : 287 kg/m<sup>2</sup>
- Ruang serbaguna : 479 kg/m<sup>2</sup>
- Kantor : 240 kg/m<sup>2</sup>
- Ruang arship : 718 kg/m<sup>2</sup>
- Helipad : 287 kg/m<sup>2</sup>

##### 2) Beban Lateral

Analisa struktur menggunakan analisa tiga dimensi dengan program computer (Etabs ). Distribusi beban lateral ditentukan dengan menggunakan analisa respon spektrum. Pada perencanaan proyek pembangunan Gedung IGD Terpadu RSUD Provinsi NTB, digunakan teknik penjumlahan dengan cara *complete quadratic*

*combination* (CQC) untuk mengkombinasikan keseluruhan 60 (enam puluh mode ). Spektrum rencana yang digunakan adalah spektrum rencana yang didapatkan dari peta gempa 2017 untuk lokasi proyek yang bersangkutan.

### **3.4 Perencanaan Elemen – elemen Struktur Baja**

#### **3.4.1 Perencanaan Pelat**

Langkah-langkah dalam merencanakan pelat lantai :

- a. Menentukan syarat – syarat batas
- b. Menentukan tebal pelat
- c. Menghitung beban yang bekerja berupa beban mati dan beban hidup terfaktor
- d. Menghitung gaya – gaya dalam
- e. Menghitung tulangan pelat

#### **3.4.2 Perencanaan Balok**

Balok adalah elemen struktur yang memikul beban yang bekerja tegak lurus dengan sumbu longitudinalnya. Pembebanan balok disesuaikan dengan beban minimum untuk persyaratan perancangan bangunan gedung dan struktur lain.

1. Menghitung lebar efektif pelat lantai
2. Menghitung penampang balok komposit
3. Menghitung kuat lentur balok
4. Menghitung kuat geser balok
5. Memeriksa persyaratan keamanan dan detail balok komposit

#### **3.4.3 Perencanaan Kolom**

Perencanaan kolom berdasarkan perhitungan beban dari balok anak dan tidak mengindahkan beban angin dan gempa. Pemakaian ukuran profil dihitung sesuai dengan ketentuan pada AISC – LRFD.

1. Menentukan data penampang
2. Menentukan nilai ( $P_u$ ,  $V_u$ ,  $M_u$ )
3. Menghitung faktor perbesaran momen ( portal bergoyang)
4. Menghitung geometri penampang tekan

5. Menentukan klasifikasi penampang berdasarkan tabel 5.1 (Buku Dewobroto, Edisi ke-II)
6. Menghitung tegangan kritis tekuk-lentur (AISC-E3)
7. Menghitung tegangan kritis tekuk-puntir (AISC-E4)
8. Menghitung kuat tekan nominal kolom profil
9. Menghitung kuat lentur enampang pada kondisi plastis (maksimum)
10. Cek klasifikasi profil
11. Parameter LTB berdasarkan ketentuan F2 (AISC 2010)
12. Menghitung faktor  $C_b$ , untuk memasukkan pengaruh betuk momen antara dua pertambahan lateral
13. Menghitung momen nominal terhadap kondisi batas tekuk torsi lateral
14. Kontrol momen

#### **3.4.4 Perencanaan Sambungan**

Langkah-langkah perencanaan sambungan baut yang akan digunakan dalam perencanaan sambungan struktur gedung ini sebagai berikut:

1. Merencanakan tipe sambungan yang akan digunakan
2. Merencanakan tipe baut yang akan digunakan
3. Menghitung tahanan nominal baut
4. Menghitung tahanan geser baut
5. Menghitung tahanan tarik baut
6. Menghitung tahanan tumpu baut
7. Menghitung jarak antar baut

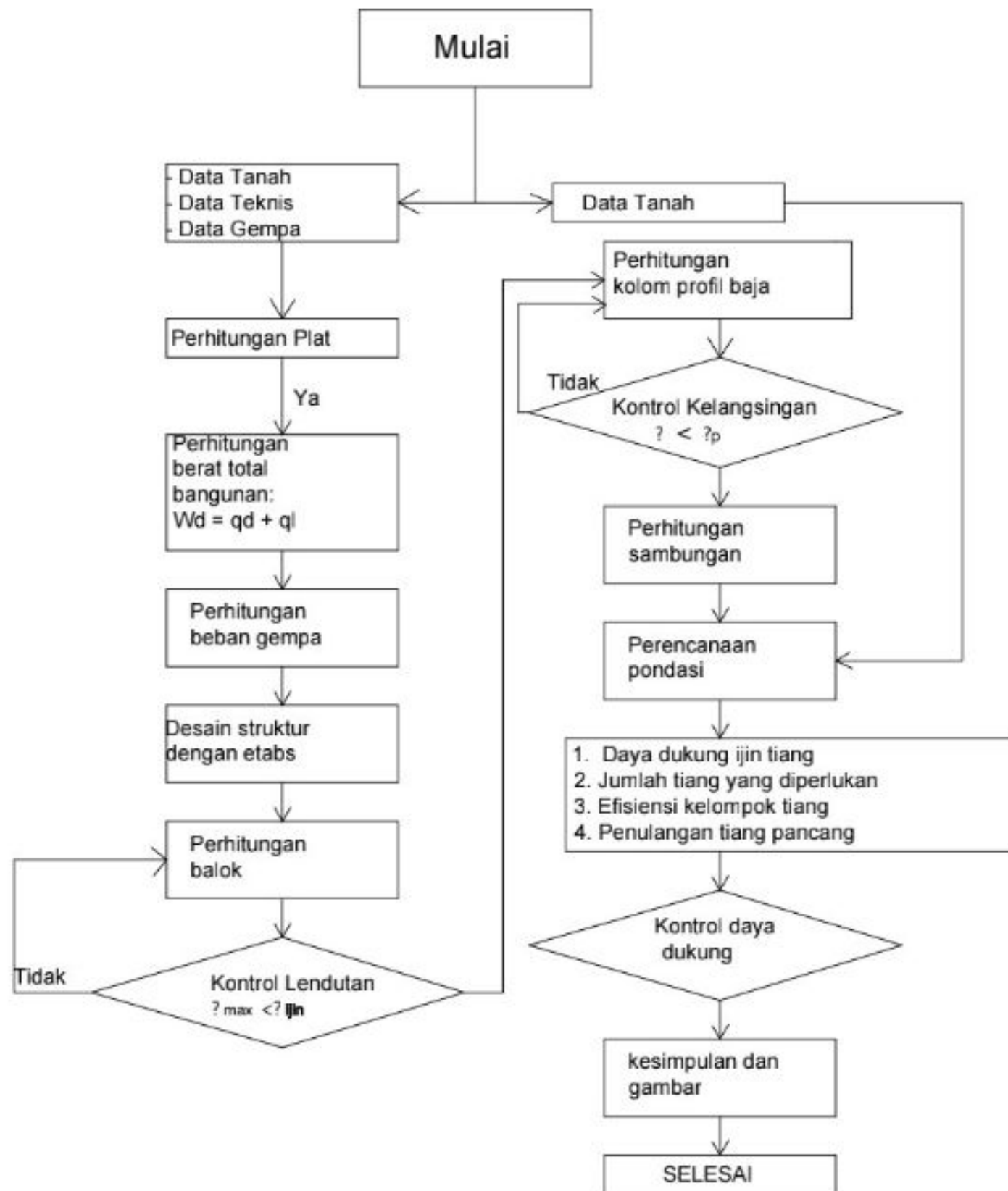
#### **3.4.5 Perencanaan Sambungan Balok Kolom**

Langkah-langkah dalam perencanaan sambungan balok kolom baja

1. Gaya terfaktor dari balok dan kolom
2. Menganalisis stabilitas rangka
3. Merencanakan tipe sambungan yang akan digunakan
4. Merencanakan tipe baut yang akan digunakan

5. Menghitung tahanan nominal baut
6. Menghitung tahanan geser baut
7. Menghitung tahanan tarik baut
8. Menghitung tahanan tumpu baut
9. Menghitung jarak antar baut

### 3.5 Bagan Alir Perancangan



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

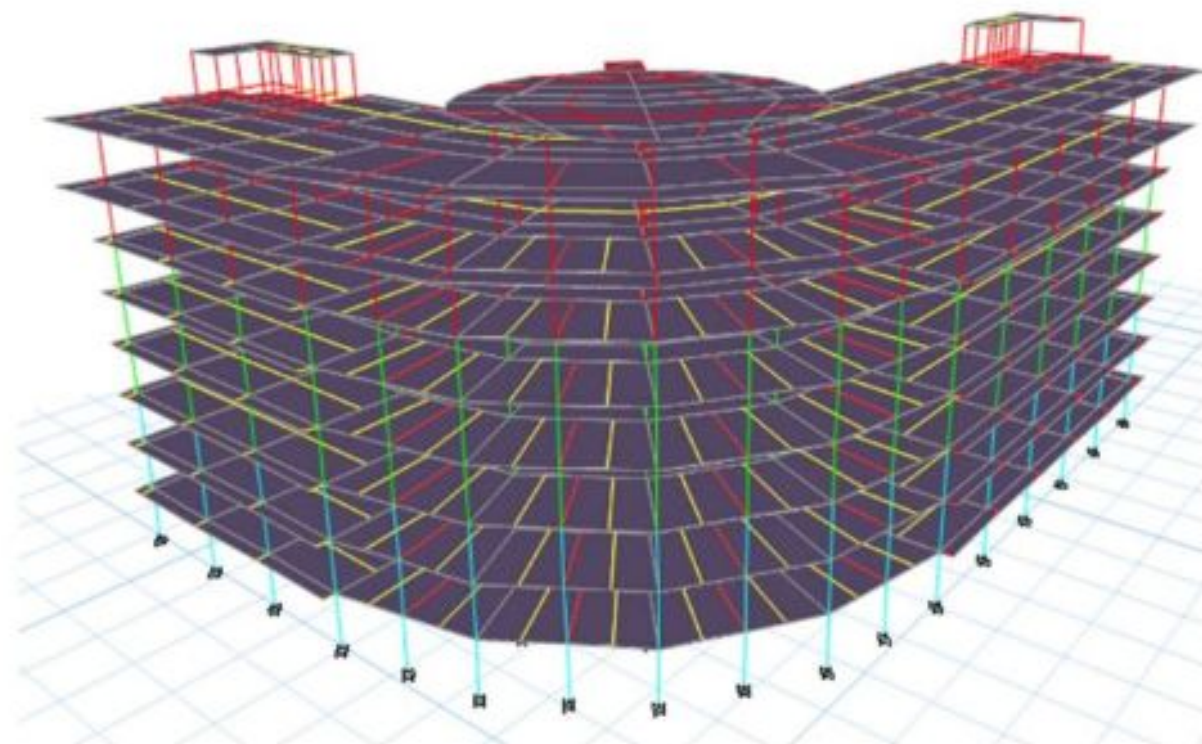
#### 4.1 Umum

Proses analisis dan desain gedung IGD Terpadu RSUD Proinsi NTB dengan struktur baja akan menggunakan bantuan software ETABS V2018 dan Autocad 2007. Pada proses analisis dan desain gedung digunakan SNI 1729-2020 sebagai acuan dalam menentukan dimensi profil yang akan digunakan dan aturan-aturan yang digunakan dalam perencanaan struktur baja. Hasil akhir yang akan diperoleh berupa dimensi profil yang aman untuk gedung dan gaya-gaya dalam yang sudah dipastikan kuat dan aman sesuai peraturan yang ada dan dapat dipertanggung jawabkan.

#### 4.2 Pemodelan Struktur

##### 4.2.1 Komponen Desain Struktur

Kondisi eksisting gedung didesain menggunakan struktur beton dan akan didesain ulang menggunakan struktur baja dengan metode LRFD aatau sekarang disebut DFBK (Desain Faktor Beban dan Ketahanan), merupakan perencanaan berdasarkan beban terfaktor yang memperhitungkan kondisi batas, yaitu kondisi maksimum yang dapat diberikan suatu penampang yang berada diluar batas elastis (inelastis) dan juga memperhitungkan tegangan ultima baja.



### Gambar 4.1 Pemodelan dengan ETABS

#### 4.2.2 Material Struktur

Gedung IGD RSUD Provinsi NTB akan dirancang menggunakan material struktur baja disesuaikan dengan aturan-aturan yang ada.

- a) Jenis baja : BJ 37
- b) Modulus elastisitas : 200.000 MPa
- c) Modulus geser : 80.000 MPa
- d) Tegangan leleh baja ( $f_y$ ) : 240 MPa
- e) Tegangan tarik batas : 370 MPa
- f) Kuat tekan beton : 30 MPa

#### 4.2.3 Preliminary Desain

*Preliminary desain* atau dikenal dengan istilah dimensionering adalah tahap awal atau pra analisis untuk menentukan dimensi penampang profil ataupun kebutuhan struktur yang diperlukan sesuai dengan persyaratan, pengalaman dan *sense of engineering* yang dimiliki. *Preliminary desain* pada tugas akhir ini meliputi pelat, balok dan kolom. Estimasi penampang pada balok dan kolom yang digunakan pada tahap pra-analisis ini menggunakan profil baja yang tersedia. Setelah tahap *preliminary desain* selesai, kemudian dilakukan analisis dan dilakukan cek persyaratan dan keamanan pada struktur. Apabila didapatkan struktur tidak aman, maka penampang profil harus diubah, kemudian dianalisis ulang hingga persyaratan keamanan struktur terpenuhi.

##### 4.2.3.1 Perencanaan Pelat

Perencanaan pelat pada struktur gedung IGD RSUD Provinsi NTB in menggunakan pelat komposit dengan menggunakan floordeck.

- a. Bondek
  - Bahan dasar : Baja mutu tinggi
  - Rib Depth,  $h_r$  : 50 mm
  - Slab Depth,  $h_s$  : 70 mm
  - Rib With Top,  $W_{rt}$  : 156 mm
  - Rib With Bottom,  $W_{rb}$  : 123 mm



Rib Spacing, Sr	: 234 mm
Deck Shear Thickness	: 1,0 mm
Deck Unit Weight	: 9,91 kg/m <sup>2</sup>
Shear Stud Height, hs	: 100 mm
Shear Stud Diameter	: 16 mm
Shear Stud Tensile Strength, Fu	: 420 MPa
b. Wiremesh	
Diameter tulangan	: 10 mm
Tegangan leleh	: 500 kg/m <sup>2</sup>
Ukuran	: 5400 mm x 2100 mm

#### 4.2.3.2 Perencanaan Balok

Balok yang digunakan pada struktur baja Gedung IGD RSUD Provinsi NTB ini menggunakan profil penampang IWF. *Preliminary* desain pada balok meliputi estimasi penampang profil balok, panjang bentang tanpa pengaku/ kebutuhan balok anak cek persyaratan kekuatan dan kekakuan pada balok anak. Berikut ini merupakan contoh untuk menentukan dimensi profil baja untuk balok dengan bentang 8000 mm sebagai berikut:

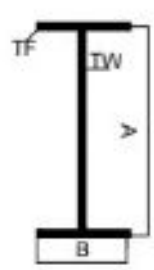
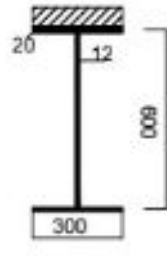
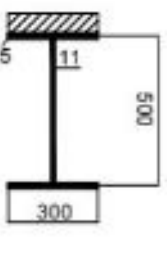
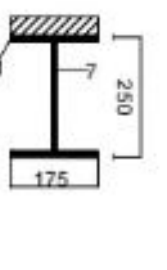
$$d = \frac{L}{12} = \frac{8000}{12} = 666,67 \Rightarrow 600 \text{ mm}$$

$$b = 300 \text{ mm}$$

$$t_f = 24$$

$$t_w = 13$$

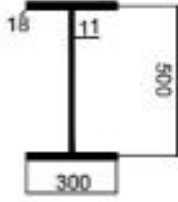
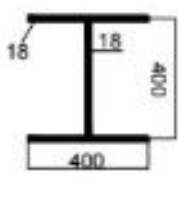
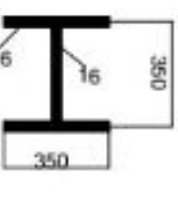
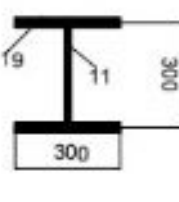
besarnya dimensi profil baja yang digunakan dapat dilihat pada gambar:

DETAIL PENAMPANG BALOK BAJA			
			
TIPE BALOK	C. 600.300	C. 500.300	C. 250.175
PROFIL WF	600.300.12.20	500.300.11.15	250.175.7.11

**Gambar 4.2** Rencana Penampang Balok Baja

#### 4.2.3.3 Perencanaan Kolom

Preliminary desain profil baja yang digunakan sebagai struktur kolom pada Gedung IGD RSUD Provisi NTB merupakan estimasi awal dalam perencanaan. Profil baja untuk kolom menggunakan profil penampang IWF atau H. Berdasarkan dimensi profil balok pada preliminary desain dapat direncanakan dimensi profil baja untuk kolom pada gambar:

DETAIL PENAMPANG KOLOM BAJA				
PENAMPANG KOLOM BAJA				
	TIPE KOLOM	K. 500.300	K. 400.400	K. 350.350
PROFIL WF	500.300.11.18	400.400.18.18	350.350.16.16	350.350.11.19

**Gambar 4.3** Detail Rencana penampang kolom baja

#### 4.2.4 Pembebanan Struktur

Pembebanan struktur pada perencanaan struktur gedung rumah sakit ini mengacu pada Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI-1727:2020), TATA Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung

dan Non Gedung (SNI 1726:2019), dan Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI-1729:2019). Tahapan pembebanan disini yaitu dengan meng-input beban-beban yang bekerja dimodel 3D pada program ETABS seperti beban mati(DL), beban hidup (LL) beban gempa statik dan dinamik dan beban national (struktur baja).

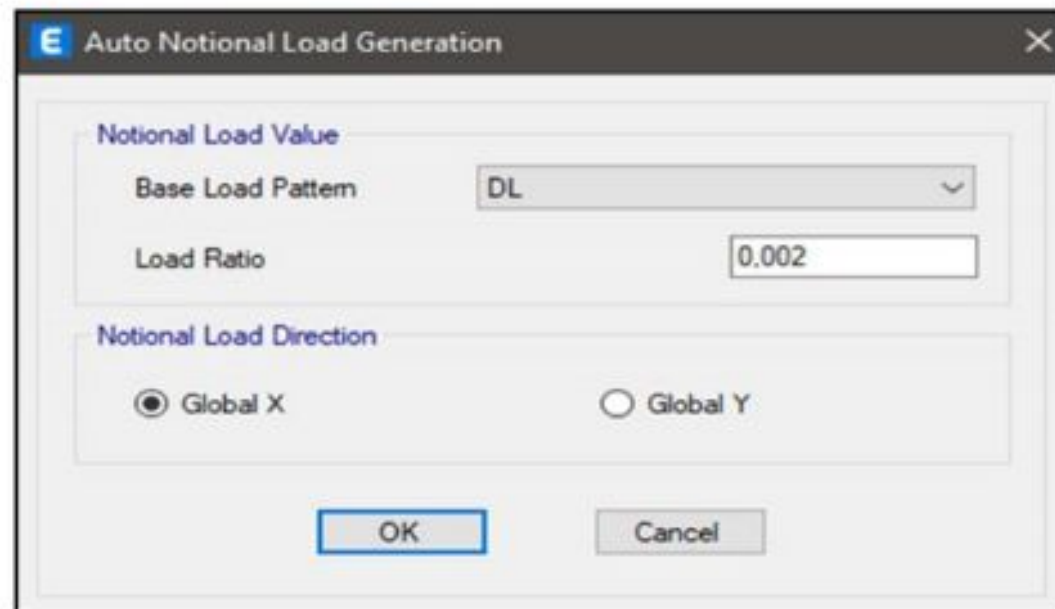
Dalam analisis struktur, dilakukan asumsi-asumsi guna memudahkan dalam meng-nput atau memasukkan pembebanan tanpa mengurangi besaran dari beban yang bekerja.

- a) Beban-beban yang bekerja pada struktur meliputi beban mati, beban hidup dan beban gempa
- b) Untuk berat sendiri dari struktur akan otomatis dihitung menggunakan ETABS
- c) Pembebanan pelat yang diperhitungkan merupakan beban yang diakibatkan oleh pasir, keramik, spesi, dan beban-beban instalasi listrik dan plumbing (MEP), beban hidup pada lantai yang sesuai dengan fungsi ruangnya.
- d) Beban yang diakibatkan oleh dinding dimasukkan sebagai beban mati balok pada model 3D ETABS
- e) Pembebanan uyang diakibatkan oleh lift diasumsikan hanya bekerja pada lantai paling atas dibawah ruang mesin, berat mesin dan kabel dipikul oleh balok perletakan tempat mesin didirikan.

Kemudian dari asumsi-asumsi tersebut, maka pembebanan struktur dapat dihitung sebagai berikut:

#### **4.2.4.1 Beban National**

Besar beban national tersedia dalam program analisa struktur ETABS dan pada input yang didasarkan pada SNI 1729-2019, input beban national melalui menu define-load pattern-Type "National" –Add New Load-Modify Lateral Load. Sehingga dapat diatur pembebanan national arah x dan y pada pilihan National Load Direction, tinjauan beban gravitasi pada struktur bangunan pada pilihan input National Load Value dengan Load Ratio 0,002 sesuai SNI 1729:2019.



**Gambar 4.4** Input National Load Programs ETABS

#### 4.2.4.2 Beban Mati (DL)

##### 1) Beban Mati Pada Pelat

Perhitungan pembebanan pada pelat lantai ini dihitung secara garis besar dan tetap harus memperhitungkan fungsi ruangan.

##### a) Beban mati pada pelat lantai 1-8

Plafond dan rangka	: 0,18 kN/m <sup>2</sup>
Beban instalasi MEP	: 0,18 kN/m <sup>2</sup>
Beban keramik 1 cm	:0,22 kN/m <sup>2</sup>
Beban spesi 3 cm	:0, 66 kN/m <sup>2</sup>
Beban pasir 6 cm	:0,84 kN/m <sup>2</sup>
<b>Total beban mati pada pelat lantai (QD)</b>	<b>:2,06 kN/m<sup>2</sup></b>

##### b) Beban mati pada pelat atap (Rooftop)

Berat waterproofing aspal 2 cm	:0,28 kN/m <sup>2</sup>
Plafond dan rangka	:0,18 kN/m <sup>2</sup>
Beban instalasi MEP	:0,18 kN/m <sup>2</sup>
<b>Total beban mati pelat atap (QD)</b>	<b>:0,64 kN/m<sup>2</sup></b>

##### c) Beban mati tambahan pada pelat helipad

Waterprofing	: 0,28 kN/m <sup>2</sup>
Beban instalasi ME	:0,18 kN/m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>:0,46 kN/m<sup>2</sup></b>

## 2) Beban mati pada balok struktur

Pada perencanaan gedung rumah sakit ini digunakan dinding dengan jenis bata ringan dan juga curtain wall kaca sehingga beban mati pada balok yang dihitung adalah beban mati tambahan (SIDL) akibat berat volume dinding dengan berat 6,5 Kn/m<sup>2</sup> dan 6,0 kn/m<sup>2</sup> dengan ketinggian mengikuti tinggi antar lantai dikurangi dimensi tinggi balok.

### a) Spesifikasi dinding arsitektur

Pasangan bata ringan AAC Powerblock : 6,5 kN/m<sup>3</sup>

Curtain wall kaca rangka : 6,0 kN/m<sup>3</sup>

### b) Perhitungan beban mati pada balok struktur

- Beban balok dengan dinding bata ringan tinggi 5m  
= tinggi dinding x berat bata ringan x tebal dinding  
= 5,00 x 6,5 x 0,15  
= 4,875 kN/m
- Beban balok dengan dinding bata ringan pada tinggi 4,2 m  
= tinggi dinding x berat bata ringan x tebal dinding  
= 4,2 x 6,5 x 0,15  
= 4,095 kN/m
- Beban balok dengan dinding bata ringan pada tinggi 3,5 m  
= tinggi dinding x berat bata ringan x tebal dinding  
= 3,5 x 6,5 x 0,15  
= 3,412 kN/m
- Beban mati pada balok dengan curtain wall kaca dengan tinggi lantai 5m  
= 5,00 x 6,0 x 0,15  
= 4,5 kN/m
- Beban mati pada balok dengan curtain wall kaca dengan tinggi 4,2 m  
= 4,2 x 6,0 x 0,15  
= 3,78 kN/m
- Beban mati pada balok dengan curtain wall kaca dengan tinggi lantai 3,5 m

$$= 3,5 \times 6,5 \times 0,15$$

$$= 1,4625 \text{ kN/m}$$

**c) Beban mati akibat lift**

Seperti yang sudah diketahui lift merupakan alat transportasi vertikal antarantai. Yang mana kehadiran dari lift itu sendiri sangat membantu penghuni gedung dalam beraktivitas. Pada perencanaan struktur gedung rumah sakit ini terdapat ada tiga lift. Pembebanan yang diakibatkan oleh lift ini ditinjau akibat beban hidup penumpang/ *pasanger* sedangkan beban mati ditinjau berdasarkan berat dari lift itu sendiri dan berat mesin. Adapun detail lift yang digunakan dalam perencanaan ini dapat dilihat pada gambar 4.3

Tipe lift	: PM Gearless Elevator (Simplex)
Merk	: Sigma
Kecepatan	: 1 m/s
Lebar pintu	: 1100 mm
Dimensi sangkar	: 1750 mm x 2000 mm
Dimensi luncur	: 2450 mm x 2550 mm
Beban reaksi mesin, R1	: 102200 kg
R2	: 7000 kg

Untuk lebih lengkapnya spesifikasi lift tertera pada tabel 4.1

Perhitungan berat total akibat lift 1 dan 2, 1E dan PE2

$$PU = R1 + R2$$

$$= 10200 + 7000$$

$$= 17200 \text{ kg}$$

$$= \mathbf{172,00 \text{ kN}}$$

dimana:

R1 = Berat mesin penggerak+berat kereta+perlengkapan

R2 = Berat bandul pemberat + perlengkapan

**Tabel 4.1** Data spesifikasi lift PM Gearless Elevator Iris NV (Duplex)

Kode lift	Capacity (kg)		OW	CS (mm)		HS (mm)		Reaction Load (kN)			
	person	load		mm	CW	CD	simplex		MRS		Pit
			HW				HD	R1	R2	R3	R4
	1 PE	21	1600	1100	2000	1750	2550	2450	10200	7000	10950

Keterangan :

PE : *pasaner eleator*, Lift penumpang

OW : *openig with(mm)*, lebar pintu lift

CS : *car size*, dimensi sangkar

HS : *hoistwan size*, dimensi luncur

MRS : *machine room size*, dimensi ruang mesin

#### d) Beban Akibat Tangga

Beban mati tambahan pada tangga dianggap sebagai beban merata pada balok.

Plafond dan rangka = 0,18 kNm<sup>2</sup>

Beban keramik 1cm : 0,01 x 20 = 0,20 kN/m<sup>2</sup>

Beban spesi 3 cm : 0,03 x 0,22 = 0,66 kN/m<sup>2</sup>

Berat egangan (handrill) = 3,00 kN/m<sup>2</sup>

**SIDL, total tangga = 4,04 kN/m<sup>2</sup>**

Beban mati tambahan yang diinput pada balok tangga

(4,04 : 2) : panjang balok = (4,04 : 2) : 3,2 = 0,631 kN/m

(4,04 : 2) : panjang balok = (4,04 : 2) : 3,35 = 0,603 kN/m

#### 4.2.4.3 Beban Hidup

Pada perencanaan gedung rumah sakit ini terdapat fungsi-fungsi ruang yang berbeda pada tiap lantai yang terdiri dari ruang operasi, ruang otopso, ruang penyimpanan, ruang rawat inap dan lain-lain. Sehingga mempengaruhi besaran beban hidup yang nantinya bekerja pada gedung rumah sakit in berdasarkan peraturan SNI-1727:2020

Beban minimum perancangan bangunan gedung dan struktur lain pada tabel

**Tabel 4.2** Rekapitulasi pembebanan pada setiap ruangan

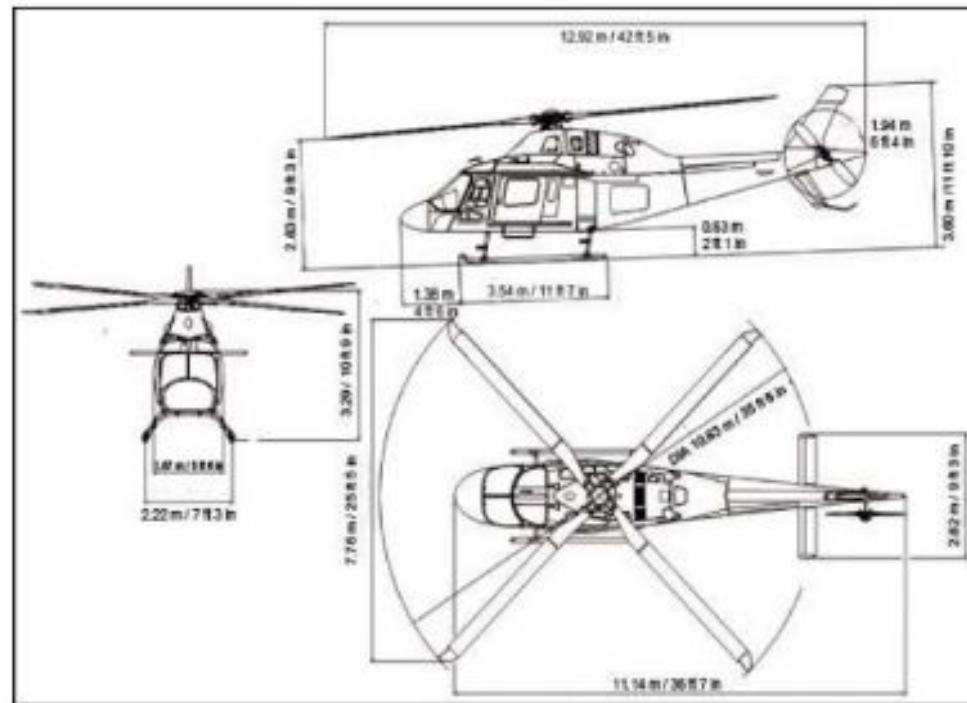
Nama	Berat Beban (kN/m <sup>2</sup> )
Rawat inap	1,92
Hall	4,79
Koridor	3,83
Ruang tunggu	4,79
Laboratorium	4,79
Ruang operasi	2,87
Kamar mandi	2,87
Ruang dokter/perawat	1,92
Smoke lobby	4,79
Poliklinik	2,40
Radiologi	7,12
Ruang rapat	4,79
Gudang	7,18

### 1. Beban helipad

Pada gedung ini akan direncanakan maksimum untuk helikopter tipe A109E power berjenis wheel dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Kru : 1 atau 2 pilot
- Kapasitas : 6-7 penumpang
- Panjang : 12,92 m (42 kaki 5 inci)
- Rotor diameter : 10,83 m (35 kaki 6 inci)
- Tinggi : 3,60 m ( 11 kaki 10 inci)
- Berat kosong : 1,483 kg (3,269 lb)
- Max berat lepas landas : 2,850 kg (6,283 lb)
- Powerplant : 1 x Pratt dan Whitney Canada PT6B-37A turboshaft engine, 747 Kw (1,002 hp)





**Gambar 4.5** Ilustrasi Helikopter Agusta A119 Koala

Beban sebuah helikopter yang dinyatakan dalam satuan kg, dikonversikan menjadi beban merata dalam satuan  $\text{kg/m}^2$  yang didistribusikan pada pelat daerah landasan helikopter bermarka H.

$$\begin{aligned} \text{Berat bruto maksimum helikopter} &= 5,997 \text{ lbs} \times 0,4536 \text{ kg/lbs} \\ &= 2.720,2392 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban hidup daerah landasan helikopter} &= 1,5 \times (2.720,239 : 2) : (3 \times 0,4) \text{ m}^2 \\ &= 1.700.1495 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

#### 4.2.4.4 Beban Gempa

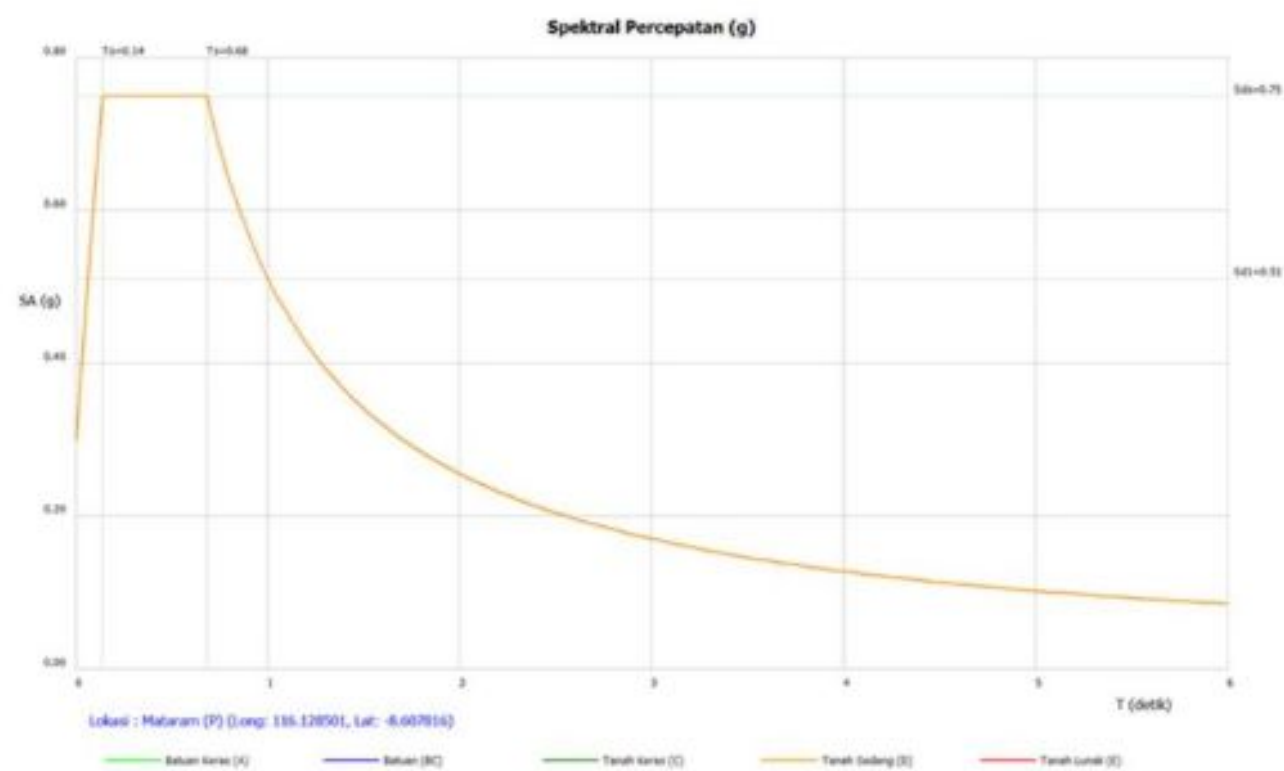
Pembebanan gempa pada struktur gedung rumah sakit ini menggunakan pembebanan analisa respon spektrum dengan program RSA2019 dengan lokasi gedung rumah sakit berada pada koordinat (koordinat latitude dan longitude).

Parameter percepatan spektrum batuan dasar terpetakan hasil output program RSA2019 pada kondisi tanah sedang:

Fungsi bangunan	: rumah sakit
Klasifikasi situs	: IV
Faktor keutamaan gempa ( $I_e$ )	: 1,5
Zona wilayah	: Jl. Prabu Rangkasari, Dasan Cermen, Kec. Sandubaya, Kota Mataram, NTB

Koordinat lokasi : Lintang =  $-8,607816^\circ$   
 Bujur =  $116,128501^\circ$

Adapun parameter yang didapat dari desain spektra indonesia untuk lokasi sesuai koordinat pembangunan adalah sebagai berikut:



**Gambar 4.6** Grafik spektrum respon desain dari situs sesuai koordinat lokasi dari grafik diperoleh data-data:

- Ss = 1,03400
- S1 = 0,40425
- TL = 12
- Fa = 1,086402
- Fv = 1,895746
- Sma = 1
- Sml = 0,766364
- Sda = 0,74889
- Sdl = 0,510909
- T0 = 0,136444

$$T_s = 0,682222$$

### 1. Perhitungan beban gempa statik ekuivalen

Statik ekuivalen adalah suatu cara analisis statis struktur, dimana pengaruh gempa pada struktur dianggap sebagai beban-beban statik horizontal untuk menirukan pengaruh gempa yang sesungguhnya akibat gerakan tanah. Metode ini merupakan penyederhanaan dari analisis dinamik. Beban gempa yang bekerja diasumsikan sebagai beban titik yang bekerja pada tiap lantai.

Adapun tahapan-tahapan perhitungan antara lain:

#### a) Penetapan kategori resiko

Kategori resiko struktur bangunan gedung dan nongedung sesuai tabel 2.4 halaman 16. Pengaruh gempa harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$  menurut Tabel 2.5. dengan fungsi gedung sebagai rumah sakit pada perancangan ini masuk dalam klasifikasi kategori resiko IV dengan faktor keutamaan  $I_e$  1,5.

#### b) Penentuan parameter kecepatan gempa $S_1$ dan $S_2$

Parameter  $S_s$  (percepatan bantuan dasar pada periode pendek) dan  $S_1$  (percepatan batuan dasar pada periode 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respon spektral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik. Pada perancangan ini  $S_s$  dan  $S_1$  didapat dari situs desain spektra Indonesia dengan nilai sebagai berikut:

$$S_s = 1,033995 \text{ g}$$

$$S_1 = 0,404254 \text{ g}$$

#### c) Penentuan klasifikasi situs

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasi sebagai kelas situs SA, SB, SC, SE, atau SF. Dengan jenis tanah pada lokasi gedung direncanakan berupa tanah lunak, maka diklasifikasikan kelas situs SE.

**Tabel 4.4** Data Tanah

Kedalaman	Tebal (di)	B1		B2	
		N-Spt	di/ Ni	N-Spt	di/Ni
2	2	15	0,133333	6	0,3333333
4	2	8	0,25	4	0,5
6	2	24	0,083333	10	0,2
8	2	6	0,333	43	0,047
10	2	60	0,333	60	0,333
12	2	60	0,333	60	0,333
14	2	60	0,333	60	0,333
16	2	60	0,333	60	0,333
18	2	60	0,333	60	0,333
20	2	60	0,333	60	0,333
22	2	60	0,333	60	0,333
24	2	60	0,333	60	0,333
26	2	60	0,333	60	0,333
28	2	60	0,333	60	0,333
30	2	60	0,333	60	0,333
Total	30		1,167		1,447
		<b>N</b>	<b>25,714</b>	<b>N</b>	<b>20,740</b>

**d) Penentuan koefisien situs**

Faktor amplikasi terkait percepatan pada getaran periode pendek (Fa) dan faktor amplikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (Fv). Pada perencanaan ini ata Fa dan Fv didapat dari situs desain spektra Indonesia, dengan nilai:

$$Fa = 1,086402 \text{ g}$$

$$Fv = 1,895746 \text{ g}$$

**e) Parameter spektrum respons**

Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (Sms) dan periode 1 detik (Sm1) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$Sms = Fa \times Ss = 1,86402 \times 1,033995 = 0,748890 \text{ g}$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 1,89576 \times 0,404254 = 0,510909 \text{ G}$$

**f) Menentukan parameter percepatan spektral desain**

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, SDS dan pada periode 1 detik SD1, harus ditentukan melalui persamaan berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 0,748890 = 0,49926 \text{ g}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,510909 = 0,340606 \text{ g}$$

**g) Pemilihan sistem struktur dan parameter sistem ( R, Cd,  $\Omega_0$ )**

koefisien modifikasi respons (R), yang sesuai faktor kuat lebih sistem ( $\Omega_0$ ), dan koefisien amplikasi defleksi (Cd). Dengan sistem gaya penahan seismik berupa SRPMK, didapat nilai R, Cd, dan  $\Omega_0$  berturut turut sebesar 8,3 dan 5,5

- |                                       |            |         |
|---------------------------------------|------------|---------|
| 1) Faktor koefisien modifikasi        | R          | = 8     |
| 2) Faktor kuat lebih system           | $\Omega_0$ | =3      |
| 3) Faktor pembesaran defleksi         | Cd         | =5,5    |
| 4) Koefisien batas                    | Cu         | =1,4    |
| 5) Nilai parameter periode pendekatan | Ct         | =0,0724 |
|                                       | X          | =0,75   |

**h) Penentuan periode fundamental struktur**

➤ Hasil desain

- Periode fundamental

$$T_a = C_t h^n = 0,0724 \times 37,9^{0,75} = 1,3263 \text{ detik}$$

- Periode fundamental maksimum

$$T_{max} = C_u T_a = 1,4 \times 1,3263 = 1,857 \text{ detik}$$

- Periode fundamental hasil ETABS arah X
- Periode fundamental hasil ETABS arah Y
- Periode fundamental yang digunakan pada arah X (TX)
- Periode fundamental yang digunakan pada arah Y, (Ty)

- Rekapitulasi periode waktu getar alami fundamental (T)

$$T_x (\text{detik}) = 1,857$$

$$T_y \text{ (detik)} = 1,857$$

**i) Menghitung koefisien respon seismic (Cs)**

- Koefisien respon seismic

$$C_S = \frac{S_{DS}}{R/I_e} = \frac{0,748890}{8/1,5} = 0,1404$$

- Koefisien respon seismic maksimum (C<sub>smax</sub>)

Pada arah X

$$C_{SX,max} = \frac{S_{D1}}{T_{X,R}/I_e} = \frac{0,510909}{2,46 \times 8 / 1,5} = 0,0516$$

Pada arah Y

$$C_{SY,max} = \frac{S_{D1}}{T_{Y,R}/I_e} = \frac{0,510909}{2,08 \times 8 / 1,5} = 0,0516$$

- Koefisien respon seismic minimum (C<sub>smin</sub>)

$$C_{S,min} = 0,044 \cdot S_{DS} \cdot I_e = 0,044 \times 0,748890 \times 1,5 = 0,0490 \geq 0,01$$

- Koefisien respon seismic yang digunakan

Pada arah x

Karena  $C_S > C_{SX,max}$  maka digunakan  $C_{SX} = 0,0516$

Pada arah y

Karena  $C_S > C_{SY,max}$  maka digunakan  $C_{SY} = 0,0516$

- Rekapitulasi koefisien respon seismic

$$C_{sx} = 0,0516$$

$$C_{sy} = 0,0516$$

**j) Menghitung gaya geser dasar**

- 1) Hasil desain

**Tabel 4.4** Berat total struktur

Story	Elevation (m)	Weight (kN)
Helipad	37,9	435176,61
Lantai Atap	34,40	1978755,35
Lantai 8	29,4	2360621,3
Lantai 7	25,2	2062876,82
Lantai 6	21	2130959,15
Lantai 5	16,8	2063939,21
Lantai 4	12,6	2081208,28
Lantai 3	8,4	2098191,5
Lantai 2	4,2	2125178
Total		17336906,22

Dari data tersebut, didapatkan nilai gaya geser dasar struktur gedung IGD

Terpadu dengan menggunakan persamaan:

Pada arah x

$$V_{x,base} = C_{sx} \cdot W = 0,0619 \times 14537623,21 = 7351,43 \text{ kN}$$

Pada arah y

$$V_{y,base} = C_{sy} \cdot W = 0,0619 \times 14537623,21 = 7351,43 \text{ kN}$$

• Rekapitulasi gaya geser dasar

$$\text{Berat total} = 17336906,22 \text{ kN}$$

$$C_{sx} = 0,0516$$

$$C_{sy} = 0,0516$$

$$V_x = 8767,02 \text{ kN}$$

$$V_y = 8767,06 \text{ kN}$$

#### 4.2.5 Hasil Analisa Struktur

setelah pemodelan dan pembebanan struktur pada ETABS selesai dilakukan, maka selanjutnya perlu dilakukan pengecekan terhadap standar dan persyaratan yang berlaku. Pengecekan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

### 1) Kontrol gaya geser dasar

Berdasarkan SNI 1726-2019 pasal 7.9.1.4.1 dikatakan bahwa apabila kombinasi respon untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam/ gaya geser dinamik ( $V_d$ ) kurang dari 100% dari gaya geser statik ekuivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan  $V$  statik/ $V$  dinamik.

**Tabel 4.5** Kontrol gaya geser dasar dinamik hasil ETABS

Kondisi	Arah	Statik	100% Statik	Dinamik	Ket
Desain	$V_x$ (kN)	8774,19	8774,19	8767,02	OK
	$V_y$ (kN)	8774,19	8774,19	8767,06	OK

### 2) Kontrol translasi

**Tabel 4.6** Kontrol translasi

Case	Mode	period	UX	UY	RZ	check	ket
		sec					
Modal	1	2,649	25%	30%	26%	translasi	OK
Modal	2	2,109	53%	3%	0%	Translasi	OK
Modal	3	1,688	0%	0,21%	57%	rotasi	OK

### 3) Kontrol partisipasi massa

**Tabel 4.7** Partisipasi massa

case	Mode	SumUX	SumUY	SumRZ
Modal	1	25%	33%	0%
Modal	2	79%	64%	0%
Modal	3	85%	85%	0%
Modal	4	87%	88%	0%
Modal	5	93%	92%	0%
..... sengaja dihapus sebagian				
Modal	30	100%	100%	0%
Modal	31	100%	100%	0%
Modal	32	100%	100%	0%



Modal	33	100%	100%	0%
modal	34	100%	100%	0%

#### 4) Kontrol batas layan struktur (SNI 1729:2019)

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur, dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui  $0,03R \times$  tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm, tergantung dari nilainya yang lebih kecil.

$$\Delta S = \frac{0,03 \times h_s}{R} - \frac{0,03 \times 3500}{8} = 13 \text{ mm}$$

Keterangan:

$h_s$  = Tinggi antar tingkat

R = Faktor reduksi gempa

**Tabel 4.8** Kontrol batas layan struktur arah x

lantai	$h_{sx}$	$\Delta x$	$\Delta x$	$\Delta i$	$\Delta i_{jin}$	Ket
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Helipad	3500	33,107	-0,435	13,125	35	<b>OK</b>
Lantai atap	5000	33,542	3,123	18,75	50	<b>OK</b>
Lantai 8	4200	30,419	4,025	15,75	42	<b>OK</b>
Lantai 7	4200	26,394	3,578	15,75	42	<b>OK</b>
Lantai 6	4200	22,816	4,542	15,75	42	<b>OK</b>
Lantai 5	4200	18,274	4,765	15,75	42	<b>OK</b>
Lantai 4	4200	13,509	4,286	15,75	42	<b>OK</b>
Lantai 3	4200	9,223	4,700	15,75	42	<b>OK</b>
Lantai 2	4200	4,523	4,523	15,75	42	<b>OK</b>

**Tabel 4.9** Kontrol batas layan struktur arah y

lantai	hsx	$\delta y$	$\Delta y$	$\Delta i$	$\Delta i_{jin}$	Ket
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
Helipad	3500	44,963	3,063	13,125	35	OK
Lantai atap	5000	41,900	4,382	18,75	50	OK
Lantai 8	4200	37,518	4,752	15,75	42	OK
Lantai 7	4200	32,766	4,633	15,75	42	OK
Lantai 6	4200	28,133	5,177	15,75	42	OK
Lantai 5	4200	22,956	6,107	15,75	42	OK
Lantai 4	4200	16,849	5,266	15,75	42	OK
Lantai 3	4200	11,583	5,786	15,75	42	OK
Lantai 2	4200	5,797	5,797	15,75	42	OK

### 5) Simpangan antar tingkat

Untuk kontrol simpangan antar tingkat ditentukan dengan persamaan simpangan izin:

$$\Delta a = 0,01hs = 0,01 \times 3500 = 35 \text{ mm}$$

Dimana hs adalah tinggi antar tingkat

Simpangan x

$$\Delta \text{helipad} = \frac{(\delta_{\text{helipad}} - \delta_{\text{lantai atap}})Cd}{le} = \frac{(33,107 - 33,542)5,5}{1,5} = -1,595 \text{ mm}$$

Simpangan arah y

$$\Delta \text{helipad} = \frac{((\delta_{\text{helipad}} - \delta_{\text{lantai atap}})Cd)}{le} = \frac{(44,963 - 41,900)5,5}{1,5} = 11,231 \text{ mm}$$

**Tabel 4.10** Kontrol simpangan antar tingkat arah x

lantai	hsx	$\delta x$	$\Delta x$	$\Delta_{ijin}$	Ket
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Helipad	3500	33,107	-1,595	35	OK
Lantai atap	5000	33,542	11,451	50	OK
Lantai 8	4200	30,419	14,758	42	OK
Lantai 7	4200	26,394	13,119	42	OK
Lantai 6	4200	22,816	16,654	42	OK
Lantai 5	4200	18,274	17,472	42	OK
Lantai 4	4200	13,509	15,715	42	OK
Lantai 3	4200	9,223	17,233	42	OK
Lantai 2	4200	4,523	16,584	42	OK

**Tabel 4.11** Kontrol simpangan antar tingkat arah y

lantai	hsx	$\delta y$	$\Delta y$	$\Delta_{ijin}$	Ket
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Helipad	3500	44,963	11,231	35	OK
Lantai atap	5000	41,900	16,067	50	OK
Lantai 8	4200	37,518	17,424	42	OK
Lantai 7	4200	32,766	16,988	42	OK
Lantai 6	4200	28,133	18,982	42	OK
Lantai 5	4200	22,956	22,392	42	OK
Lantai 4	4200	16,849	19,309	42	OK
Lantai 3	4200	11,583	21,215	42	OK
Lantai 2	4200	5,797	21,256	42	OK

#### 6) Kontrol efek P-Delta

Kontrol desain struktur untuk kestabilan akibat efek P-Delta yang diatur pada SNI 1726:2019 dalam pasal 7.8.7 untuk kontrol efek p-delta ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\theta \text{ max} = \frac{0,5}{\beta \cdot Cd} = \frac{0,5}{1,0 \cdot Cd} = 0,09091$$

p-delta arah x

$$\theta \text{ max} = \frac{p \cdot \Delta x \cdot i_e}{V_x \cdot h_{sx} \cdot Cd} = \frac{6260,32 \times (-1,595) \times 1,5}{1110,91 \times 3500 \times 5,5} = -0,001$$

p-delta arah y

$$\theta \text{ max} = \frac{p \cdot \Delta y \cdot i_e}{V_y \cdot h_{sy} \cdot Cd} = \frac{6260,32 \times 11,231 \times 1,5}{841,22 \times 3500 \times 5,5} = 0,007$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan

**Tabel 4.12** Efek p-delta arah (X)

lantai	hsx	Δx	P	Vx	Θx	θijin	Ket
	(mm)	(mm)	(Kn)	(Kn)			
Helipad	3500	-1,595	6260,32	1110,91	-0,001	0,0909	<b>OK</b>
Lantai atap	5000	11,451	31302,95	5421,07	0,004	0,0909	<b>OK</b>
Lantai 8	4200	14,758	61020,23	8433,90	0,007	0,0909	<b>OK</b>
Lantai 7	4200	13,119	85155,52	10280,47	0,007	0,0909	<b>OK</b>
Lantai 6	4200	16,654	111763,77	11883,48	0,010	0,0909	<b>OK</b>
Lantai 5	4200	17,472	135943,40	13223,13	0,012	0,0909	<b>OK</b>
Lantai 4	4200	15,715	160529,68	14535,90	0,011	0,0909	<b>OK</b>
Lantai 3	4200	17,233	185716,92	16021,89	0,013	0,0909	<b>OK</b>
Lantai 2	4200	16,584	211925,47	17346,31	0,013	0,0909	<b>OK</b>

**Tabel 4.13** Efek p-delta arah (Y)

lantai	hsx	$\Delta y$	P	Vy	$\theta y$	$\theta_{ijin}$	Ket
	(mm)	(mm)	(Kn)	(Kn)			
Helipad	3500	11,231	6260,32	842,22	0,007	0,0909	<b>OK</b>
Lantai atap	5000	16,067	31302,95	4077,92	0,007	0,0909	<b>OK</b>
Lantai 8	4200	17,424	61020,23	6375,18	0,011	0,0909	<b>OK</b>
Lantai 7	4200	16,988	85155,52	7808,90	0,012	0,0909	<b>OK</b>
Lantai 6	4200	18,982	111763,77	9040,60	0,015	0,0909	<b>OK</b>
Lantai 5	4200	22,392	135943,40	10057,24	0,020	0,0909	<b>OK</b>
Lantai 4	4200	19,309	160529,68	11033,32	0,018	0,0909	<b>OK</b>
Lantai 3	4200	21,215	185716,92	12150,55	0,021	0,0909	<b>OK</b>
Lantai 2	4200	21,256	211925,47	13161,31	0,022	0,0909	<b>OK</b>

### 4.3 Perencanaan Komponen Struktur

#### 4.3.1 Perencanaan pelat lantai

Dalam perencanaan bondex disini didesain sebagai tulangan positif satu arah seperti yang sudah tercantum pada brousur union floor deck. Untuk analisa perhitungan mengacu pada rumus steel deck institute 2011.

Data-data perencanaan pelat lantai sebagai berikut:

##### a) bondex

Bahan dasar	= Baja mutu tinggi
Standar bahan	=SNI
Tegangan leleh minimum, $f_y$	=510 MPa
Tebal pelat bondex, $t$	=1,0mm
Berat, $w$	= 9,91 kg/m <sup>2</sup>
Tinggi gelombang , $h_r$	=50 mm
Panjang pelat bondex	=8000 mm

##### b) Wiremesh

tipe wiremesh	= Baja mutu tinggi
standar bahan	= SNI
Tegangan leleh minimum, $f_y$	= 510 MPa
Diameter tulangan	= 10 mm

##### c) Data pelat lantai

direncanaan tebal pelat lantai, $h$	=130 mm
-------------------------------------	---------

##### d) Data beban

Beban mati tambahan, SIDL	= 1,47 kN/m <sup>2</sup>
Beban hidup, LL	= 4,79 kN/m <sup>2</sup>
Beban ultimit pelat, $q_u = 1,2 \text{ SIDL} + 1,6 \text{ LL}$	= 9,429 kN/m <sup>2</sup>

##### e) Analisa perhitungan bondex

$$\begin{aligned}d &= h - \frac{1}{2} \cdot h_r \\ &= 130 - \frac{1}{2} \cdot 50 \\ &= 105 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 hc &= h - hr \\
 &= 130 - 50 \\
 &= 80 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menghitung Rasio Modular

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{E_s}{E_c} \\
 &= \frac{200000}{4700\sqrt{f_c}} \\
 &= \frac{200000}{4700\sqrt{30}} \\
 &= 7,769
 \end{aligned}$$

Menghitung momen ultimit pelat bondex

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} \cdot qu \cdot 8^2 \\
 M_u &= \frac{1}{8} \cdot 9,428 \cdot 8^2 \\
 &= 75,424 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Menghitung kebutuhan tulangan

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c} = \frac{510}{0,85 (30)} = 20$$

$$Rn = \frac{M_u}{bd^2} = \frac{75,424}{3,5(105)} = 0,897$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{20} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2(20) \times 0,897}{510}} \right) = 0,00179089$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,00179089 \times 3500 \times 105 = 658,152 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = 0,0020 \cdot b \cdot h = 0,0020 \times 3500 \times 130 = 910 \text{ mm}^2$$

$$A_{spasang} = 910 \text{ mm}^2$$

$$A_{SD8} = 0,91 \times 3,14 \times 8^2 = 182,8 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{1000}{\frac{910}{182,8}} = 200,87 \text{ mm}$$

Dicoba M8-300

Maka didapatkan,

$$\begin{aligned} Y_{cc} &= d(\sqrt{2\rho \cdot n + (\rho \cdot n)^2}) \\ &= 105(\sqrt{2 \times 0,00179089 \times 7,769 + (0,00179089 \times 7,769)^2}) \\ &= 22,672 < hc \ 80mm \end{aligned}$$

$$Y_{cs} = d - Y_{cc}$$

$$Y_{cc} = 105 - 22,672$$

$$Y_{cc} = 82,328 \text{ mm}$$

$$I_c = \frac{b}{3 \times h} Y_{cc}^3 + A_s \times Y_{cc}^2 + I_{sf}$$

$$I_c = \frac{995}{3 \times 130} \times 22,672^3 + 378,058 \times 82,328^2 + 422063,600$$

$$I_c = 3014235,024 \text{ mm}^4$$

Menghitung flextural strenght

$$M_y = \frac{f_y \times I_c}{h - Y_{cc}}$$

$$M_y = \frac{510 \times 3014235,024}{130 - 22,672}$$

$$M_y = 14323008,555 \text{ N mm}$$

$$M_y = 14 \ 3,23 \text{ kN m}$$

$$M_r = \phi \times M_y$$

$$M_r = 0,85 \times 143,23$$

$$M_r = 121,745 \text{ kN m}$$

Dari hasil analisa, didapatkan bahwa nilai  $M_r > M_u$ . Dimana ( $M_r = 121,745 \text{ k.Nm}$ ,  $M_u = 75,424 \text{ k.Nm}$ )



#### f) Perhitungan tulangan wiremesh

Direncanakan tulangan wiremesh M8-300

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2 \times \frac{1000}{s}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi 8^2 \times \frac{1000}{300}$$

$$A = 167,46$$

Tulangan wiremesh

$$A_{s \text{ perlu}} = A_s \times \frac{f_y}{f_{yw}}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 167,46 \times \frac{240}{510}$$

$$A_{s \text{ perlu}} = 78,804$$

Dicoba dengan menggunakan tulangan wiremesh M10-300

$$A_{sw} = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 \times \frac{1000}{300}$$

$$= 261,666 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} = 150,72 \text{ mm}^2$$

*berdasarkan hasil perhitungan diatas maka digunakan tulangan wiremesh M8*

*- 300*

#### 4.3.2 Perencanaan Balok Baja

Dari hasil analisa struktur dengan menggunakan software ETABS maka didapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur. Pada perencanaan balok baja ini digunakan momen dan gaya lintang maksimum. Adapun data perencanaan balok sebagai berikut:

##### a) Data Material

Mutu beton	= 30 MPa
Modulus elastisitas beton, $E_c$	= $4700 \sqrt{f'_c}$
Mutu baja	= BJ37
Tegangan leleh minimum, $f_y$	= 240 MPa
Tegangan putus minimum, $f_u$	= 370 MPa

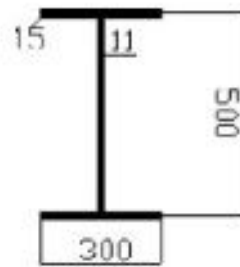
Tulangan baja, $f_y$	=400 MPa
Modulus elastisitas baja	= 200000 MPa

**b) Data Perencanaan Pelat Lantai**

Tebal total pelat lantai, $h$	= 130 mm
Tinggi gelombang bondex, $h_r$	=50 mm
Tinggi pelat beton	= 100 mm
Tebal bondex, $t$	=1,0 mm
Berat bondex, $t$	=9,91 kg/m <sup>2</sup>
Tegangan leleh minimum, $f_y$	= 510 MPa
Lebar efektif	= 1500 mm

**c) Data penampang profil baja**

Balok baja direncanakan menggunakan profil 500.300.11.15 dengan data profil sebagai berikut:



$d$	= 500 mm
$bf$	= 300 mm
$tw$	= 11 mm
$tf$	=15 mm
$r$	= 26 mm
$A_s$	=14550 mm <sup>2</sup>
$I_x$	=1731891456 mm <sup>4</sup>
$I_y$	=21634033,54 mm <sup>4</sup>
$S_x$	=69275658,24 mm <sup>3</sup>
$S_y$	=144226 mm <sup>3</sup>
$Z_x$	=15625 mm <sup>3</sup>

$$\begin{aligned}
Z_y &= 91733851 \text{ mm}^3 \\
r_x &= 228 \\
r_y &= 83,1 \\
h &= d - 2(tf+r) = 418 \text{ mm} \\
L_b &= 5500 \text{ mm}
\end{aligned}$$

**d) Analisa perhitungan balok komposit**

**1) Cek penampang kompak**

Flens:

$$\frac{b}{2tf} = \frac{300}{2 \times 15} = 10$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{Es}{fy}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 10,103$$

$$\lambda_{rf} = 1 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 28,867$$

karena nilai  $\frac{b}{2tf} < \lambda_{pf}$  maka penampang (kompak)

web:

$$\frac{h}{tw} = \frac{459}{11} = 41,72$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{Es}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 108,541$$

$$\lambda_{pw} = 5,7 \sqrt{\frac{Es}{fy}} = 5,7 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 164,544$$

karena nilai  $\frac{h}{tw} < \lambda_{pw}$  maka penampang (kompak)

**2) Periksa terhadap tekuk lokal flens dan tekuk lokal web**

Berdasarkan pengecekan terhadap penampang kompak diatas bahwa tidak terjadi masalah

Tekuk lokal flens dan web

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times F_y$$

$$M_n = 15625 \times 240$$

$$M_n = 3750000$$

### 3) Kontrol tekuk torsi lateral

Menentukan panjang  $L_p$  dan  $L_r$

$$C_w = \frac{I_y h_o^2}{4} = \frac{21634033,54 \times (500-11)^2}{4} = 1293287934 \text{ mm}^6$$

$$J = 2 \left[ \frac{1}{3} \times (500)(11)^3 \right] + \left[ \frac{1}{3} \times (500 - 2(11))(11)^3 \right] = 434072,667 \text{ mm}^4$$

$$r_{ts^2} = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} = \frac{\sqrt{21634033,54 \times 1293287934}}{115459430,4} = 1,448$$

$$C = 1$$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E_s}{f_y}} = 1,76 \times 83,1 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 4,222 \text{ m}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E_s}{0,7 f_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 f_y}{E_s}\right)^2}}$$

$$= 1,95 \times 1,448 \frac{200000}{0,7 \times 240} \sqrt{\frac{(434072,667)(1)}{115459430,4 \times 459} + \sqrt{\left(\frac{(434072,667)(1)}{115459430,4 \times 459}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \times 240}{200000}\right)^2}}$$

$$L_r = 15,7385 \text{ m}$$

Karena nilai ( $L_p = 4,222 < L_b = 5,500 < L_r = 9,620$ )

Menghitung nilai modifikasi tekuk torsi lateral,  $C_b$

$$M_{maks} = 5086 \text{ kN.m} \quad (\text{momen maksimum pada bentang yang ditinjau})$$

$$M_A = 3779,01 \text{ kN.m} \quad (\text{1/4 bentang tak terkekang})$$

$$M_B = 5069 \text{ kN.m} \quad (\text{1/2 bentang})$$

$$M_C = 3790 \text{ kN.m} \quad (\text{3/4 bentang})$$

$$C_b = \frac{12,5 \times M_{MAX}}{2,5 \times M_{MAX} + 4 \times M_B + 3 \times M_C}$$

$$c_b = \frac{12,5 \times 5086}{2,5 \times 5086 + 3 \times 3779,01 + 4 \times 5069 + 3 \times 3790} = 1,149 < 2.3 \text{ (OK)}$$

$$M_n = C_b \times [M_p - (M_p - 0,70 f_y S_x) \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p}]$$

$$M_n = 2,03 \times [3750000 - (3750000 - 0,70 \times 240 \times 69275658,24) \frac{5,5 - 4,222}{15,7385 - 4,222}]$$

$$= 2632,194$$

$$2632,194 < 5086 \text{ kN.m} \quad (\text{OK})$$

#### 4) Kontrol terhadap gaya torsi

Pengaruh gaya torsi/puntir balok komposit

$$T_u = 0,02 \text{ (ETABS)}$$

$$M_n = 2632,94 \text{ kN.M}$$

Karena momen nominal torsi  $T_u = 0,02 \text{ kN} < \text{dari } M_n = 2632,194 \text{ kN.m}$

Maka profil tersebut dapat digunakan

#### 5) Kuat geser nominal

Kontrol kondisi balok, tergantung pada perbandingan antara tinggi bersih pelat web dengan flens:

$$\frac{h}{t_w} = \frac{418}{11} = 38$$

$$1,10 \times \sqrt{\frac{k_n E_s}{f_y}}$$

Dimana  $k_n = 5$  untuk balok tanpa pengaku vertikal pelat badan, sehingga:

$$1,10 \times \sqrt{\frac{5 \times 200000}{240}} = 71,004$$

$$\text{Maka } a \frac{h}{t_w} < 1,1 \times \sqrt{\frac{k_n E_s}{f_y}}$$

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

$$A_w = h \times t_w = 418 \times 11 = 4598 \text{ mm}^2$$

$$C_v = 1,0$$

Sehingga:

$$V_n = 0,6 \times 240 \times 4958 \times 1,0$$

$$V_n = 662112 \text{ N} \Rightarrow 6621,12 \text{ kN}$$

Rasio kapasitas

$$\text{Rasio kapasitas} = \frac{V_u}{\phi \times V_n} = \frac{5451,69}{0,9 \times 6621,12} = 0,823$$

### 6) Lebar efektif (balok interior)

$$b_E = \frac{L}{4} = \frac{6000}{4}$$

$$b_E = 1500$$

### 7) Menghitung momen nominal (Mn)

Flens:

$$\frac{b_f}{2 \times t_f} = \frac{300}{2 \times 15} = 10$$

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

$$\frac{b_f}{2 \times t_w} \leq \lambda_p \Rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Web:

$$\frac{H - 459}{t_w \cdot 11} = 41,72$$

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

$$\frac{h}{t_w} \leq \lambda_p \Rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena penampang profil baja penampang kompak, maka kekuatan lentur dapat dihitung menggunakan distribusi tegangan plastis sesuai dengan SNI 1729:2020  
Menentukan resultan gaya yang terjadi pada balok komposit.

$$\begin{aligned} C &= 0,85 \times f'_c \times t_{\text{pelat}} \times b_E \\ &= 0,85 \times 30 \times 130 \times 1500 \\ &= 4972,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

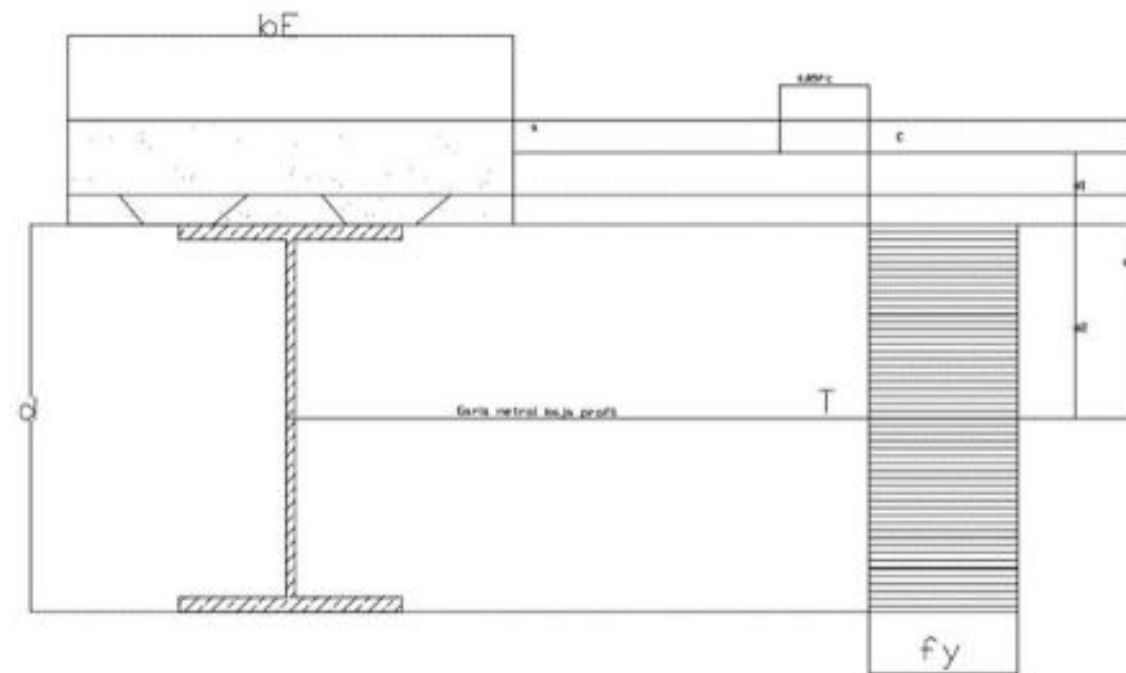
Profil baja, T

$$\begin{aligned} T &= A_s \times f_y \\ &= 14550 \times 240 \\ &= 3705,60 \text{ kN} \end{aligned}$$

Karena  $C > T$ , maka sumbu netral plastis terletak pada beton

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 \times f_c \times b_E}$$

$$a = \frac{14550 \times 240}{0,85 \times 30 \times 1500} = 91,29 \text{ mm} < t_c = 130 \text{ mm}$$



**Gambar 4.7** distribusi tegangan elastis balok komposit

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

$$d_1 = 50 + 100 - \frac{91,29}{2} = 104,355 \text{ mm}$$

$$= \frac{d}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ mm}$$

$$= d_1 + d_2 = 354,355$$

Kuat lentur nominal dari komponen struktur tersebut adalah

$$M_n = T \times d_3 = C \times d_3$$

$$= A_s \times f_y \times d_3$$

$$= 14550 \times 240 \times 354,355 = 12374,07 \text{ kN.m}$$

Kuat lentur rencana

$$\phi = 0,9$$

$$M_r = \phi \times M_n$$

$$M_r = 0,9 \times 12374,07$$

$$M_r = 11136,66 \text{ kN.m}$$

$$M_r = 11136,66 \text{ kN.m} \geq M_u = 5086 \text{ kN.m} \quad (\text{OK})$$

$$\text{Rasio kapasitas} = \frac{M_u}{\phi \times M_n} = \frac{5086}{0,9 \times 12374,07} = 0,456 < 1 \quad (\text{OK})$$

### 8) Kontrol lendutan

$$E_c = 0,043 \times W_{c^2} \times \sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 0,043 \times 2400^2 \times \sqrt{30}$$

$$E_c = 27691,460 \text{ MPa}$$

Menentukan nilai, n

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

$$n = \frac{200000}{27691,460}$$

$$n = 7,222$$

B transformasi ( $A_{tr}$ )

$$b_{tr} = \frac{b_{eff}}{n} = \frac{1500}{7,222} = 207,698$$

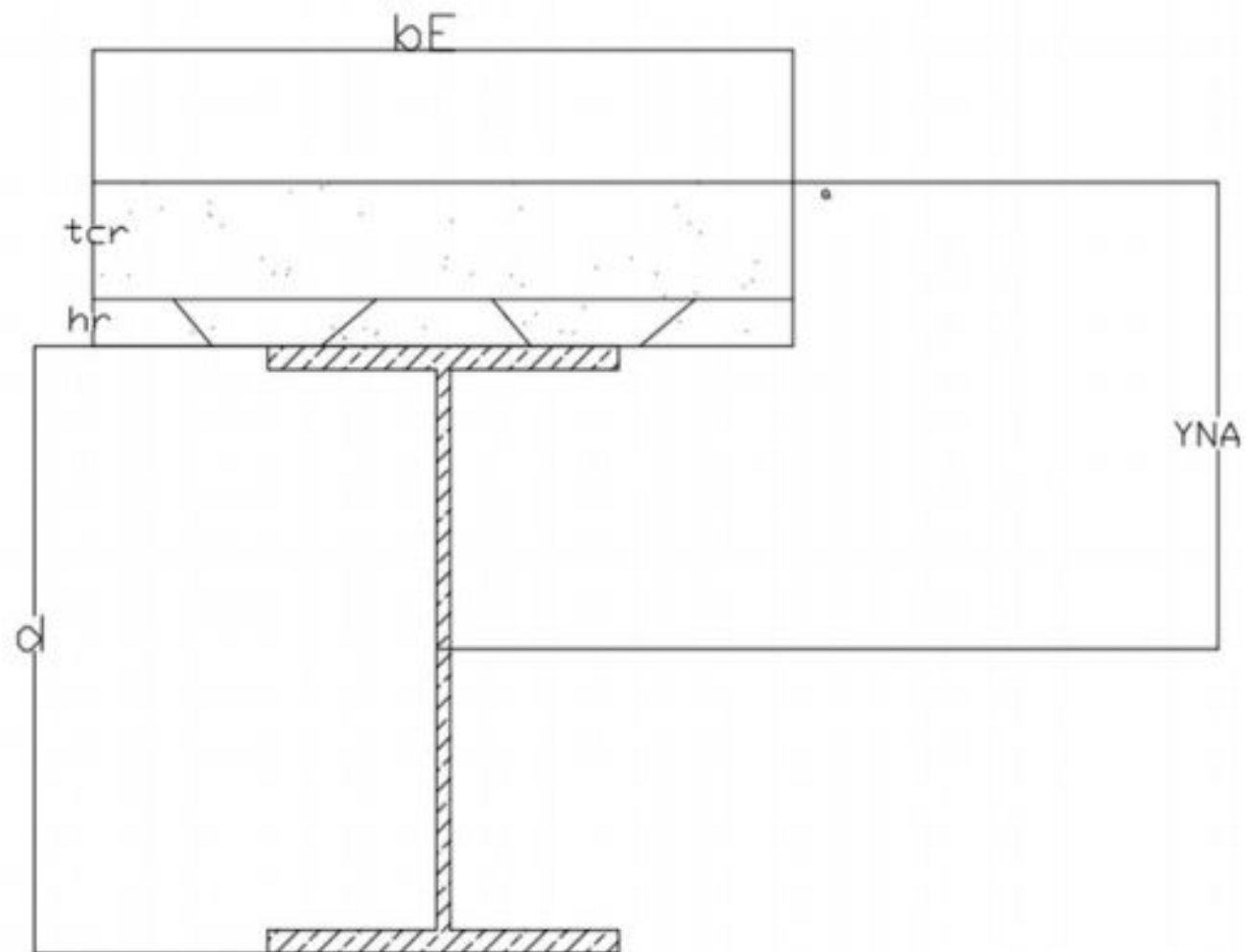
A transformasi ( $A_{tr}$ )

$$A_{tr} = b_{tr} \times t_{pelat}$$

$$A_{tr} = 207,698 \times 100$$

$$A_{tr} = 20769,8 \text{ mm}^2$$





**Gambar 4.8** penampang transformasi balok komposit

Menentukan letak garis netral,  $Y_{na}$

$$Y_{na} = \left[ \frac{A_{tr} \times \frac{1}{2} \times t_{pelat} + A_s \times \left( \frac{d}{2} + h_r + t_{pelat} \right)}{A_{tr} + A_s} \right]$$

$$Y_{na} = \left[ \frac{20769,8 \times \frac{1}{2} \times 100 + 14550 \times \left( \frac{500}{2} + 50 + 100 \right)}{20769,8 + 14550} \right]$$

$$Y_{na} = \left[ \frac{6044011}{35319,8} \right]$$

$$Y_{na} = 171,122$$

Menentukan momen inersia penampang transformasi,  $I_{tr}$

$$I_{tr} = I_x + A_s \times \left[ \left( \frac{d}{2} + h_r + t_{pelat} \right) - Y_{na} \right]^2 + \frac{1}{12} \times b_{tr} \times h_r + t_{pelat}^3 + A_{tr} \left( Y_{na} - \frac{h_r + t_{pelat}}{2} \right)^2$$

$$I_{tr} = 1731891456 + 14550 \times \left[ \left( \frac{500}{2} + 50 + 100 \right) - 171,122 \right]^2 + \frac{1}{12} \times 207,698 \times 50$$

$$+ 100^3 + 20769,8 \left( 171,122 - \frac{50 + 100}{2} \right)^2$$

$$= 1924860554 \text{ mm}^4$$

$$\text{Lendutan ijin } (\Delta_{ijin}) \frac{L}{360} = \frac{7000}{360} = 19,444 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan ETABS didapatkan bahwa nilai lendutan yang terjadi sebesar  $\Delta_{max} =$

$$\text{Kontrol } (\Delta_{max} = 1,950 \text{ mm}) < (\Delta_{ijin} = 19,444 \text{ mm}) \quad \text{(OK)}$$

#### e) Shear conector

Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sebuah shear conector atau penghubung geser sehingga tidak terjadi slip pada masa layan struktur. Dalam tugas akhir ini shear conector direncanakan menggunakan tipe stud dengan data sebagai berikut:

Data data sehar conector:

$$\text{diameter stud} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{tinggi stud} = 70 \text{ mm}$$

$$f_u, \text{ stud} = 410 \text{ mm}$$

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$h_r = 50 \text{ mm}$$

$$h_s = (h_3 + 40) = 90 \text{ mm} \quad \text{(LRFD hal.309)}$$

$$N_f = 2 \text{ pasang tiap gelombang bondek}$$

$$W_r = 156 \text{ mm}$$

Menentukan gaya geser horizontal total balok

$$V_h = 0,85 \times f'_c \times A_c$$

$$V_h = A_g \times f_y$$

$$V_h = 0,85 \times t_p \times b_{eff}$$

$$V_h = 15670 \times 240$$

$$h = 0,85 \times 30 \times 150 \times 14550$$

$$V_h = 3760,800 \text{ kN}$$

$$V_h = 5565,375 \text{ kN}$$

Jadi nilai  $V_h = 3760,800 \text{ Kn}$  (diambil yang terkecil)

Pengecekan koefisien reduksi ( $r_s$ ) karena pengaruh pelat bondek yang dipasang tegak lurus terhadap balok baja.

$$r_s = \frac{0,85}{\sqrt{2}} \times \left(\frac{W_r}{h_r}\right) \times \left[\left(\frac{h_s}{h_r}\right) - 1\right] \leq 1$$

$$= \frac{0,85}{\sqrt{2}} \times \left(\frac{156}{50}\right) \times \left[\left(\frac{90}{50}\right) - 1\right] \leq 1$$

$$r_s = 1,5 \leq 1$$

Karena nilai ( $r_s$ ) lebih besar dari 1 maka  $r_s$  yang digunakan  $r_s = 1$  (LRFD hal. 311)

Menentukan kuat geser stud

$$A_{sc} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 16^2$$

$$= 200,960 \text{ mm}^2$$

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c}$$

$$= 4700\sqrt{30}$$

$$= 25742,960 \text{ MPa}$$

$$Q_n = 0,5 \times A_{sc} \times \sqrt{f'_c \times E_c} < R_g R_p A_{sc} F_u \text{ dimana } (R_g = 0,85 \text{ dan } R_p = 0,6 \text{ Tabel})$$

$$= 0,5 \times 200,960 \times \sqrt{30 \times 25742,960}$$

$$= R_g R_p A_{sc} F_u$$

$$= 0,85 \times 0,6 \times 200,960 \times 370$$

$$= 37,92 \text{ kN}$$

Jadi jumlah shear conector dalam  $\frac{1}{2}$  bentang adalah:

$$n = \frac{V_h}{n \times Q_n \times r_s}$$

$$n = \frac{3760,800}{2 \times 37,92 \times 1}$$

$$n = 49,58$$

maka untuk kebutuhan shear conector minimum 50 buah stud untuk ½ bentang balok komposit. Sehingga kebutuhan untuk keseluruhan bentang balok menjadi 100 buah stud agar terpenuhi aksi komposit penuh.

Menentukan jarak antar shear conector:

$$s = \frac{L}{n} = \frac{6000}{\frac{56}{2}} = 196,42 \Rightarrow 196 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{periksa minimum longitudinal} &= 6 \times \phi \\ &= 6 \times 16 \\ &= 96 < 196 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{periksa jarak minimum transfersal} &= 4 \times \phi \\ &= 4 \times 16 \\ &= 64 < 196 \text{ mm (OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{periksa jarak minimum transfersal} &= 8 \times \phi \\ &= 8 \times 16 \\ &= 128 < 196 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

### 4.3.3 Perencanaan Struktur Kolom Baja

Perencanaan kolom komposit diambil kolom C13 sebagai contoh perhitungan, letak kolom dapat dilihat pada lampiran. Berdasarkan hasil perhitungan statika dengan software ETABS diperoleh data sebagai berikut:

$$P_u = 2903,68 \text{ kN}$$

$$M_{ux} = 783,94 \text{ kN}$$

$$M_{uy} = 213,62 \text{ kN}$$

$$V_u = 359,64 \text{ kN}$$

#### a) Data material

BJ37

$$\text{Tegangan leleh minimum, } f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$\text{Tegangan putus minimum, } F_u = 370 \text{ MPa}$$

Modulus elastisitas baja,  $E_s = 200000$

**b) Penampang profil baja**

Kolom baja direncanakan menggunakan profil WF 500.300.11.18 dengan data sebagai berikut:

- $d = 500 \text{ mm}$
- $bf = 300 \text{ mm}$
- $tw = 11 \text{ mm}$
- $tf = 18 \text{ mm}$
- $r = 26 \text{ mm}$
- $h = d - 2(tf + r) = 412 \text{ mm}$
- $I_x = 1871773696 \text{ mm}^4$
- $I_y = 24563521,95 \text{ mm}^4$
- $S_x = 7487094784$
- $S_y = 163756813$
- $Z_x = 8385546158 \text{ mm}^3$
- $Z_y = 252185492 \text{ mm}^3$
- $A_g = 14550 \text{ mm}^2$

**1) Data Beban Ultimate**

- $P_u = 2903,68 \text{ kN}$
- $M_{ux} = 783,94 \text{ kN}$
- $M_{uy} = 213,62 \text{ kN}$
- $V_u = 359,64 \text{ kN}$

**2) Menghitung faktor pembesaran momen untuk efek  $\rho - \delta$**

**Pembesaran momen untuk,  $\delta_s$**

$$GA = \frac{\sum(\frac{EI}{L})_{kolom}}{\sum(\frac{I}{L})_{balok}} = \frac{(200000)1871773696/420}{(\frac{3782742016}{8000})} = 1,469$$

$$GA = \frac{\sum(\frac{EI}{L})_{kolom} - (200000)1871773696/420}{\sum(\frac{I}{L})_{balok} - (\frac{3782742016}{7000})} = 1,679$$

$$K = \sqrt{\frac{GA(1,6GB+4)+(4GB+7,5)}{GA+GB},5}$$

$$K = \sqrt{\frac{1,469(1,6(1,469)+4)+(4(1,347)+7,5)}{1,469+1,347+7,5}} = 1,504$$

$$\frac{kx.Lx}{rx} = \frac{1,504 \times 420}{20,8} = 30,369$$

$$Cm = 0,6 - 0,4 \left( \frac{M1}{M2} \right) = 0,6 - 0,4 \left( \frac{783,94}{213,62} \right) = 0,867$$

$$Nel = \frac{\pi^2 E Ag}{(k \frac{L}{r})^2} = \frac{\pi^2 \times 200000 \times 14550}{(1,504 \times (\frac{420}{20,8}))^2} = 4678,779 \text{ kN}$$

$$Nu = 2903,68 \text{ kN}$$

$$\delta b = \frac{Cm}{1 - Nu/Nel} = \frac{0,867}{1 - \frac{2903,68}{4678,779}} = 0,999 < 1,0$$

ambil,  $\delta b = 1,0$

**Pembesaran momen untuk  $\delta b$**

$$Nu = 110606,762 \text{ kN}$$

$$Nel = \frac{\pi^2 E Ag}{(k \frac{L}{r})^2} = \frac{\pi^2 \times 200000 \times 16}{(1,504 \times (\frac{420}{20}))^2} = 4953,110 \text{ kN}$$

$$\delta s = \frac{Cm}{1 - Nu/Nel} = \frac{0,867}{1 - \frac{110606,76}{4953,110}} = 0,999$$

### 3) Menghitung properti geometri penampang tekan

$$A = 16350 \text{ mm}^2$$

$$I_x = 710 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 81,1 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

$$R_x = \sqrt{I_x/A} = 208,386 \text{ mm}$$

$$R_y = \sqrt{I_y/A} = 70,429 \text{ mm}$$

$$J = \frac{1}{3} (2.18.300 + 11^3.412) = 2126,79 \text{ mm}^4$$

$$C_w = \frac{I_y \cdot h_0^2}{4} = \frac{81,1 \times 10^6 \cdot 482^2}{4} = 9,77 \times 10^{12}$$

$$I_x + I_y = 791,100,000 \text{ mm}^4$$

### 4) Menentukan klasifikasi penampang berdasarkan tabel 5.1 (Dewobroto, jilid 2 2016)

$$\text{sayap} = \frac{b}{t} = \frac{300,05}{18} = 8,333 \ll 0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 16,165 \Rightarrow \text{tidak langsing}$$

$$\text{badan} = \frac{b}{t} = \frac{300 - 2(18)}{11} = 24 \ll 1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 43 \Rightarrow \text{tidak langsing}$$

5) **Menghitung tegangan kritis tekuk lentur**

$$\frac{KL}{r_{min}} = \frac{1,347(4200)}{70,429} = 80,327 \ll 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 136, \Rightarrow \text{tekuk inelastis, sehingga}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} = \frac{\pi^2(200000)}{(80,327)^2} = 306 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left(0,658^{\frac{240}{306}}\right) \cdot f_y = 0,720 f_y$$

6) **Menghitung tegangan kritis tekuk-puntir**

Tekuk puntir simetri ganda, fcr dari rumus tekuk lentur (AISC-E3), tapi Fe dicari rumus (AISC-E4-4) berikut.

$$F_e = \left[ \frac{\pi^2 E C_w}{KL^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y}$$

$$F_e = \left[ \frac{\pi^2 200000(9,77 \times 10^{12})}{(5657,4)^2} + 77,200(2126,79) \right] \frac{1}{791,100,000} = 761,656 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_y}{F_e} = \frac{240}{761,656} = 0,315, \text{ berarti tekuk inelastis, sehingga}$$

$$F_{cr} = \left(0,658^{\frac{240}{650,955}}\right) \cdot f_y = 0,857 f_y$$

7) **Menghitung kuat tekan nominal kolom profil**

Fcr tekuk-puntir >> Fcr tekuk lentur (sb.y-y), maka tekuk yang terjadi adalah lentur.

Kuat tekan nominalnya adalah:

$$P_n = F_{cr} A = 0,720 \cdot 240 \cdot 16,35 \times \frac{1}{1000} = 4862,868 \text{ kN}$$

$$P_c = \phi P_n = 4376,581 \text{ kN}$$

Menghitung kuat lentur rencana ( $\phi M_n$ )

8) **Menghitung kuat lentur penampang pada kondisi plastis (maksimum)**

$$Z_x = bt(d - t) + 0,25wh^2$$

$$Z_x = 300 \times 18(500 - 18) + 0,25 \times 11 \times 37^2 = 2606,564 \text{ mm}^3$$

$$M_p = Z_x \cdot F_y = 625575,36 \text{ kN.m} \quad (\text{terhadap sumbu kuat})$$

9) **Cek klasifikasi profil**

$$\lambda_{pf} = 0,38 \left( \frac{E}{F_y} \right) = 10,97$$

$$\lambda_{rf} = 1,0 \left( \frac{E}{F_y} \right)^{1/2} = 28,9$$

$$1/2 \frac{b_f}{t_f} = 8,33 < \lambda_{pf}$$

$\Rightarrow$  profil sayap **kompak**

$$\lambda_{pw} = 3,76 \left( \frac{E}{F_y} \right)^{1/2} = 108,5 \quad \lambda_{rw} = 5,70 \left( \frac{E}{F_y} \right)^{1/2} = 164,5$$

$$\frac{h}{t_w} = 37 < \lambda_{pw} \quad \Rightarrow \text{profil badan **kompak**}$$

Profil H termasuk klasifikasi “kompak”  $\Rightarrow$  F2 (AISC 2010)

#### 10) Parameter LTB berdasarkan ketentuan F2

$$r_y = \sqrt{I_y/A} = 70,429 \text{ mm}$$

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{E/F_y} = 3578,2 \text{ mm} = 3,57 \text{ m}$$

$$c = 1 \text{ dan } h_o = 500 - 18 = 482$$

$$C_w = \frac{I_y h_o^2}{4} = \frac{81,1 \times 10^6 \times 482^2}{4} = 4,71 \times 10^{12} \text{ mm}^6$$

$$C_w = \frac{h_o^2 b^3 t}{4} = \frac{482^2 \times 300^3 \times 18}{24} = 4,7 \times 10^{12}$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} = \frac{\sqrt{81,1 \times 10^6 \times 4,7 \times 10^{12}}}{2,500} = 78,09 \text{ mm}$$

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y h_o}{2 S_x} = \frac{81,1 \times 10^6 \times 482}{2(2,500)} = 78,1 \text{ mm}$$

$$J = \frac{1}{3} (2 \times 15^3 \times 300 + 10^3 \times 482) = 835,666 \text{ mm}^4$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left( \frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2}} + 6,76 \left( \frac{0,7 f}{E} \right)^2$$

$$A = 1,95 \times 78,1 \times \frac{200000}{0,7 \times 240} = 181,303$$

$$B = \sqrt{\frac{835,666}{2,500 \times 482} + \sqrt{\left( \frac{835,666}{2,500 \times 482} \right)^2}} + 6,76 \left( \frac{0,7240}{200000} \right)^2 = 1,177 \text{ mm}$$

$$L_r = 181,303 \times 1,177 = 21,339 \text{ mm} \Rightarrow 21,3 \text{ m}$$

#### 11) Mengitung faktor C<sub>b</sub>, untuk memasukkan pengaruh bentuk momen antara dua pertambahan lateral

$$M_A = 3509,78 \text{ kN}$$

$$M_B = 2178,5 \text{ kN}$$



$$M_C = 2861,70 \text{ kN}$$

$$M_{maks} = 6755,69 \text{ kN}$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot M_{maks}}{2,5 \cdot M_{maks} + 3(M_A) + 4(M_B) + 3(M_C)}$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot (6755,69)}{2,5 \cdot (6755,69) + 3(3509,78) + 4(217,85) + 3(2861,70)} = 2,290$$

### 12) Menghitung nominal terhadap kondisi batas tekuk torsi lateral

Untuk  $L_p = 3,57 \text{ m}$   $L_r = 21,3 \text{ m}$   $L_b = 4,2 \text{ m}$  dan  $0,7F_y S_x = 420 \text{ kn. m}$ , maka

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

$$M_n = 2,290 \left[ 625575,36 - (625575,36 - 0,7(240) \cdot (2,500)) \left( \frac{4,2 - 3,57}{21,3 - 3,57} \right) \right] =$$

$$34175,634 > 6755,69 \text{ kN} \quad \text{maka, } m_n = m_p$$

$$M_{n_y} = 2,290 \left[ 834,24 - (834,24 - 0,7(240) \cdot (2,500)) \left( \frac{4,2 - 3,57}{21,3 - 3,57} \right) \right] = 34175,634 >$$

$$6755,69 \text{ kN, maka } m_n = m_p$$

### 13) Menghitung lentur balok ditentukan oleh kondisi leleh

$$M_c = \phi M_n$$

$$M_c = 0,9 \times 625575,36 = 563017,824 \text{ kN. m}$$

Menghitung  $\phi M_n$  dengan tabel,

### 14) Tabel 6.9 pada bab 6 (Dwobroto, 2016)

notasi		dxbfxtwxtf	berat	zx	$\phi_{mp}$	$\phi_{mr}$	BF	lp	lr	ix	$\phi_{vn}$
Dxbf	Kg/m	mm	Kg/m	Cm <sup>3</sup>	Kn- m	Kn- m	kn	m	m	Cm <sup>4</sup>	kn
500x300	125	H488x300x11x18	125	3,100	670	422	32,4	3,6	11,3	68,900	773

(sumber: Buku Dewobroto Edisi ke-2, Hal. 389)

$$\phi M_n = C_b (\phi M_p - BF) (L_b - L_p) \leq \phi M_p$$

$$\phi M_n = 0,165(670 - 32,4) (4,2 - 3,6) \leq 670$$

$$631,224 \leq 670$$

15) Jika  $\frac{3381,96}{4376,581} = 0,772 \geq 0,2$ , maka :

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{rc}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$$

$$0,772 + \frac{8}{9} \left( \frac{6755,69}{563917,824} + \frac{834,24}{563917,824} \right) = 0,783 \leq 1,0 \implies \text{OK}$$

#### 4.3.4 Perencanaan Sambungan Antar Komponen Struktur

Sambungan yang ditinjau pada perancangan ini, adalah sambungan antara kolom-kolom, balok – balok dan balok-kolom, (end plate).

##### 4.3.4.1 Sambungan Kolom-Kolom

Sambungan kolom dengan kolom direncanakan karena adanya keterbatasan panjang profil yang tersedia. Contoh perhitungan sambungan kolom yang digunakan adalah pada kolom dengan profil IWF 500.300.11.18.

##### a) Data perencanaan

Lokasi sambungan	= Lantai 2 elevasi
Profil kolom atas	= WF 350.350.16.16
Profil kolom bawah	= WF 500.300.11.18
Mutu baja sambungan	= BJ 410
Momen Mu WF kolom	= 422,03 kNm
Geser Vu	= 203,5 kN
Parameter tahanan slop	
Koefisien slip, $\mu$	= 0,3 ( SNI 1729-2020 pasal J3.8)
Faktor pengali, Du	= 1,13 ( SNI 1729-2020 pasal J3.8)
Jumlah pelat pengisi	= 1 maka, hf = 1 (SNI 1729-2020 pasal J3.8)
Kekuatan baut, Tb	= 205 Kn untuk baut $\varnothing 24$

ns = 1 dan 2 untuk kolom atas akibat pengisi tambahan pelat pengisi  $\phi$

Parameter tahanan geser

Diameter baut, $\emptyset$	= 24 mm
Luas baut, $A_b$	= 453 mm <sup>2</sup>
Mutu baut A325 baut mutu tinggi	
$F_{nv}$	= 330 MPa (tabel 2.18)
$n_s$	= 1 (jumlah bidang slip)

**b) Menghitung tahanan slip baut**

Untuk 1 bidang kontak

$$\phi_{Rn} = \mu D_u h_f T_b n_s = 1 \times 0,3 \times 1,13 \times 205 \times 1 = 69,495 \text{ kN}$$

Untuk 2 bidang kontak

$$\phi_{Rn} = \mu D_u h_f T_b n_s = 1 \times 0,3 \times 1,13 \times 205 \times 2 = 138,99 \text{ kN}$$

**Menghitung tahanan geser baut**

Untuk 1 bidang kontak

$$\phi_{Rn} = 0,75 F_{nv} A_b n_s = 0,75 \times 330 \times 453 \times 1 = 112,117 \text{ kN}$$

Untuk 2 bidang kontak

$$\phi_{Rn} = 0,75 F_{nv} A_b n_s = 0,75 \times 330 \times 453 \times 2 = 224,235 \text{ kN}$$

**Perhitungan sambungan pada flens kolom atas**

Direncanakan 1 pelat pengisi dengan 2 bidang kontak, berdasarkan tahanan slip

$$n = \frac{Mu}{\phi_{Rn}} = \frac{422,03}{138,99} = 3,03 \approx 6 \text{ baut}$$

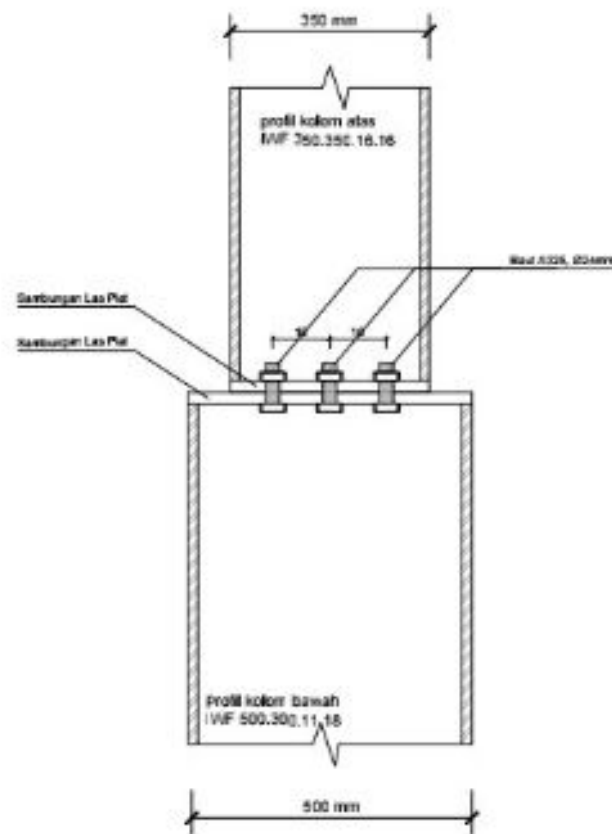
**c) Perhitungan sambungan pada flens kolom bawah**

Direncanakan 1 pelat pengisi dengan 2 bidang kontak, berdasarkan tahanan slip

$$n = \frac{Mu}{\phi_{Rn}} = \frac{422,03}{69,495} = 6,497 \approx 6 \text{ baut}$$

**d) Perhitungan sambungan pada web kolom**

$$n = \frac{Mu}{\phi_{Rn}} = \frac{422,03}{138,99} = 3,03 \approx 6 \text{ baut}$$



**Gambar 4.9** Detail sambungan kolom-kolom profil WF 500.300.11.18 dan WF 350.350.16.16

#### 4.3.4.2 Sambungan Balok-balok

##### 1. Sambungan balok menyilang

###### a) Data perencanaan

Profil balok induk	= 600.300.12.20	(B9)
Profil balok induk	= 500.300.11.15	(B87)
Mutu baja sambungan	= BJ410	
Diameter baut	= 16 mm	
Luas baut, $A_b$	= 210 mm <sup>2</sup>	
Mutu baut	= A325	
$F_{ub}$	= 825 MPa	
Geser $V_u$ WF 600	= 304,45	
Geser $V_u$ WF 500	= 295,98	
$R_1$	= 0,50 tanpa ulir pada bidang geser (LRFD hal. 110)	
$M$	= 2 (jumlah bidang geser) (LRFD hal. 110)	
Pelat siku	= L. 120.500.20	

###### b) Menghitung tahanan nominal baut

tahanan tumbu pada bagian web dari balok WF 600.300.12.20

$$\phi_{Rn} = 0,75 (2,4)F_u \times d_b \times t_p$$

$$\phi_{Rn} = 0,75 (2,4)410 \times 16 \times 11$$

$$\phi_{Rn} = 129,888$$

Tahanan tumpu pada bagian web dari balok WF 500.300.11.15

$$\phi_{Rn} = 0,75 (2,4)F_u \times d_b \times t_p$$

$$\phi_{Rn} = 0,75 (2,4)410 \times 16 \times 11$$

$$\phi_{Rn} = 129,888$$

Tahanan geser baut dengan dua bidang geser

$$\phi_{Rn} = 0,75 (0,5F_{ub}) \times m \times A_b$$

$$\phi_{Rn} = 0,75 (0,5 \times 825) \times 2 \times 201$$

$$\phi_{Rn} = 124,368 \text{ kN/baut}$$

Perhitungan jumlah baut sisi WF 600.300.12.20

$$n = V_u / (\phi_{Rn})$$

$$n = 304,45 / 129,888$$

$$n = 2,34 \approx 6 \text{ baut}$$

Perhitungan jumlah baut sisi WF 500.30.11.15

$$n = V_u / (\phi_{Rn})$$

$$n = 295,98 / 129,888$$

$$n = 2,27 \approx 6 \text{ baut}$$

**c) Periksa geser balok pada WF 500.300.11.15**

$$A_{gv} = 90 \times 11$$

$$A_{gv} = 990$$

$$A_{nv} = 90 \times n (\phi + 2) \times t_p$$

$$A_{nv} = 90 \times 6 (16 + 2) \times 11$$

$$A_{nv} = 1069 \text{ mm}^2$$

$$A_{gt} = 35 \times 11$$

$$A_{gt} = 385$$

$$A_{nt} = 27 \times 11$$

$$A_{nt} = 297$$

$$f_u A_{nt} = 410 \times 297 = 121770 \text{ N}$$

$$0,6 \times F_u \times A_{nv} = 0,6 \times 410 \times 1069 = 262974 \text{ N}$$

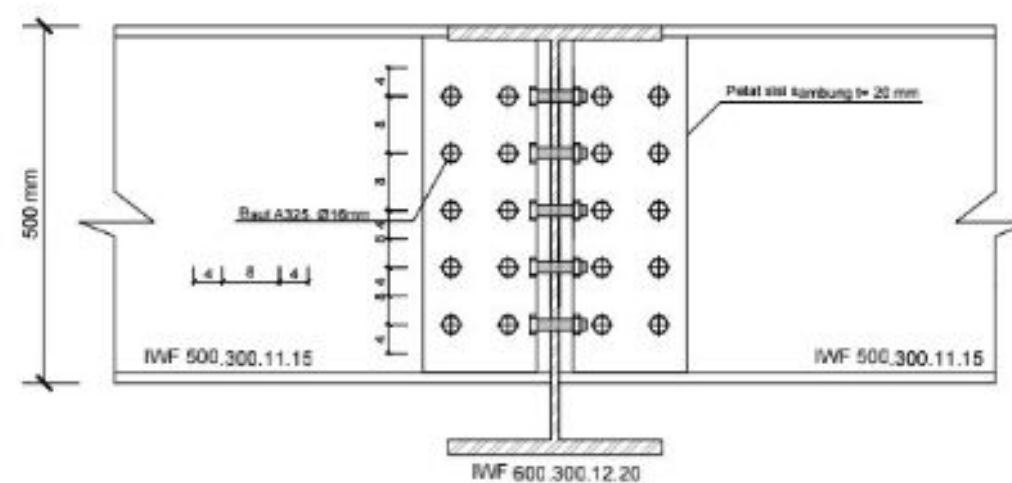
Karena  $f_u A_{nt} < 0,6 \times f_u \times A_{nv}$ , maka:

$$T_n = 0,6 \times f_u A_{nv} + f_y A_{gt}$$

$$T_n = 0,6 \times (410 \times 1069) + 250(385) = 359224 \text{ N}$$

$$\phi_{Tn} = 0,75 \times 359224 = 269,418 \text{ N}$$

$$\text{syarat } \phi_{Tn} > V_u = 2694,18 \text{ KN} > 295,98 \text{ KN (OK)}$$



**Gambar 4.10** Detail sambungan balok-balok pada profil WF 500.300.11.15 dan WF 600.300.12.20

## 2. Sambungan balok menerus

### a) Data perencanaan

Profil balok induk	= 600.300.12.20
Mutu baja sambungan	= BJ410
Diameter baut	= 16 mm
Luas baut, $A_b$	= 210 mm <sup>2</sup>
Mutu baut	= A325
$f_{ub}$	= 825 MPa
Geser $V_u$ WF 600 (B43)	= 6437,52
Geser $V_u$ WF 600 (B42)	= 6562,85
R1	= 0,50 tanpa ulir pada bidang geser (LRFD hal. 110)
M	= 2 (jumlah bidang geser) (LRFD hal. 110)

Pelat siku = L.120.500.20

**b) Menghitung tahanan nominal baut**

$$b = 2d + 7d + 2d$$

$$b = 11d = 11(20)$$

$$b = 220 \text{ mm}$$

$$e = \frac{1}{2b} = \frac{1}{2}(220) = 110 \text{ mm}$$

$$\text{momen yang terjadi (M)} = V_{u.e} + Mc$$

$$\text{momen yang terjadi (M)} = 6562,85(110) + 7217,43$$

$$\text{momen yang terjadi (M)} = 729130,93 \text{ kN.m}$$

$$K_p = \frac{V}{n} = \frac{6562,85}{18} = 364,602 \text{ kn}$$

$$K_{MX} = \frac{M \cdot Y_i}{\sum(X_i^2 + Y_i^2)} = \frac{729130,93 \times 32}{882 + 7680} = 2725,086 \text{ kN}$$

$$K_{MY} = \frac{M \cdot X_i}{\sum(X_i^2 + Y_i^2)} = \frac{729130,93 \times 7}{882 + 7680} = 596,112 \text{ kN}$$

$$K_R = \sqrt{K_{MX}^2 + (K_{MY} + K_p)^2}$$

$$K_R = \sqrt{2725,086^2 + (596,112 + 364,602)^2}$$

$$K_R = 2889,474 \text{ KN}$$

**c) Menentukan kkuatan baut**

$$N_{geser} = \phi \cdot 0,5 \cdot f_u \cdot A_{baut} \cdot m$$

$$N_{geser} = 0,9 \times 0,5 \times 410 \times \left(\frac{1}{4\pi \cdot 0,02^2}\right) \times 2$$

$$N_{geser} = 0,1159 \text{ kn}$$

$$N_{tumpu} = \delta_{min} \cdot d \cdot 2,4 \cdot f_u \cdot \phi$$

$$N_{tumpu} = 0,012 \times 0,02 \times 2,4 \times 410 \times 0,9 = 2125,44 \text{ kN}$$

$$\text{Syarat sambungan : } K_R \leq N_{baut}$$

$$2889,474 \geq 2125,44 \quad \text{TDK OK} \implies \text{sambungan tidak aman, maka harus}$$

ditambah pada flens

$$h_w = H - 2 \cdot tf$$

$$h_w = 600 - 2 \cdot 20$$

$$h_w = 560 \text{ mm}$$

$$I_{xW} = \frac{1}{12} h_w^3 \cdot t_w$$

$$I_{xW} = \frac{1}{12} \cdot 560 \cdot 11$$

$$I_{xW} = 513,333 \text{ mm}^4$$

$$M_{CW} = \frac{M_C}{I_X}$$

$$M_{CW} = \frac{729130,93}{240000} = 3038,045 \text{ kN}$$

$$M_u = D_c \cdot e + M_{cw}$$

$$M_u = 721913,5 + 3038,045 = 724951,545 \text{ kN}$$

$$K_p = \frac{V_u}{n} = \frac{6562,85}{18} = 364,602 \text{ kN}$$

$$K_{MX} = \frac{M \cdot Y_i}{\sum(X_i^2 + Y_i^2)} = \frac{729130,93 \times 32}{882 + 7680} = 272,508 \text{ kN}$$

$$K_{MY} = \frac{M \cdot X_i}{\sum(X_i^2 + Y_i^2)} = \frac{729130,93 \times 7}{882 + 7680} = 596,112 \text{ kN}$$

$$K_R = \sqrt{K_{MX}^2 + (K_{MY} + K_p)^2}$$

$$K_R = \sqrt{272,508^2 + (596,112 + 364,602)^2}$$

$$K_R = 998,615 \text{ kN}$$

$$N_{baut} = 2125,44 \text{ kN}$$

$$\text{Syarat } K_R \leq N_{baut}$$

$$998,615 \leq 2125,44 \text{ kN} \implies \text{OK}$$

#### **Sambungan baut pada flens**

$$M_{cf} = M_c - M_{cw}$$

$$M_{cf} = 7217,43 - 3038,045$$

$$M_{cf} = 4179,385$$

$$K_f = \frac{M_{cf}}{H} = \frac{4179,385}{600} = 6,965 \text{ kN}$$

$$N_{geser} = \phi \cdot 0,5 \cdot f_u \cdot A_{baut} \cdot m$$

$$N_{geser} = 0,9 \times 0,5 \times 410 \times \left(\frac{1}{4\pi \cdot 0,02^2}\right) \times 1$$

$$N_{geser} = 579,62 \text{ kn}$$

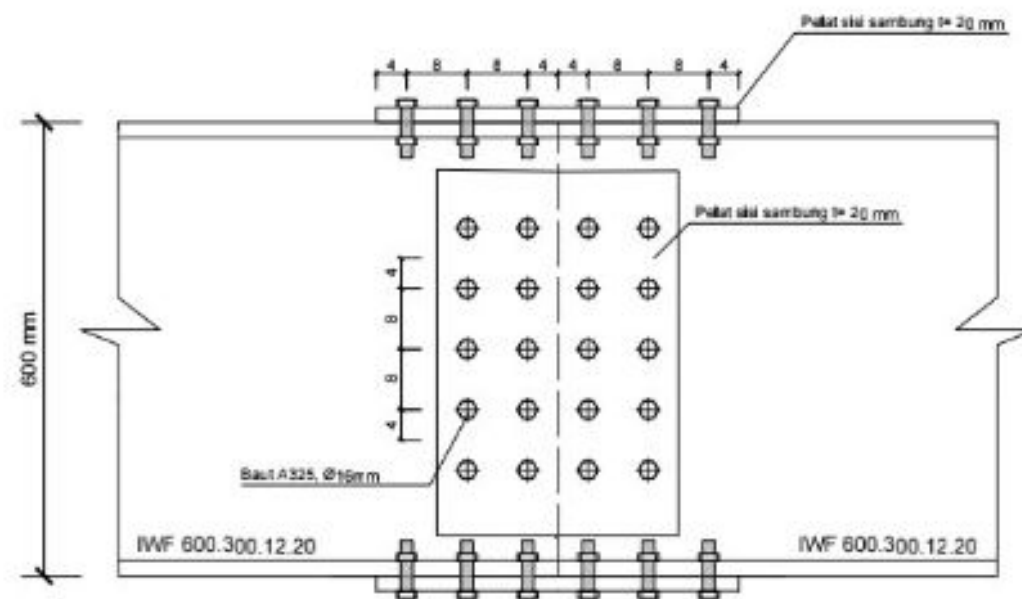
$$N_{tumpu} = \delta_{min} \cdot d \cdot 2,4 \cdot f_u \cdot \phi$$



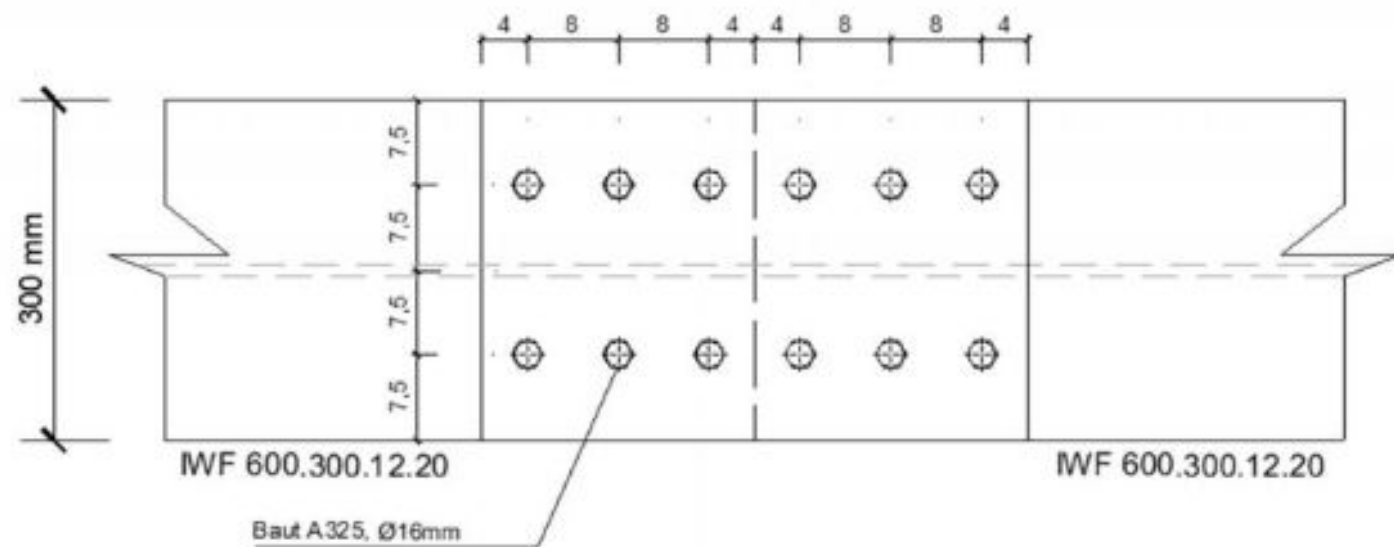
$$N_{tumpu} = 0,012 \times 0,02 \times 2,4 \times 410 \times 0,9 = 2125,44 \text{ kN}$$

$$N_{u \text{ baut}} = 2125,44 \text{ kN}$$

$$N = \frac{K_f}{N_{baut}} = \frac{6,965}{2125,44} = 0,327 \approx 6 \text{ baut}$$



**Gambar 4.11** Detail sambungan balok menerus profil IWF 600.300.12.20 dan IWF 600.300.12.20 (tampak samping)



**Gambar 4.12** Detail sambungan balok menerus profil IWF 600.300.12.20 dan IWF 600.300.12.20 (tampak atas)

#### 4.3.4.3 Sambungan balok-kolom (end plate)

##### a) Data perencanaan

Profil balok = 500.300.11.15 (B212)

Profil kolom = 500.300.11.18 (C30)

Mutu baja sambungan	= BJ410
Diameter baut, $\emptyset$	= 16 mm
Luas baut, $A_b$	= 201 mm <sup>2</sup>
Mutu baut	= A325
$F_{ub}$	= 825 MPa
Momen mu WF balok	= 5334,11 kN “ output ETABS”
Geser $V_u$	= 5105,46 kN “ output ETABS”

**b) Menghitung tahanan nominal baut**

Geser

Bidang geser

$$\emptyset_{Rn} = 0,75 (0,4 F_{ub}) A_b = 0,75 (0,4 \times 825) \times 201 = 497,78 \text{ kN}$$

Bidang geser

$$\emptyset_{Rn} = 2 \times 49,78 = 99,57 \text{ kN}$$

Tumpu :

Web balok :  $\emptyset_{Rn} = 0,75 (2,4 f_{up}) d b t_w$

$$\emptyset_{Rn} = 0,75 (2,4 \times 410) 16 \times 11 = 129,888 \text{ kN}$$

Flens balok :  $\emptyset_{Rn} = 0,75 (2,4 f_{up}) d b t_f$

$$\emptyset_{Rn} = 0,75 (2,4 \times 410) \times 16 \times 15 = 177,120 \text{ kN}$$

Tarik:

$$\emptyset_{Rn} = 0,75 (0,75 F_{ub}) A_b = 0,75 (0,75 \times 825) \times 201 = 932,765$$

**c) Perhitungan siku penyambung atas dan bawah**

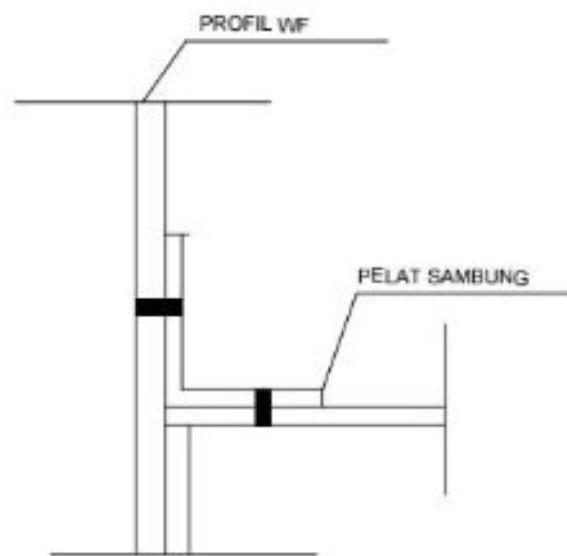
Dicoba 3 buah baut pada masing masing profil siku, sehingga:

$$d = \frac{M}{T} = n = \frac{5334,1}{3 \times 932,76} = 1906 \text{ mm, direncanakan } 1000 \text{ mm}$$

Jarak baut terhadap flens atas balok =  $\frac{1}{2} (1000 - 500) = 250 \text{ mm}$

Digunakan profil siku 120.250.20 sehingga:

$$A = 500\text{-tsiku} - \text{rsiku } 250\text{-}20\text{-}16 = 214 \text{ mm}$$



**Gambar 4.13** Sketsa sambungan siku-siku

Dengan  $d = 650 \text{ mm}$ , maka gaya yang bekerja pada profil siku adalah:

$$T = \frac{M}{d} = \frac{5334,1 \times 10^3}{1000} = 5334,1 \text{ kN}$$

Gaya ini menimbulkan momen pada profil siku adalah:

$$M = 0,5 \times T \times a$$

$$M = 0,5 \times 5334,1 \times 113 = 301376,65 \text{ N mm}$$

Kapasitas nominal penampang persegi adalah:

$$\phi_{Mn} = 0,9 \left( \frac{b \times d^2}{4} \right) f_y$$

$$\text{Sehingga diperoleh } b = \left( \frac{4 \times 301376,65}{0,9 \times 250 \times 16^2} \right) = 2092 \text{ mm} \approx 2000 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan sambungan siku 120.500.20 dengan panjang 500 pada flens kolom

**d) Perhitungan sambungan flens**

$$\text{gaya geser pada flens balok adalah } \left( \frac{5334,1 \times 10^3}{500} \right) = 1066,82 \text{ kn}$$

baut penyambung adalah baut dengan satu bidang geser, sehingga:

$$n = \left( \frac{1066,82}{497,78} \right) = 2,143 \approx 8 \text{ baut}$$

**e) Perhitungan sambungan pada web kolom dengan pelat siku**

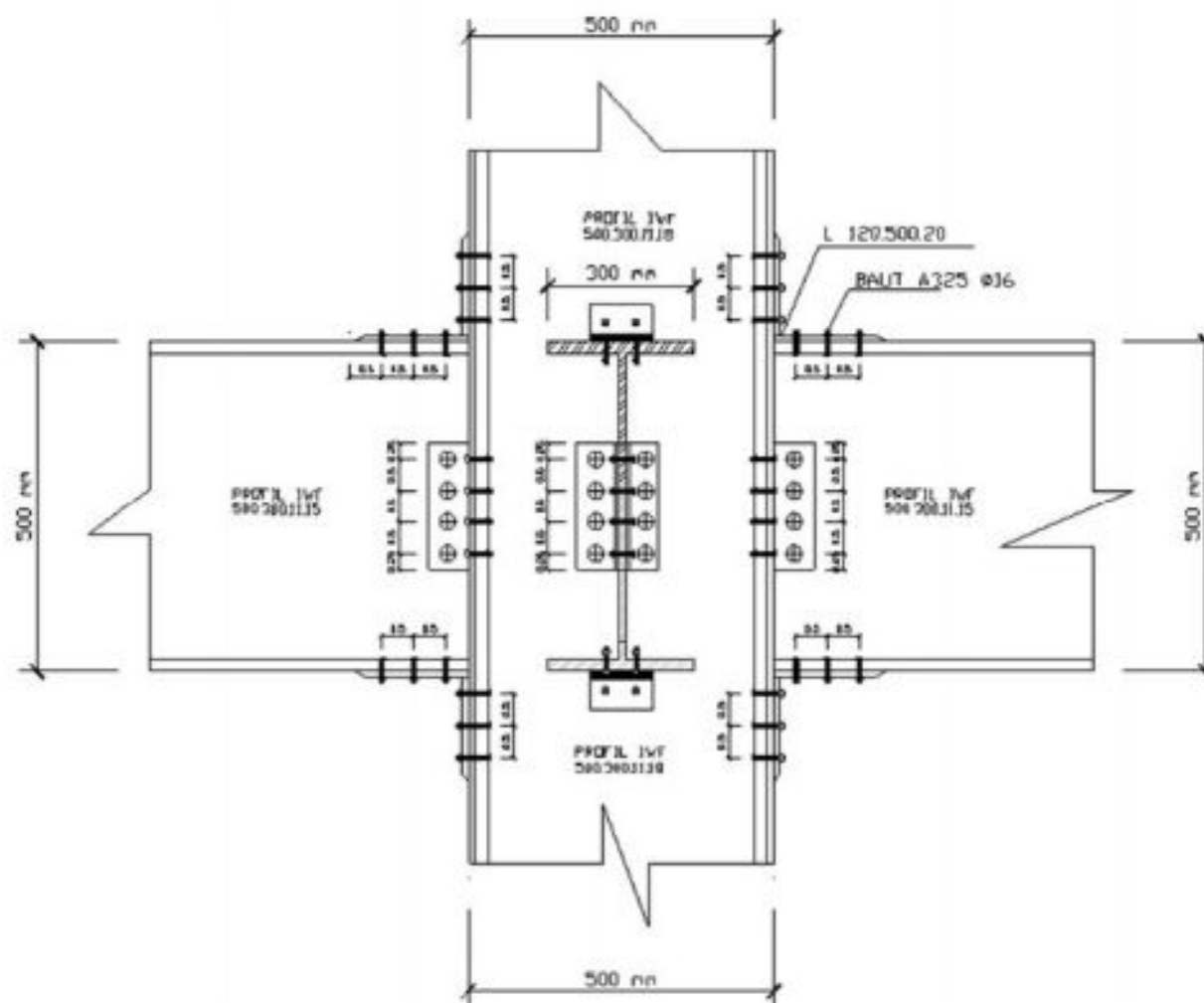
tahanan dua bidang geser ( 99,56) lebih kecil dari pada tahanan tumpu (295,98) sehingga tahanan baut ditentukan oleh tahanan geser baut.

$$n = \left( \frac{431,95}{995,7} \right) = 0,433 \approx 6 \text{ baut}$$

**f) Sambungan web balok dengan flens kolom**

baut yang menghubungkan balok dengan flens kolom adalah sambungan dengan satu bidang geser

$$n = \left( \frac{431,95}{497,78} \right) = 0,867 \approx 4 \text{ baut}$$



**Gambar 4.14** Detail sambungan WF500.300.11.18 dan balok WF500.300.11.15

**4.3.4.4 Perhitungan angkur**

**1. Data penampang (WF 500.300.11.18) (C30)**

**a) Beban angkur baut**

- Pu = 3515,64 kN
- Mux = 276,16 kN
- Muy = 897,68 kN

$$V_u = 431,95 \text{ kN}$$

**b) Plat tumpuan**

tegangan leleh baja ( $f_y$ )	= 240 MPa
tegangan putus ( $f_u$ )	= 370 MPa
lebar pelat tumpuan (B)	= 400 mm
panjang pelat tumpuan	= 400 mm
tebal pelat tumpuan	= 20 mm

**c) Kolom pedestal**

kuat tekan beton	= 30 MPa
------------------	----------

**d) Dimensi kolom baja**

profil baja	= WF 500.300.11.18
-------------	--------------------

**e) Angkur baut**

jenis angkur baut	= A-325
tegangan tarik angkur baut ( $f_u$ )	= 825 MPa
tegangan leleh angkur baut ( $f_y$ )	= 400 MPa
diameter angkur	= 10 mm
jumlah baut pada sisi tarik ( $n_t$ )	= 2 bh
jumlah baut pada sisi tekan ( $n_c$ )	= 2 bh
jarak baut pada pusat penampang (f)	= 183,7
panjang angkur baut tertanam dibeton	= 1000 mm
tulangan	= Ø19
panjang benam	= 300 mm

**2. Perhitungan**

**a) Kuat baut angkur terhadap gaya tarik**

$$A_{se, N} = \frac{\pi}{4} \left( d_a - \frac{0,9473}{n_t} \right)^2$$

$$A_{se, N} = \frac{\pi}{4} \left( 19 - \frac{0,9473}{0,394} \right)^2 = 216,5 \text{ mm}^2$$

$$N_{sa} = A_{se, N} \cdot f_u = 216,5 \times 370 = 7936,5$$

$$\phi = 0,75$$

(A36  $\implies$  baja daktail terhadap tarik)

$$\phi_{Nsa} = 0,75 \times 7936,5 = 5952,375 \text{ kn} \quad (\text{angkur tunggal})$$

$$\phi_{Nsa} = 4 \times 5952,375 = 23809,5 \text{ kn} \quad (\text{angkur kelompok})$$

**b) Kuat jebol (breakout) beton terhadap tarik**

Posisi angkur dipinggir  $ca1 = 360 \text{ mm} < 1,5 \text{ hef} = 450 \text{ mm}$ , maka pengaruh jebol beton perlu dievaluasi

$$A_{nco} = 9 \text{ hef}^2 = 9 \times 300^2 = 810,000 \text{ mm}^2$$

Angkur kelompok  $ca1 < 1,5 \text{ hef}$ ,  $S1 < 3 \text{ hef}$  maka

$$A_{nc} = (2 \times 1,5 \text{ hef} + S2) \times (ca1 + S1 + 1,5 \text{ hef})$$

$$A_{nc} = (2 \times 1,5(300) + 250) \times (360 + 250 + 1,5(300)) = 1,219 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{nc}}{A_{nco}} = 1,5$$

Untuk  $ca \text{ min} < 1,5 \text{ hef}$  maka,

$$N_b = 3,7 \cdot \lambda a \sqrt{f'c' \text{ hef}^3} = \frac{3,7 \times 1 \times \sqrt{30} \times 300^{\frac{5}{2}}}{1000} = 272,5 \text{ kN}$$

$$N_{cb} = \frac{A_{nc}}{A_{nco}} \psi_{ed, N} \cdot \psi_{C, N} \cdot N_b$$

$$N_{cb} = 1,5 \times 0,94 \times 1 \times 1 \times 272,5 = 384,2 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,7$$

$$\phi_{Ncbg} = 0,7 \times 384,2 = 269 \text{ kN} \quad (\text{angkur kelompok})$$

**c) Kuat cabut (pullout) baut angkur dari beton**

$$\psi_{cp} = 1,0$$

Baut angkur  $\phi 19 \text{ mm}$  ( $3/4 \text{ mm}''$ ) dari tabel 8.19  $\implies A_{brg} \approx 422 \text{ mm}^2$

$$N_p = 8 A_{brg} f'c' = 8 \times 422 \times \frac{30}{1000} = 101 \text{ kN}$$

$$\phi_{Npn} = \psi_{c, p} N_p = 1 \times 101 = 101 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,7$$

$$\phi_{Npn} = 0,7 \times 101 = 70,7 \text{ kN (baut angkur tunggal)}$$

$$\phi_{Npn} = 4 \times 70,7 = 283 \text{ kN (baut angkur kelompok)}$$

**d) Kuat ambrol muka tepi (sideface blowout) beton dari tarik**

Posisi angkur dipinggir  $hef = mm < 2,5 ca1 = 900 \text{ mm}$  maka, pengaruh ambrol muka tepi beton tidak perlu dievaluasi.

**e) Rangkuman kuat batas baut angkur terhadap tarik**

- 1) Kuat tarik baut angkur = 23809,5 kN
- 2) Kuat jebol beton = 269 kN
- 3) Kuat cabut beton = 283 kN
- 4) Kuat ambrol muka tepi beton = N/A

**f) Kuat baut angkur kelompok terhadap geser**

$$A_{se, v} = A_{se, N} = 214,55 \text{ mm}^2$$

$$V_{sa} = 0,6 A_{se, V} \cdot f_{uta} = 0,6 \times 214,5 \times 370 = 4761,9 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,65$$

$$\phi_{Vsa} = 0,65 \times 4761,9 = 3095,235 \text{ kN (angkur tunggal)}$$

$$\phi_{Vsa} = 4 \times 3095,235 = 12380,94 \text{ kN (angkur kelompok)}$$

**g) Kuat jebol (breakout) beton terhadap geser**

Parameter kuat jebol beton terhadap geser diambil,  $ca1.1 = ca1$ . Kasus ni dipilih juga karena baut angkur tidak dilas secara kaku dengan pelat penghubungnya

$$A_{vc} = (2 \times 1,5 ca1,1 + S2) 1,5 ca1,1$$

$$A_{vc} = (2 \times 1,5 \times 360 + 250) 1,5 \times 360 = 702,000 \text{ mm}^2$$

$$A_{vco} = 4,5 ca1^2 = 4,5 \times 360^2 = 583,200 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{vc}}{A_{vco}} = \frac{702,000}{583,200} = 1,2$$

Untuk,  $ca2 \geq 1,5 ca1$  maka  $\Psi_{ed, v} = 1,0$

$$\Psi_{c, v} = 1$$

$$v_b = 0,6 \left(\frac{l_e}{d_a}\right)^{0,2} \sqrt{d_a \lambda_a} \sqrt{f'c'} (ca1)^{1,5}$$

$h_{ef} > 8d_a$  maka  $l_e = 8d_a = 152 \text{ mm}$

$$\lambda_a = \lambda = 1,0$$

$$v_b = \frac{0,6 \times \left(\frac{152}{19}\right) \times \sqrt{19} \times 1 \times \sqrt{30} \times (360)}{1000}$$

$$\Psi_{ec,v} = 1,0$$

$$\Psi_{ec,v} = 1,0$$

$$v_{cbg} = \frac{A_{vc}}{A_{vco}} = \Psi_{ec,v} \cdot \Psi_{ed,v} \cdot \Psi_{c,v} \cdot \Psi_{h,v} V_b = 1,2 \times 1 \times 1 \times 1 \times 148,3 = 178 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,7$$

$$\phi_{V_{cbg}} = 0,7 \times 178 = 124,6 \text{ kN}$$

**h) Kuat rompal (pryout) beton terhadap geser**

$$k_{cp} = 2,0$$

$$v_{cp} = k_{cp} \cdot N_{cp}$$

$$N_{cp} = N_{cb} = 384,2 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,7$$

$$\phi_{V_{cp}} = 0,7 \times 2,0 \times 384,2 = 537,9 \text{ kN}$$

**i) Rangkuman kuat batas baut ankur terhadap geser**

1) Kuat geser baut ankur 12380,94

2) Kuat jebol beton 125

3) Kuat rompal 537,9

**j) Interaksi gaya tarik dan gaya geser yang terjadi bersamaan**

Interaksi gaya tarik dan geser yang terjadi bersamaan perlu dicek jika kedua gaya mempunyai rasio terhadap kuat rencananya lebih besar dari 20%

Rasio gaya tarik:

$$\frac{N_{ua}}{\phi N_n} = \frac{3515,64}{23809,5} = 0,2 \geq 0,2$$

Rasi gaya geser



$$\frac{Nua}{\phi Nn} = \frac{431,95}{12380,94} = 0,3 \geq 0,2$$

Cek interaksi sesuai ketentuan D-7 (AIC 2011)

$$\frac{Nua}{\phi Nn} + \frac{Mua}{\phi Mn} = 0,2 + 0,3 = 0,5 < 1,2 \quad \text{(OK)}$$

#### 4.3.4.5 Perhitungan Kolom Pedestal

Kolom pedestal merupakan kolom utama dimana ukuran dan fungsi kolom pedestal ini sama dengan kolom utama pada bangunan. Fungsi kolom pedestal sebagai penumpu kolom struktur baja, dan dibuat lebih pendek. Berikut analisis kolom pedestal:

$$\text{Beban aksial kolom (Pu)} = 4604 \text{ kN}$$

$$\text{Momen (Mu)} = 247,29 \text{ kN}$$

Data-data perencanaan

$$b = 1100 \text{ mm}$$

$$h = 1100 \text{ mm}$$

$$f'c = 30 \text{ MPa}$$

$$fy = 370 \text{ MPa}$$

$$\phi \text{ tulangan longitudinal} = 25$$

$$\phi \text{ tulangan geser} = 12$$

$$\phi = 0,65$$

$$d' = p + \phi \text{tul. longitudinal} + \frac{1}{2} \phi \text{tul. geser}$$

$$d' = 40 + 25 + \frac{1}{2} 12$$

$$d' = 71 \text{ mm}$$

$$d = h - d'$$

$$d = 1100 - 71$$

$$d = 1029 \text{ mm}$$

### 1) Perhitungan jumlah tulangan

Berdasarkan SNI 2847:2019 persentase minimum tulangan memanjang adalah 1% dengan nilai maksimum 8% terhadap luas total penampang kolom.

Direncanakan rasio tulangan minimum sebesar 2% sehingga:

$$A_s = 0,02 \times A_g$$

$$A_s = 0,02 \times 1100 \times 1100$$

$$A_s = 24200 \text{ mm}^2$$

Dengan jumlah tulangan 50 buah, sehingga luasan tulangan menjadi

$$A_s = n \frac{1}{4} \times \pi \times \emptyset^2$$

$$A_s = n \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2$$

$$A_s = 24531,25 \text{ mm}^2$$

### 2) Menentukan jenis keruntuhan yang terjadi

$$C_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$C_b = \frac{600}{600 + 370} \times 1029$$

$$C_b = 636,494 \text{ mm}^2$$

$$a_b = \beta_1 \times C_b$$

$$a_b = 0,85 \times 636,494$$

$$a_b = 541,019$$

$$f'_s = 600 \times \left( \frac{C_b \times d'}{C_b} \right)$$

$$f'_s = 600 \times \left( \frac{636,494 \times 71}{636,494} \right)$$

$$f'_s = 426,00 \text{ MPa}$$

$$P_n = 0,85 \times f'_c \times b \times a_b + A'_s \times (f'_s - 0,85 \times f'_c) - A_s \times f_y$$

$$P_n = 0,85 \times 30 \times 1100 \times 541,019 + 24531,25 \times (426,00 - 0,85 \times 30) - 24531,25 \times 370$$

$$P_n = 15923786,08 \text{ N}$$

$$P_n = 15923,786 \text{ kN}$$

$p_n > P_u \implies$  maka keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik

### 3) Perhitungan nilai $p_n$ keruntuhan tarik

Cek nilai eksentrisitas

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

$$e = \frac{247,29}{4604}$$

$$e = 0,054$$

$$e_{\min} = 15 + 0,054 \times b$$

$$e_{\min} = 15 + 0,054 \times 1100$$

$$e_{\min} = 74,4 \text{ mm}$$

karena  $e_{\min} > e$ , maka digunakan nilai  $e_{\min}$

$$P_n = 0,85 \times f'_c \times b \times d \left[ \frac{h-2e}{2d} + \sqrt{\left(\frac{h-2e}{2d}\right)^2 + 2 \times M_u \times \left(1 - \frac{d'}{d}\right)} \right]$$

$$P_n = 0,85 \times 30 \times 1100 \times 1029 \left[ \frac{1100 - (2 \times 74,4)}{2 \times 1029} + \right.$$

$$\left. \sqrt{\left(\frac{1100 - (2 \times 74,4)}{2 \times 1029}\right)^2 + 2 \times 247,29 \times \left(1 - \frac{71}{1029}\right)} \right]$$

$$p_n = 732841996,3 \text{ N}$$

$$p_n = 7328,419 \text{ kN}$$

$$\phi_{p_n} = 0,65 \times 7328,419 \text{ N}$$

$$\phi_{p_n} = 4763,472 \text{ kN} \quad \phi P_n > P_u = 4763,472 \text{ kN} > 4604 \text{ kN} \dots \text{(OK)}$$

#### 4.3.5 Perhitungan pondasi

Melihat karakteristik tanah dan kedalaman tanah keras maka pada perencanaan gedung IGD RSUD PROVISI NTB menggunakan jenis fondasi tiang pancang, pada perencanaan awal dipilih pondasi pada kolom C40. Adapun data teknis perencanaan antara lain:

Jenis tiang pancang	=	Tiang pancang spun pile
Diameter tiang pancang, D	=	0,6 m
Kedalaman pondasi	=	12 m
Kuat tekan beton, $f_c$	=	25 MPa
Kolom	=	(C40)
$P_u$	=	5477,76 kN
$M_{ux}$	=	1108,43 kN
$M_{uy}$	=	638,01 kN
Tahanan aksi tiang pancang $\phi \times P_n$	=	4382,208 kN

##### a. Perhitungan Pile Cap

###### P5 ( 5 tiang pancang)

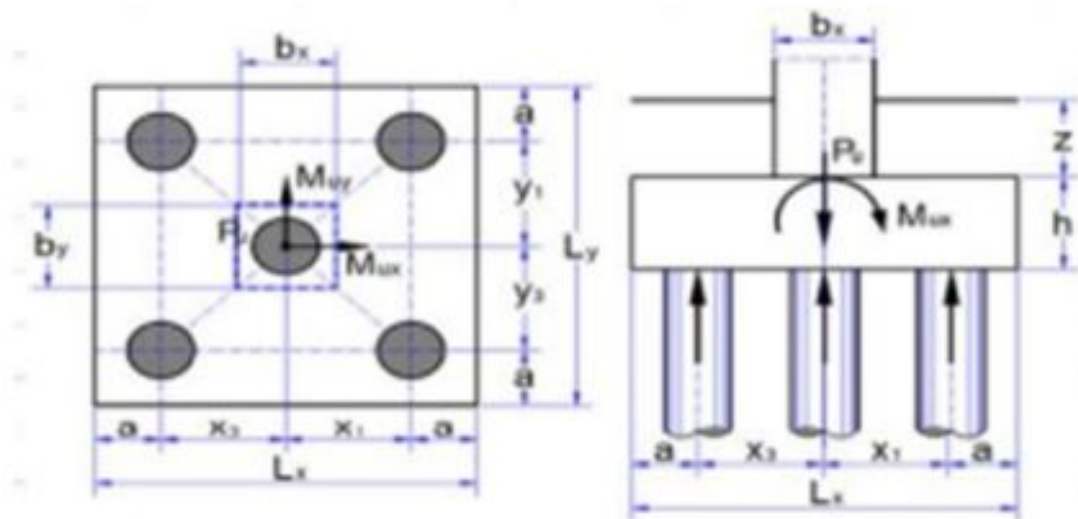
###### Data bahan pilecap

Kuat tekan beton	$f_c'$	=	25 MPa
Kuat leleh baja tulangan deform( $D > 12$ mm)	$f_y$	=	420 MPa
Kuat leleh baja tulangan polos ( $D \leq 12$ mm)	$f_y$	=	420 MPa
Berat beton bertulang	$w_c$	=	24 kN/m <sup>3</sup>

###### Data dimensi pondasi

Lebar kolom arah x	$b_x$	=	0,80 m
Lebar kolom arah y	$b_y$	=	0,80 m
Jarak tiang pancang tepi terhadap sisi luar beton	a	=	0,60 m
Tebal pilecap	h	=	1,20 m
Tebal tanah diatas pilecap	z	=	0,40 m
Berat volume tanah diatas pilecap	$w_s$	=	18 kN/m <sup>3</sup>

Posisi kolom (dalam= 40, tepi=30,sudut=20) as =30



## b. Perhitungan tahanan aksial tiang pancang

### 1) Berdasarkan kekuatan bahan

Perhitungan luas tiang pancang

$$A = \left(\frac{1}{4}\right) \cdot \pi \cdot D^2$$

$$A = \left(\frac{1}{4}\right) \cdot \pi \cdot 0,60^2 = 0,282m^2$$

Perhitungan berat tiang pancang

$$W = A \cdot L \cdot W_c$$

$$W = 0,282 \times 12 \times 24 = 81,216 \text{ kN}$$

Perhitungan kapasitas dukung nominal tiang pancang

$$P_c = 0,30 \cdot f_c \cdot A - 1,2 \cdot W_p$$

$$P_c = 0,30 \times (25 \times 10^3) \times 0,282 - 1,2 \times 81,216 = 2017,541 \text{ kN}$$

Tahanan aksial tiang pancang

$$\phi P_n = 0,6 \times 2017,541 = 1210,524 \text{ kN}$$

### 2) Berdasarkan uji SPT

Kapasitas nominal tiang pancang secara empiris dari nilai N hasil pengujian SPT menurut mayerhoff dinyatakan dengan rumus.

$$P_n = 38 \cdot N_b \cdot A_b \left(\frac{L}{D}\right) < P_n(380 \times A_b \cdot N_b)$$

Dengan,

$N_b$  = Nilai SPT disekitar dasar tiang, dihitung dari 8D diatas dasar tiang sampai dengan 4D dibawah dasar tiang

$A_b$  = Luas dimensi tiang

L = Panjang tiang (m)

D = Diameter tiang (m)

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan rekapitulasi hasil pengujian tanah tertera dalam tabel :

**Tabel 4.14** Hasil Pengujian NSPT

NO	Titik boming	Kategori kepadatan	Kedalaman (m)	Nilai NSPT
1	BH.1 Koordinat: X:404 142 Me Y:9 048 414 Ms	Lepas/lembek	0-1.00	0-10
		Agak padat	1.00-5.40	10-30
		Lepas/lembek	5.40-7.40	0-10
		Agak padat	7.40-8.80	10-30
		Padat	8.80-10.00	30-50
		Sangat padat	10.00-30.00	>50
2	BH.2 Koordinat: X:404 106 Me Y:9 048 417 mS	Lepas/lembek	0-6.00	0-10
		Agak padat	6.00-8.60	10-30
		Padat	8.60-9.60	30-50
		Sangat padat	9.60-30.00	>50

Nilai SPT disekitar dasar tiang (8D diatas dasar tiang sampai dengan 4D dibawah dasar tiang), dan didapat  $N_b$  sebesar(44,49)

Perhitungan kapasitas tiang pancang

$$P_n = 40 \cdot N_b \cdot A_b \cdot \left(\frac{L}{D}\right)$$

$$P_n = 40 \times 44,49 \times 0,282 \times \left(\frac{12}{0,60}\right) = 10036,944 > P_n = 380 (0,282) 44,49 = 4767,548 \text{ kN}$$

Tahanan aksial tiang pancang

$$\phi P_n = 0,6 \cdot P_n$$

$$\phi P_n = 0,6 \times (4767,548) = 2860,529 \text{ kN}$$

Dimana,

$q_c$  = Tahanan penetrasi kerucut statis rata-rata dari 8D diatas- 4D dibawah dasar tiang (tabel SPT) didapatkan berdasarkan grafik

$A_b$  = Luas tampang tiang pancang

**Tabel 4.15** Rekapitulasi nilai tahanan ujung

Kategori kepadatan	Kedalaman (m)	Qc
		Kg/cm <sup>2</sup>
Lepas/lembek	1	57
Agak padat	2	61
Agak padat	3	58
Agak padat	4	46
Agak padat	5	45
Lepas/lembek	6	46
Agak padat	7	39
Padat	8	66
Padat	9	94
Sangat padat	10	134

### 3) Berdasarkan hasil uji sondir (bageman)

- Perhitungan tahanan ujung

Tahanan ujung dihitung dengan rumus

$$P_b = \omega \cdot A_b \cdot q_c$$

$$P_b = 1 \times 0,282 \times 13400 = 3778,8 \text{ kN}$$

- Tahanan gesek

Tahanan gesek nominal menurut skempton dihitung dengan rumus :

$$P_s = \sum(A_s \cdot F_r)$$

$$P_s = 12,780 \text{ kN}$$

Dimana,

$$F_r = \text{Tahanan gesek kerucut statis rata - rata (kN/m)}$$

$$A_s = \text{Luas permukaan segmen dinding tiang (m}^2\text{)}$$

**Tabel 4.16** Hasil perhitungan nilai tahanan gesek

No.	Kedalaman		L <sub>1</sub> (m)	A <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> )	q <sub>f</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	P <sub>s</sub> (kN)
	z <sub>1</sub>	z <sub>2</sub>				
	0,00	3,00	3,00	5,655	0,57	3,223
	3,00	6,00	3,00	5,655	0,57	3,223
	6,00	9,00	3,00	5,655	0,52	2,941
	9,00	12,00	3,00	5,655	0,6	3,393
P <sub>s</sub> = ∑ (A <sub>s</sub> x q <sub>f</sub> ) =						12,780

- Tahanan aksial tiang pancang

Tahanan nominal tiang pancang

$$P_n = P_s + P_b$$

$$P_n = 3791,58 \text{ kN}$$

Tahanan aksial tiang pancang

$$\phi P_n = 2274,948 \text{ kN}$$

Dari ketiga metode yang digunakan diambil nilai tahanan tiang pancang terkecil,

$$\phi P_n = 1210,524 \text{ kN}$$

- c. Perhitungan lateral tiang pancang



Perhitungan tahanan lateral (H) dihitung dengan menggunakan teori broms, adapun data teknis yang dibutuhkan dalam perhitungan antara lain.

Koefisien subgrade horizontal,  $n_h$  = 19400 (kN/m<sup>3</sup>)

Modulus elastisitas tiang,  $E_c$  = 2350000 kN/m<sup>2</sup>

Jarak beban lateral,  $e$  = 0,20 m

Defleksi tiang maksimum,  $y_o$  = 0,010 m

Perhitungan momen inersia penampang

$$I_C = \left(\frac{\pi}{64}\right) \cdot D^4$$

$$I_C = \left(\frac{\pi}{64}\right) \cdot 0,60^4 = 0,000636$$

Perhitungan koefisien reaksi subgrade

$$aL = \left(\frac{n_h}{E_c \cdot I_C}\right)^{0,25}$$

$$aL = \left(\frac{26720}{2350000 \times 0,000636}\right)^{0,25} = 1,067 <$$

2, termasuk kategori tiang pendek (kaku)

Perhitungan tahanan tiang lateral (H), dengan keadaan tiang ujung bebas

$$H = \frac{y_o \cdot n_h \cdot L^2}{\left(1 + \frac{1,33e}{L}\right)^{18}}$$

$$H = \frac{0,010 \times 26720 \times 12^2}{\left(1 + \frac{1,33(0,20)}{12}\right)^{18}}$$

$$H = 2091,244 \text{ kN}$$

Tahanan lateral nominal tiang pancang

$$\emptyset H = 0,60 \cdot H$$

$$\emptyset H = 0,60 \times 2091,244 = 1254,746 \text{ kN}$$

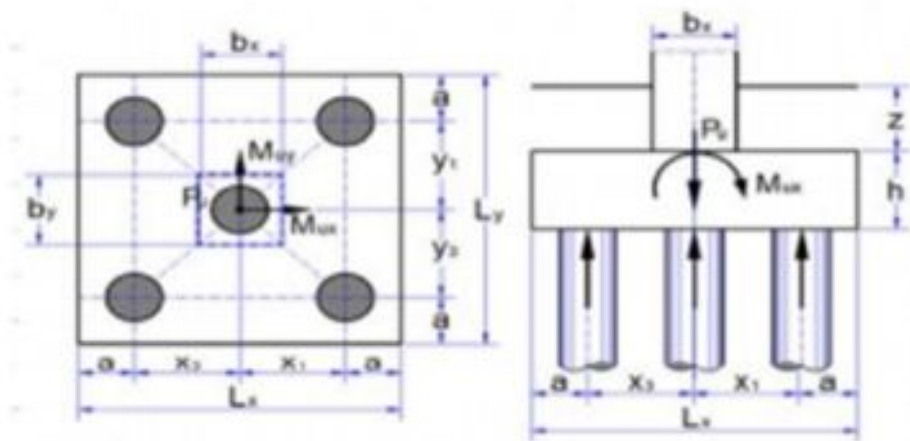
#### d. Perhitungan kekuatan fondasi

Adapun data-data yang diperlukan dalam perhitungan kekuatan fondasi

Lebar kolom arah x,  $b_x$  = 0,80m

Lebar kolom arah y, $b_y$	= 0,80 m
Jarak tiang pancang dari sisi luar, a	= 0,60 m
Tebal pilecap, h	= 1,20
Tebal tanah diatas pilecap	= 0,40 m
Berat volume tanah diatas pilecap, $W_c$	= 18,00
Gaya aksial kolom, $P_{uk}$	= 5477,76 kN
Momen akibat beban terfaktor x, $M_{ux}$	= 1108,43 kN
Momen akibat beban terfaktor y, $M_{uy}$	= 638,01 kN
Gaya lateral arah x, $H_{ux}$	= 44,71 kN
Gaya lateral arah y, $H_{uy}$	= 51,46 kN
Tahanan aksial tiang pancang, $\phi P_n$	= 4574,796
Tahanan lateral tiang pancang, $\phi H_n$	= 1254,746 kN

Dicoba 5 buah tiang seperti gambar :



**Gambar 4.15** Tampak susunan tiang pancang dalam pilecap

**Tabel 4.17** Data susunan tiang pancang

Susunan tiang pancang arah x				Susunana tiang pancang arah y			
no	Jumlah n	X (m)	$n * x^2$ (m) <sup>2</sup>	no	Jumlah N	Y (m)	$n * y^2$ (m) <sup>2</sup>
1	2	1,06	2,25	1		1,06	2,25
2	1	0,00	0,00	2		0,00	0,00
3	2	-1,06	2,25	3		-1,06	2,25
4			0,00	4			0,00
5			0,00	5			0,00

$n$	5	$\sum X^2 =$	4,49	$n =$	5	$\sum y^2 =$	4,49
Lebar pile cap arah x						$L_x =$	3,32
Lebar pilecap arah y						$L_y =$	3,32

Sehingga, dimensi pilecap arah x dan y adalah sebagai berikut

$$L_x = L_y = (\text{jarak antar tiang pancang} \times \text{jumlah}) + (\text{jarak tepi} \times 2)$$

**a) Perhitungan gaya aksial pada tiang pancang**

- Perhitungan berat tanah diatas pilecap

$$W_s = L_x \cdot L_y W_s$$

$$W_s = 79,36 \text{ kN}$$

- Perhitungan berat sendiri pilecap

$$W_c = L_x \cdot L_y W_c$$

$$W_c = 317,45 \text{ kN}$$

- Perhitungan total gaya aksial terfaktor

$$P_u = P_{uk} + 1,2 W_c + 1,2 W_s$$

$$P_u = 5477,76 + 1,2 (317,45) + 1,2(79,36) = 5953,932 \text{ kN}$$

Perhitungan gaya aksial minimum dan maksimum pada tiang pancang, dengan

$$\text{Lengan maksimum tiang pancang arah x thd. Pusat, } x \text{ maks} = 1,06$$

$$\text{Lengan maksimum tiang pancang arah y thd. Pusat, } y \text{ maks} = 1,06$$

$$\text{Lengan minimum tiang pancang arah x thd. Pusat, } x \text{ min} = -1,06$$

$$\text{Lengan minimum tiang pancang arah y thd. Pusat, } y \text{ min} = -1,06$$

$$P_{u \max} = \frac{P_u}{n} + \frac{M_{ux} \cdot x_{\max}}{S_x^2} + \frac{M_{uy} \cdot y_{\max}}{S_y^2} = 1603,086 \text{ kN}$$

$$P_{u \min} = \frac{P_u}{n} + \frac{M_{ux} \cdot x_{\min}}{S_x^2} + \frac{M_{uy} \cdot y_{\min}}{S_y^2} = 3438,513 \text{ kN}$$

$$P_{u \min} = \frac{P_u}{n} + \frac{1108,36(-1,06)}{4,49} + \frac{638,01(-1,06)}{4,49} = 778,505 \text{ kN}$$

$$\text{Syarat } P_{umax} \leq \phi pn$$

$$1603,086 \leq 4574,796 \quad \text{AMAN (OK)}$$

**b) Perhitungan gaya lateral pada tiang pancang**

Gaya lateral arah x pada tiang

$$h_{ux} = \frac{H_{ux}}{n} = 22,355 \text{ kN}$$

Gaya lateral arah y pada tiang

$$h_{uy} = \frac{H_{uy}}{n} = 25,73 \text{ kN}$$

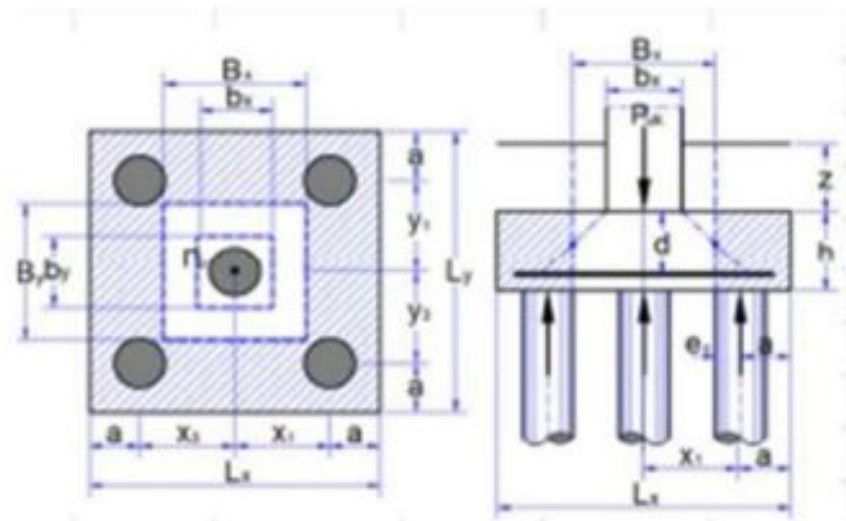
Gaya lateral total pada tiang

$$h_{umax} = \sqrt{h_{ux}^2 + h_{uy}^2} =$$

$$h_{umax} = \sqrt{22,355^2 + 25,73^2} = 34,084 < \phi Hn \quad \text{OK}$$

**c) Perhitungan geser**

- Perhitungan geser arah x



**Gambar 4.16** Tampak pembebanan tiang pancang dalam pilecap arah X

- Perhitungan tebal efektif pilecap

$$d = h - d'$$

$$d = 12 - 0,1 = 1,100 \text{ m}$$

- Perhitungan jarak bidang kritis terhadap sisi luar

$$c_x = (L_x - b_x - d)/2$$

$$c_x = 1,260 \text{ m}$$

- Perhitungan berat beton

$$W_1 = c_x \cdot L_y \cdot L \cdot W_C$$

$$W_1 = 120,476 \text{ kn}$$

- Perhitungan berat tanah

$$W_2 = c_x \cdot L_y \cdot z \cdot W_s$$

$$W_2 = 30,119 \text{ kN}$$

- Perhitungan gaya geser arah x

$$V_{ux} = 3 \cdot P_{umax} \cdot W_1 - W_2$$

$$V_{ux} = 3(5477,76) \times 120,476 - 30,119 = 1979785,722 \text{ kN}$$

- Perhitungan rasio terhadap sisi pendek kolom

$$\beta_c = b_x / b_y$$

$$\beta_c = \frac{0,80}{0,80} = 1$$

- Perhitungan kuat geser pilecap arah x

$$V_c = \frac{\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d}{6}$$

$$V_c = \frac{\left(1 + \frac{2}{1}\right) \sqrt{25} \times 3320 \times 1100}{6} = 9130,00 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{\left(1 + \frac{2}{1}\right) \sqrt{25} \times 3320 \times 1100}{12} = 16646,667 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d$$

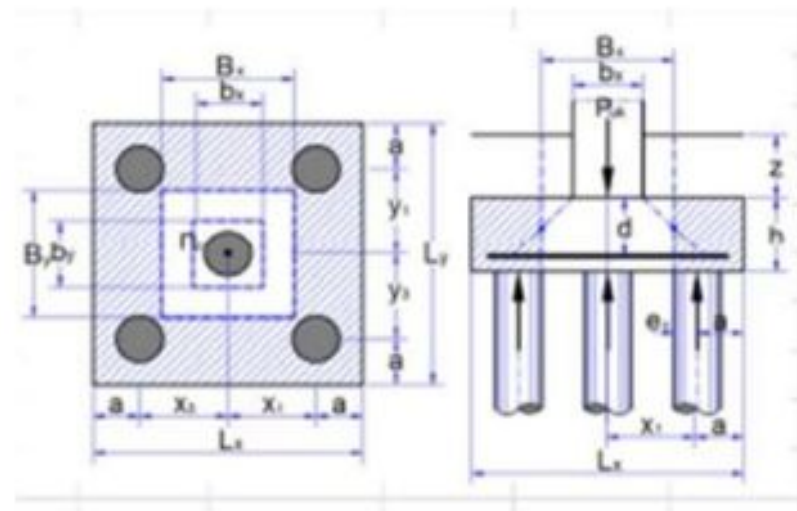
$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{25} \times 3320 \times 1100 = 6086,666 \text{ kN}$$

Dari perhitungan  $v_c$ , diambil nilai terkecil, sehingga kuat geser pilecap

$$\phi V_c = 0,75 \times 6086,666$$

$$\phi V_c = 4564,100$$

**Perhitungan geser arah y,**



**Gambar 4.17** Tampak pembebanan tiang pancang dalam pilecap arah Y

- Perhitungan tebal efektif pilecap

$$d = h - d'$$

$$d = 12 - 0,1 = 1,100 \text{ m}$$

- Perhitungan jarak bidang kritis terhadap sisi luar

$$c_x = (L_y - b_x - d)/2$$

$$c_x = 1,260 \text{ m}$$

- Perhitungan berat beton

$$W_1 = c_x \cdot L_y \cdot L \cdot W_C$$

$$W_1 = 120,476 \text{ kN}$$

- Perhitungan berat tanah

$$W_2 = c_x \cdot L_y \cdot z \cdot W_S$$

$$W_2 = 30,119 \text{ kN}$$

- Perhitungan gaya geser arah x

$$V_{ux} = 3 \cdot P_{u\max} \cdot W_1 - W_2$$

$$V_{ux} = 3(5477,76) \times 120,476 - 30,119 = 57708,084 \text{ kN}$$

- Perhitungan rasio terhadap sisi pendek kolom

$$\beta_c = b_x/b_y$$

$$\beta_c = \frac{0,8}{0,80} = 1$$

- Perhitungan kuat geser pilecap arah y

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

$$V_c = \frac{\left(1 + \frac{2}{0,857}\right) \sqrt{25} \times 3320 \times 1100}{6} = 9130,00 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{\left(1 + \frac{2}{0,857}\right) \sqrt{25} \times 3320 \times 1100}{12} = 16646,667 \text{ kN}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

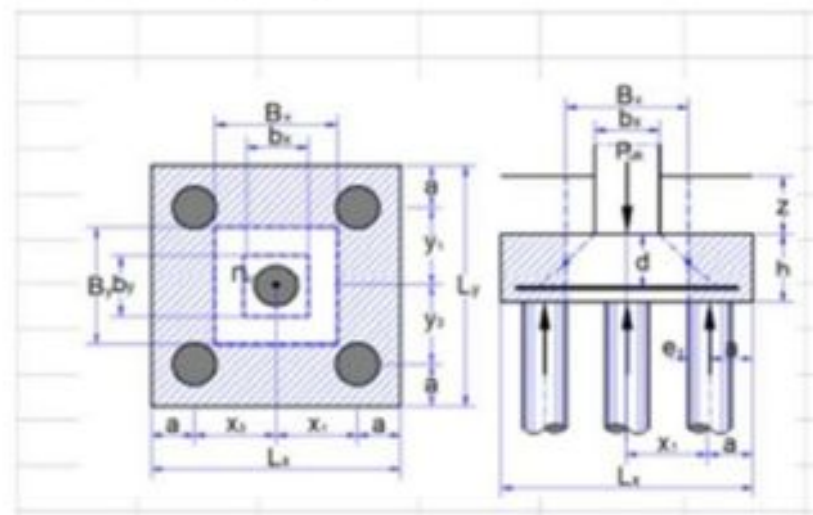
$$V_c = \frac{1}{3} \sqrt{25} \times 3320 \times 1100 = 6086,666 \text{ kN}$$

Dari perhitungan  $v_c$ , diambil nilai terkecil, sehingga kuat geser pilecap

$$\phi V_c = 0,75 \times 6086,666$$

$$\phi V_c = 4564,100$$

#### d) Perhitungan geser dua arah (pons)



**Gambar 4.18** Tampak pengaruh geser pons pada tiang pancang dalam pilecap

Perhitungan lebar bidang geser pons arah x

$$B_{dx} = bx + d$$

$$B_{dx} = 0,80 + 1100 = 1900 \text{ m}$$

Perhitungan lebar bidang geser pons arah y

$$B_{dy} = by + d$$

$$B_{dy} = 0,80 + 1100 = 1900 \text{ m}$$

Perhitungan luas bidang geser pons

$$A_p = 2(By + Bx)d$$

$$A_p = 2(1900 + 1900)1,1 = 8,360 \text{ m}^2$$

Perhitungan tegangan geser pons, diambil nilai terkecil dari  $f_p$  yang diperoleh dari persamaan berikut:

$$f_p = \frac{\left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right)\sqrt{f'c}}{6}$$

$$f_p = \frac{\left(1 + \frac{2}{1}\right)\sqrt{25}}{6} = 2,5 \text{ MPa}$$

$$f_p = \frac{\left(2 + \frac{asx d}{b}\right)\sqrt{f'c}}{12}$$

$$f_p = \frac{\left(2 + \frac{30 \times 1,1}{7,600}\right)\sqrt{25}}{12} = 2,643 \text{ MPa}$$

$$f_p = \frac{1}{3}\sqrt{f'c} = 1,667 \text{ MPa}$$

Dari perhitungan  $f_p$ , diambil nilai terkecil yaitu, sehingga kuat geser pons adalah

$$\phi V_{np} = 0,75 \cdot f_p \cdot A_p \cdot 1000$$

$$\phi V_{np} = 0,75 \times 1,667 \times 8,360 \times 1000 = 10452,09 > Puk(5477,76 \text{ kN}) \text{ AMAN (OK)}$$

#### e) Pembesian Pilecap

##### Penulangan lentur arah x

Perhitungan jarak tepi kolom terhadap sisi luar pilecap

$$c_x = \frac{L_x - b_x}{2} = 1,260 \text{ m}$$

Perhitungan jarak tiang terhadap kolom



$$e_x = c_x - a = 0,660 \text{ m}$$

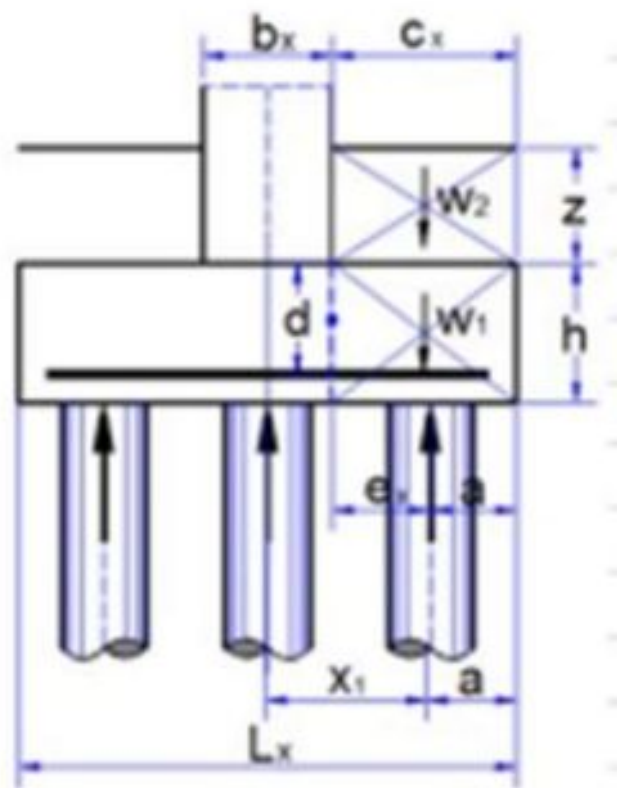
Perhitungan berat beton

$$W_1 = C_x \cdot L_y \cdot z \cdot w_s = 120,476 \text{ kN}$$

Perhitungan berat tanah

$$W_2 = C_x \cdot L_y \cdot z \cdot w_s = 30,119 \text{ kN}$$

$$M_{ux} = \frac{3 \cdot P_{umax} \cdot e_x - W_1 \cdot C_x}{2} - \frac{W_2 \cdot c_x}{2} = 1497,130 \text{ kN}$$



**Gambar 4.19** Tampak pembebanan dalam perhitungan ruangan arah x

Perhitungan faktor reduksi tegangan beton

$$\rho_b = \frac{\beta 1,0,85 \cdot f'_c}{f_y} - \frac{600}{600 + f_y} = 0,025297619$$

Perhitungan faktor reduksi kekuatan lentur

$$R_{maks} = 0,75 \cdot \rho_b \cdot f_y \cdot \left(1 - \frac{0,5 \cdot 0,75 \cdot \rho_b \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c}\right) = 6,475$$

Perhitungan momen nominal

$$M_n = \frac{M_{ux}}{f} = 1871,412 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n \cdot 10^6}{b \cdot d^2} = 0,465$$

Faktor reduksi kekuatan lentur,

$$R_n < R_{max}$$

$$0,465 < 6,475 \quad \text{OK}$$

Perhitungan rasio tulangan,

Untuk  $f_c < 31,36$  MPa maka  $\rho_{min}$  dihitung dengan:

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

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{420} = 0,0025 \text{ MPa}$$

Perhitungan rasio tulangan akibat momen lentur dengan dimensi rencana

$$\rho_{maks} = \frac{0,85 f_c}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0,85 f_c}} \right] = 0,00119$$

$0,00119 < \rho_{min}$  dipakai nilai  $\rho_{min}$

Perhitungan luas tulangan yang diperlukan,

$$A_{s,u} = \rho \cdot b \cdot d = 9130 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D22**

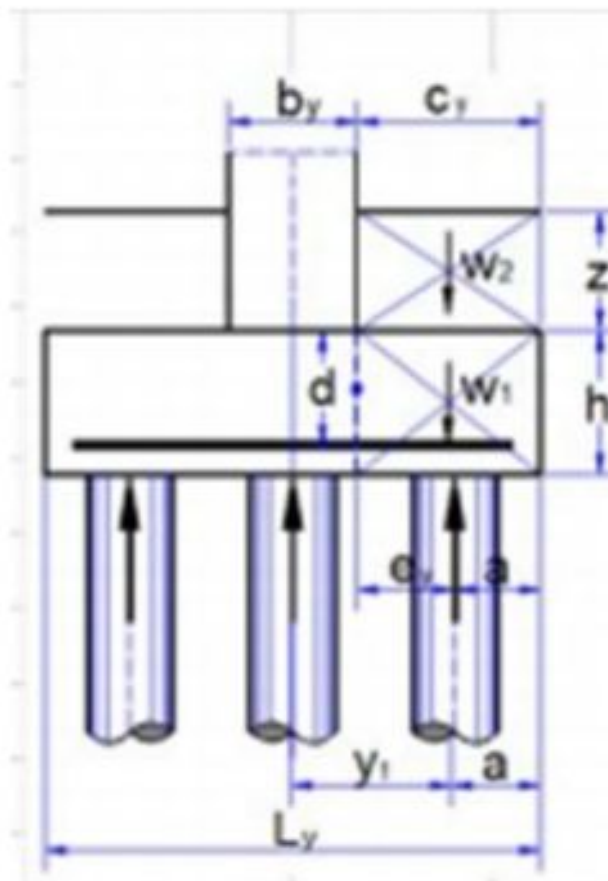
Perhitungan jarak antar tulangan

$$s = \frac{A_{Tulangan} \cdot b}{A_{s,u}} = 138 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan **D22 - 100**

$$\text{Luas tulangan terpakai} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} = 12620,41 \text{ mm}^2$$

**Perhitungan lentur arah y**



**Gambar 4.20** Tampak pembebanan dalam perhitungan ruangan arah Y

Perhitungan jarak tepi kolom terhadap sisi luar pilecap

$$c_y = (L_y - \frac{b_y}{2}) = 1,260$$

Perhitungan jarak tiang terhadap kolom

$$e_y = c_y - a = 0,660$$

Perhitungan berat beton

$$W_1 = C_y \cdot L_x \cdot h \cdot W_c$$

$$W_1 = C_y \cdot L_x \cdot z \cdot W_c = 120,476 \text{ kN}$$

Perhitungan berat tanah

$$W_2 = C_y \cdot L_x \cdot z \cdot W_c = 30,119 \text{ kN}$$

Perhitungan momen yang terjadi pada pilecap

$$M_{uy} = \frac{3 \cdot P_{u\max} \cdot e_y - W_1 \cdot c_y}{2} - \frac{W_2 \cdot c_y}{2} = 1497,130 \text{ kN}$$

Perhitungan faktor reduksi tegangan beton

$$\rho_b = \frac{\beta 1,0,85 \cdot f_c}{2} - \frac{600}{600 + f_y} = 0,025297619$$

Perhitungan faktor reduksi kekuatan lentur

$$R_{maks} = 0,85 \cdot \rho_b \cdot f_y \cdot (1 - \frac{0,5 \cdot 0,75 \cdot \rho_b \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c}) = 6,475$$

Perhitungan momen nominal

$$M_n = \frac{M_{uy}}{f} = 1871,412 \text{ kN.M}$$

$$R_n = \frac{M_n \cdot 10^6}{bd^2} = 0,465$$

Faktor reduksi kekuatan lentur

$$R_n < R_{max}$$

$$0,465 < 6,475 \quad \text{(OK)}$$

Perhitungan rasio tulangan,

Untuk,  $f'_c < 31,36 \text{ MPa}$   $\rho_{min}$  dihitung dengan,

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

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{420} = 0,0025 \text{ MPa}$$

Perhitungan rasio tulangan akibat momen lentur dengan dimensi rencana.

$$\rho_{maks} = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left[ \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 f'_c}} \right] = 0,00119 < \rho_{min} \text{ dipakai nilai } \rho_{min}$$

Perhitungan luas tulangan yang diperlukan,

$$A_{s,u} = \rho \cdot b \cdot d = 9130,00 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan **D22**

Perhitungan jarak antar tulangan

$$S = \frac{A_{Tulangan} \cdot b}{A_{s,u}} = 138 \text{ mm}$$

Sehingga digunakan **D22-100**

$$\text{Luas tulangan terpakai} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} = 12620,41 \text{ mm}^2$$

### 4.3.6 Rekapitulasi Perhitungan Komponen Struktur

#### 4.3.6.1 Rekapitulasi hasil perhitungan bal

Lantai	Elemen	Profil	Lentur		Geser		Kontrol rasio <1,00	lendutan		Kontrol lendutan	Kontrol hitungan aman
			Mu	ØMn	Vu	ØVn		ETABS	analisa		
			kNm	kN.m	kN	kN		(mm)	(mm)		
Lt. (1-3)	B40	600.300.12.20	2440,58	3775,54	1508,67	2760,5	OK	1,784	25,4808	OK	OK
			0,646		0,546						
Lt.(4-6)	B78	500.300.11.15	5086	11136,6	5451,69	6621,1	OK	1,950	19,444	OK	OK
			0,546		0,823						
Lt.(7-8)	B228	250.175.7.11	568,13	1271,16	537,75	1778,1	OK	0,023	6,944	OK	OK
			0,446		0,302						

#### 4.3.6.2 Rekapitulasi hasil perhitungan kolom

lantai	elemen	profil	lentur		aksial		Kapasitas aksial lentur		Kontrol rasio ≤ 1,00	Kontrol hitungan aman
			Mu	ØMn	Pu	ØPn	Pi/Pc	8/9 (mx/mc)		
			kN.m	kN.m	kN	kN				
Lt.(1-3)	C46	500.300.11.18	6755,69	563017,824	3381,96	4376,81	0,772	0,783	OK	OK
Lt.(4-6)	C55	350.350.16.16	2079,59	14398,538	3372,08	5590,963	0,603	0,721	OK	OK
Lt.(7-atap)	C49	300.300.11.17	5339,22	26003,329	1391,72	2077,747	0,669	0,861	OK	OK

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada gedung dengan menggunakan program ETABS V2018. Maka desain ulang struktur gedung baja pada gedung IGD RSUD Provinsi NTB, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Digunakan material mutu baja BJ37 ( $f_y = 240$  MPa,  $f_u = 370$  MPa) dan mutu beton  $f'_c = 30$  MPa.
  - a) Pelat lantai yang digunakan adalah pelat tipe bondek dari brousur Union Floor Deck W-1000. Dimensi pelat lantai dan pelat atap dengan ketebalan 130 mm. tinggi gelombang deck 50 mm dan tinggi slab beton 70 mm. sedang tulangan yang digunakan adalah Wiremesh (M8-300 )
  - b) Balok yang digunakan adalah balok WF 600.300.12.20, dan WF 500.300.11.15 dan WF 250.175.7.11
  - c) Dimensi kolom baja yang digunakan adalah, WF 500.300.11.18, WF 400.400.18.18, WF350.350.16.16, dan WF 300.300.11.19.
- 2) Pada sambungan struktur didesain tiga jenis sambungan yaitu, sambungan kolom-kolom, balok-balok dan balok- kolom. Digunakan baja mutu tinggi A325.
- 3) Didapatkan berat total struktur baja sebesar (17336906,22kN )
- 4) Pada perhitungan angkur dipakai panjang benam 300 mm, dan diameter tulangan  $\emptyset 19$ , dan sudah memenuhi batas perencanaan angkur.
- 5) Pedestal digunakan dimensi 1100 x1100 mm dengan tulangan 30D25.
- 6) Digunakan jenis pondasi tiang pancang spun pile dengan diameter 0,6 m.

## 5.2 SARAN

Berdasarkan hasil desain ulang struktur baja pada gedung IGD RSUD PROVINSI NTB, didapatkan beberapa saran diantaranya :

- 1) Perlu dilakukan desain selanjutnya yang memepertimbangkan aspek manajemen, sehingga diharapkan hasil desain dapat dilaksanakan dengan baik.
- 2) Penelitian selanjutnya, bisa dicoba dengan mengkombinasikannya dengan beton, menjadi baja beton-komposit.
- 3) Desain selanjutnya bisa dicoba dengan menggunakan gedung yang lain supaya jenis penelitian seperti ini bervariasi.
- 4) Desain selanjutnya bisa juga dicoba dengan, menambahkan metode lain, yaitu base isolator misalnya.
- 5) Diharapkan kepada peneliti untuk lebih teliti lagi dalam mendesain dan menganalisis, supaya error yang terjadi tidak terlalu besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afif. (2016). Perencanaan Struktur Baja Bangunan Atas Gedung Air Traffic Control Tower Bandara Samarinda Baru.
- Fauzi, M. (2016). Perencanaan Struktur Baja pada Gedung Hotel Neo.
- Badan Standarisasi Nasional, (2020). “ Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain SNI 1727:2020. Departemen Pekerjaan Umum : Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural SNI 1729:2020. Departemen Pekerjaan Umum : Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (2019).Tata Cara Perencanaan Ketaahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2019. Departemen Pekerjaan Umum : Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2019. Departemen Pekerjaan Umum : Jakarta
- Afif. (2016). Perencanaan Struktur Baja Bangunan Atas Gedung Air Traffic Control Tower Bandara Samarinda Baru.
- Fauzi, M. (2016). Perencanaan Struktur Baja pada Gedung Hotel Neo.
- Febri Renaldy, W. W., & Azizah. (2020). Studi Alternatif Perencanaan Struktur Baja pada Bangunan Gedung Lab Terpadu Universitas Islam Malang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 513-512.
- Juianto, A. R. (2017). Perencanaan Ulang Struktur Atas Gedung Laboratorium Sosio Enterpreneurship Universitas Brawijaya Menggunakan Struktur Portal Baja dengan Penahan Gempa Sistem Bresing Konsentris.
- Muhammad Zainur Rozikin, W. B. (2020). Studi Perencanaan Struktur Baja Pada Bangunan Gedung Kampus STKIP Al- Hikmah Surabaya. 11.
- Rusdianto,(2020).Desain Ulang Gedung Hotel Sutan Raja Mataram Dengan Komposit Baja Beton.
- Setiawan, A. (2008). *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*.



Syafril Agus, S. S. (2016). Perbandingan Analisis Respon Struktur Gedung Antara Portal Beton Bertulang, dan Struktur Baja Menggunakan Bressing Terhadap Beban Gempa.  
*Jurnal Teknik Sipil ITP. PADANG*, 1.

**LAMPIRAN A**  
**(Rekapitulasi Perhitungan Balok dan Kolom)**

### Rekapitulasi hasil perhitungan balok

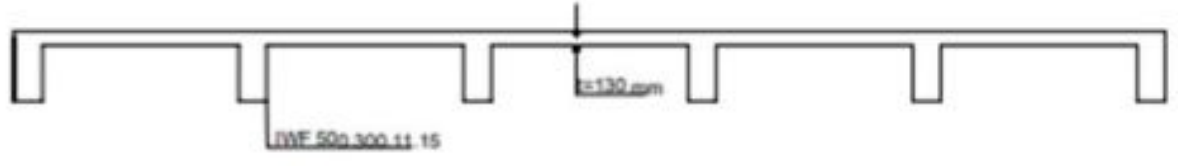
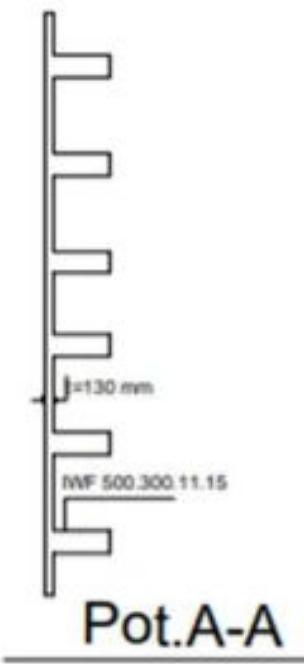
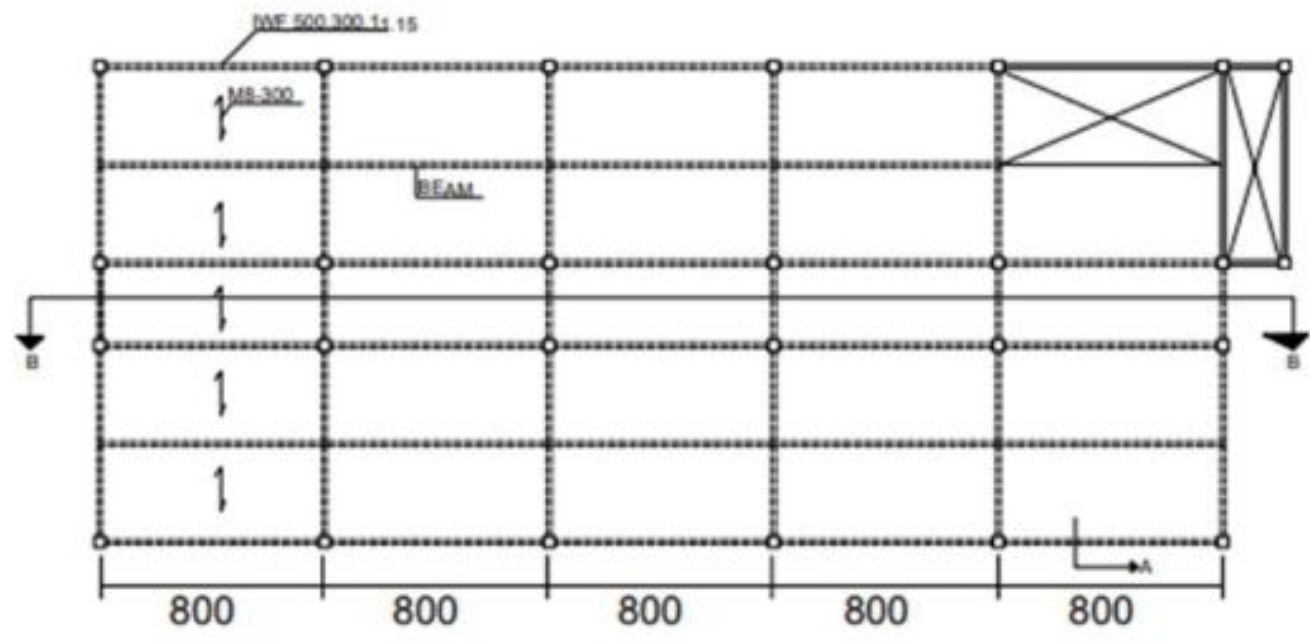
Lantai	Elemen	Profil	Lentur		Geser		Kontrol rasio <1,00	lendutan		Kontrol lendutan	Kontrol hitungan aman
			Mu	ØMn	Vu	ØVn		ETABS	analisa		
			kNm	kN.m	kN	kN		(mm)	(mm)		
Lt. (1-3)	B40	600.300.12.20	2440,58	3775,54	1508,67	2760,5	OK	1,784	25,4808	OK	OK
			0,646		0,546						
Lt.(4-6)	B78	500.300.11.15	5086	11136,6	5451,69	6621,1	OK	1,950	19,444	OK	OK
			0,546		0,823						
Lt.(7-8)	B228	250.175.7.11	568,13	1271,16	537,75	1778,1	OK	0,023	6,944	OK	OK
			0,446		0,302						

### Rekapitulasi hasil perhitungan kolom

lantai	elemen	profil	lentur		aksial		Kapasitas aksial lentur		Kontrol rasio ≤ 1,00	Kontrol hitungan aman
			Mu	ØMn	Pu	ØPn	Pi/Pc	8/9 (mx/mc)		
			kN.m	kN.m	kN	kN				
Lt.(1-3)	C46	500.300.11.18	6755,69	563017,824	3381,96	4376,81	0,772	0,783	OK	OK
Lt.(4-6)	C55	350.350.16.16	2079,59	14398,538	3372,08	5590,963	0,603	0,721	OK	OK
Lt.(7-atap)	C49	300.300.11.17	5339,22	26003,329	1391,72	2077,747	0,669	0,861	OK	OK

## **LAMPIRAN B**

**(Gambar denah rencana pelat, balok, kolom, dan sambungan )**



Potongan B-B

Rencana Pelat Lantai  
SKALA 1:100



Study Perancangan Struktur  
Gedung  
IGD RSUD PROVINSI NTB  
dengan  
Struktur Baja

Lale Yukti Hakiki  
F1A018132

DOSEN PEMBIMBING:

1. Hartiyadi ST, MSc(Eng), Ph.D
2. Ni Nyoman Kancanewati, ST, MT, Ph.D

NAMA GAMBAR:

NO. GBR

KODE

SKALA :



Study Perancangan Struktur  
Gedung  
IGD RSUD PROVINSI NTB  
dengan  
Struktur Baja

Lale Yukti Hakiki  
F1A018132

DOSEN PEMBIMBING:

1. Heriyadi ST, MSc(Eng), Ph.D  
2. Ni Nyoman Kancanawati, ST, MT, Ph.D

NAMA GAMBAR:

DETAIL PROFIL BALOK

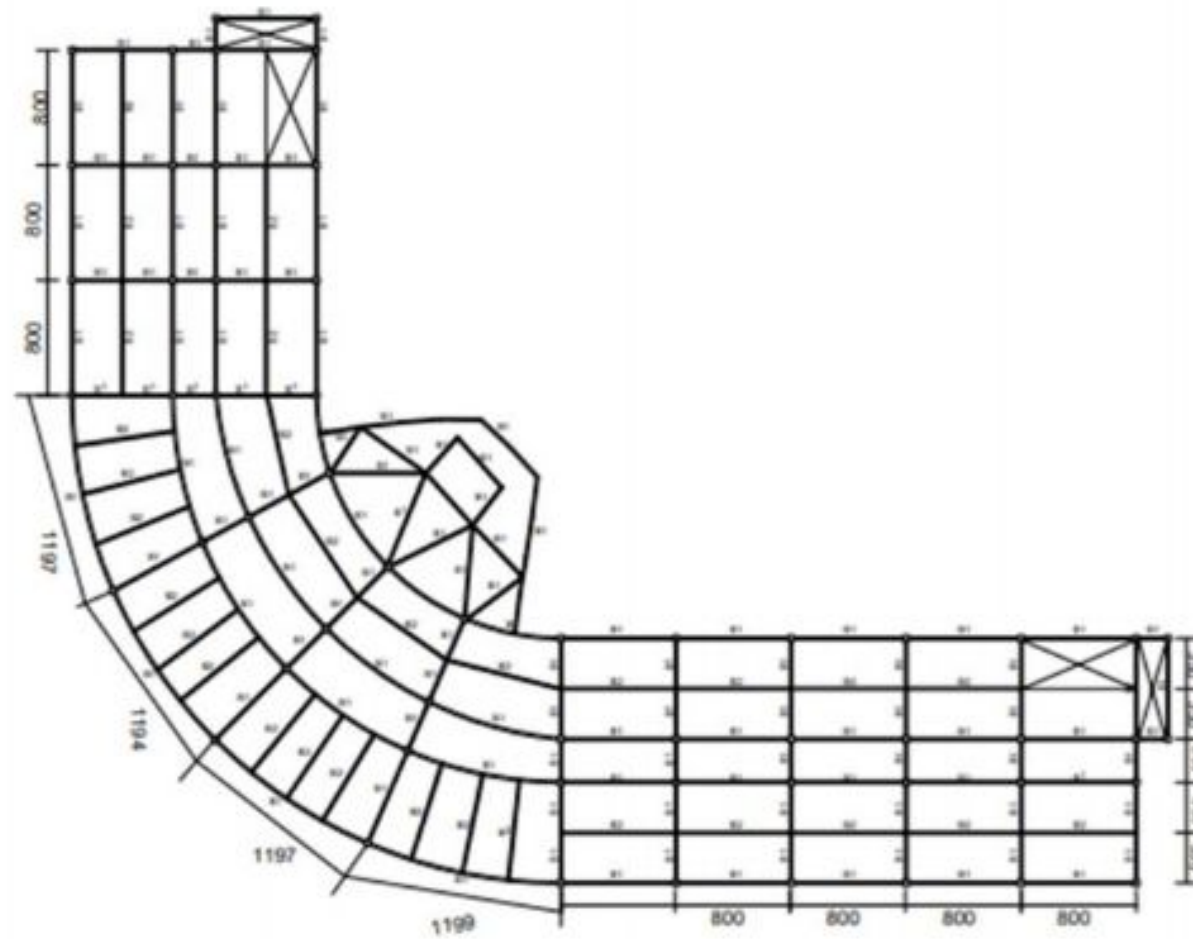
NO. GBR

KODE

SKALA :

DETAIL PENAMPANG BALOK BAJA

TIPE BALOK	C. 600.300	C. 500.300	C. 250.175
PROFIL WF	600.300.12.20	500.300.11.15	250.175.7.11



DENAH BALOK Lt. 1-3

SKALA 1:100



Study Perancangan Struktur  
Gedung  
IGD RSUD PROVINSI NTB  
dengan  
Struktur Baja

Lafe Yukti Hakiki  
F1A018132

DOSEN PEMBIMBING:

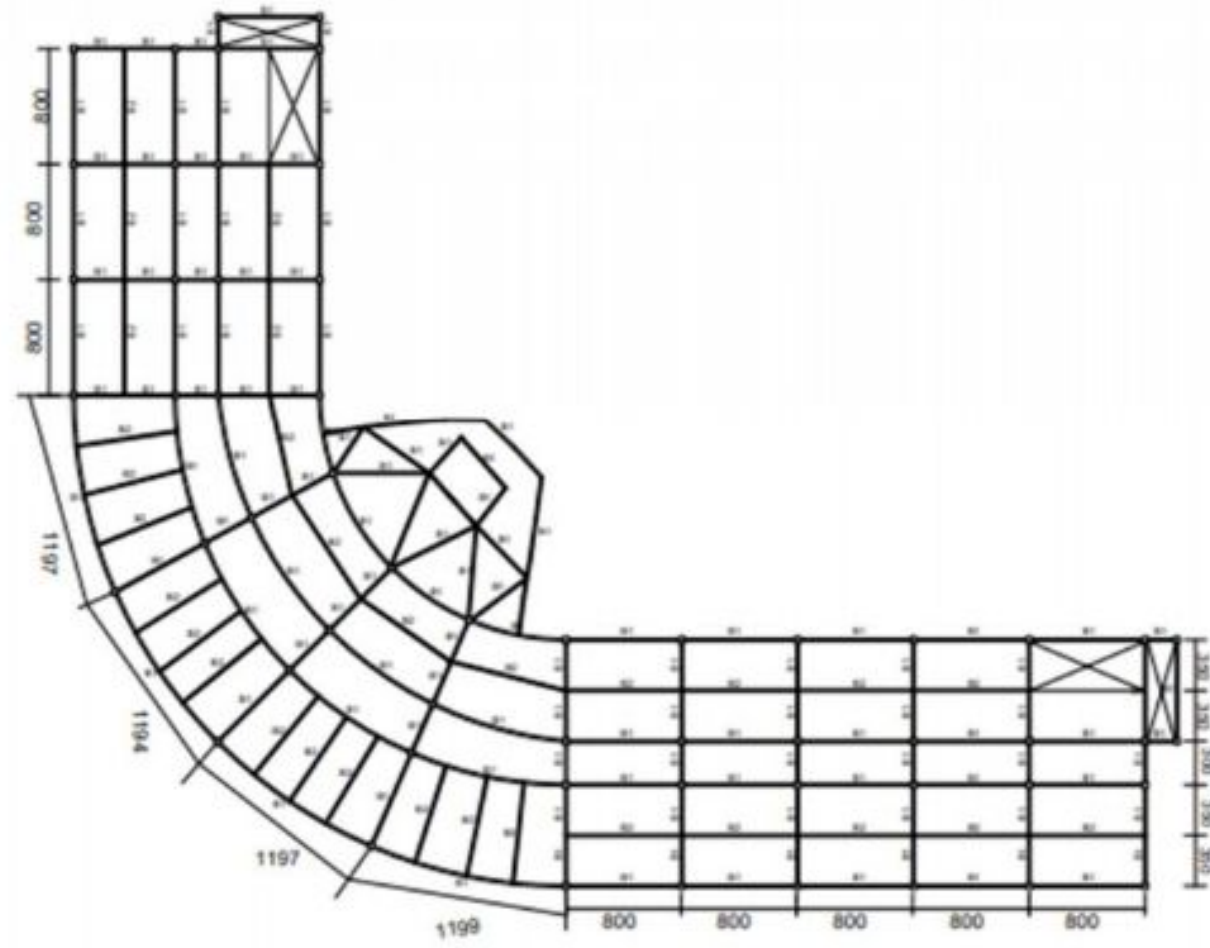
1. Hariyati ST.,MSc(Engg.,Ph.D)  
2. Ni Nyoman Kancanawati ST.,MT.,Ph.D

NAMA GAMBAR:

NO. GBR

KODE

SKALA :



DENAH BALOK Lt. 4-6  
SKALA 1:100



Study Perancangan Struktur  
Gedung  
IGD RSUD PROVINSI NTB  
dengan  
Struktur Baja

Lale Yukti Hakiki  
F1A018132

DOSEN PEMBIMBING:

1. Heryadi ST, MSc(Eng), Ph.D
2. Ni Nyoman Kancanewati, ST, MT, Ph.D

NAMA GAMBAR:

NO. GBR	KODE

SKALA :





Study Perancangan Struktur  
Gedung  
IGD RSUD PROVINSI NTB  
dengan  
Struktur Baja

Lale Yukti Hakiki  
F1A018132

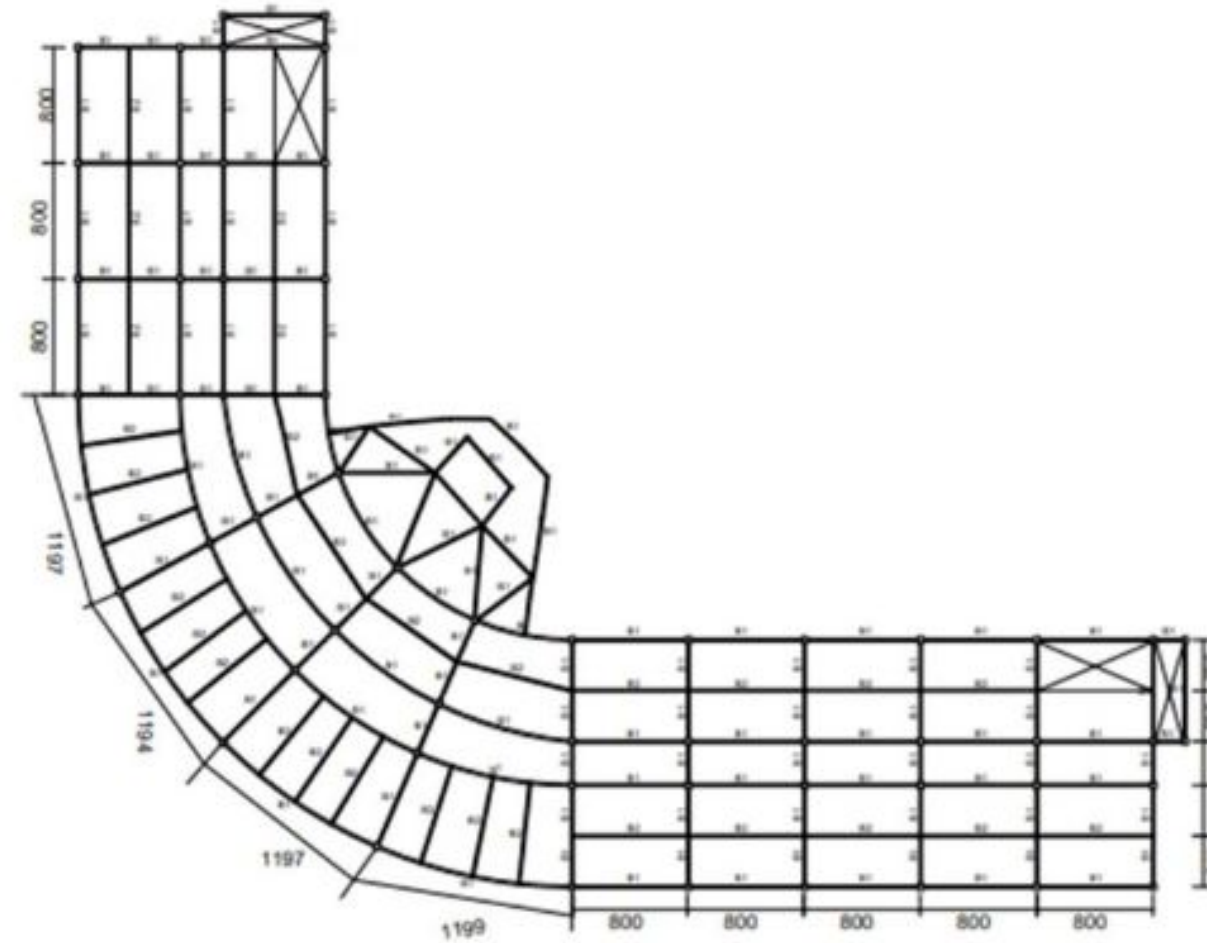
DOSEN PEMBIMBING:

1. Heriyadi ST, MSc(Eng), Ph.D  
2. Ni Nyoman Kancanawati, ST, MT, Ph.D

NAMA GAMBAR:

NO. GBR

SKALA :



DENAH BALOK Lt. 7-8

SKALA 1:100





Study Perancangan Struktur  
Gedung  
IGD RSUD PROVINSI NTB  
dengan  
Struktur Baja

Lale Yukti Hakiki  
F1A018132

DOSEN PEMBIMBING:

1. Hariyati ST.,MSc(Engg.),Ph.D  
2. Ni Nyoman Kancanawati ST.,MT,Ph.D

NAMA GAMBAR:

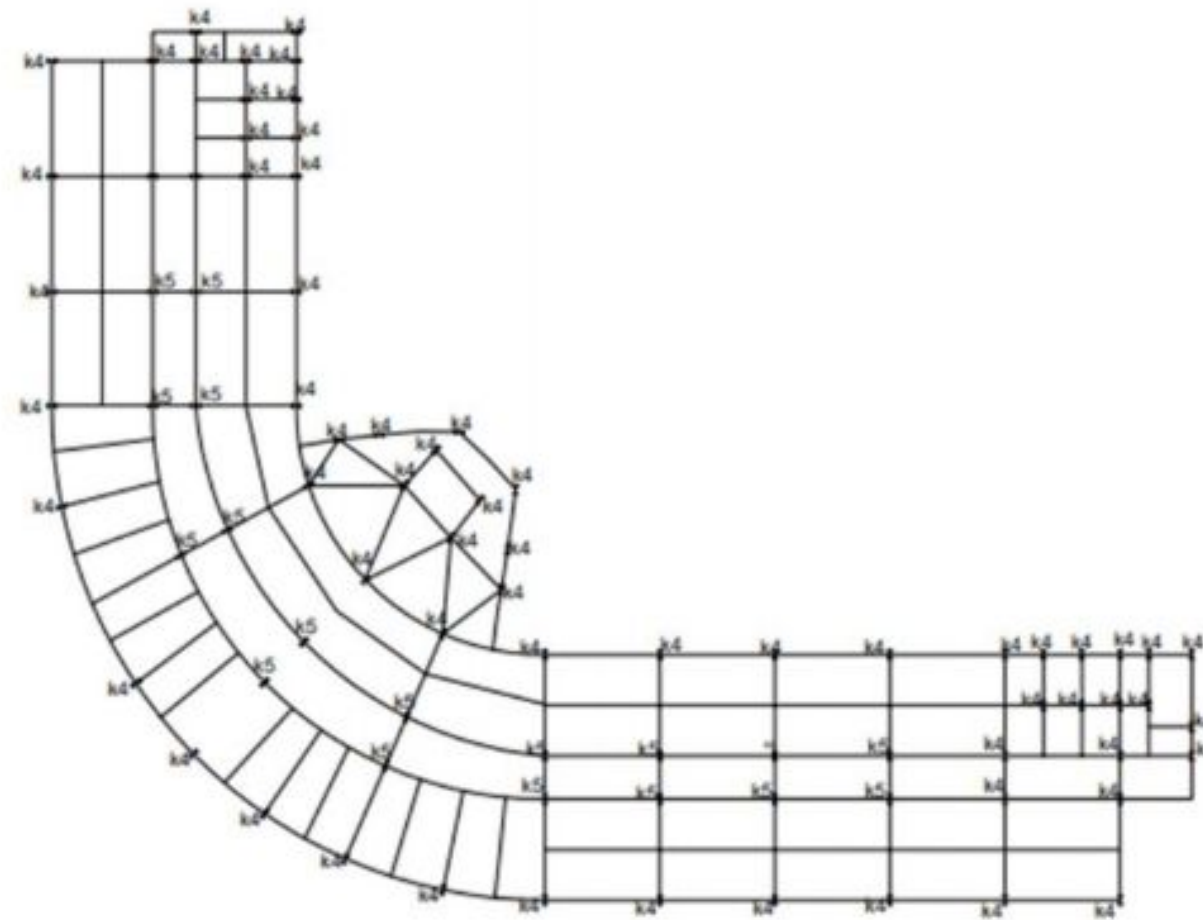
DETAIL PROFIL KOLOM

NO. GBR

KODE

SKALA :

DETAIL PENAMPANG KOLOM BAJA				
PENAMPANG KOLOM BAJA				
TIPE KOLOM	K. 500.300	K. 400.400	K. 350.350	K. 300.300
PROFIL WF	500.300.11.18	400.400.18.18	350.350.16.16	350.350.11.19



DENAH KOLOM Lt. 1-3

SKALA 1:100



Study Perancangan Struktur  
Gedung  
IGD RSUD PROVINSI NTB  
dengan  
Struktur Baja

Lafe Yukti Hakiki  
F1A018132

DOSEN PEMBIMBING:

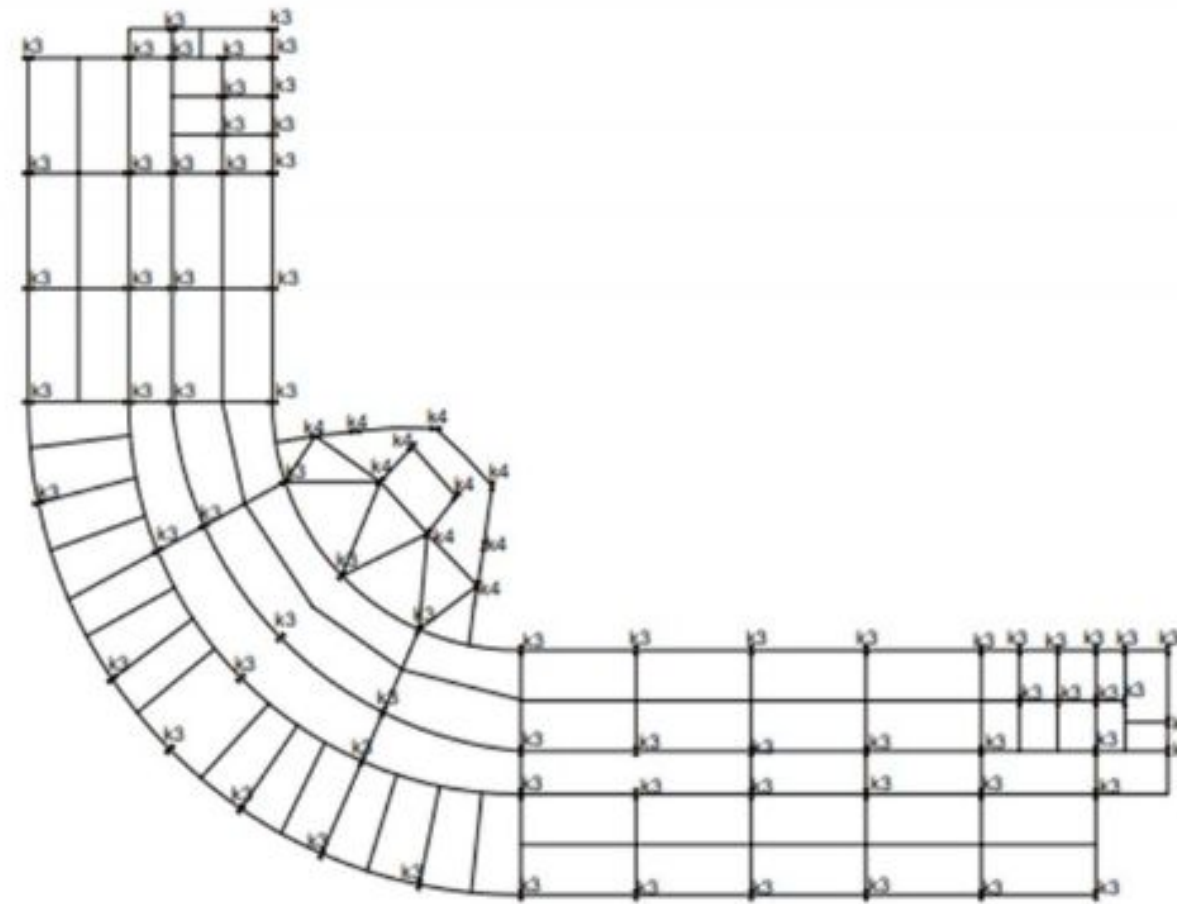
1. Hariyati ST.,MSc(Engg.),Ph.D  
2. Ni Nyoman Kancanwati ST.,MT.,Ph.D

NAMA GAMBAR:

NO. GBR

KODE

SKALA :



DENAH KOLOM Lt. 4-6

SKALA 1:100



Study Perancangan Struktur  
Gedung  
IGD RSUD PROVINSI NTB  
dengan  
Struktur Baja

Lafe Yukti Hakiki  
F1A018132

DOSEN PEMBIMBING:

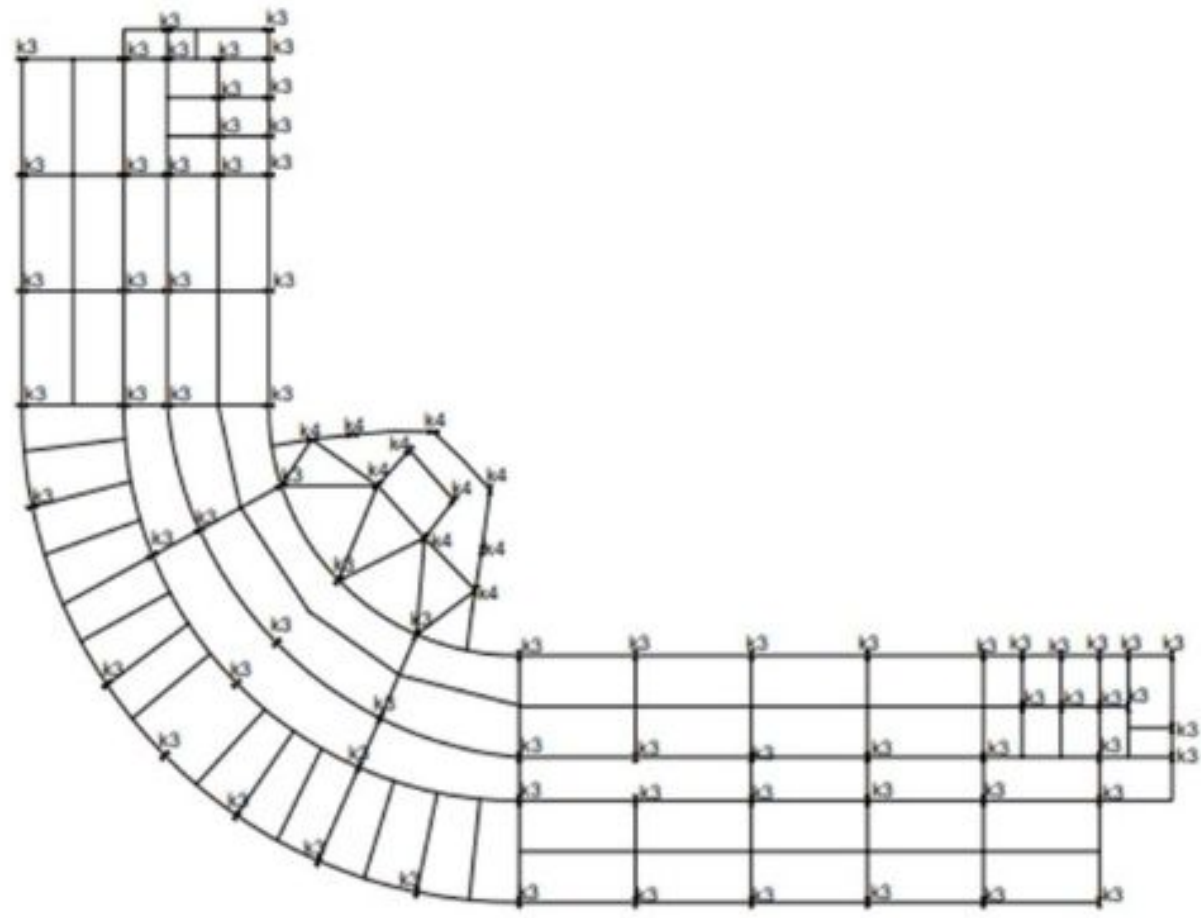
1. Hariyedi ST, MSc(Engl), Ph.D  
2. Ni Nyoman Kancanawati, ST, MT, Ph.D

NAMA GAMBAR:

NO. GBR

KODE

SKALA :



DENAH KOLOM Lt. 7-8

SKALA 1:100



Study Perancangan Struktur  
Gedung  
IGD RSUD PROVINSI NTB  
dengan  
Struktur Baja

Lale Yukti Hakiki  
F1A018132

DOSEN PEMBIMBING:

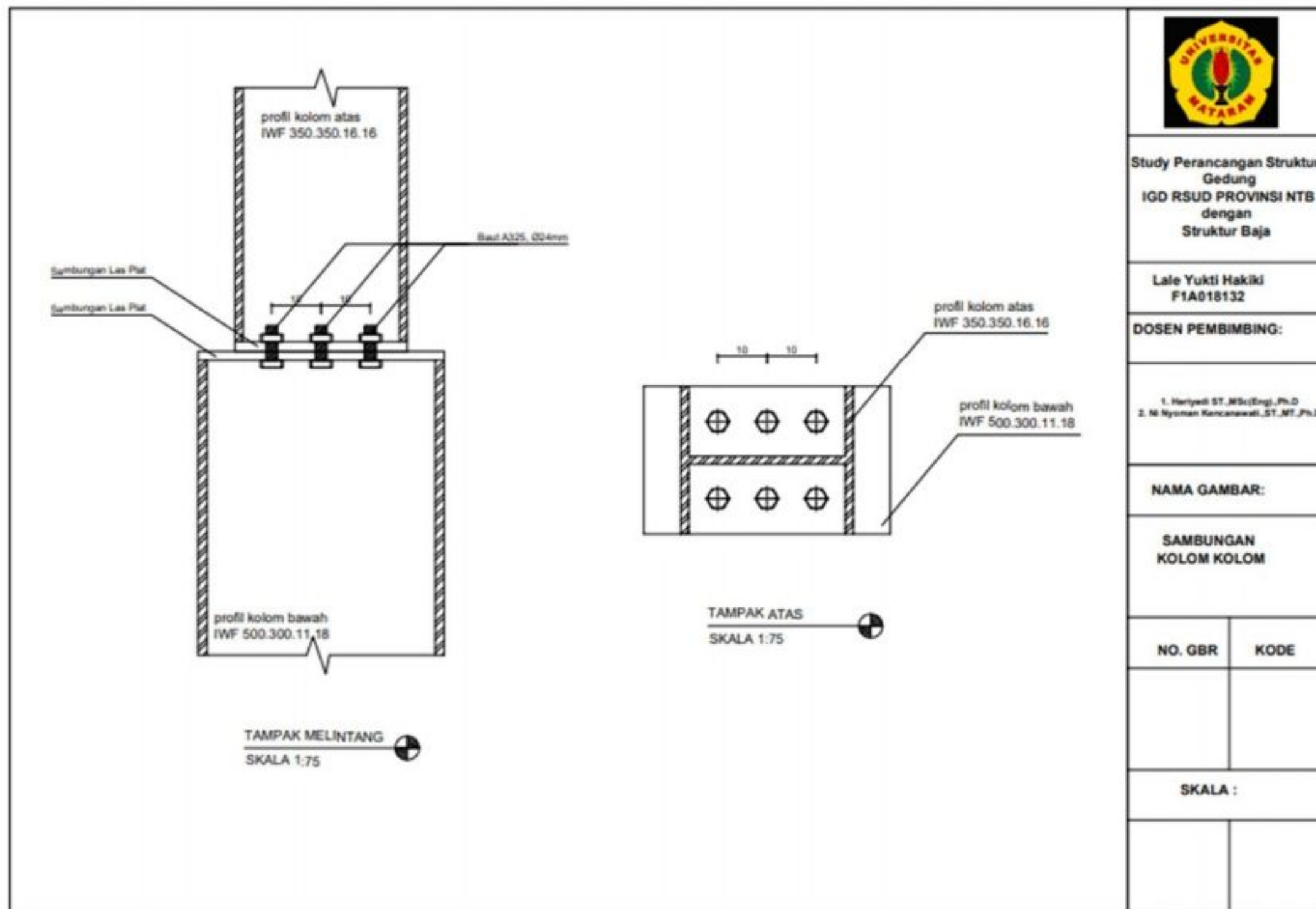
1. Hariyadi ST.,MSc(Eng),Ph.D  
2. Ni Nyoman Kancanawati,ST.,MT.,Ph.D

NAMA GAMBAR:

NO. GBR

KODE

SKALA :



Study Perancangan Struktur  
 Gedung  
 IGD RSUD PROVINSI NTB  
 dengan  
 Struktur Baja

Lale Yukti Hakiki  
 F1A018132

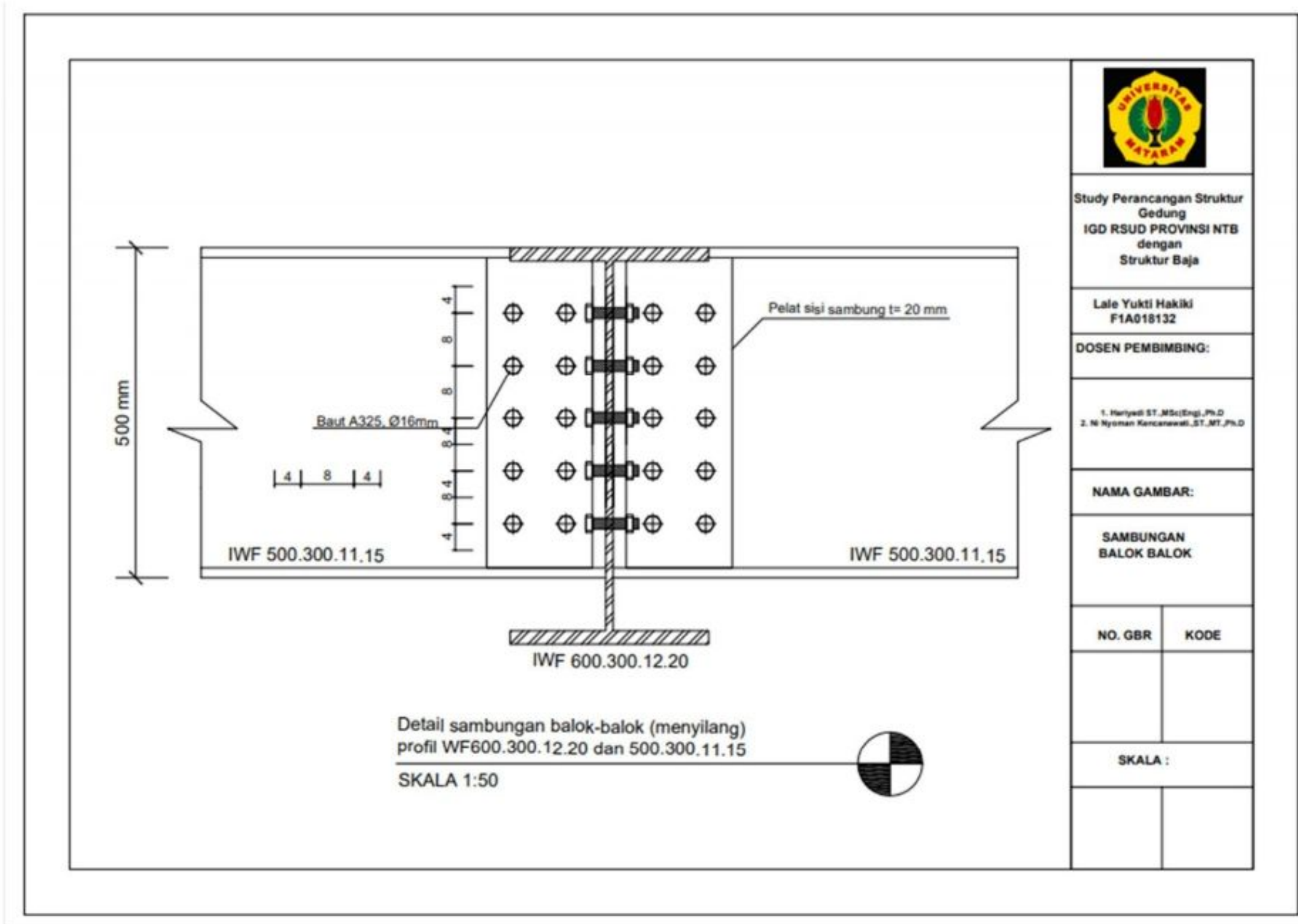
DOSEN PEMBIMBING:

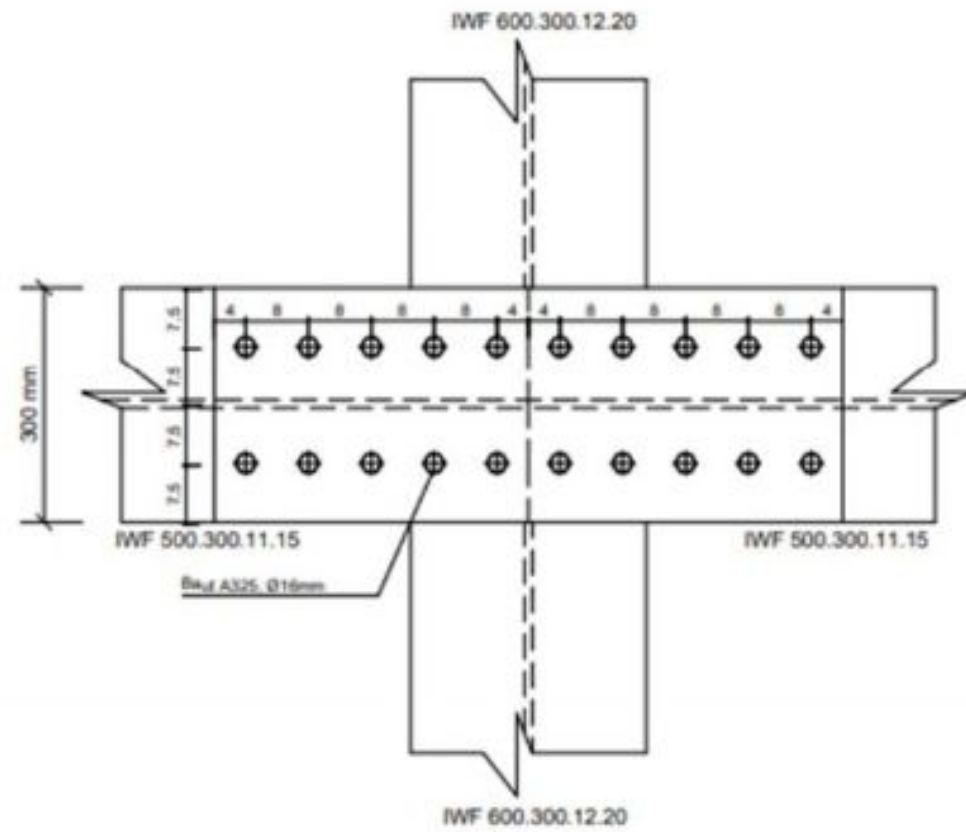
1. Hariyati ST, MS (Engl., Ph.D)
2. Ni Nyoman Kancanawati, ST, MT, Ph.D

NAMA GAMBAR:

SAMBUNGAN  
KOLOM KOLOM

NO. GBR	KODE
SKALA :	





Study Perancangan Struktur  
Gedung  
IGD RSUD PROVINSI NTB  
dengan  
Struktur Baja

Lale Yukti Hakiki  
F1A018132

DOSEN PEMBIMBING:

1. Hariyadi ST, MSc(Eng), Ph.D  
2. Ni Nyoman Kancanawati, ST, MT, Ph.D

NAMA GAMBAR:

SAMBUNGAN  
BALOK BALOK

NO. GBR

KODE

SKALA :





Study Perancangan Struktur Gedung  
IGD RSUD PROVINSI NTB  
dengan Struktur Baja

Lale Yukti Hakiki  
F1A018132

DOSEN PEMBIMBING:

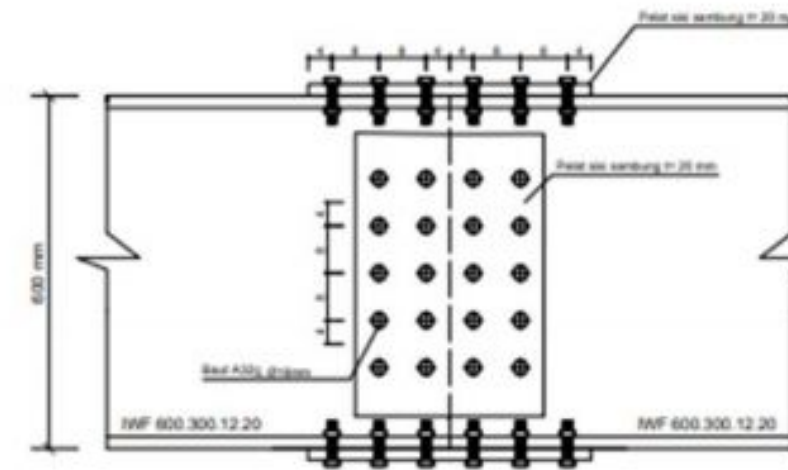
1. Hariyati ST., MSc (Engg.), Ph.D
2. Ni Nyoman Kancanawati ST., MT., Ph.D

NAMA GAMBAR:

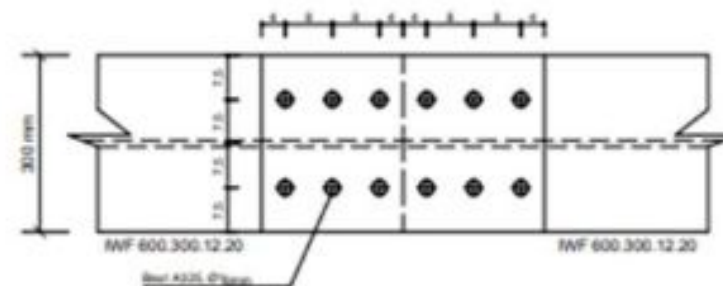
NO. GBR

KODE

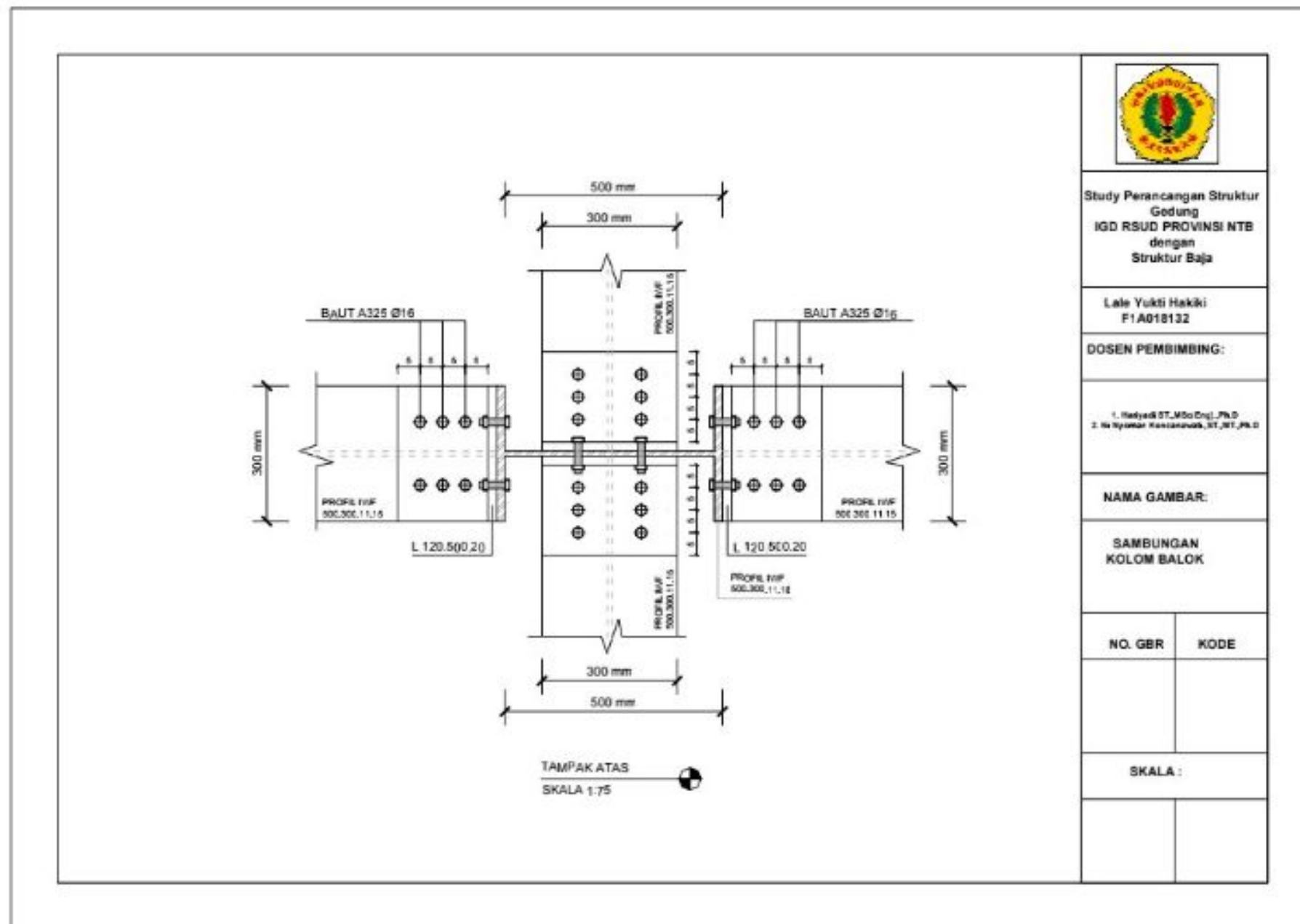
SKALA :



Detail sambungan balok menerus  
profil WF600.300.12.20 dan 600.300.12.20  
SKALA 1:50



Detail sambungan balok menerus  
profil WF600.300.12.20 dan 600.300.12.20 (Tampak Atas)  
SKALA 1:50



Study Perancangan Struktur  
Gedung  
IGD RSUD PROVINSI NTB  
dengan  
Struktur Baja

Lala Yukti Hakiki  
F1A018132

DOSEN PEMBIMBING:

1. Redyad ST, MSc Eng, Ph.D  
2. Heryanto Kuncaranegara, ST, ST, Ph.D

NAMA GAMBAR:

SAMBUNGAN  
KOLOM BALOK

NO. GBR	KODE

SKALA :



Study Perancangan Struktur  
Gedung  
IGD RSUD PROVINSI NTB  
dengan  
Struktur Baja

Lala Yukti Hakiki  
F1A018132

DOSEN PEMBIMBING:

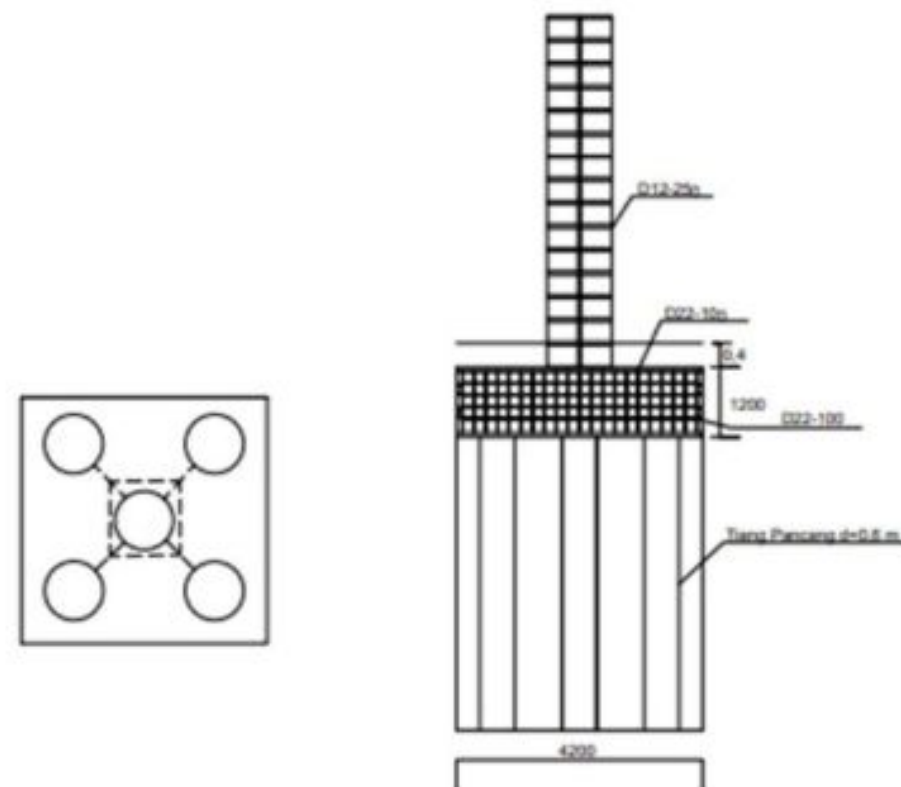
1. Hariyadi ST, MS, (Eng), Ph.D  
2. Ni Nyoman Kancanawati, ST, MT, Ph.D

NAMA GAMBAR:

NO. GBR

KODE

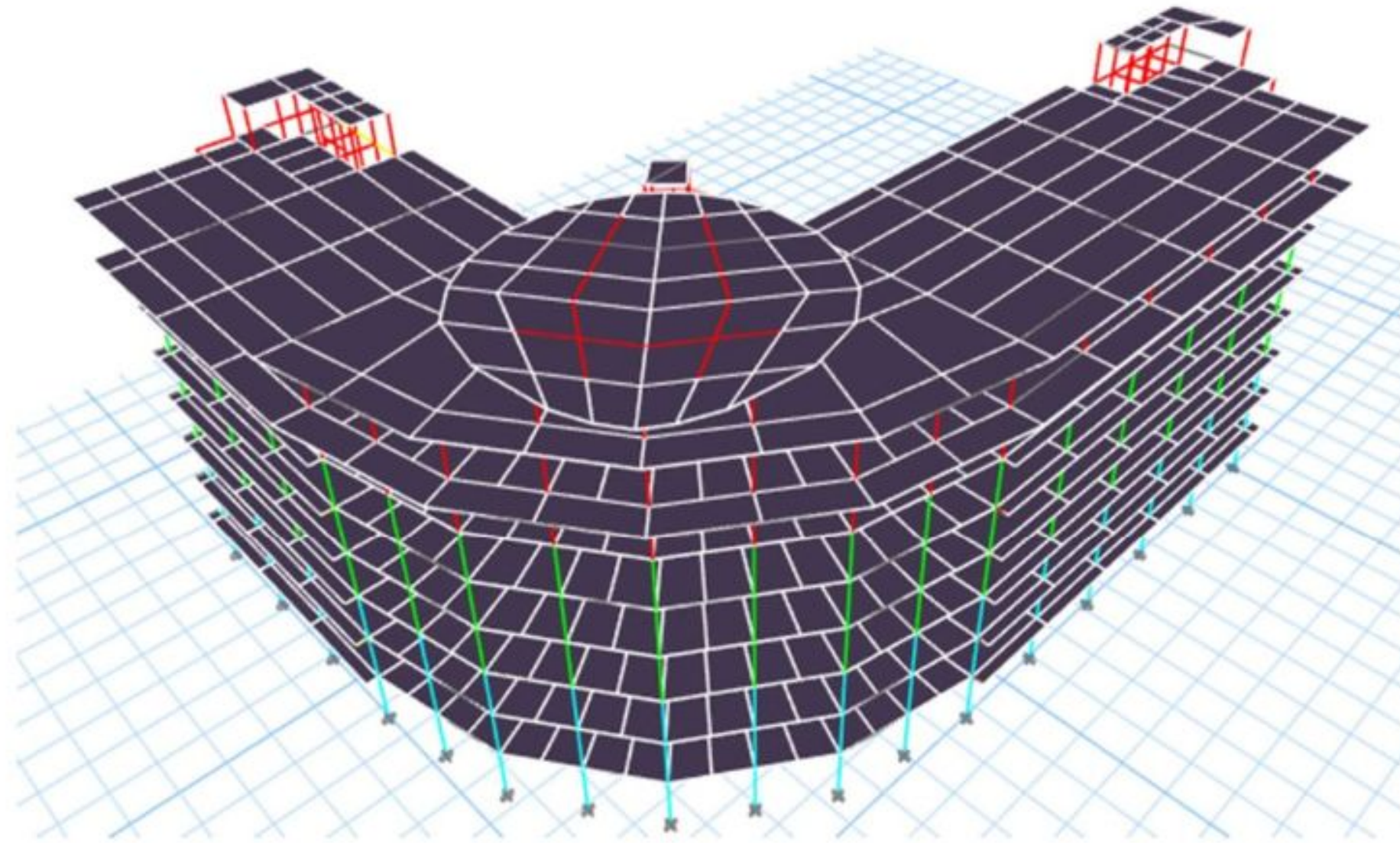
SKALA :

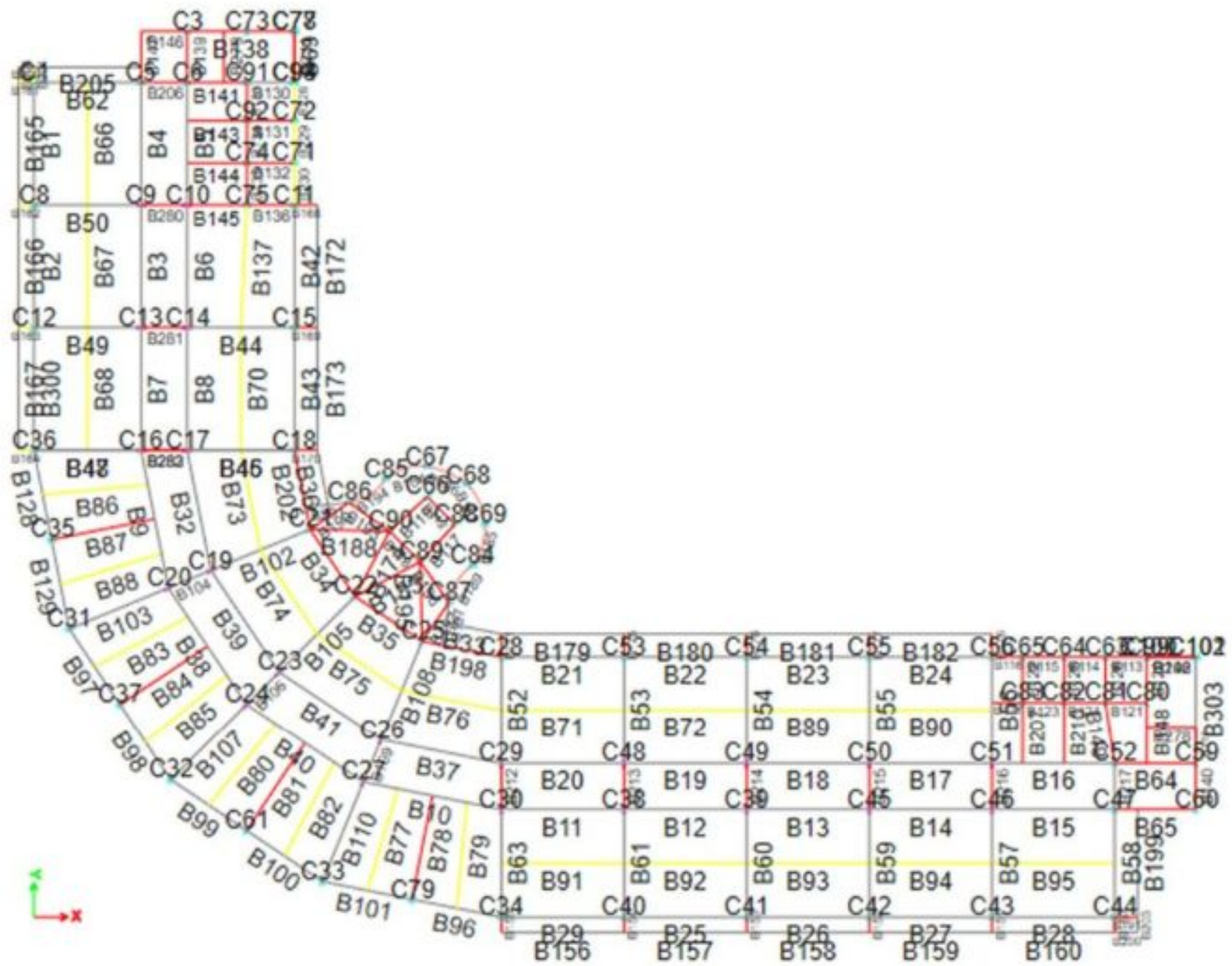


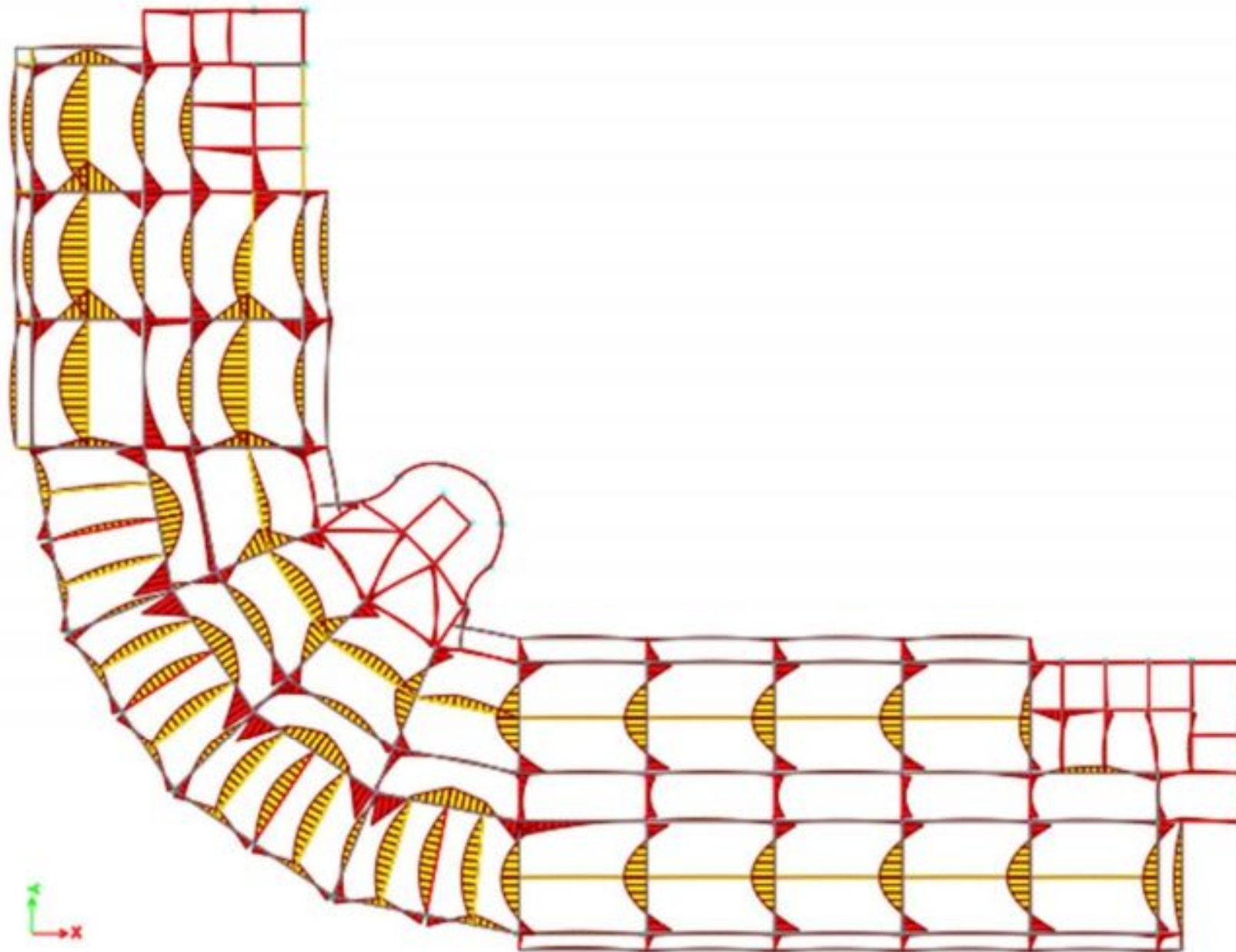
DETAIL SAMBUNGAN PEDESTAL-FONDASI

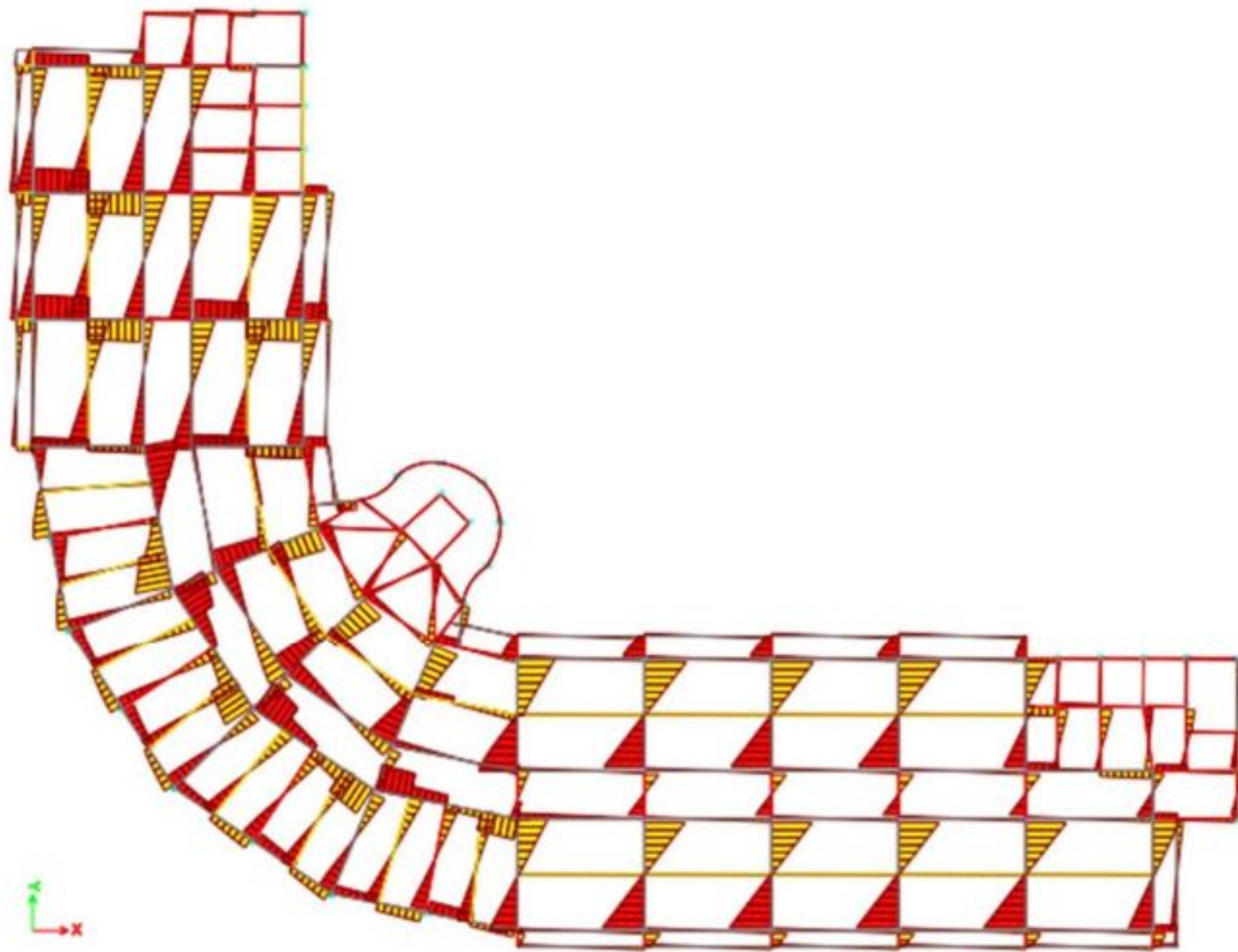


**LAMPIRAN C**  
**(Data Pemodelan ETABS)**



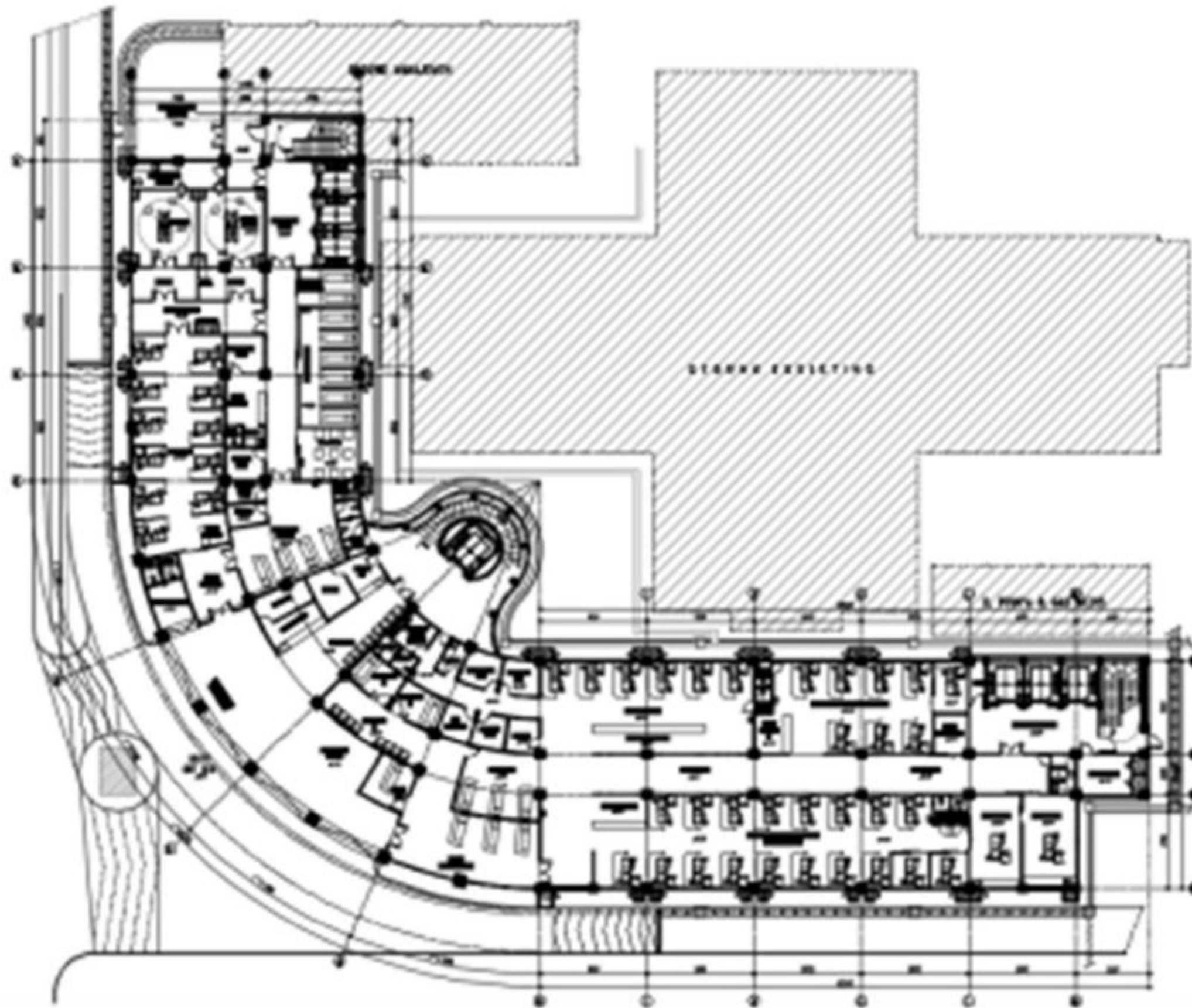




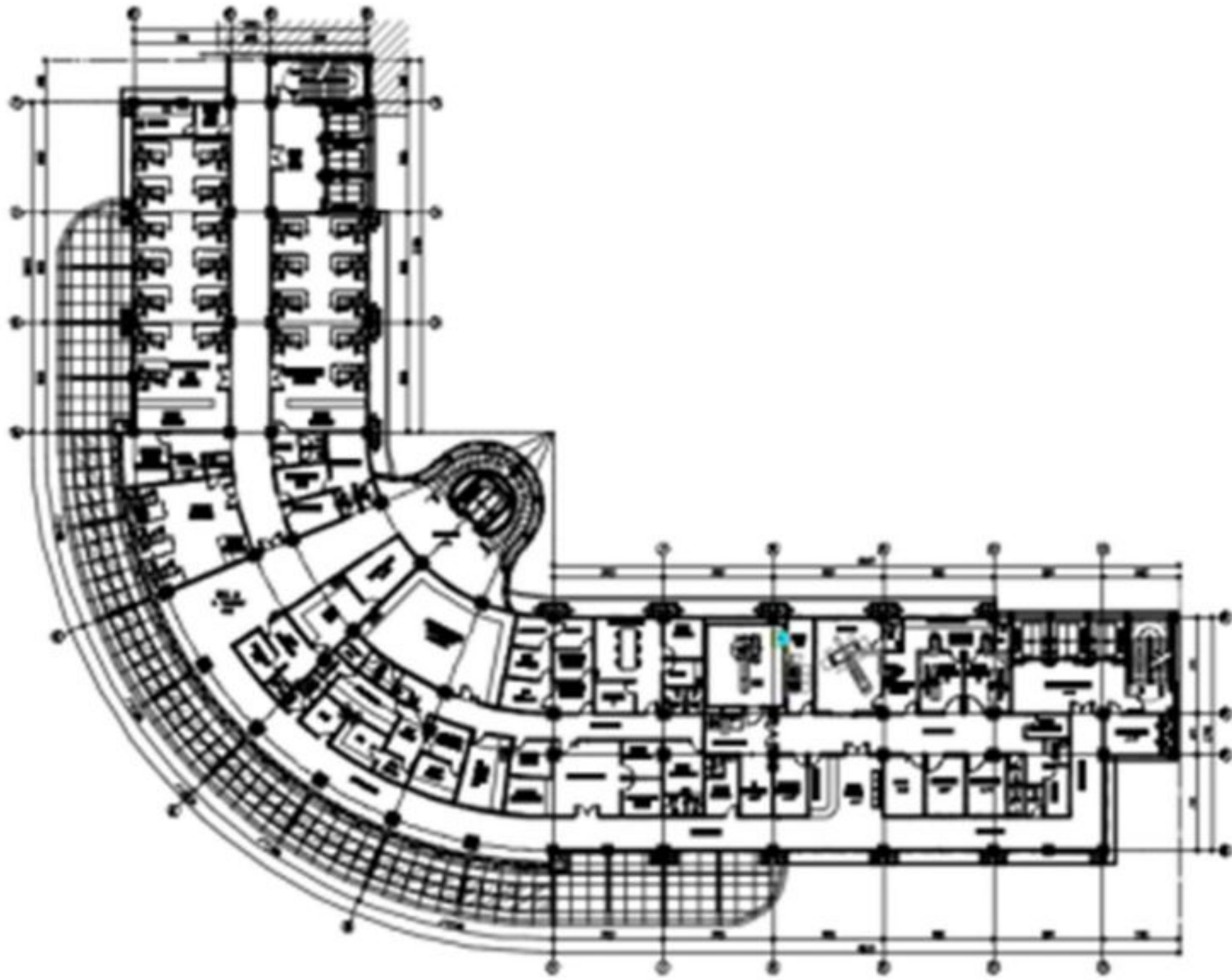




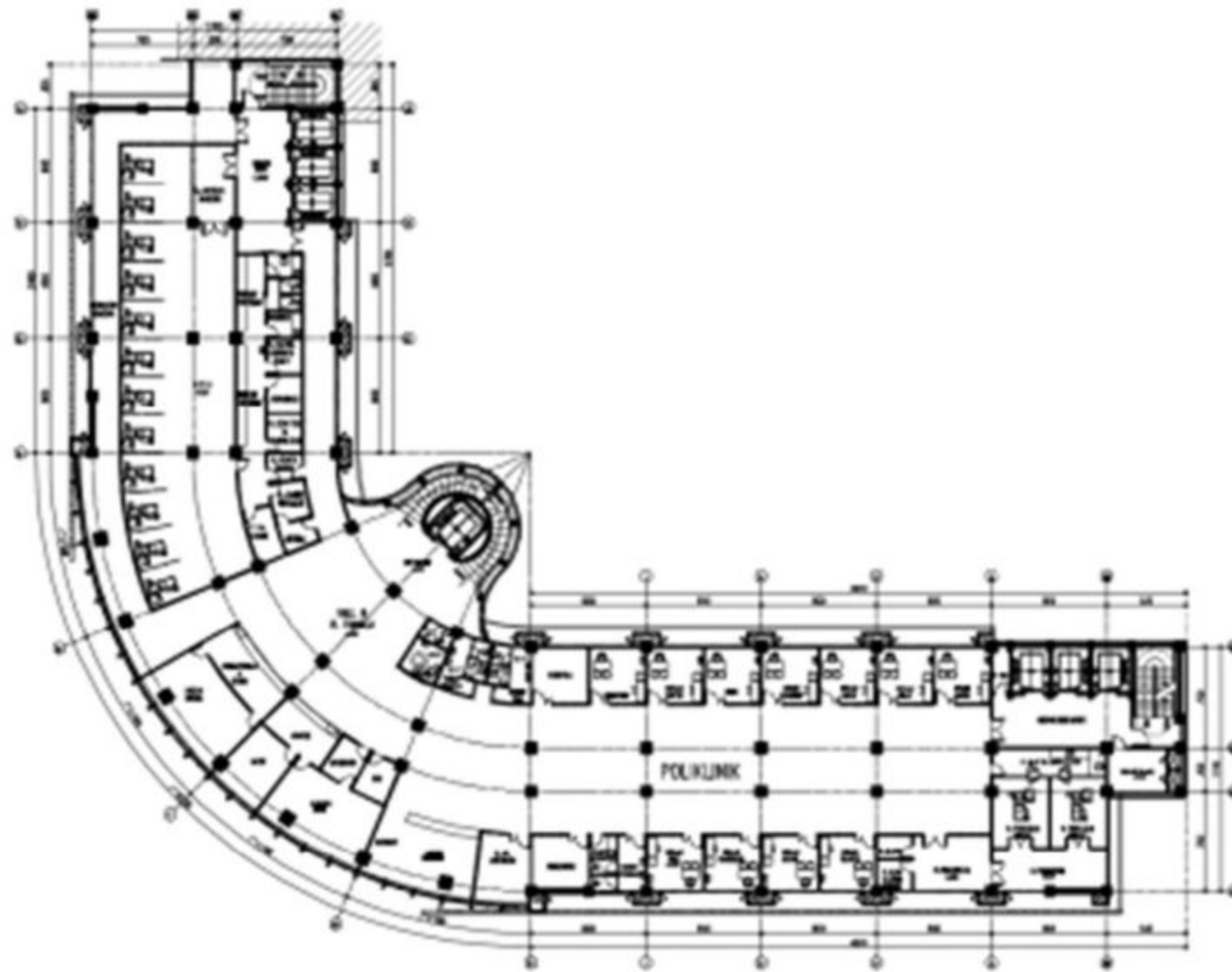
**LAMPIRAN D**  
**(Data Eksisting)**



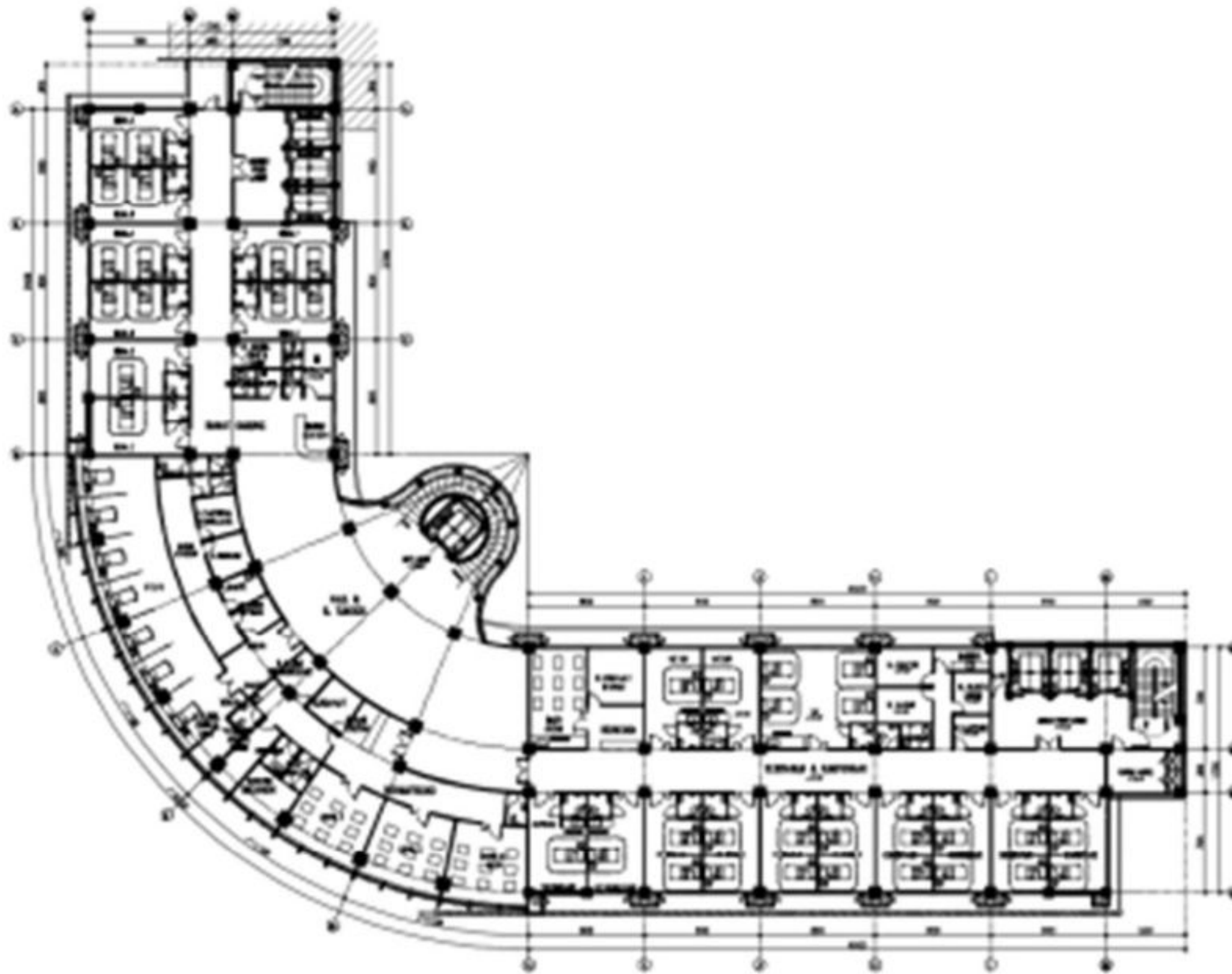
LANTAI 1



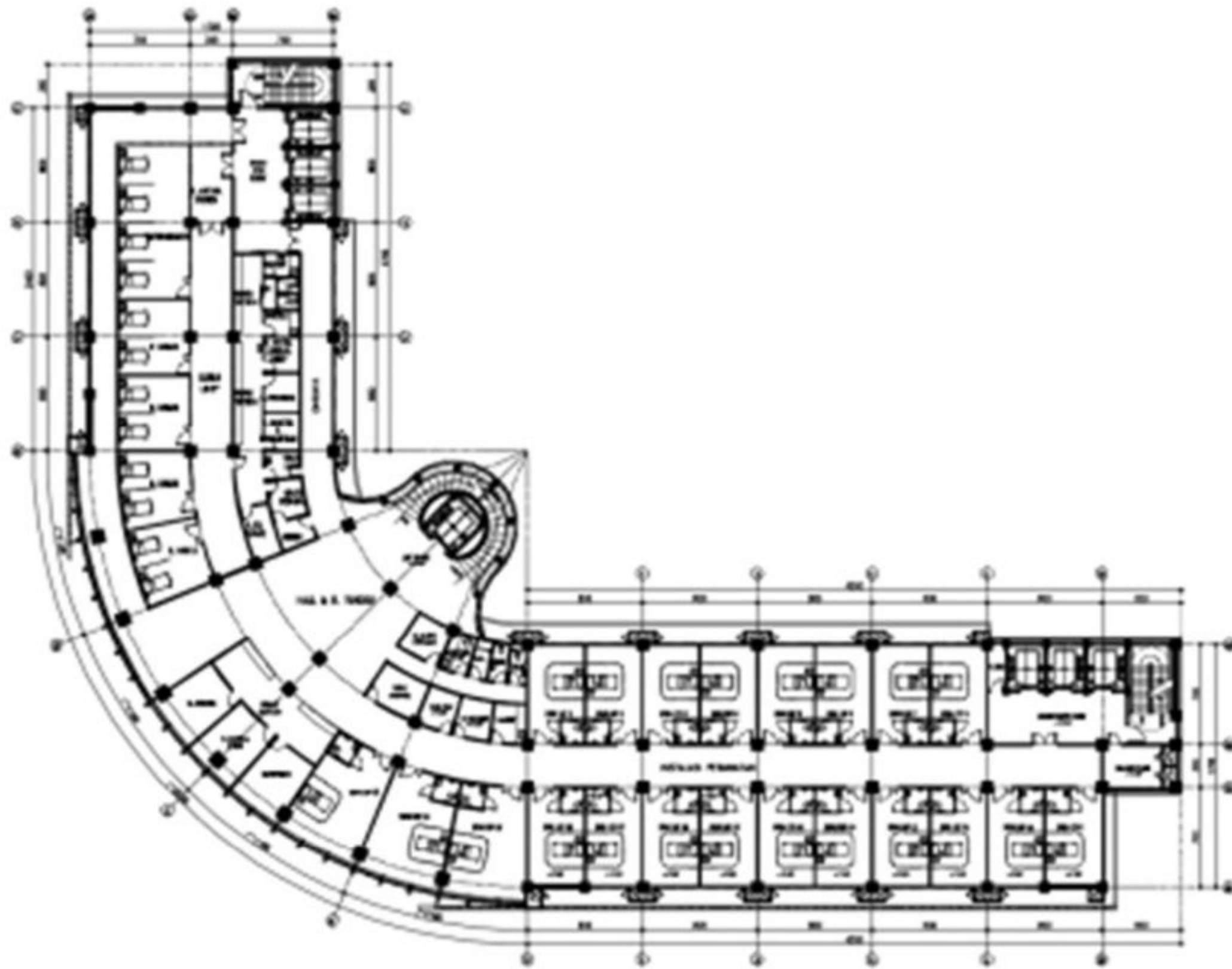
LANTAI 2



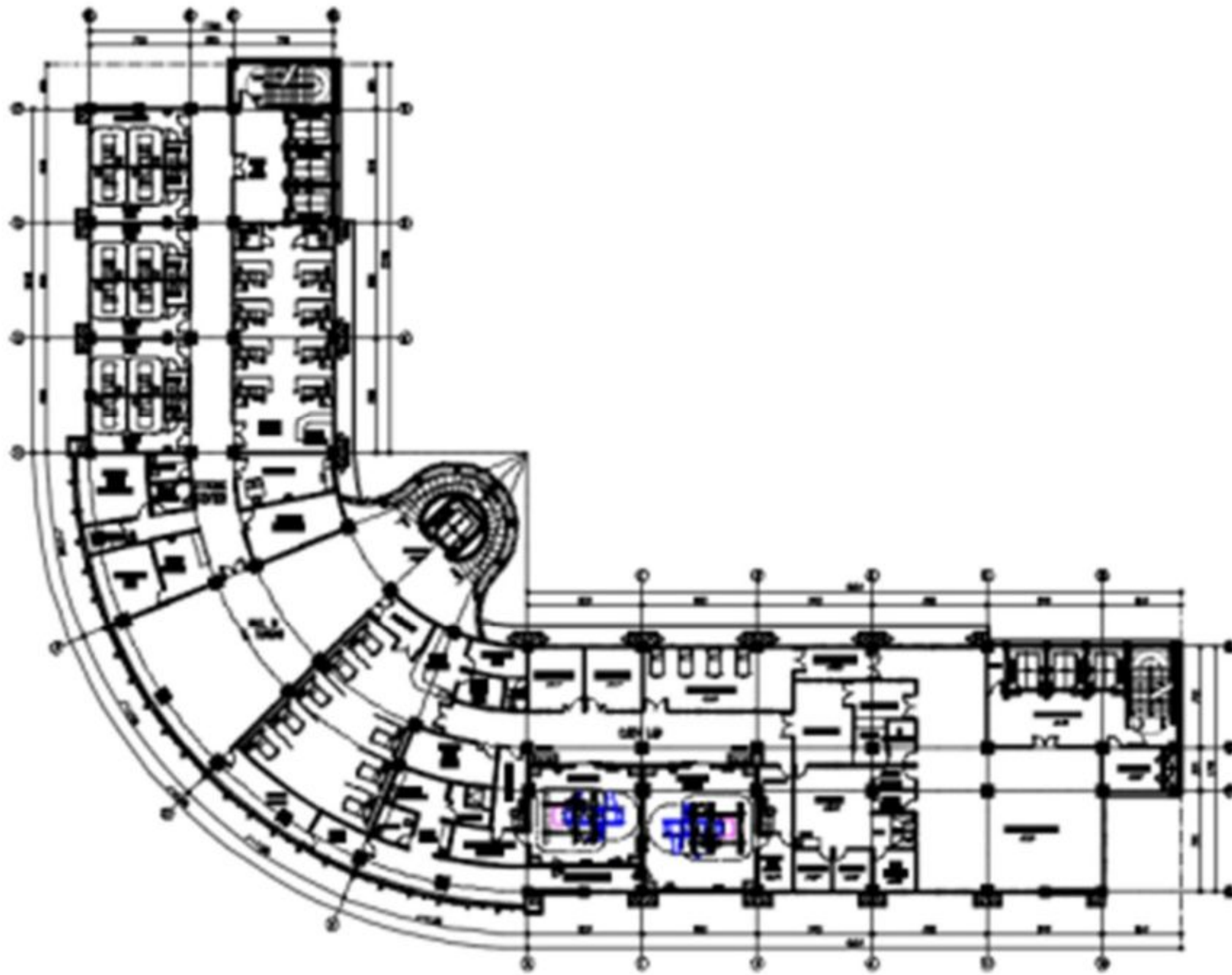
LANTAI 3



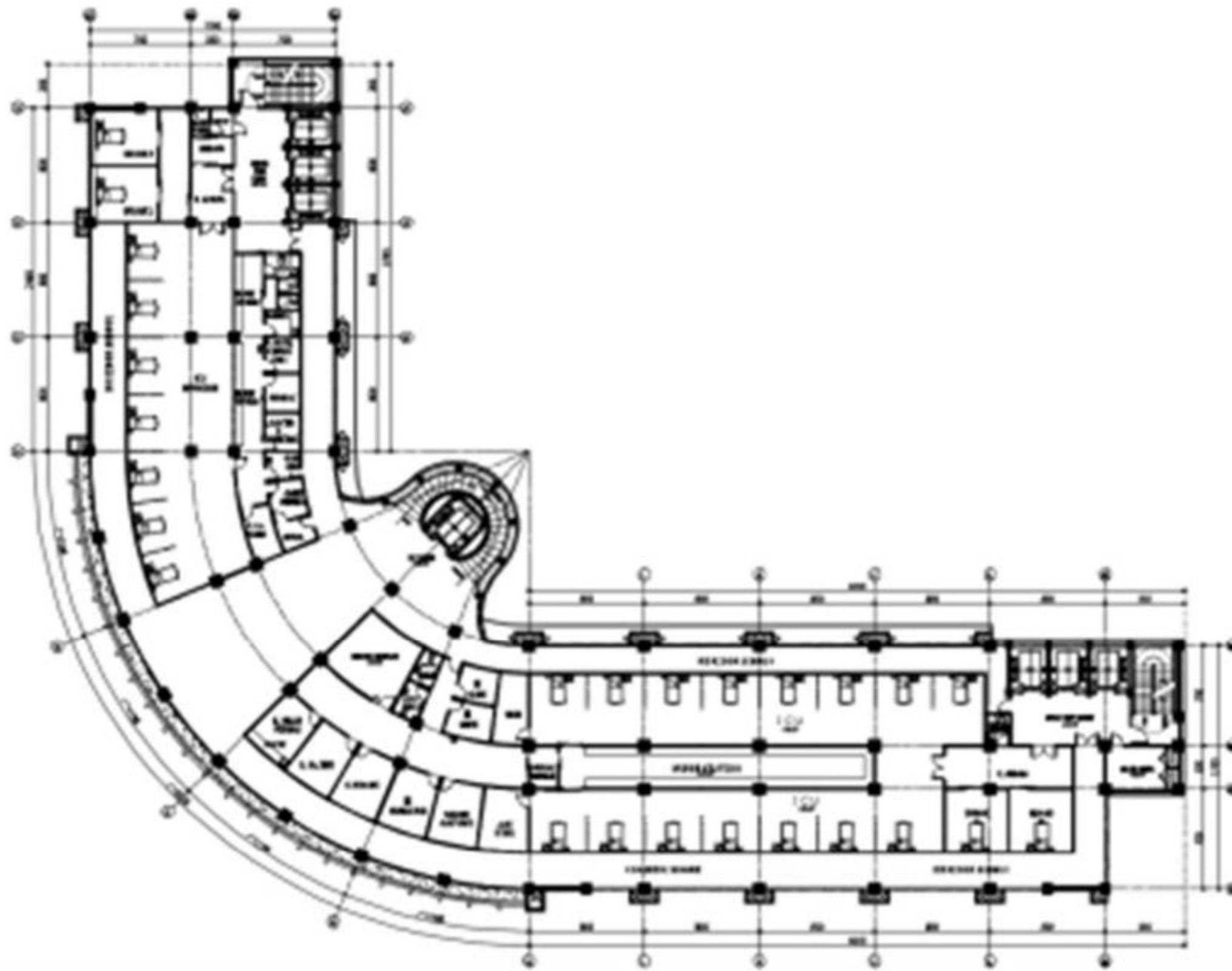
LANTAI 4



LANTAI 5

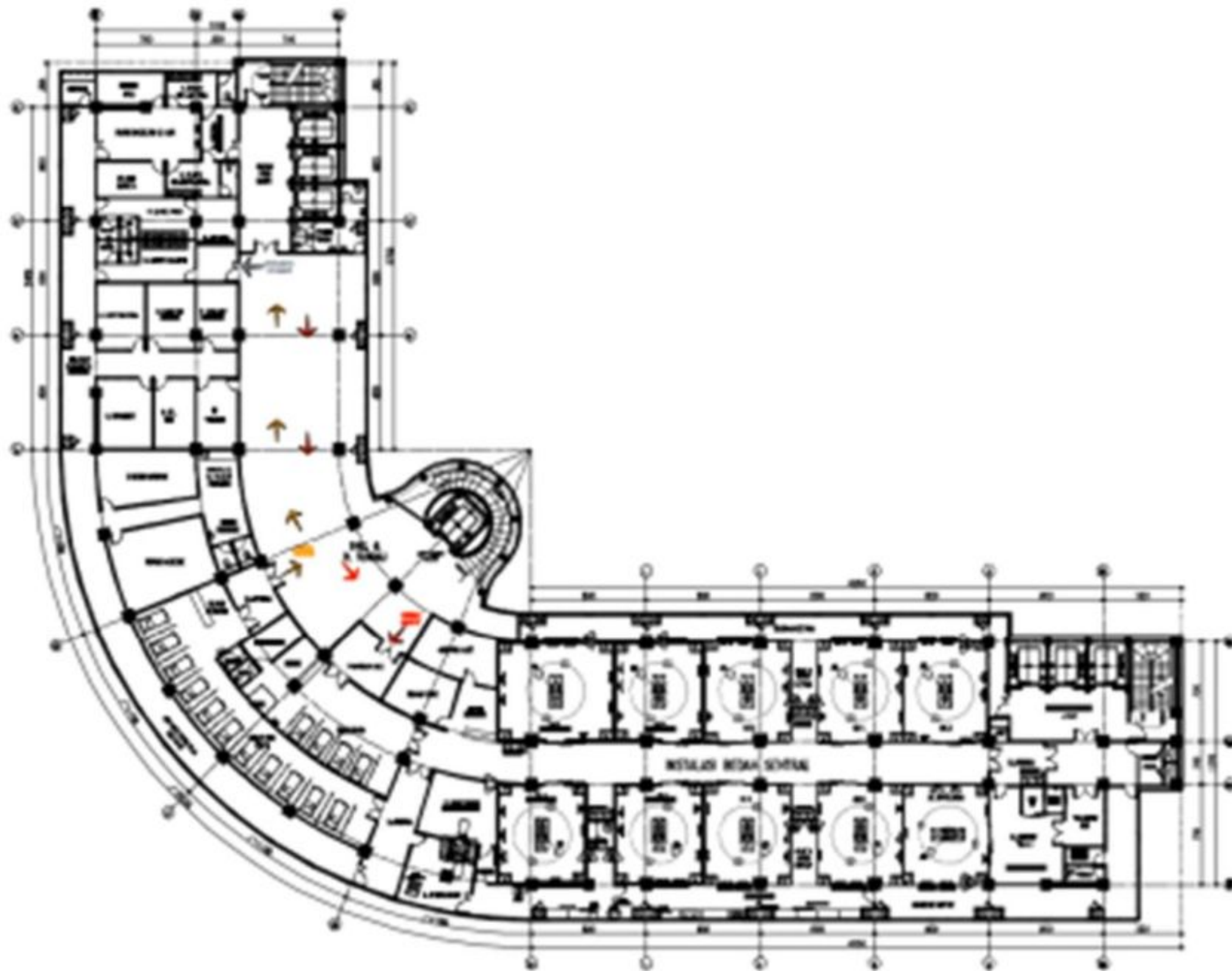


LANTAI 6



LANTAI 7





LANTAI 8