

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL PADA GEDUNG HOTEL**

**FRANS KAISEPO SORONG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM**

**RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS**



Oleh

**Achmad Farouk**

**NIM 13.21.009**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**

**MALANG**

**2017**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL PADA GEDUNG HOTEL  
FRANS KAISEPO SORONG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM  
RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS**

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Program Studi Teknik Sipil S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang*

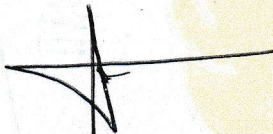
*Disusun Oleh :*

**Achmad Farouk**

**NIM. 13.21.009**

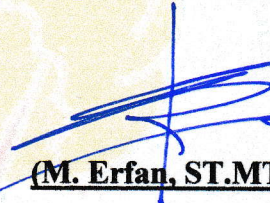
*Disetujui Oleh :*

**Dosen Pembimbing I**



**(Ir. A. Agus Santosa, MT.)**

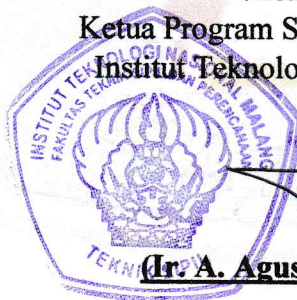
**Dosen Pembimbing II**



**(M. Erfan, ST.MT.)**

Mengetahui,

**Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang**



**(Ir. A. Agus Santosa, MT.)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2017**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL PADA GEDUNG HOTEL FRANS  
KAISEPO SORONG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL  
MOMEN KHUSUS**

*Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi  
Jenjang Strata Satu (S-1)*

*Pada hari : Jumat*

*Tanggal : 04 Agustus 2017*

*Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*

**Disusun Oleh :**

**Achmad Farouk**

**NIM. 13.21.009**

**Disahkan Oleh :**

**Ketua**

**Ir. A. Agus Santosa, MT.**

**Sekretaris**

**Ir. Munasih, MT**

**Anggota Penguji :**

**Dosen Penguji I**

**Ir. Eding Iskak I, MT**

**Dosen Penguji II**

**Ir. Sudirman Indra, MSc**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**

**MALANG**

**2017**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Achmad Farouk

Nim : 13.21.009

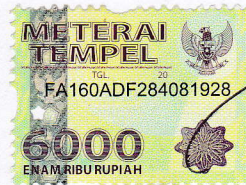
Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul "Perencanaan Struktur Portal Pada Gedung Hotel Frans Kaisepo Sorong Dengan Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus" benar-benar tulisan saya, dan bukan merupakan plagiasi baik sebagian atau seluruhnya.

Malang, 28 Agustus 2017

Yang Membuat Pernyataan



  
**Achmad Farouk**

**13.21.009**

“Perencanaan Struktur Portal Pada Gedung Hotel Frans Kaisepo Sorong Dengan Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus”, Oleh : Achamd Farouk (13.21.009) Pembimbing : Ir. A Agus Santosa, MT, Muhammad Erfan, ST., MT

---

### ABSTRAKSI

Kondisi Indonesia yang rawan terhadap kejadian gempa, maka dipandang perlu untuk melakukan perencanaan gedung di Indonesia yang tahan terhadap gempa. Karena pengaruh perilaku struktur yang diakibatkan oleh gempa sangat berpengaruh dan rawan terjadinya kegagalan struktur. Dan dalam studi ini dilakukan pada gedung Hotel Frans Kaisepo Sorong Papua Barat yang terdapat pada wilayah gempa tinggi, maka dilakukan perencanaan pada studi ini menggunakan Sistem Rangka Momen Khusus.

Dalam studi perencanaan ini, langkah pertama yang dilakukan dengan mencari data perencanaan gedung yang bersangkutan yang kemudian dilakukan studi perencanaan ulang. Setelah didapat data tersebut dilakukan perencanaan ulang dengan langkah pertama merencanakan dimensi penampang balok, kolom dan pelat, kemudian dilakukan perhitungan statika dengan bantuan program bantu ETABS. Setelah didapatkan gaya-gaya dalam dari hasil perhitungan statika, dilakukan perhitungan penulangan. Dan dalam perhitungan penulangan dilakukan perhitungan pada portal line B.

Setelah dilakukan beberapa tahapan studi perencanaan sesuai dengan alur diatas, didapatkan hasil perhitungan balok (pada tumpuan kiri) dengan dimensi balok 20/40 dengan dengan tulangan transversal 3 D 16 (atas) dan 3 D 16 (bawah) pada tumpuan kiri, 3 D 16 (bawah) dan 3 D 16 (atas) pada daerah Lapangan, dan pada tumpuan kanan, 3 D 16 (atas) 3 D 16 (bawah). Sengkang pada sendi plastis 2 (kaki) Ø 10-100, diluar sendi plastis 2 (kaki) Ø10-150.

Kemudian untuk hasil perhitungan kolom pada kolom lt.2 didapat dimensi penampang 50/50 dengan tulangan transversal 12 D 22 dengan spesifikasi tulangan geser pada daerah sendi plastis didapat 4 kaki Ø12-100 dan pada daerah luar sendi plastis 2 kaki Ø12-130, kemudian pada daerah sambungan lewatan didapat 4 kaki Ø12-90.

**Kata Kunci :** Struktur Portal, Tahan Gempa, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Kota Sorong Papua Barat.

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT dan junjungan Nabi besar Muhammad SAW yang senantiasa memberikan Rahmad dan Ridho sehingga Skripsi ini dengan judul ***“PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL PADA GEDUNG HOTEL FRANS KAISEPO DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS”*** dapat terselesaikan dengan baik dan lancar.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, karena kesempurnaan itu hanya milik Allah SWT untuk itu penulis selalu mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan sehingga berguna bagi seluruh elemen masyarakat teknik sipil dan seluruh masyarakat Indonesia.

Atas terselesaikannya penyusunan skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak- banyaknya kepada:

1. Kedua orang tua saya yang senantiasa memberikan dukungan moril, materi, dan do'anya selama studi di ITN Malang.
2. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT selaku rektor ITN Malang.
3. Bapak Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang
4. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
5. Ibu Ir. Munasih, MT. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
6. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT. selaku dosen pembimbing I.
7. Bapak M. Erfan, ST.,MT. Selaku dosen pembimbing II.

8. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil S-1 ITN Malang yang selalu menemani dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Tidak lupa kepada orang-orang yang tidak dapat saya disebutkan satu persatu yang senantiasa selalu membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata dari saya, jika ada kekurangan dalam hal isi maupun tata tulis, saran dan masukan dari pembaca sangat diharapkan.

Malang, Juli 2017

**Penyusun**

## **DAFTAR ISI**

**COVER**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**LEMBAR PERNYATAAN**

**ABSTRAKSI**

**KATA PENGANTAR**

**DAFTAR ISI**

**DAFTAR GAMBAR**

**DAFTAR TABEL**

**DAFTAR NOTASI**

### **BAB I. PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Identifikasi Masalah .....	2
1.3. Rumusan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penulisan .....	2
1.5. Batasan Masalah.....	3

### **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

2.1. Konsep Dasar Perencanaan Struktur .....	4
2.1.1 Prinsip Balok Kuat Kolom Lemah .....	5
2.2. Struktur Rangka Terbuka .....	6
2.2.1 Struktur Balok .....	7
2.2.2 Struktur Kolom .....	8
2.3. Struktur Tahan Gempa .....	9



2.4	Desain Bangunan tinggi tahan Gempa .....	10
2.4.1	Zona Seismik .....	10
2.4.2	Analisa perhitungan Beban gempa .....	11
2.5	Pembebanan Komponen Struktur .....	12
2.5.1	Beban Mati .....	12
2.5.2	Beban Hidup .....	12
2.5.3	Beban Gempa .....	13
2.6	Kombinasi Pembebanan.....	14
2.7	Balok T.....	14
2.8	Perencanaan Balok dengan Tulangan Tekan dan Tarik (Rangkap)..	15
2.8.1	Balok Tulangan Rangkap .....	16
2.8.2	Balok T Tulangan Rangkap.....	18
2.8.3	Perhitungan Balok T dan Balok L.....	20
2.8.4	Tulangan Minimum Pada Komponen Struktur Lentur.....	21
2.8.5	Perencanaan Balok Terhadap Geser.....	22
2.9	Perancangan Kolom Portal Terhadap Lentur dan Aksial .....	25
2.9.1	Kolom Eksentrisitas Kecil.....	31
2.9.2	Kolom Eksentrisitas Besar .....	31
2.9.3	Penulangan Kolom .....	32
2.10	Perencanaan Struktur Dengan SRPMK .....	38
2.10.1	Perencanaan Komponen Lentur Pada SRPMK .....	38
2.10.2	Persyaratan Kuat Geser Pada SRPMK.....	44
2.10.3	Perencanaan Komponen Beban Aksial Pada SRPMK.....	46
2.11	Hubungan Balok Kolom .....	51
2.11.1	Pengertian Hubungan Balok Kolom.....	51

### **BAB III. METODELOGI DAN DATA PERENCANAAN**

3.1. Data Bangunan .....	55
3.2. Mutu Bahan yang Digunakan .....	55
3.3. Diagram Alir Pengerjaan .....	56
3.4. Perencanaan Dimensi Pelat, Balok, dan Kolom.....	57
3.4.1 Perencanaan Dimensi Pelat .....	57
3.4.2 Perencanaan Dimensi Balok .....	58
3.4.3 Perencanaan Dimensi Kolom.....	59
3.5 Perhitungan Pembebanan .....	59
3.5.1 Beban Mati (Dead Load).....	60
3.5.2 Beban Hidup (Live Load) .....	61
3.6 Beban Gempa .....	61
3.6.1 Perhitungan Beban Gempa.....	62
3.7 Gaya Lateral Gempa.....	72
3.8 Kinerja Struktur Gedung .....	80
3.8.1 Kinerja Batas Layan.....	80
3.8.2 Kinerja Batas Ultimate .....	83

### **BAB IV PERHITUNGAN PENULANGAN STRUKTUR**

4.1 Perhitungan Tulangan Pada Balok .....	86
4.1.1 Perhitungan Penulangan Lentur Balok.....	86
4.1.2 Perhitungan Penulangan Geser Pada Balok.....	105
4.2 Perhitungan Penulangan Kolom .....	117
4.2.1 Perhitungan Penulangan Lentur Kolom.....	117
4.2.2 Perhitungan Penulangan Geser Kolom .....	129
4.2.3 Sambungan Lewatan Vertikal Kolom.....	134
4.3 Persyaratan Strong Columns Weak Beams .....	137
4.4 Perhitungan Pertemuan Balok-Kolom.....	138
4.5 Perhitungan Pendetailan Tulangan .....	143

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	146
5.2 Saran .....	147

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Struktur Rangka Terbuka .....	6
Gambar 2.2 : Respons Spektrum Gempa Rencana .....	13
Gambar 2.3 : Distribusi Tegangan Regangan Balok Persegi Bertulang Rangkap	17
Gambar 2.4 : Bagan Alir Analisa Balok Persegi Bertulang Rangkap.....	18
Gambar 2.5 : Diagram Tegangan Balok T .....	19
Gambar 2.6 : Lebar Plat Efektif Balok T .....	20
Gambar 2.7 : Geser Desain Untuk Balok.....	25
Gambar 2.8 : Tegangan dan Gaya-gaya Pada Kolom.....	26
Gambar 2.9 : Geser Desain Untuk Kolom .....	29
Gambar 2.10 : Lokasi Tulangan Pada Slab .....	38
Gambar 2.11 : Penempatan Tulangan Pada Slab .....	38
Gambar 2.12 : Persyaratan Penulangan Komponen Lentur Pada SRPMK.....	40
Gambar 2.13 : Sambungan Lewatan dan Sengkang Tertutup Pada SRPMK .....	42
Gambar 2.14 : Penulangan Transversal Untuk Komponen Lentur Pada SRPMK	44
Gambar 2.15 : Geser Desain Untuk Balok Pada SRPMK .....	45
Gambar 2.16 : Geser Desain Untuk Kolom Pada SRPMK.....	45
Gambar 2.17 : Strong Coloumn Weak Beam Pada SRPMK .....	47
Gambar 2.18 : Tipikal Detail Sambungan Lewatan Kolom Pada SRPMK .....	47
Gambar 2.19 : Tulangan Transversal Pada Kolom .....	48
Gambar 2.20 : Syarat Pengekang Ujung- ujung Kolom Penulangan Hoops .....	50
Gambar 2.21 : Gaya-gaya Yang Bekerja Pada Hubungan Balok Kolom .....	51
Gambar 2.22 : Hubungan Balok Kolom .....	53
Gambar 3.1 : Diagram Alir .....	57
Gambar 3.2 : Denah Pembalokan.....	57
Gambar 3.3 : Nilai Spektrum Percepatan Gempa di Kota Sorong .....	62
Gambar 3.4 : Kinerja Batas Layan Arah X.....	81
Gambar 3.5 : Kinerja Batas Layan Arah Y .....	82
Gambar 4.1 : Peninjauan Pada Balok 107.....	87
Gambar 4.2 : Lebar Efektif Balok T .....	87

Gambar 4.3 : Penampang Balok dan Diagram Regangan Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kiri .....	89
Gambar 4.4 : Penampang Balok dan Diagram Regangan Tegangan Momen Positif Tumpuan Kiri .....	93
Gambar 4.5 : Momen Positif Pada Penulangan Lapangan.....	95
Gambar 4.6 : Penampang Balok dan Diagram Regangan Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kanan .....	98
Gambar 4.7 : Penampang Balok dan Diagram Regangan Tegangan Momen Positif Tumpuan Kanan .....	101
Gambar 4.8 : Desain Gaya Geser Gempa Akibat Goyangan Gempa ke Kiri .....	107
Gambar 4.9 : Desain Gaya Geser Gempa Akibat Goyangan Gempa ke Kanan ...	108
Gambar 4.10 : Tulangan Geser Pada Daerah Sendi Plastis Kanan .....	110
Gambar 4.11 : Tulangan Geser Pada Daerah Luar Sendi Plastis Kanan .....	112
Gambar 4.12 : Tulangan Geser Pada Daerah Sendi Plastis Kiri .....	113
Gambar 4.13 : Tulangan Geser Pada Daerah Luar Sendi Plastis Kiri .....	115
Gambar 4.14 : Penulangan Geser Pada Balok .....	116
Gambar 4.15 : Diagram Tegangan Ragangan Kolom Kondisi Seimbang .....	118
Gambar 4.16 : Diagram Tegangan Ragangan Kolom Kondisi Patah Desak .....	120
Gambar 4.17 : Diagram Tegangan Ragangan Kolom Kondisi Patah Tarik.....	122
Gambar 4.18 : Diagram Tegangan Ragangan Kolom Kondisi 1 Lentur Murni.....	123
Gambar 4.19 : Diagram Tegangan Ragangan Kolom Kondisi 2 Lentur Murni.....	125
Gambar 4.20 : Diagram Interaksi Kolom.....	128
Gambar 4.21 : Tulangan Geser Pada Daerah Sendi Plastis Kolom .....	133
Gambar 4.22 : Tulangan Geser Pada Daerah Sendi Luar Plastis Kolom.....	134
Gambar 4.23 : Tulangan Geser Pada Daerah Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom .....	136
Gambar 4.24 : Analisa Geser Dari Hubungan Balok Kolom.....	138
Gambar 4.25 : Luas Efektis Untuk HBK .....	139

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 : Perhitungan <i>N-SPT</i> .....	63
Tabel 3.2 : Faktor Keutamaan Struktur.....	64
Tabel 3.3 : Klasifikasi Situs .....	65
Tabel 3.4 : Klasifikasi Situs ( <i>F<sub>a</sub></i> ).....	65
Tabel 3.5 : Klasifikasi Situs ( <i>F<sub>v</sub></i> ) .....	66
Tabel 3.6 : Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek.....	67
Tabel 3.7 : Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik.....	67
Tabel 3.8 Gaya Gempa Lateral Arah 100 % .....	73
Tabel 3.9 Gaya Gempa Lateral Arah 30 % .....	74
Tabel 3.10 Pusat Massa dan Pusat Rotasi .....	77
Tabel 3.11 Koordinat Pusat Massa Baru Akibat Eksentrisitas .....	79
Tabel 3.12 Kinerja Batas Layan Akibat Simpangan Gempa Statik X .....	81
Tabel 3.13 Kinerja Batas Layan Akibat Simpangan Gempa Statik Y .....	82
Tabel 3.14 Simpangan Antar Lantai Izin .....	83
Tabel 3.15 Kinerja Batas Ultimate Akibat Simpangan Gempa Statik X .....	84
Tabel 3.16 Kinerja Batas Ultimate Akibat Simpangan Gempa Statik Y .....	85
Tabel 4.1 : Tabel Diagram Interaksi Kolom 16 D 22 .....	127

## DAFTAR NOTASI

Notasi	Penjelasan
<b>a</b>	= tinggi blok tegangan persegi ekuivalen, mm
<b>A<sub>g</sub></b>	= luas bruto penampang, mm <sup>2</sup>
<b>A<sub>s</sub></b>	= luas tulangan tarik non-prategang, mm <sup>2</sup>
<b>A's</b>	= luas tulangan tekan, mm <sup>2</sup>
<b>A<sub>s,min</sub></b>	= luas minimum tulangan lentur, mm <sup>2</sup>
<b>A<sub>v</sub></b>	= luas tulangan sengkang ikat dalam daerah sejarak s, mm <sup>2</sup>
<b>b<sub>E</sub></b>	= Lebar efektif dari potongan flens, mm
<b>b<sub>w</sub></b>	= lebar badan balok, atau diameter dari penampang bulat, mm
<b>c</b>	= jarak dari serat tekan terluar ke garis netral, mm
<b>d</b>	= jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm
<b>d'</b>	= jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm
<b>D</b>	= beban mati, atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
<b>E</b>	= pengaruh beban gempa, atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa
<b>f'<sub>c</sub></b>	= kuat tekan beton, Mpa
<b>f's</b>	= tegangan pada tulangan baja tekan, Mpa
<b>f<sub>y</sub></b>	= tegangan leleh baja tulangan yang diisyaratkan, Mpa
<b>h</b>	= tebal atau tinggi total komponen struktur, mm
<b>l<sub>d</sub></b>	= panjang penyaluran, mm
<b>l<sub>n</sub></b>	= panjang bentang bersih untuk yang diukur dari muka ke muka tumpuan

- $M_e^-$**  = momen negatif rencana kiri bentang
- $M_m^+$**  = momen lapangan
- $M_n$**  = kuat momen nominal pada penampang, N-mm
- $M_u$**  = momen terfaktor pada penampang, N-mm
- $M_{pr}$**  = kuat momen lentur mungkin dari suatu komponen struktur, dengan atau tanpa beban aksial, yang ditentukan menggunakan sifat-sifat komponen struktur pada muka join dengan menggap kuat tarik pada tulangan longitudinal sebesar minimum  $1,25 f_y$  dan faktor reduksi kekuatan  $\phi = 1$ , N-mm
- $P_n$**  = kuat nominal penampang yang mengalami tekan, N
- $P_o$**  = kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas nol, N
- $P_u$**  = beban aksial terfaktor pada eksentrisitas tertentu, N
- $q_d$**  = beban mati
- $q_l$**  = beban hidup
- $q_u$**  = beban terfaktor
- $s$**  = spasi tulangan geser pada arah sejajar tulangan longitudinal, mm
- $s_0$**  = spasi maksimum tulangan transversal, mm
- $s_x$**  = spasi longitudinal tulangan transversal dalam rentang panjang  $l_0$ , mm
- $v_c$**  = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton
- $V_n$**  = kuat geser nominal
- $V_s$**  = kuat geser normal yang disumbangkan oleh tulangan geser
- $V_u$**  = kuat geser terfaktor pada penampang
- $y_t$**  = jarak dari sumbu pusat penampang bruto, dengan mengabaikan tulangan, keserat tarik terluar, mm



$\rho$  = rasio tulangan tarik non-prategang

$\rho_g$  = rasio tulangan total terhadap luas penampang kolom

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan

$\mu$  = koefisien friksi

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Sorong merupakan salah satu kota di pulau papua yang sebagai pintu gerbang masuk menuju pulau papua yang memikat pusat perhatian banyak orang baik lokal ( Indonesia ) maupun orang luar ( Luar negeri ) yang memaksa pemerintah provinsi Papua Barat khususnya kota Sorong untuk mengadakan fasilitas penginapan, maupun pusat pembelanjaan dan hiburan. Oleh karena itu pemerintah daerah provinsi Papua Barat membangun fasilitas penginapan dan Hotel untuk memfasilitasi masyarakat maupun touris.

Perencanaan gedung bertingkat perlu memperhatikan beberapa kriteria, antara lain kriteria kekuatan, perilaku yang baik pada taraf gempa rencana, serta aspek ekonomis. Merencanakan bangunan bertingkat banyak dari segi struktur memerlukan pertimbangan yang matang terutama gedung itu dirancang tahan terhadap gempa. Pertimbangan struktur ini akan berpengaruh dalam menentukan alternative perencanaan, misalnya tata letak kolom, panjang balok dan bentang.

Dalam Skripsi ini Gedung Hotel Frans Kaisepo Sorong akan di rencanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen ( SRPM ), dimana Sistem Rangka Pemikul momen adalah system rangka ruang yang mana komponen-komponen struktur dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial.

## **1.2 IDENTIFIKASI MASALAH**

Berdasarkan latar belakang diatas maka analisa ini di maksudkan untuk mengetahui desain struktur portal dengan sistem rangka pemikul momen.

## **1.3 RUMUSAN MASALAH**

1. Berapa besar beban Gravitasi dan Beban gempa yang bekerja pada struktur gedung Hotel Frans Kaisepo Sorong?
2. Berapa jumlah tulangan longitudinal dan tulangan transversal pada kolom dan balok?
3. Berapa hasil luas tulangan pada HBK ( Hubungan Balok Kolom )?
4. Bagaimanakah gambar detail penulangan balok dan kolom dari hasil perencanaan?

## **1.4 MAKSUD DAN TUJUAN**

Maksud dan tujuan dari penulis tugas akhir ini adalah :

1. Untuk mengetahui berapa besar beban Gravitasi dan Beban gempa yang bekerja pada struktur gedung Hotel Frans Kaisepo Sorong.
2. Untuk jumlah tulangan longitudinal dan tulangan transversal pada kolom dan balok.
3. Untuk mengetahui hasil luas tulangan pada HBK ( Hubungan Balok Kolom ).

4. Untuk mengetahui gambar detail penulangan balok dan kolom dari hasil perencanaan.

## **1.5 BATASAN MASALAH**

Untuk memudahkan dalam tahap analisa maka penulis melakukan batasan batasan masalah yang meliputi :

1. Struktur portal ( Balok & Kolom ) direncanakan menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM).
2. Perancangan elemen struktur menggunakan analisis yang mengacu pada Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2013.
3. Analisis perencanaan ketahanan gempa mengacu pada Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2012.
4. Perhitungan gempa menggunakan analisis ekuivalen.
5. Perhitungan struktur menggunakan program bantu komputer yaitu ETABS.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1.Konsep Dasar desain Perencanaan Struktur**

Dalam perencanaan struktur konstruksi suatu bangunan, perlu diperhatikan konsep desain untuk pemilihan elemen baik secara structural maupun fungsional. Dalam perencanaan kali ini di tinjau perencanaan konsep desain untuk bangunan tahan gempa.

Perencanaan bangunan tahan gempa ialah bangunan yang dirancang untuk tahan dan tetap berdiri ketika terjadi gempa yang besar walaupun nantinya sedikit terdapat kerusakan pada beberapa bagian bangunan sesuai falsafah perencanaan gedung tahan gempa. Perencanaan suatu struktur gedung pada daerah gempa haruslah memenuhi falsafah perencanaan gedung tahan gempa, yaitu:

- Bangunan dapat menahan gempa bumi kecil atau ringan tanpa mengalami kerusakan.
- Bangunan dapat menahan gempa bumi sedang tanpa kerusakan yang berarti pada struktur utama walaupun ada kerusakan pada struktur sekunder.
- Bangunan dapat menahan gempa bumi kuat tanpa mengalami keruntuhan total bangunan, walaupun bagian struktur utama sudah mengalami kerusakan (Teruna,2007)

Dalam perencanaan struktur gedung terhadap pengaruh gempa rencana, semua unsur struktur gedung, baik bagian dari subsistem struktur gedung maupun bagian dari sistem struktur gedung harus diperhitungkan memikul gempa rencana. Struktur yang direncanakan diharapkan mampu bertahan oleh beban bolak-balik memasuki inelastis tanpa mengurangi kekuatan yang berarti. Karena itu selisih energi beban gempa harus mampu disebarkan dan diserap oleh struktur yang bersangkutan dalam bentuk deformasi.

### **2.1.1 Prinsip Kolom kuat Balok lemah (*Strong Coloumn Weak Beam*)**

Berdasarkan prinsip kolom kuat balok lemah dimana kolom harus diberi cukup kekuatan, sehingga kolom tidak leleh lebih runtuh sebelum balok. Goyangan lateral memungkinkan terjadinya sendi plastis di ujung-ujung kolom yang kemudian akan menyebabkan kerusakan berat, karena itu harus dihindarkan. Oleh sebab itu kolom-kolom selalu didesain lebih kuat dari balok-balok di suatu hubungan balok kolom. Komponen rangka yang termasuk dalam klasifikasi komponen struktur yang terkena beban lentur dan aksial dalam harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

Kuat lentur komponennya dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$\Sigma M_e \geq \left(\frac{6}{5}\right) \Sigma M_g$$

$$(M_{nt} + M_{nb}) \geq 6/5 (M_{nki} + M_{nka})$$

Dimana :  $\Sigma Me$  = jumlah momen dimuka HBK sesuai dengan desain kuat lentur nominal kolom.

$Mg$  = jumlah momen dimuka HBK sesuai dengan desain kuat lentur nominal balok.

$Mnt$  = Momen kolom nominal top (atas)

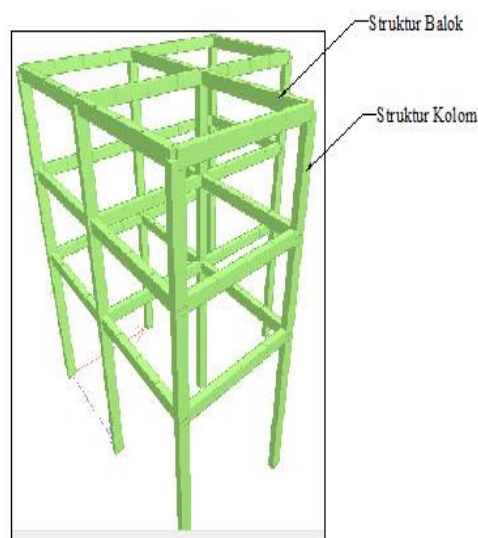
$Mnb$  = Momen nominal kolom bawah

$Mnki$  = Momen nominal balok kiri

$Mnka$  = Momen nominal balok kanan

## 2.2. Struktur Rangka Terbuka

Struktur Rangka Terbuka adalah Struktur Rangka dimana, yang menjadi elemen struktur adalah struktur balok dan struktur kolom. Jadi pada struktur rangka terbuka ini hanya Balok dan Kolom yang menahan beban lateral. Pada struktur rangka terbuka, terdapat rangka ruang lengkap yang memikul beban gravitasi. Berikut contoh gambar struktur rangka terbuka.



**Gambar 2.1 Struktur Rangka Terbuka**

### 2.2.1 Struktur Balok

Balok adalah komponen struktur yang bertugas meneruskan beban yang disangga sendiri maupun dari plat kepada kolom penyangga. Balok menahan gaya-gaya yang bekerja dalam arah transversal terhadap sumbunya yang mengakibatkan terjadinya lenturan.

Berdasarkan jenis keruntuhan, keruntuhan yang terjadi pada balok dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu :

1. Penampang *Balance*

Tulangan tarik mulai leleh tepat pada saat beton mencapai regangan batasnya dan akan hancur karena tekan. Pada saat awal terjadinya keruntuhan, regangan tekan yang diijinkan pada saat serat tepi yang tertekan adalah 0,003 sedangkan regangan baja sama dengan regangan lelehnya yaitu  $y = f_y / E_c$ .

2. Penampang *Over-Reinforced*

Keruntuhan ditandai dengan hancurnya beton yang tertekan. Pada awal keruntuhan, regangan baja  $s$  yang terjadi masih lebih kecil daripada regangan lelehnya  $\epsilon_y$ . Dengan demikian tegangan baja  $f_s$  juga lebih kecil daripada tegangan lelehnya  $f_y$ . Kondisi ini terjadi apabila tulangan yang digunakan lebih banyak daripada yang 8 diperlukan dalam keadaan *balanced*.



### 3. Penampang *Under-Reinforced*

Keruntuhan ditandai dengan terjadinya leleh pada tulangan baja. Kondisi penampang yang demikian dapat terjadi apabila tulangan tarik yang dipakai pada balok kurang dari yang diperlukan untuk kondisi *balanced*.

- Perhitungan penulangan balok, harus memenuhi SNI 2847-2013 pasal 21.3.4 pada SRPMM(Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah)
- Perhitungan penulangan balok SRPMK (sistem rangka pemikul momen khusus), harus memenuhi SNI 2847-2013 21.5

Perhitungan penulangan balok, harus memenuhi pasal 21.3. SPRMM dan 21.5 SRPMK

### **2.2.2.Struktur Kolom**

Kolom Menurut SNI-2847-2013 adalah Struktur yang harus mampu menahan beban aksial dari beban terfaktor dan momen maksimum dari beban terfaktor. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengan kolom. Umumnya, kegagalan atau keruntuhan komponen desak bersifat mendadak, tanpa diawali dengan tanda peringatan yang jelas. Oleh karena itu, merencanakan struktur kolom harus diperhitungkan secara cermat cadangan kekuatan yang lebih tinggi dari pada komponen struktur lainnya. Kolom tidak hanya menerima beban aksial vertikal, tetapi momen lentur, sehingga analisis kolom diperhitungkan untuk menyangga

beban aksial desak dengan eksentrisitas tertentu. Yang harus diperhatikan dalam kolom adalah :

- Pada konstruksi rangka atau struktur menerus, pengaruh dari adanya beban yang tak seimbang pada lantai atau atap terhadap kolom luar ataupun dalam harus diperhitungkan. Demikian pula pengaruh dari beban eksentris karena sebab lainnya juga harus diperhitungkan.
- Dalam menghitung momen akibat beban gravitasi yang bekerja pada kolom, ujung-ujung terjauh kolom dapat dianggap terjepit, selama ujung-ujung tersebut menyatu (monolit) dengan komponen struktur lainnya.
- Dalam menghitung momen akibat beban gravitasi yang bekerja pada kolom, ujung-ujung terjauh kolom dapat dianggap terjepit, selama ujung-ujung tersebut menyatu (monolit) dengan komponen struktur lainnya.

### 2.3 Struktur Tahan Gempa

Menurut Amriansyah Nasution dalam bukunya *Analisa dan desain Struktur Beton bertulang* Gempa yang menimbulkan pergerakan tanah merupakan dasar dari suatu system struktur akan bergerak dengan satu percepatan **a**. Apabila system struktur sangat kaku, besarnya gaya yang bekerja pada struktur sebesar **F= m\*a** dimana **m** adalah massa struktur. Besarnya beban gempapada suatu struktur tidak mengenal kepastian, dalam waktu, perioda kejadian maupun intensitasnya. Namun dapat dilakukan satu pendekatan dengan cara mempertimbangkan frekuensi rata – rata pada suatu daerah berdasarkan data yang ada. Dengan anggapan bahawa gempa tertentu dengan intensitas terjadi dalam 500 tahun atau periode tertentu,

akan memberikan dasar perencanaan system struktur tahan gempa walaupun data tidak tepat.

Struktur Tahan Gempa menurut SNI 2847:2013 memuat persyaratan untuk desain struktur beton bertulang dari suatu struktur dimana gaya desain, terkait dengan pergerakan gempa, telah di tentukan dengan disipasi energy dalam rentang respon non linier.

## **2.4 Desain Bangunan Tinggi Tahan Gempa**

Bangunan tinggi tahan gempa untuk bangunan yang tingginya tidak lebih daeri 40 m, analisa struktur dilakukan dengan metode beban gempa static ekuivalen, dengan memperhatikan kondisi tanah struktur bangunan tersebut. Sementara untuk bangunan dengan tinggi lebih dari 40 m, analisa beban statik ekuivalen perlu di verifikasi analisis dinamik.

### **2.4.1 Zona Seismik**

Tiap struktur pada daerah Seismik harus direncanakan menahan gaya – gaya seismik dengan kemungkinan terjadinya pada perioda waktu tertentu. Ada 2 permasalahan :

1. Intensitas Maksimum yang terjadi
2. Perioda Ulang

Intensitas Maksimum yang mungkin terjadi akan sangat bergantung pada jarak lokasi struktur dari pusat gempa (*epicenter*). Semakin dekat dengan lokasi bangunan ke *Epicentre*, maka besar intensitas yang mungkin dialami oleh suatu

struktur. Selesai itu Kondisi tanah pun berpengaruh terhadap intensitas gempa yang terjadi.

#### **2.4.2 Analisa Perhitungan Beban Gempa**

Perencanaan bangunan tahan gempa di Indonesia melalui 2 tahap :

##### 1. Analisa Statik

Analisa gaya – gaya dalam momen dan geser elemen struktur akibat gravitasi dan gaya seismic static ekuivalen, yang kemudian dikaji kekauannya dan lendutannya.

##### 2. Analisis tanggap dinamis

Di kaji terhadap gerakan gempa kuat yang mempunyai akselerasi maksimum pada intensitas maksimum yang diharapkan dari zona seismic. Analisis ini harus mendapatkan gaya-gaya dinamik yang sekurang kurangnya setara dengan analisis static ekuivalen rencana sama juga dengan simpangan struktur harus berada pada batas izin. Jika tidak maka analisis static harus di revisi. Kombinasi pembebanan yang di kaji :

- a.  $U = 1,2 DL + 1,6 LL$
- b.  $U = 0,75 (1,2 DL + 1,6 LL + 1,6 W)$
- c.  $U = 0,75 (1,2 DL + 1,6 LL + 1,6 E)$
- d.  $U = 0,75 (1,2 DL + 1,6 LL_R + 0,6 E_X + 0,4 E_Y)$
- e.  $U = 0,75 (1,2 DL + 1,6 LL_R + 0,4 E_X + 0,6 E_Y)$

## **2.5 Pembebanan Komponen Struktur**

Dalam perencanaan suatu struktur bangunan harus memenuhi peraturan-peraturan yang berlaku untuk mendapatkan suatu struktur bangunan yang aman secara konstruksi. Struktur bangunan yang direncanakan harus mampu menahan beban mati, beban hidup dan beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan tersebut. Menurut PBI 1983, pengertian dari beban-beban tersebut.

### **2.5.1 Beban Mati (DL)**

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian- penyelesaian (*finishing*), mesin-mesin, serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung.

Berat material bangunan tergantung dari bahan jenis bangunan yang dipakai. Beban mati tambahan adalah beban yang berasal dari finishing lanantai (keramik, plester), beban dinding dan beban tambahan lainnya.

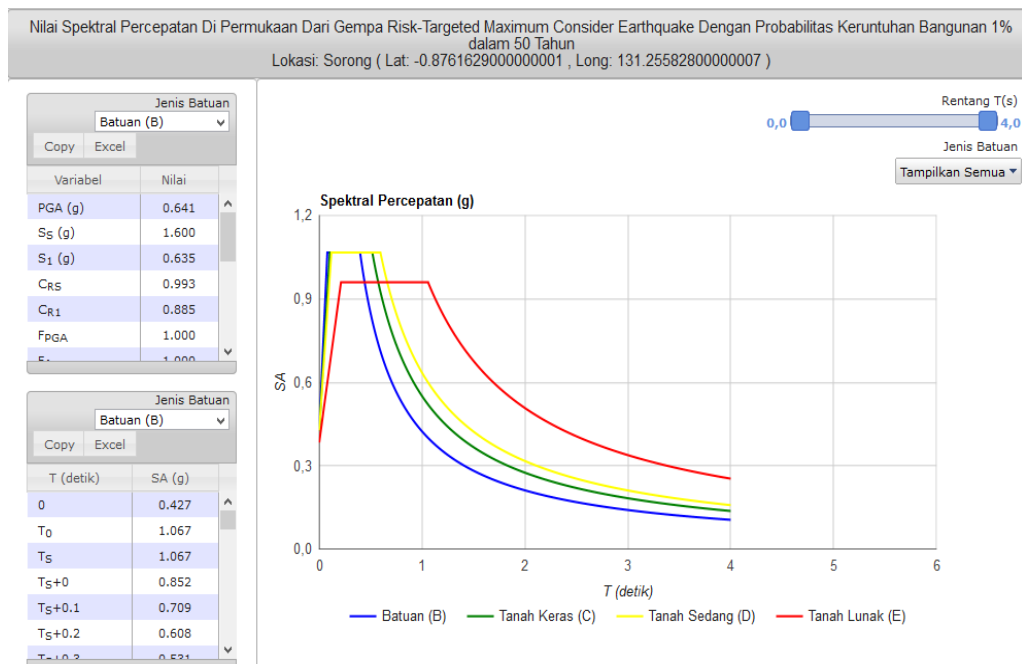
### **2.5.2 Beban Hidup (LL)**

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

### 2.5.3 Beban Gempa (E)

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja dalam gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu, maka yang diartikan dengan gempa disini ialah gaya gaya dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa.

Berikut Data dari grafik Respon Spektra berdasarkan daerah dimana proyek di laksanakan.



Gambar 2.2 Respon spectrum Gempa rencana

Sumber : [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/)

## 2.6 Kombinasi Pembebanan

Sesuai dengan ketentuan yang tertera dalam SNI 2847 – 2013, agar struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi dan gaya terfaktor.

## 2.7 Balok T

Pada konstruksi balok-T, bagian sayap dan badan balok harus dibuat menyatu (monolit) atau harus dilekatkan secara efektif sehingga menjadi satu kesatuan. Lebar pelat efektif sebagai bagian dari sayap balok-T tidak boleh melebihi seperempat bentang balok, dan lebar efektif sayap dari masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi:

- Delapan kali Tebal Plat, dan
- Setengah Jarak bersih antara balok-balok yang bersebelahan.

Untuk balok yang mempunyai pelat hanya pada satu sisi, lebar efektif sayap dari sisi badan tidak boleh lebih dari:

- Seperduabelas dari bentang balok
- Enam Kali tebal plat, dan
- Setengah jarak bersih antara balok – balok yang bersebelahan.

Balok-T tunggal, dimana bentuk T-nya diperlukan untuk menambah luas daerah tekan, harus mempunyai ketebalan sayap tidak kurang dari setengah lebar

badan balok, dan lebar efektif sayap tidak lebih dari empat kali lebar badan balok. Bila tulangan lentur utama pelat, yang merupakan bagian dari sayap balok-T (terkecuali untuk konstruksi pelat rusuk), dipasang sejajar dengan balok, maka harus disediakan penulangan di sisi atas pelat yang dipasang tegak lurus terhadap balok berdasarkan ketentuan berikut :

- Tulangan transversal tersebut harus direncanakan untuk memikul beban terfaktor selebar efektif pelat yang dianggap berperilaku sebagai kantilever. Untuk balok-T tunggal, seluruh lebar dari sayap yang membentang harus diperhitungkan. Untuk balok-T lainnya, hanya bagian pelat selebar efektifnya saja yang perlu diperhitungkan.
- Tulangan transversal harus dipasang dengan spasi tidak melebihi lima kali tebal pelat dan juga tidak melebihi 500 mm.

## **2.8 Perencanaan balok dengan tulangan Tekan dan Tarik (rangkap)**

Bila beban pada balok ditingkatkan dapat terjadi keruntuhan tiba-tiba karena hancurnya beton pada daerah tekan, resiko ini dapat diatasi dengan memasang tulangan tambahan baik pada daerah tekan, maupun pada daerah tarik (tulangan rangkap).

Bila  $\rho > \rho_{max}$  maka terdapat dua alternatif yaitu :

- a. Bila tidak memungkinkan, maka dipasang tulangan rangkap
- b. Sesuaikan ukuran penampang balok

Analisa penampang balok bertulang rangkap mengenai langkah-langkahnya analisa balok bertulang rangkap terdapat pada (Istimawan



Dipohusodo, Struktur Beton Bertulang hal.95).

### **2.8.1 Balok Tulangan Rangkap**

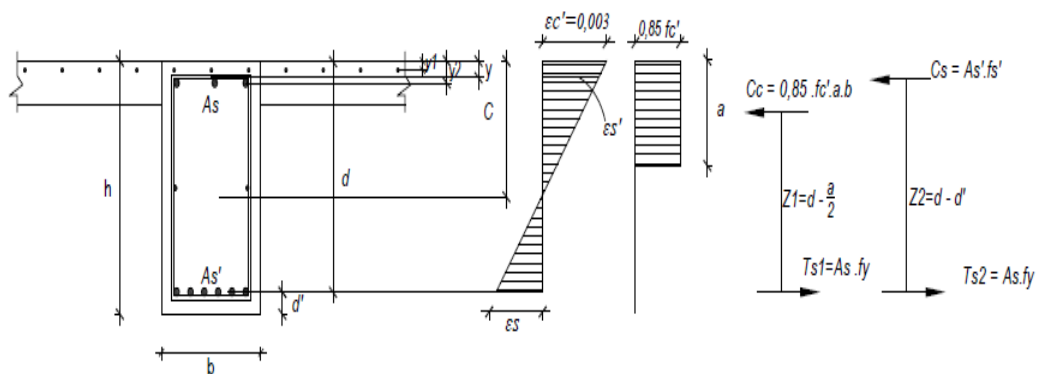
Balok bertulangan rangkap adalah balok beton bertulang yang menggunakan baja tulangan pada bagian penampang yang menerima gaya tarik maupun tekan. Ada beberapa alasan yang mendorong penggunaan tulangan rangkap. Alasan yang paling utama adalah aspek deformasi jangka panjang yang terjadi mengikuti fungsi waktu, seperti halnya rangkakan (*creep*) maupun susut (*shrinkage*). Keberadaan tulangan tekan dalam kasus ini difungsikan untuk “membebaskan” beton dari tekanan yang berlangsung secara terus menerus. Kemungkinan bekerjanya gaya luar yang mengakibatkan timbulnya momen bolak-balik, misalnya saat bekerjanya gaya gempa juga merupakan alasan penting diterapkannya tulangan rangkap pada struktur beton bertulang.

Alasan yang lain lebih berkaitan dengan aspek arsitektural, dimana dituntut batasan ketinggian tertentu dalam penentuan dimensi balok, hal ini membawa konsekuensi dibutuhkannya tulangan pada bagian tekan untuk menambah kapasitas momen. Alasan ini meskipun seringkali diterapkan dilapangan, sebenarnya dapat mengakibatkan beberapa konsekuensi yang tidak menguntungkan berkaitan dengan kinerja struktural.

Pertama, besarnya penambahan kapasitas penampang dengan penambahan tulangan rangkap tidak sebanding dengan harga yang harus dibayar sesuai dengan jumlah tulangan tekan yang harus dipasang. Kedua, aspek kelayakan yang berkaitan dengan lendutan sangat berpotensi munculnya lendutan yang cukup

besar, karena balok dengan ketinggian yang kecil cenderung mengalami lendutan yang besar. Ketiga, balok dengan ketinggian yang relatif lebih kecil cenderung akan membutuhkan tulangan geser yang lebih besar sehingga dimungkinkan adanya kesulitan dalam pemasangan tulangan geser.

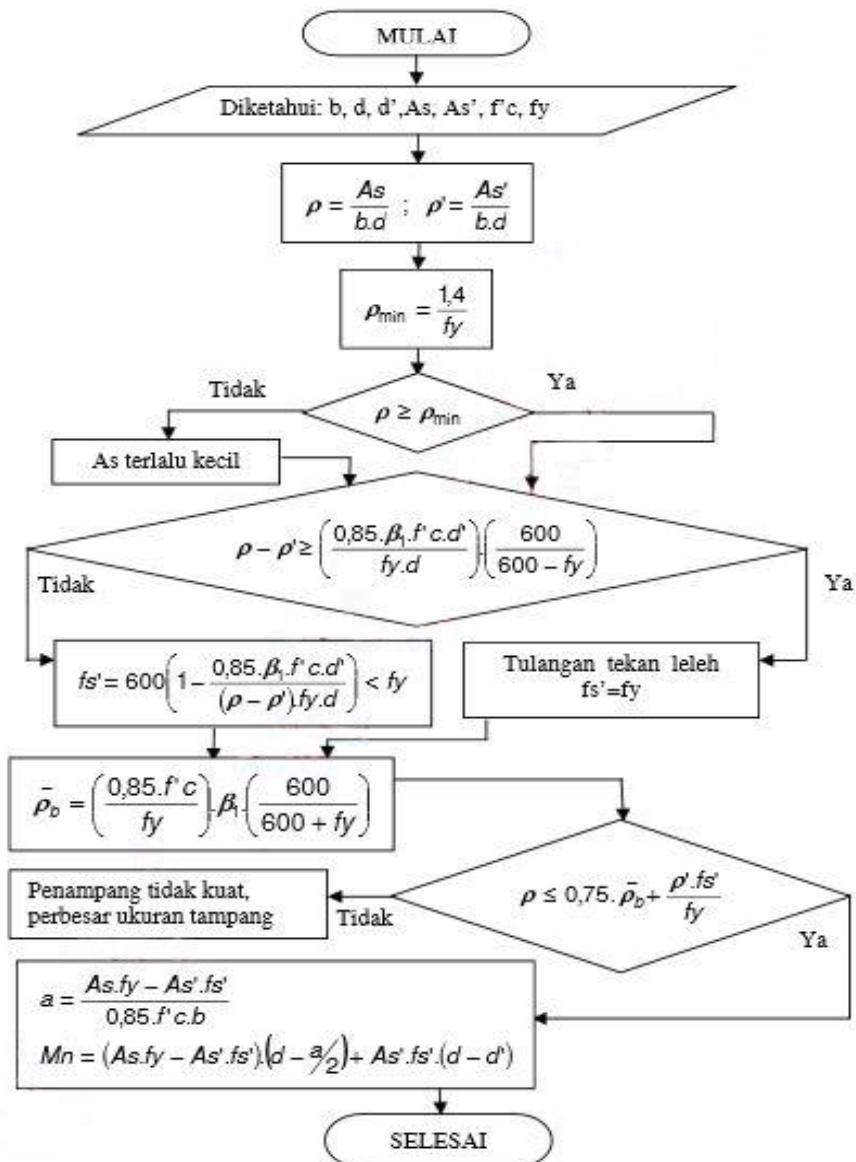
Dalam analisis dan perencanaan balok tulangan rangkap diperlukan prosedur hitungan yang berbeda dengan balok bertulangan tunggal. Pada balok bertulangan rangkap, kekuatan nominal penampang beton bertulang dianggap sebagai akumulasi dua momen kopel internal yang bekerja akibat adanya komponen gaya horisontal pada baja tulangan tarik (T), gaya tekan pada blok tegangan tekan ekuivalen beton (C), dan gaya tekan pada baja tulangan tekan (CS) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.3 Distribusi Tegangan dan Regangan Balok Persegi Bertulang Rangkap**

Sumber : [bahan teori/modul-struktur-beton-bab-4\\_0.pdf](#)

Sedangkan langkah-langkah yang harus dilakukan dalam perencanaan balok persegi baik dengan tulangan tunggal maupun tulangan rangkap disajikan pada Gambar (2.9).



Gambar 2.4 Bagan Alir Analisa Balok Persegi Bertulang Rangkap

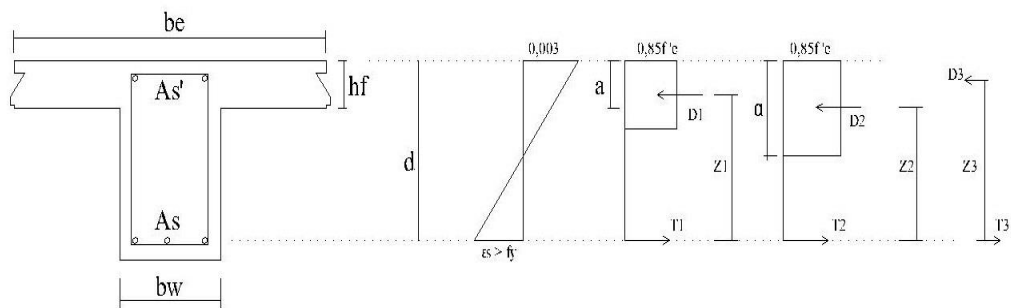
Sumber : [bahan teori/modul-struktur-beton-bab-4\\_0.pdf](#)

## 2.8.2 Balok T Tulangan Rangkap

Perencanaan balok T tulangan rangkap adalah proses menentukan dimensi tebal dan lebar flens. Lebar dan tinggi efektif balok, dan luas tulangan baja tarik.

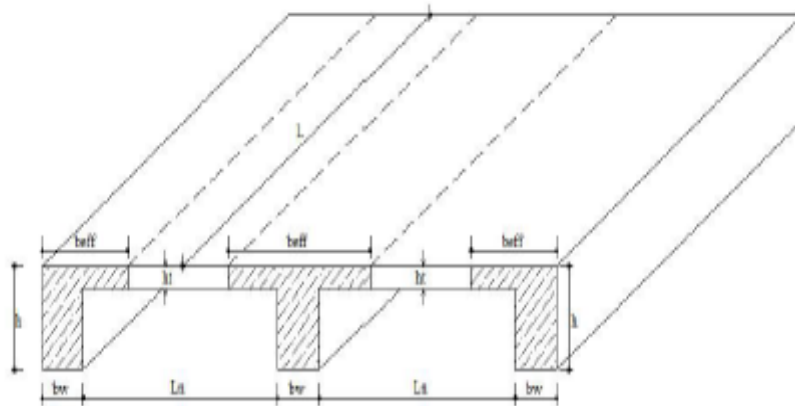
Balok T juga didefinisikan sebagai balok yang menyatu dengan plat, dimana plat tersebut mengalami tekanan.

1. Tentukan tulangan tarik dan tekan
2. Hitung nilai  $d' = \text{tebal selimut beton} + \text{diameter sengkang} + \frac{1}{2} \times \text{diameter tulangan tarik}$ . Setelah itu hitung  $d = h - d'$ .



**Gambar 2.5 Diagram Tegangan Balok T**

Lebar Plat efektif yang di perhitungkan bekerja sama dengan rangka momen lentur di tentukan sebagai berikut :



**Gambar 2.6 Lebar Plat efektif balok T**

### 2.8.3 Perhitungan Balok T dan Balok L

Menurut Pasal 8.12 SNI 2847 - 2013 batasan menentukan nilai (bf) lebar efektif balok T adalah :

Jika balok mempunyai plat dua sisi.

Lebar efektif di ambil nilai terkecil dari :

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

$$B_{eff} \leq b_w + 8 h_t \text{ (kiri)} + 8 h_t \text{ (kanan)}$$

$$B_{eff} \leq b_w + \frac{1}{2} L_n \text{ (kiri)} + \frac{1}{2} L_n \text{ (Kanan)}$$

Dimana :

$B_{eff}$  = lebar efektif balok (mm)

$L$  = bentang balok (mm)

$t$  kiri = tebal plat sisi kiri (mm)

t kanan = tebal plat sisi kanan (mm)

L kiri = jarak bersih ke badan sebelah kiri (mm)

L kanan = jarak bersih ke beban sebelah kanan (mm)

Menurut Pasal 8.12 SNI 2847 - 2013 batasan menentukan nilai (bf) lebar efektif

balok L adalah :

$$B_{eff} \leq l/12l$$

$$B_{eff} \leq b_w + 6 + t$$

$$B_{eff} \leq b_w + \frac{1}{2}L$$

Dimana :

$B_{eff}$  = lebar efektif balok (mm)

l = bentang balok (mm)

t = tebal plat sisi kiri (mm)

L = jarak bersih ke badan sebelah kiri (mm)

#### **2.8.4 Tulangan minimum pada komponen struktur lentur**

Untuk tulangan minimum agar menghindari terjadinya kahancuran getas pada balok, maka SNI 2847-2013 pada halaman 76 juga mengatur jumlah minimum tulangan yang harus terpasang pada balok, yaitu :

$$A_s \text{ min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{4.f_y} . b_w . d \quad \text{dan tidak lebih kecil dari } A_s \text{ min} =$$

$$\frac{1,4}{f_y} . b_w . d, \text{ as Max} = 0.025.b_w.d \text{ ( PASAL 21.5 )}$$

Untuk tulangan maksimum ada persyaratan bahwa balok atau komponen struktur lain yang menerima beban lentur murni harus bertulang lemah (under reinforced) SNI 2847-2013 memberikan batasan tulangan tarik maksimum sebesar 75% dari yang diperlukan pada keadaan regang seimbang.  $A_s maks = 0,75 \rho_b$ .

$$A_s maks = 0,75 \left( \frac{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

### 2.8.5 Perencanaan Balok terhadap geser (SNI 2847- 2013 pasal 21.6 )

Dari keempat kombinasi diatas maka diambil nilai Mu yang paling besar . Balok persegi memiliki tulangan rangkap apabila momen yang harus ditahan cukup besar dan  $A_s perlu > A_s maks$ .

Kuat geser pada struktur yang mengalami lentur SNI 2013 Pasal 11.1.1 & 21.5.4 adalah:

$$\phi V_u \geq V_n$$

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana :

$V_u$  = gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

$V_c$  = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton pada penampang yang ditinjau

$V_s$  = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan pada penampang yang ditinjau

$V_n$  = kuat geser nominal pada penampang yang ditinjau

Gaya geser terfaktor ( $V_u$ ) ditinjau pada penampang sejarak ( $d$ ) dari muka tumpuan dan untuk penampang yang jaraknya kurang dari  $d$  dapat direncanakan sama dengan pada penampang yang sejarak  $d$ .

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton oleh beton sesuai dengan SNI 2013

Pasal

11.2.1.1 :

untuk komponen struktur yang dikenai geser dan lentur

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} B_w d$$

untuk komponen yang dikenai gaya aksial saja

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{Nu}{14Ag} \right) \lambda \sqrt{f'_c} B_w d$$

Dimana :

$b_w$  = lebar badan balok

$d$  = jarak dari serat terkan terluar ke titik berat tulangan tarik longitudinal

Ada 2 keadaan :



Bila  $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$ , maka harus di pasang tulangan geser minimum dengan luas tulangan :

$$A_v = \frac{b_w \cdot S}{3 \cdot f_y}$$

Dan bila  $V_u > \phi V_c$ , maka harus dipasang tulangan geser, sedangkan besar gaya geser yang disumbangkan oleh tulangan adalah :

$$A_v = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

Dimana :

$A_v$  = Luas tulangan geser dalam daerah sejarak  $S$

$$A_v = n \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$N$  = Jumlah kaki pada sengkang

$S$  = Spasi Tulangan geser dalam arah parallel dengan tulangan longitudinal sedangkan untuk spasi sengkang adalah :

$$S \leq \frac{1}{2} d$$

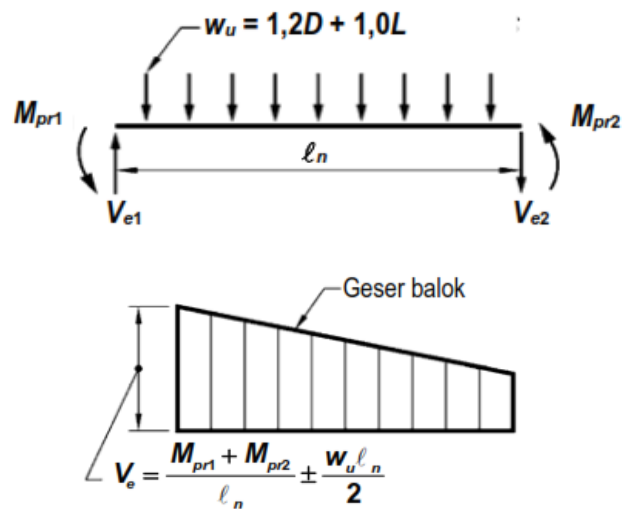
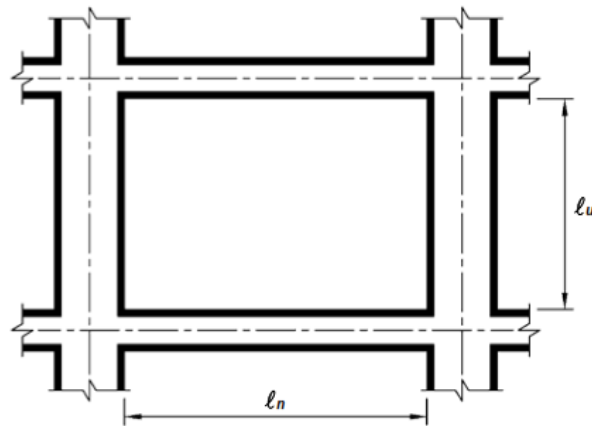
$$S \leq 600 \text{ mm}$$

Sedangkan bila  $V_s > \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{3}\right) b_w d$

$$S \leq \frac{1}{4} d$$

$$S \leq 300 \text{ mm}$$

Dalam hal ini  $V_s$  tidak boleh lebih besar dari  $(2/3)\sqrt{f_c'} b_w d$



**Gambar 2.7 Geser Desain Untuk Balok**

**2.9 Perancangan Kolom Portal terhadap lentur dan aksial (SNI 2847- 2013 pasal 21.6 )**

Kolom-kolom di dalam sebuah konstruksi meneruskan beban dari balok dan plat-plat ke bawah sampai kepondasi, dan kolom-kolom merupakan bagian konstruksi tekan, meskipun mereka mungkin harus pula menahan gaya-gaya lentur akibat kontinuitas konstruksi.

- Beban aksial terfaktor, normal terhadap penampang ( $P_u$ )  
Dari perhitungan statika gaya normal.
- Menurut SNI-2847-2013 pasal 11.5.3.7, luas tulangan longitudinal komponen struktur tekan non komposit tidak boleh kurang dari

$$A_l = A_t / S Ph \left( \frac{f_{yt}}{f_y} \right) \cot 2 \theta$$

- Rasio tulangan untuk komponen yang dibebani kombinasi lentur dan aksial tekan menurut SNI-2847-2013 :

$$\rho < 0,75 \rho_b$$

$\rho_b$  = rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang

$$\rho$$

Maka dapat dihitung luas tulangan

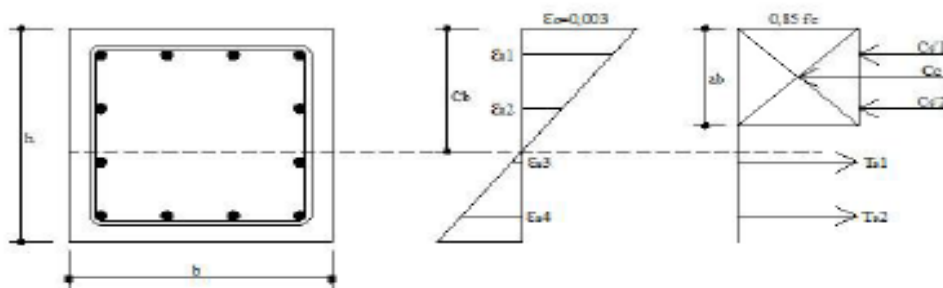
$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

Dimana :

$d$  = jarak dari serat sengkang terluar ke pusat tulangan tarik (mm)

$b$  = lebar kolom (mm)

$A_s$  = luas tulangan tarik (mm<sup>2</sup>)



**Gambar 2.8 Tegangan dan gaya – gaya pada Kolom**

Tinggi blok tegangan tekan keadaan berimbang

$$ab = \beta_1 \cdot cb$$

Dimana :

$\beta_1$  = faktor reduksi tinggi blok tegangan tekan ekivalen

$cb$  = keadaan keseimbangan regangan

Regangan tekan baja ( $\epsilon_s'$ )

$$\epsilon_s' = \frac{cb-d'}{cb} \epsilon_c'$$

Dimana :

$\epsilon_c'$  : regangan tekan beton = 0,003

- Jika  $\epsilon_s' > \epsilon_y$ , maka kondisi baja tekan “leleh” sehingga tegangan tekan baja  $f_s' = f_y$ .
- Jika  $\epsilon_s' < \epsilon_y$ , maka kondisi baja tekan “belum leleh” sehingga tegangan tekan baja  $f_s'' = \epsilon_s'' \cdot E_s$

Dimana :

$\epsilon_y$  = regangan luluh

$$= \frac{f_y}{E_s}$$

$E_s$  = Modulus elastisitas baja

Kuat beban aksial nominal

$$P_{nb} = 0,85 \cdot f_c' \cdot ab \cdot b + A_s' \cdot f_y - A_s \cdot f_y (d-y)$$

$$M_{nb} = P_{ne}$$

$$M_{nb} = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \left( y - \frac{ab}{2} \right) + A_s' \cdot f_s \cdot (y-d') + A_s \cdot f_y (d-y)$$

- Jika  $\phi P_{nb} > P_u$ , maka kolom akan mengalami hancur dengan diawali luluhnya tulangan tarik.
- Jika  $\phi P_{nb} < P_u$ , maka kolom akan mengalami hancur dengan diawali beton didaerah tekan.

Pemeriksaan kekuatan Penampang :

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\frac{e}{(d-d')} + 0,50} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{2k_e}{d^2} + 1,10}$$

Jika  $\phi P_{nb} > P_u$ , maka penampang kolom memenuhi persyaratan.

Pemeriksaan tegangan pada tulangan :

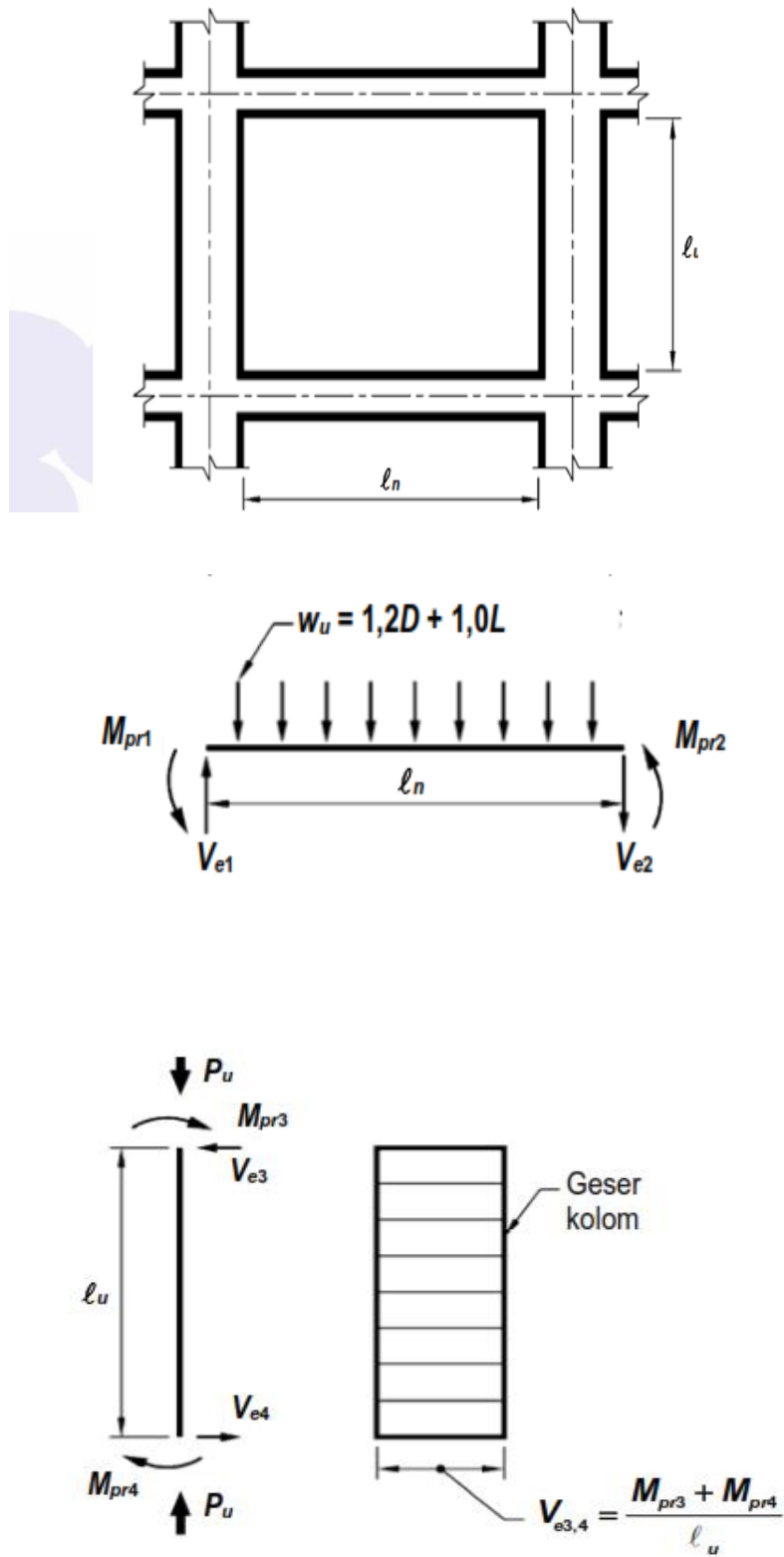
$$a = \frac{P_n}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta}$$

$$f_s' = 0,003 E_s \cdot \frac{(c-d')}{c}$$

- **Kekuatan lentur minimum kolom**

1. Pasal 21.6.2.1 Kolom harus memenuhi 21.6.2.2 atau 21.6.2.3
2. Pasal 21.6.2.2 Kekuatan lentur kolom harus memenuhi pers.(21-1).



Gambar 2.9 Geser Desain Untuk Kolom

$$\Sigma M_{nc \geq (1,2)} \geq \Sigma M_{nb} \quad (21-1)$$

$\Sigma M_{nc}$  = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi pada muka-muka joint. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan kekuatan lentur terendah.

$\Sigma M_{nb}$  = jumlah kekuatan lentur nominal balok yang merangka ke dalam joint, yang dievaluasi di muka-muka joint. Pada konstruksi balok T, bilamana slab dalam kondisi tarik akibat momen-momen di muka joint, tulangan slab dalam lebar slab efektif yang didefinisikan dalam 8.12 harus diasumsikan menyumbang kepada  $M_{nb}$  jika tulangan slab disalurkan pada penampang kritis untuk lentur.

Kekuatan lentur harus dijumlahkan sedemikian hingga momen-momen kolom yang berlawanan dengan momen-momen balok. Persamaan (21-1) harus dipenuhi untuk momen-momen balok yang bekerja pada kedua arah pada bidang vertikal rangka yang ditinjau.

3. Pasal 21.6.2.3 Jika 21.6.2.2 tidak dipenuhi pada suatu joint, kekuatan lateral dan kekakuan kolom yang merangka ke dalam joint tersebut harus diabaikan bilamana menentukan kekuatan dan kekakuan struktur yang dihitung. Kolom-kolom ini harus memenuhi 21.13

### 2.9.1 Kolom Eksentrisitas Kecil

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang berfungsi untuk menyangga beban aksial tekan vertikal dengan eksentrisitas tertentu yang mana bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

Jika nilai eksentrisitas  $e = \frac{M}{P} \leq e_{min}$ , maka kolom tersebut dikategorikan sebagai kolom dengan eksentrisitas kecil, yang mana harga  $e$  minimum adalah  $0.01 h$  jika menggunakan pengikat sengkang dan  $0.05 h$  jika menggunakan pengikat spiral.

Analisis kolom dengan beban aksial eksentrisitas kecil pada hakekatnya adalah pemeriksaan terhadap kekuatan maksimal bahan yang tersedia, yaitu :

$$\rho g = \frac{A_{st}}{A_g}$$

Yang mana harga tersebut harus berkisar  $0.01 \leq \rho g \leq 0.08$ , sehingga kuat beban aksial maksimum adalah sebagai berikut:

$$\phi P_n = 0.85 \phi \{ 0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \} \rightarrow \text{pengikat spiral}$$

$$\phi P_n = 0.80 \phi \{ 0.85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \} \rightarrow \text{pengikat sengkang}$$

### 2.9.2 Kolom Eksentrisitas Besar

Jika nilai eksentrisitas  $e = \frac{M}{P} \geq e_{min}$ , maka pada analisis selanjutnya, harus membandingkan nilai  $P_n$  dan  $M_n$ ,  $P_b$  dan  $M_b$ . Keadaan seimbang adalah pada saat regangan beton mencapai 0.003 dan bersamaan pula tegangan pada batang tulangan mencapai leleh.



Dengan definisi :

$P_b$  = Kuat beban aksial nominal pada keadaan seimbang

$c_b$  = jarak dari serat tepi tekan ke garis netral keadaan seimbang

Maka berdasarkan diagram diagram regangan tegangan keadaan seimbang dapat diperoleh:

$$c_b = \frac{600}{600 + f_y} d$$

$$a_b = \beta_1 \cdot c_b$$

$$P_b = D_1 + D_2 - T$$

$$M_{nb} = P_b e_b$$

Jika  $P_u < P_b$ , maka model keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tarik sehingga kapasitas penampang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d \left\{ \left( 1 - \frac{e'}{d} \right) + \sqrt{\left( 1 - \frac{e'}{d} \right)^2 + 2m\rho \left( 1 - \frac{d'}{d} \right)} \right\}$$

Jika  $P_u > P_b$ , maka model keruntuhan yang terjadi adalah keruntuhan tekan sehingga kapasitas penampang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_n = \phi \left[ \frac{A_s' \cdot f_y}{d - d'} + 0,5 + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{3h e} + 1,18 \right]$$

### 2.9.3 Penulangan Kolom

- Beban aksial terfaktor, normal terhadap penampang ( $P_u$ )

Dari perhitungan statika gaya normal

- Luas tulangan longitudinal komponen struktur tekan non komposit tidak boleh kurang dari 0,01 ataupun lebih dari 0,06 kali luas bruto penampang  $A_g$  (1%-6% $A_g$ ). Kuat beban aksial maksimum dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\phi P_n = 0,85 \phi \{0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}\} \rightarrow \text{pengikat spiral}$$

(Rachmat Purwono, Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa, hal.91)

- Rasio tulangan tarik yang diperlukan kolom

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

Dengan nilai  $d = h - d'$ , maka dapat dihitung luas tulangan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

Dimana :

$d$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)

$d'$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan (mm)

$h$  = tinggi kolom (mm)

$b$  = lebar kolom (mm)

$A_s$  = luas tulangan tarik ( $mm^2$ )

$$\rho = \frac{A_{s_{ada}}}{b \cdot d} > 0,01$$

- Perhitungan Penulangan Lentur Kolom

$d = h - \text{selimut beton} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok}$

$$d' = h - d$$

Perhitungan luas tulangan yang diperlukan (As Perlu)

$$A_g = b \cdot h$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot A_g$$

Perhitungan beban sentris

Beban sentris

$$P_o = 0,85 \cdot f'_c (A_g - A_s \text{ ada}) + f_y \cdot A_s \text{ ada}$$

$$P_n = 0,80 \cdot P_o$$

$$\Phi P_n = 0,65 \times P_n$$

Perhitungan gaya yang bekerja :

Kondisi seimbang

$$c b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y}$$

$$a b = c b \cdot \beta$$

Jarak antar tulangan (x)

$$x = \frac{\text{Jarak antar tulangan tepi}}{\text{jumlah interval tulangan}}$$

$$NDD = 0,85 \cdot f'c \cdot ab \cdot b$$

$$\epsilon_y = \frac{fy}{Es}$$

$$\epsilon_{S1} = \frac{cb - d'}{cb} x \epsilon_c'$$

$$ND_1 = \text{luas tulangan daerah atas baris pertama} \times \text{kuat leleh baja (fy)} \times 10^{-3}$$

$$\epsilon_{S2} = \frac{cb - (d' + x)}{cb} x \epsilon_c'$$

$$ND_2 = \text{luas tulangan pada baris ke dua dari atas} \times fs \times 10^{-3}$$

$$\epsilon_{S3} = \frac{(d' + 2x) - cb}{cb} x \epsilon_c'$$

$$NT_2 = \text{luas tulangan pada baris ke dua dari atas} \times fs \times 10^{-3}$$

$$\epsilon_{S4} = \frac{(d' + 3x) - cb}{cb} x \epsilon_c'$$

$$NT_1 = \text{luas tulangan pada baris ke dua dari atas} \times fs \times 10^{-3}$$

$$P_{nb} = ND_D + ND_1 + ND_2 - NT_2 - NT_1$$

$$M_{nb} = NDD(h/2 - ab/2) + \{(ND_1 + NT_1) \cdot (h/2 - d')\} + \{(ND_2 + NT_2)(h/2 - (d' + x))\}$$

Kondisi seimbang dengan  $1,25 f_y$

$$cb = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y}$$

$$ab = cb \cdot \beta$$

$$ND_D = 0,85 \cdot f'_c \cdot ab \cdot b$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{cb - d'}{cb} \times \epsilon_c'$$

$$ND_1 = \text{luas tulangan daerah atas baris pertama} \times f_s \times 10^{-3}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{cb - (d' + x)}{cb} \times \epsilon_c'$$

$$ND_2 = \text{luas tulangan daerah atas baris pertama} \times f_s \times 10^{-3}$$

$$\epsilon_{s4} = \frac{(d' + 3x) - cb}{cb} \times \epsilon_c'$$

$$NT_1 = \text{luas tulangan pada baris ke dua dari atas} \times f_s \times 10^{-3}$$

$$P_{nb} = ND_D + ND_1 + ND_2 - NT_2 - NT_1$$

$$M_{nb} = NDD(h/2 - ab/2) + \{(ND_1 + NT_1) \cdot (h/2 - d')\} + \{(ND_2 + NT_2)(h/2 - (d' + x))\}$$

Kondisi seimbang dengan 1,25  $f_y$

$$cb = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y}$$

$$ab = cb \cdot \beta$$

$$ND_D = 0,85 \cdot f'c \cdot ab \cdot b$$

$$\epsilon_y = \frac{fy}{Es}$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{cb - d'}{cb} \times \epsilon_c'$$

$$ND_1 = \text{luas tulangan daerah atas baris pertama} \times fs \times 10^{-3}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{cb - (d' + x)}{cb} \times \epsilon_c'$$

$$ND_2 = \text{luas tulangan daerah atas baris pertama} \times fs \times 10^{-3}$$

$$\epsilon_{s4} = \frac{(d' + 3x) - cb}{cb} \times \epsilon_c'$$

$$NT_1 = \text{luas tulangan pada baris ke dua dari atas} \times fs \times 10^{-3}$$

$$P_{nb} = ND_D + ND_1 + ND_2 - NT_2 - NT_1$$

$$\Phi P_{nb} = 0,7 \times P_{nb}$$

$$M_{nb} = NDD(h/2 - ab/2) + \{(ND_1 + NT_1) \cdot (h/2 - d')\} + \{(ND_2 + NT_2) \cdot (h/2 - (d' + x))\}$$

$$\Phi M_{nb} = 0,7 \times M_{nb}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}}$$

## 2.10 Perencanaan Struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen

### Khusus (SRPMK)

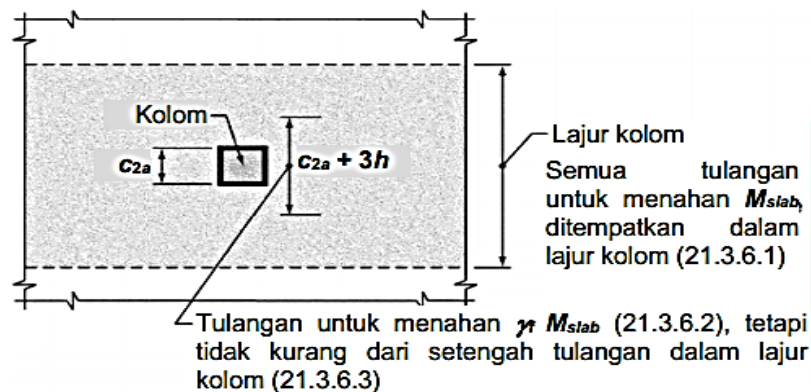
#### 2.10.1 Perencanaan Komponen Lentur pada Sistem Rangka Pemikul Momen

##### Khusus (SRPMK)

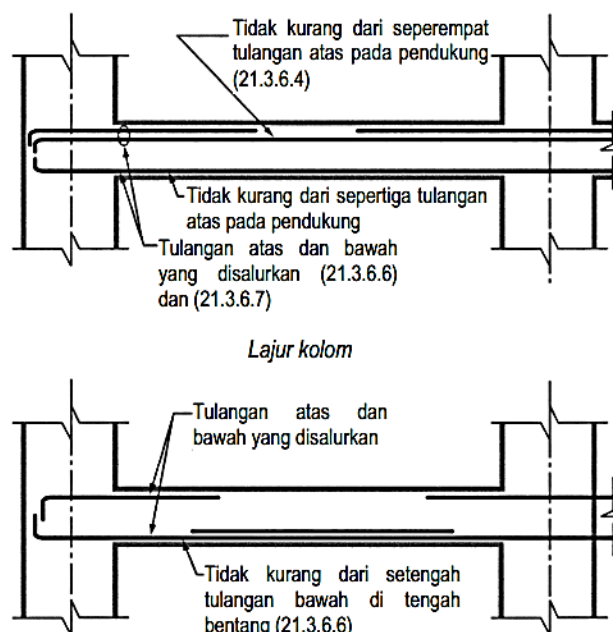
Komponen struktur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan diproporsikan terutama untuk menahan lentur.

Komponen struktur rangka ini juga harus memenuhi kondisi-kondisi dari

Ps.21.5.1.1. hingga Ps.21.5.1.4. (SNI 2847-2013)



Gambar 2.10 – Lokasi tulangan pada slab (Sumber : SNI 2847-2013 Ps.21.3.6.2)



Gambar 2.11 – penempatan tulangan pada slab (Sumber : SNI 2847-2013 Ps.21.3.6.3)

Selain penentuan kuat lentur, tiap komponen-komponen struktur yang menerima beban lentur dalam SRPMK sesuai dengan SNI 2847-2013 pasal 21.6.1.1 sampai dengan 21.6.1.2 harus memenuhi kondisi berikut :

1. Gaya tekan aksial terfaktor  $P_u \leq A_g \cdot f'_c/10$
2.  $B_w/h \geq 0,4$
3.  $B_w \geq 300 \text{ mm}$

Dimana :

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

$d$  = tinggi efektif penampang (mm)

$b_w$  = lebar badan (mm)

$h$  = tinggi total komponen struktur (mm)

Persyaratan penulangan untuk komponen lentur pada SRPMK menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.2.1 dan pasal 21.5.2.2 adalah sebagai berikut :

- a) Tulangan minimal baik atas maupun bawah harus sedikitnya :

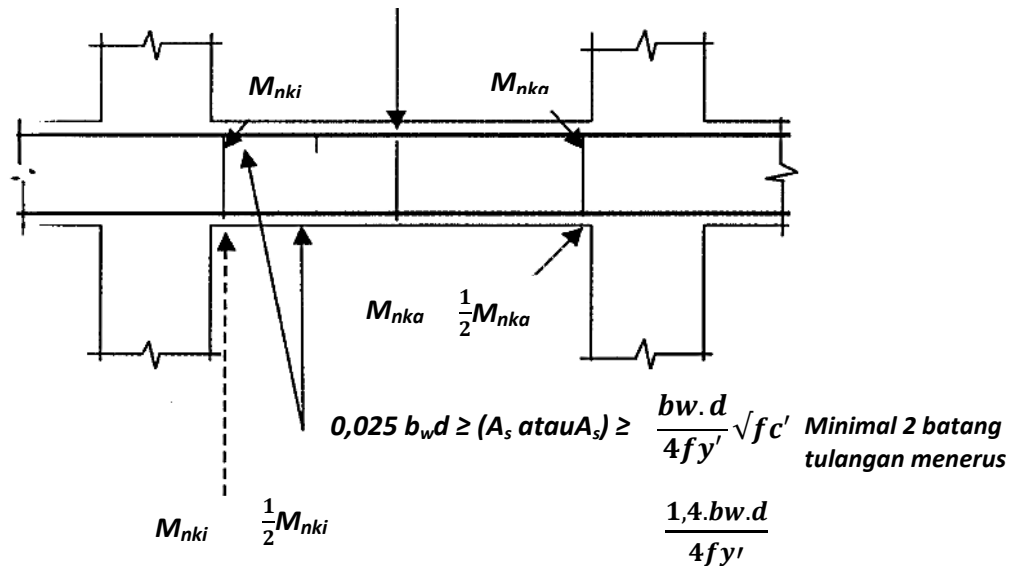
$$\frac{0,25 \sqrt{f'_c}}{f_y} \cdot b_w \cdot d \text{ dan } \frac{1,4 \cdot b_w \cdot d}{f_y}$$

- b) Rasio tulangan  $\rho \leq 0,025$
- c) Kekuatan momen positif pada muka joint  $\geq \frac{1}{2}$  kuat momen negatif yang yang disediakan pada muka joint tersebut.
- d) Paling sedikit dua batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi atas dan bawah



- e) Baik kekuatan momen negatif atau positif pada sembarang penampang sepanjang panjang komponen struktur tidak boleh kurang dari  $\frac{1}{4}$  kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu joint tersebut.

$M_n$  atau  $M_n$  pada semua penampang  $\geq \frac{1}{4} (M_{max} \text{ diujung})$



**Gambar 2.12 - Persyaratan Penulangan Komponen Lentur pada SRPMK**

### A. Tulangan Longitudinal

Pada sebarang penampang komponen struktur lentur, kecuali seperti diberikan pada Ps.10.5.3 (SNI 2847-2013), untuk tulangan atas maupun bawah, jumlah tulangan tidak kurang dari  $1,4 b_w d / f_y$  dan rasio tulangan,  $\rho$  tidak boleh melebihi 0,025. Paling sedikit 2 batang tulangan harus disediakan menerus pada kedua sisi dan bawah. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari setengah kekuatan momen negative atau positif pada sebarang penampang sepanjang komponen struktur pada boleh kurang dari seperempat kekuatan momen maksimum yang disediakan pada muka salah satu dari joint tersebut.

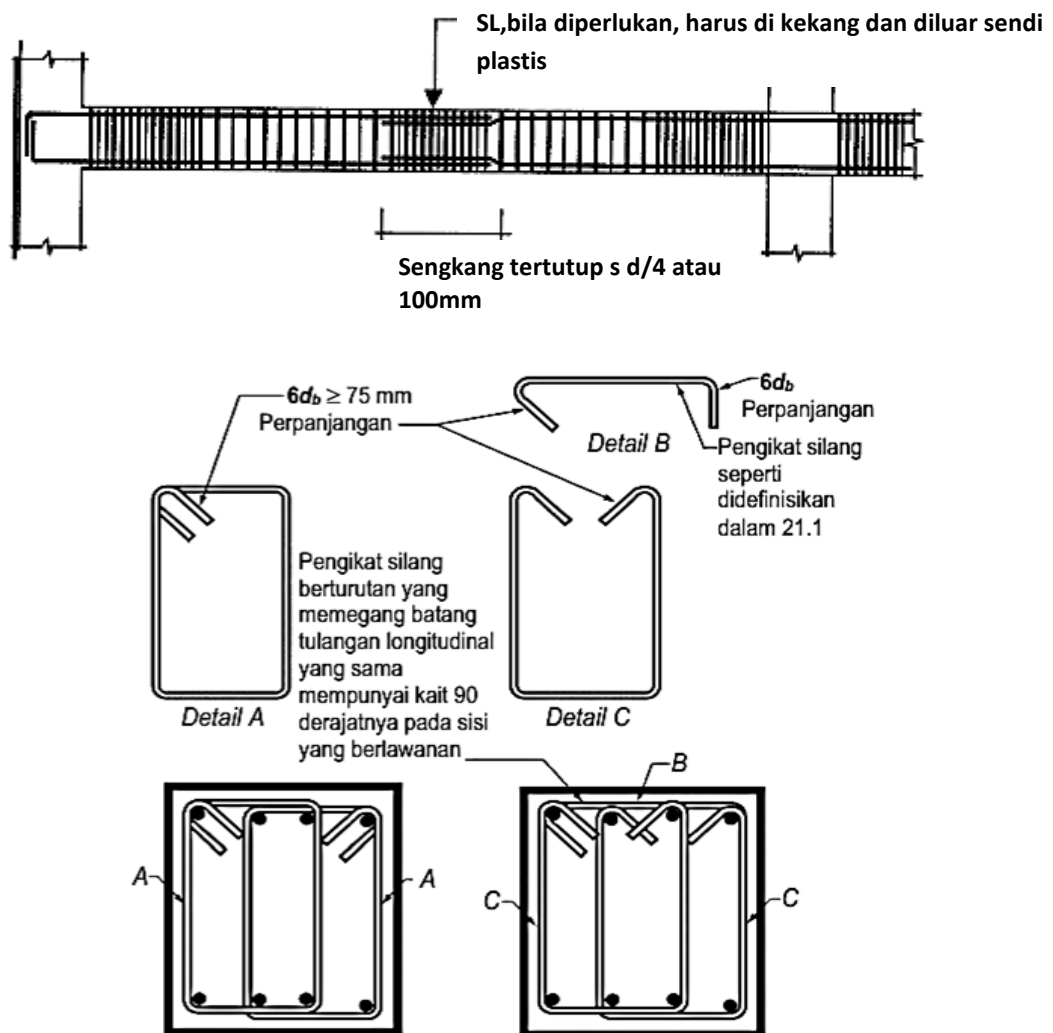
Sementara untuk sambungan lewatan (SL) harus diletakkan di luar daerah sendi plastis. Bila dipakai SL, maka sambungan itu harus di desain sebagai SL tarik dan harus dikekang sebaik-baiknya, menurut SNI 2847-2013 persyaratannya adalah :

- a) SL diizinkan hanya jika tulangan sengkang atau spiral disediakan sepanjang sambungan.
- b) Spasi tulangan transversal yang melingkupi batang tulangan yang disambung lewatan tidak boleh melebihi  $d/4$  dan 100 mm
- c) SL tidak boleh digunakan dalam joint, dalam jarak  $2d$  dari muka joint, dilokasi kemungkinan terjadi sendi plastis dan didaerah momen maksimum.

Pengekangan yang cukup disyaratkan harus ada di ujung-ujung komponen lentur yang kemungkinan besar akan terjadi sendi plastis untuk menjamin kemampuan daktilitasnya, bila terkena momen bolak balik. Persyaratan tulangan pengekanng disyaratkan di SNI 2847-2013 :

- a) Hoop diperlukan sepanjang  $2d$  dari muka kolom pada dua ujung komponen lentur, dengan meletakkan hoop pertama sejarak 50 mm dari muka kolom.
- b) Hoops juga diperlukan sepanjang  $2d$  di dua sisi potongan yang momen leleh mungkin timbul berkenaan dengan momen lateral displacement inelastic dari rangka.
- c) Hoop disyaratkan s harus tidak melebihi  $d/4$ , 6 x tulangan memanjang terkecil, dan 150 mm, spasi batang tulangan lentur tidak melebihi 350 mm.

- d) Dimana hoop tidak disyaratkan, begel dengan hoops gempa di dua ujung harus dipasang dengan  $s \leq d/2$  sepanjang komponen.
- e) Tulangan transversal harus pula dipasang untuk menahan gaya geser ( $V_c$ )



**Gambar 2.13 - Sambungan Lewatan dan Sengkang Tertutup pada SRPMK**

## B. Tulangan Transversal

1. Sengkang harus dipasang pada daerah komponen struktur rangkai berikut :Sepanjang suatu panjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur

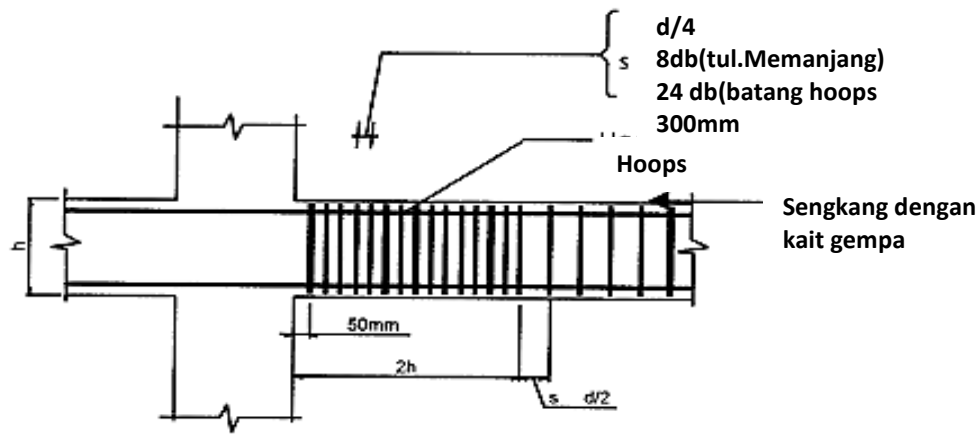
yang diukur dari muka komponen struktur penumpu ke arah tengah bentang, dikedua ujung komponen struktur lentur.

2. Sepanjang panjang-panjang yang sama dengan dua kali tinggi komponen struktur pada kedua sisi suatu penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi dalam hubungan dengan perpindahan lateral inelastic rangka.

Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan pada lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- a)  $d/4$
- b) enam kali diameter terkecil batang tulangan lentur utama tidak termasuk tulangan kulit longitudinal yang disyaratkan oleh Ps.10.6.7 (SNI 2847-2013)
- c) 150 mm

Sengkang pada komponen struktur lentur diizinkan terbentuk dari dua potong tulangan: sebuah sengkang yang mempunyai kait gempu pada kedua ujungnya dan ditutup oleh pengikat silang. Pengikat silang berurutan yang mengikat batang tulangan memanjang yang sama harus mempunyai kait 90 derajatnya pada sisi komponen struktur lentur yang berlawanan. Jika batang tulangan memanjang yang diamankan oleh pengikat silang dikekang oleh slab hanya pada satu sisi komponen struktur rangka lentur, kait pengikat silang 90 derajat harus ditempatkan pada sisi tersebut.



**Gambar 2.14 - Penulangan Transversal untuk Komponen Lentur pada SRPMK**

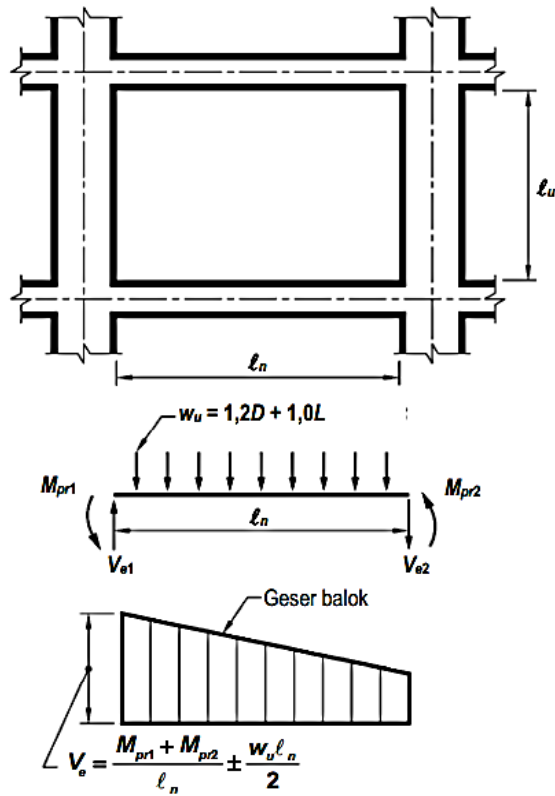
### 2.10.2 Persyaratan Kuat Geser pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Tulangan geser pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) harus didesain sedemikian rupa sehingga tidak terjadi kegagalan getas oleh geser mendahului kegagalan oleh lentur. Kebutuhan tulangan geser harus dibandingkan dengan kebutuhan tulangan pengekangan untuk dipakai yang lebih banyak agar memenuhi kebutuhan keduanya.

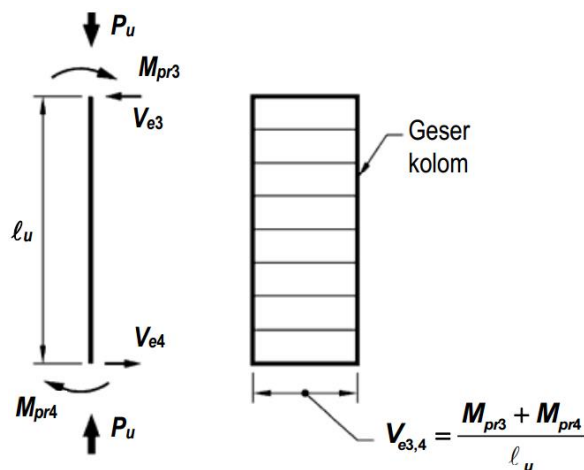
Pada komponen struktur yang menerima beban lentur harus didesain dengan gaya geser dengan memakai momen maksimum yang mungkin terjadi ( $M_{pr}$ ).  $M_{pr}$  merupakan momen kapasitas balok dengan tulangan sebesar  $f_s = 1,25 f_y$  dan  $\phi = 1$ , ditambah dengan beban gravitasi di balok.

Untuk komponen struktur yang kena beban aksial dan lentur pada SRPMK, gaya geser rencana  $V_e$  harus ditentukan dari gaya-gaya maksimum yang dapat terjadi di muka Hubungan Balok Kolom di tiap ujung komponen kolom oleh  $M_{pr}$  maksimum terkait dengan beban-beban aksial terfaktor yang bekerja pada komponen struktur yang bersangkutan  $V_e$  yang didapat tak perlu lebih besar dari

gaya melintang Hubungan Balok Kolom yang diperoleh dari Mpr komponen transversal dan tak boleh lebih kecil dari hasil analisa struktur.



Gambar 2.15 - Geser Desain untuk Balok.pada SRPMK



Gambar 2.16 - Geser Desain untuk Kolom pada SRPMK (sumber:SNI-2847-2013)

### 2.10.3 Perencanaan Komponen Terkena Beban Aksial pada Struktur

#### Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Berdasarkan prinsip *capacity Design* dimana kolom harus diberi cukup kekuatan, sehingga kolom-kolom tidak leleh lebih dahulu sebelum balok. Goyongan lateral memungkinkan terjadinya sendi plastis di ujung-ujung kolom akan menyebabkan kerusakan berat, karena itu harus dihindarkan. Oleh sebab itu kolom-kolom harus didesain 20% lebih kuat dari balok-balok di suatu Hubungan Balok Kolom (HBK)

Komponen rangka yang termasuk dalam klasifikasi komponen struktur yang terkena beban lentur dan aksial dalam SRPMK harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a) Beban aksial tekan terfaktor  $\leq A_g \cdot f'_c/10$
- b) Dimensi terkecil penampang  $\geq 300$  mm
- c) Ratio dimensi terkecil penampang terhadap dimensi tegak lurus nya  $\geq 0,4$ .

Kuat lentur komponennya dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

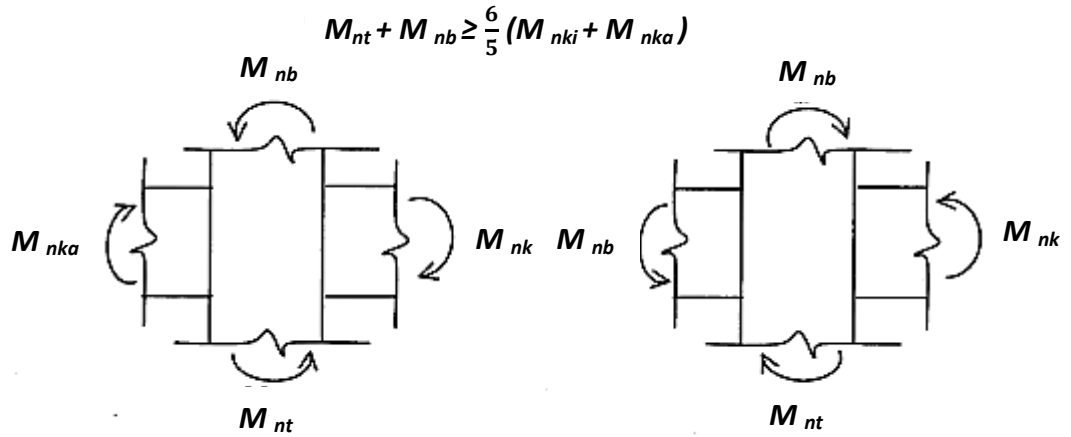
$$\sum M_{nc} \geq (1,2)\sum M_{nb}$$

Dimana :

$\sum M_{nc}$  = Jumlah momen di muka Hubungan Balok Kolom sesuai dengan desain kuat lentur

$\sum M_{nb}$  = jumlah momen di muka HBK sesuai dengan desain kuat lentur nominal balok-balok.

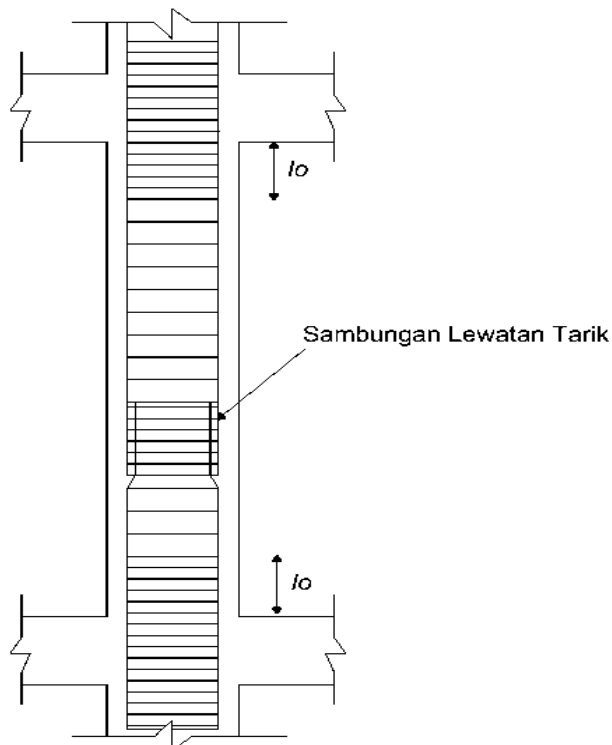
d) Ratio tulangan tidak boleh kurang dari 0,01 dan tidak boleh lebih dari 0,06



**Keterangan : ka,ki, t dan b adalah kanan, kiri, top dan bawah**

**Gambar 2.17 - “Strong Column Weak Beam” persyaratan Rangka pada SRPMK**

e) SL hanya diijinkan disekitar tengah panjang komponen, harus sebagai sambungan tarik, yang harus dikenai tulangan transversal sepanjang penyalurannya.



**Gambar 2.18 - Tipikal Detail Sambungan Lewatan Kolom pada SRPMK**



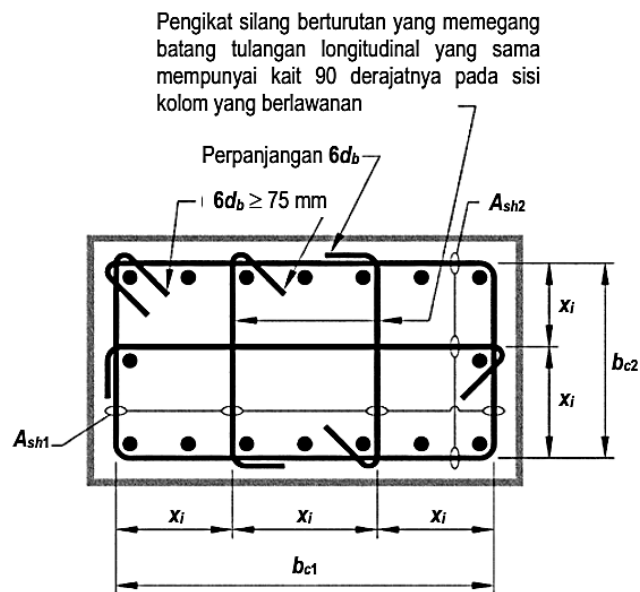
Persyaratan Tulangan Transversal (TT) di SNI 2847-2013 adalah sebagai berikut :

- a) Ratio volumerik tulangan spiral atau sengkang cincin tidak boleh kurang dari  $\rho_s = 0,12 f'c / f_{yh}$
- b) Total luas penampang tulangan hoops persegi panjang untuk pengekanan harus tidak boleh kurang dari nilai dua persamaan ini :

$$A_{sh} = 0,3 \frac{sbc.f'c}{f_{yt}} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{sbc.f'c}{f_{yt}}$$

- c) Tulangan transversal harus berupa sengkang tunggal atau tumpuk

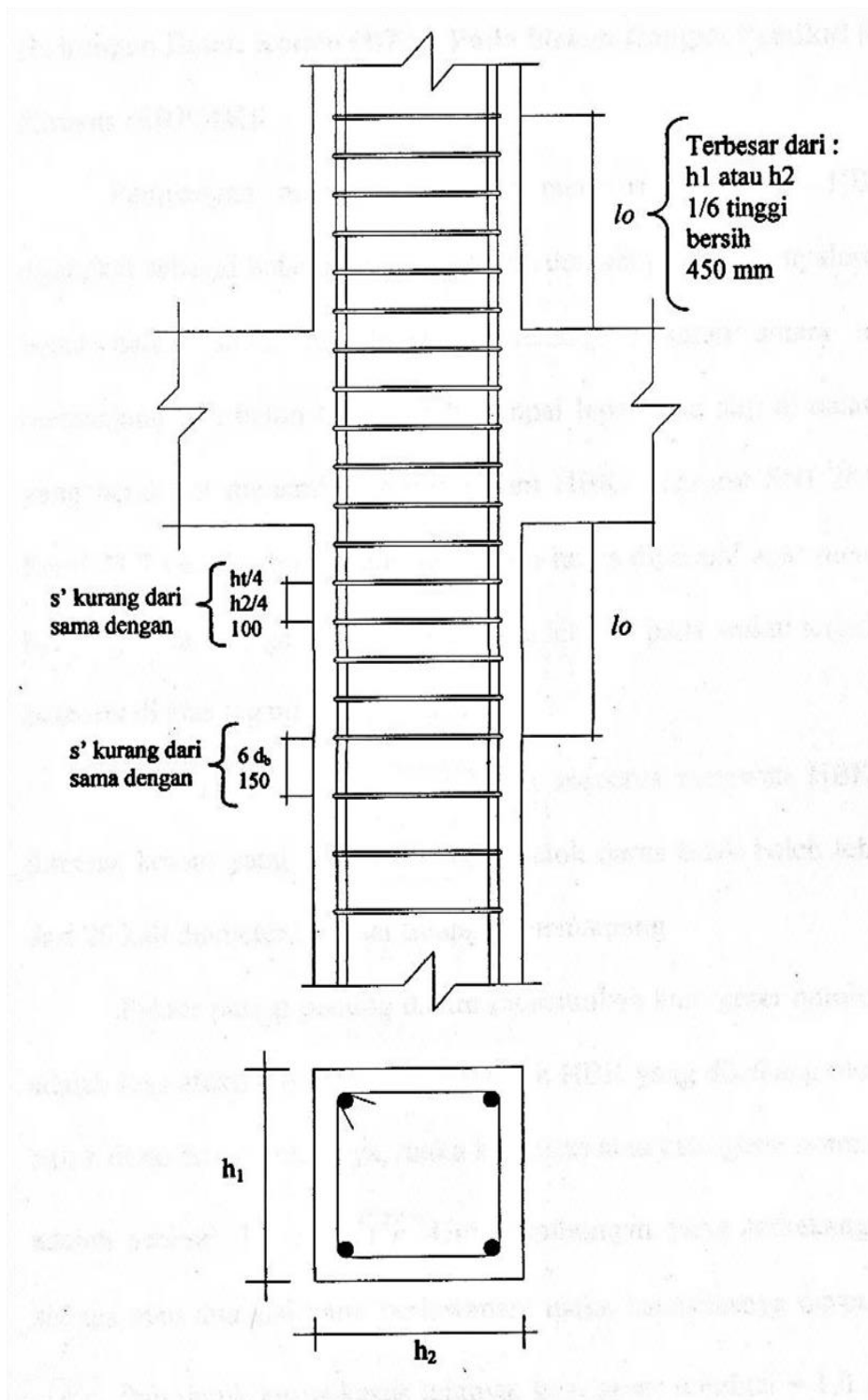


Dimensi  $x_i$  dari garis pusat ke garis pusat kaki-kaki pengikat tidak melebihi 350 mm. Rumus  $h_x$  yang digunakan dalam persamaan 21-2 diambil sebagai nilai terbesar dari  $x_i$ .

**Gambar 2.19 - Tulangan Transversal pada Kolom (sumber:SNI-2847-2013)**

- d) Perlu dipasang sepanjang  $l_o$  dari muka HBK dikena ujung kolom dimana lentur leleh memungkinkan dapat terjadi  $l_o$  harus tak boleh lebih kecil dari:

- Tinggi penampang komponen struktur pada HBK
  - 1/6 panjang bentang bersih
  - 450 mm
- e) Spasi tulangan transversal sepanjang panjang  $l_0$  tidak boleh melebihi  $\frac{1}{4}$  dimensi komponen struktur minimum, 6 x  $\emptyset$  tulangan longitudinal,  $100 \text{ mm} \leq s_o \leq 150 \text{ mm}$
- f) Spasi pengikat sengkang atau kaki-kaki sengkang persegi,  $h_x$  dalam penampang komponen struktur tidak boleh melebihi 350 mm pusat ke pusat.
- g) Tulangan vertikal tidak boleh berjarak bersih lebih dari 150 mm dari tulangan yang didukung secara lateral. Bila TT untuk pengekanan tidak lagi disyaratkan maka sisa panjang kolom harus terpasang tulangan hoops dengan jarak  $s$  tak melebihi 6 x diameter tulangan memanjang atau 150 mm.

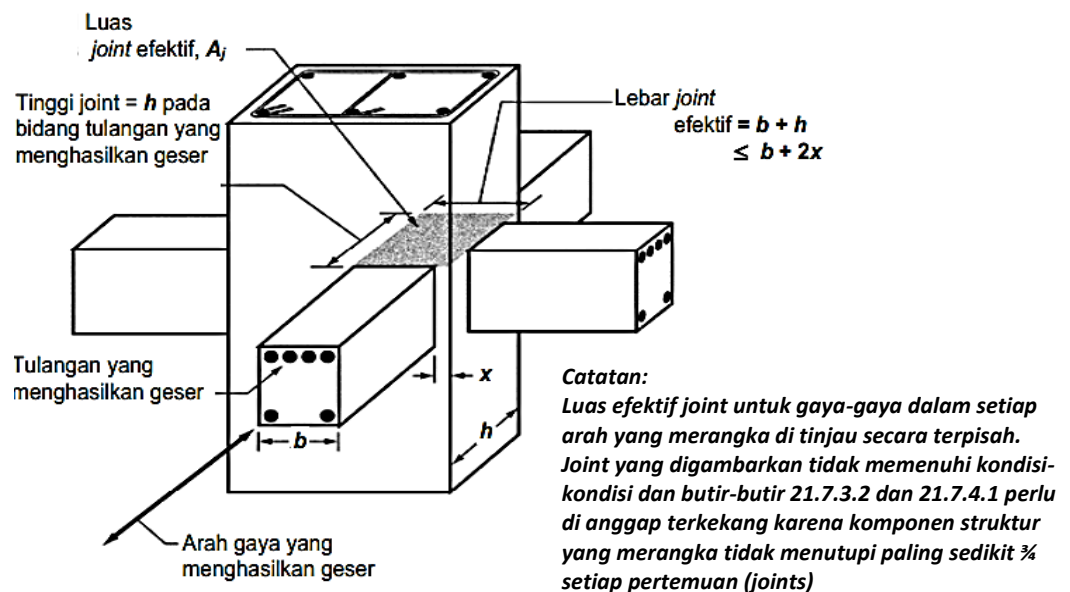


Gambar 2.20 Syarat Pengekangan Ujung-Ujung Kolom Penulangan Hoops (Sengkang Tertutup) Persegi

## 2.11 Hubungan Balok Kolom

### 2.11.1 Pengertian Hubungan Balok kolom

Hubungan balok kolom adalah titik pertemuan antara kolom dan balok pada struktur, dimana pertemuannya tersebut menghasilkan luasan efektif antara keduanya.



**Gambar 2.21 - Gaya-gaya yang bekerja pada Hubungan Balok Kolom**  
(Sumber: SNI-2847-2013)

Hubungan balok kolom memiliki beberapa ketentuan umum diantaranya ialah :

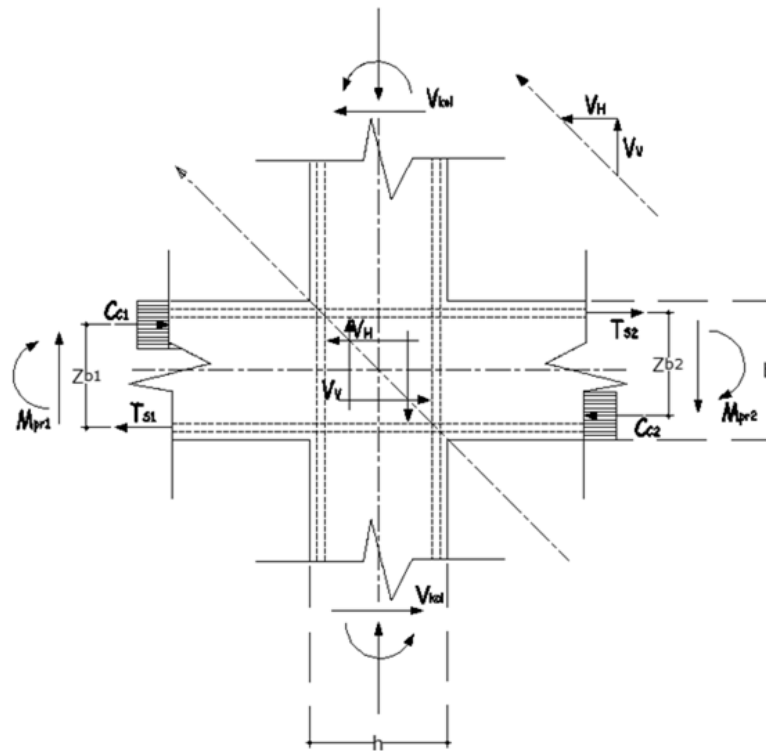
1. Gaya-gaya pada tulangan longitudinal balok di muka hubungan balok-kolom harus ditentukan dengan menganggap bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah **1,25  $f_y$** .
2. Kuat hubungan balok-kolom harus direncanakan menggunakan faktor reduksi kekuatan.
3. Tulangan longitudinal balok yang berhenti pada suatu kolom harus diteruskan hingga mencapai sisi jauh dari inti kolom terkekang.

Bila tulangan longitudinal balok diteruskan hingga melewati hubungan balok-kolom, dimensi kolom dalam arah paralel terhadap tulangan longitudinal balok tidak boleh kurang daripada 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar balok untuk beton berat normal. Bila digunakan beton ringan maka dimensi tersebut tidak boleh kurang daripada 26 kali diameter tulangan longitudinal terbesar balok.

Tulangan transversal sepanjang panjang yang diidentifikasi dalam 21.5.3.1 harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan  $V_c = 0$  bila keduanya (a) dan (b) terjadi :

- (a) Gaya geser yang ditimbulkan gempa yang dihitung sesuai dengan pasal 21.5.4.1 mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam panjang.
- (b) Gaya tekan aksial terfaktor  $P_u$  termasuk pengaruh gempa kurang dari  $A_g f_c' / 20$ .

Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri tidak boleh kurang dari 300 mm. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0.4.



Gambar 2.22 Hubungan Balok Kolom

Analisa hubungan balok dan kolom :

1. Menghitung luas tulangan

$$A_s = \text{jumlah tul} \cdot \frac{1}{4} \cdot 13,4 \cdot D^2$$

Dimana :  $A_s$  = luas tulangan tarik ( $\text{mm}^2$ )

$D$  = diameter tulangan tarik (mm)

$$T_1 = A_{s1} \cdot 1,25 \cdot f_y$$

$$T_2 = A_{s2} \cdot 1,25 \cdot f_y$$

2. Kuat geser nominal untuk HBK

$$M_u = \frac{M_{pr} \text{ balok kiri} + M_{pr} \text{ balok kanan}}{2}$$

Dimana :  $M_u$  = Momen terfaktor pada penampang (N.mm)

$M_{pr}$  = Kekuatan lentur mungkin komponen struktur (N.mm)

$$V_h = \frac{Mu \times 2}{hn / 2}$$

$$V_{jh} = T_1 + T_2 - V_h$$

Maka kuat geser untuk hubungan balok kolom berlaku:

$$V_{jh} < \phi \cdot 1,7 \cdot A_j$$

Dimana :  $V_h$  = kekuatan geser horizontal (N)

$V_{jh}$  = Kekuatan geser pada penampang efektif joint (N)

$A_j$  = luas penampang efektif penampang pada joint ( $\text{mm}^2$ )

## 2. Penulangan geser Horizontal

$$V_{ch} = \frac{2}{3} \sqrt{\left( \frac{Nu, k}{Ag} - 0,1 \times f'c \right)} \times b_j \times hc$$

Dimana :  $V_{ch}$  = Kekuatan geser horizontal pada penampang efektif joint (N)

$Nu$  = Gaya yang bekerja pada kolom (N)

$Ag$  = luas bruto penampang beton ( $\text{mm}^2$ )

$f'c$  = Kekuatan tekan beton yang disyaratkan (Mpa)

$b_j$  = tinggi balok (mm)

$hc$  = lebar kolom (mm)

## 3. Penulangan Geser Vertikal

$$V_{jv} = \frac{hc}{b_j} \times V_{jh}$$

## BAB III

### METEDOLOGI DAN DATA PERENCANAAN

#### 3.1 Data Bangunan

Data umum pembangunan Hotel Frans Kaisepo Sorong adalah sebagai berikut :

Nama gedung	: Hotel Frans Kaisepo Sorong
Lokasi bangunan	: Jln. Frans Kaisepo, KM 7,5 kota Sorong Papua Barat
Fungsi	: Hotel
Bentang Memanjang	: 36 meter
Bentang Melintang	: 16,60 meter
Tinggi bangunan	: 24,00 meter
Jumlah lantai	: 7 lantai
Struktur bangunan	: Beton Bertulang

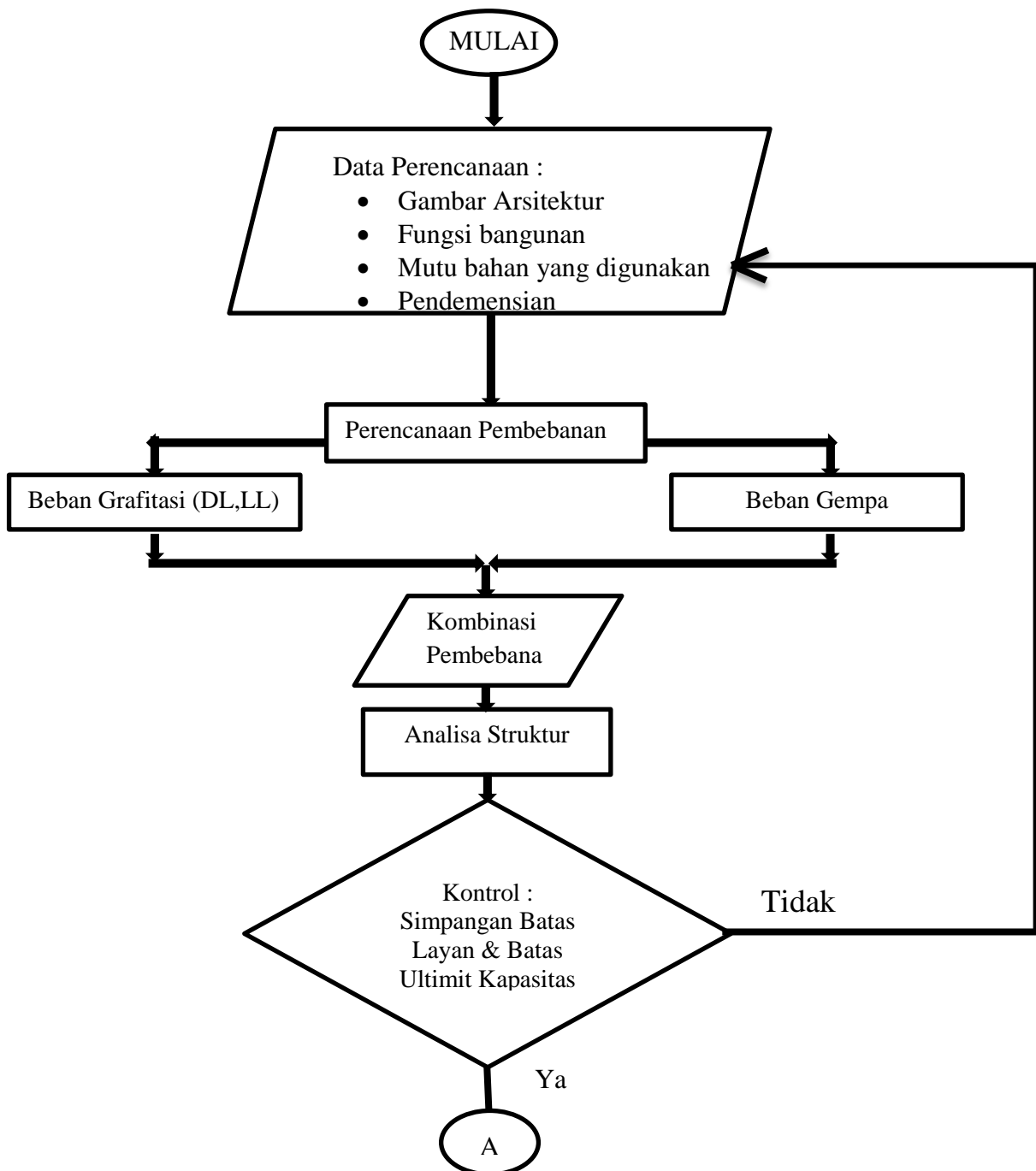
#### 3.2 Mutu Bahan Yang Digunakan

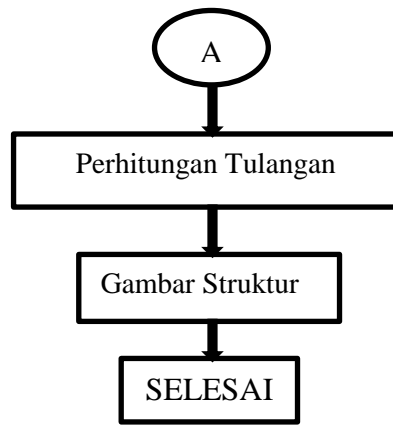
- Mutu beton ( $f_c$ ) : 40 Mpa
- Mutu baja ulir ( $f_y$ ) : 400 MPa
- Mutu baja polos ( $f_y$ ) : 240 Mpa
- Modulus elastisitas beton :  $E = 4700 \times \sqrt{f_c}$   
 $= 4700 \times \sqrt{40}$   
 $E = 29725.4100 \text{ Mpa}$



### 3.3 Diagram Alir Pengerjaan

Alur metodologi untuk perencanaan struktur gedung Hotel Frans Kaisepo Sorong sebagaimana disebutkan secara urut diatas, jika digambarkan dalam sebuah Diagram Metodologi adalah sebagai berikut :



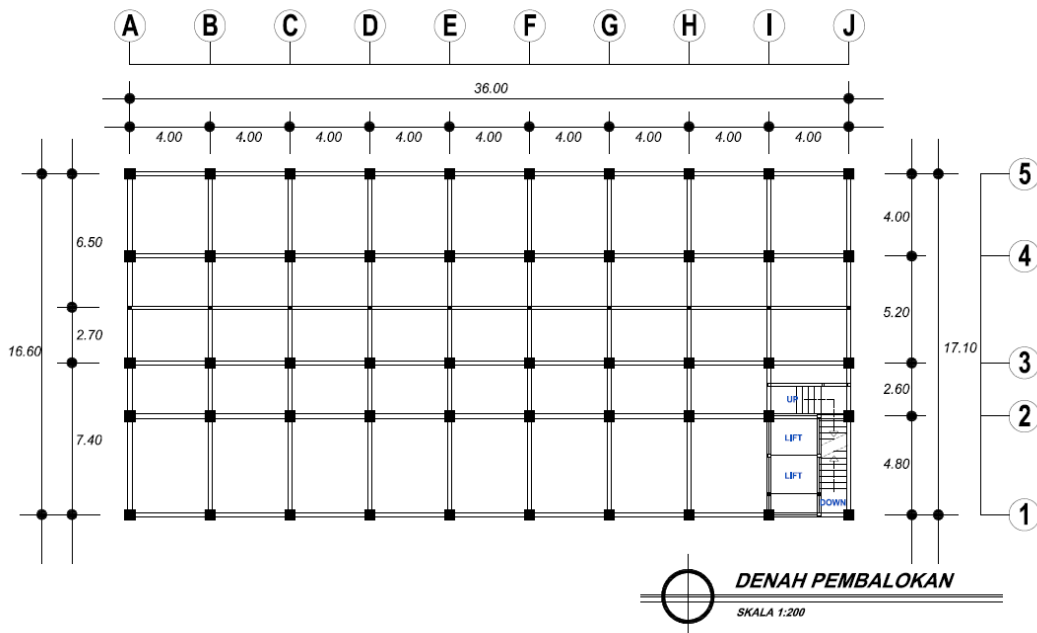


*Gambar 3.1 Diagram Alir*

### 3.4 Perencanaan Dimensi Plat, Balok dan Kolom

#### 3.4.1 Perencanaan Dimensi Plat

Untuk perencanaan struktur Hotel Frans Kaisepo Sorong ini dimensi plat lantai menggunakan 12 cm / 120 mm.



*Gambar 3.2. Denah Pembalokan*

### 3.4.2 Perencanaan Dimensi Balok

Berikut perhitungan rencana dimensi balok sesuai dengan ketentuan diatas:

- Untuk balok bentang 5,2 m

$$h = \frac{1}{10}L - \frac{1}{15}L = \frac{1}{10}520 - \frac{1}{15}520$$

$$= 52 \text{ cm} - 34.6666 \text{ cm} \dots \text{ Dipakai dimensi 40 cm}$$

$$b = \frac{1}{2}h - \frac{2}{3}h = \frac{1}{2}40 - \frac{2}{3}40$$

$$= 20 \text{ cm} - 26.6666 \text{ cm} \dots \text{ Dipakai dimensi 20 cm}$$

Jadi, untuk bentang 8 m dipakai dimensi balok 20/40 cm

- Balok bentang 4,8 m

$$h = \frac{1}{10}L - \frac{1}{15}L = \frac{1}{10}480 - \frac{1}{15}480$$

$$= 48 \text{ cm} - 32 \text{ cm} \dots \text{ Dipakai dimensi 40 cm}$$

$$b = \frac{1}{2}h - \frac{2}{3}h = \frac{1}{2}40 - \frac{2}{3}40$$

$$= 20 \text{ cm} - 26.6666 \text{ cm} \dots \text{ Dipakai dimensi 20 cm}$$

Jadi, untuk bentang 4,8 m dipakai dimensi balok 20/40 cm

- Untuk balok bentang 4 m daerah lift

$$h = \frac{1}{10}L - \frac{1}{15}L = \frac{1}{10}400 - \frac{1}{15}400$$

= 40 cm – 26.6666 cm ..... Dipakai dimensi 40 cm

$$b = \frac{1}{2}h - \frac{2}{3}h = \frac{1}{2}40 - \frac{2}{3}40$$

= 20 cm – 26.6666 cm ..... Dipakai dimensi 40 cm

Jadi, untuk bentang 4 m dipakai dimensi balok 20/40 cm.

### 3.4.3 Perencanaan Dimensi Kolom.

Direncanakan kolom berukuran :

- 50/50 cm

### 3.5 Perhitungan Pembebanan

Jenis beban yang bekerja pada gedung meliputi :

**a. Beban mati sendiri elemen struktur (*self weight*)**

Meliputi : Berat balok, kolom, bresing, dan plat.

**b. Beban mati elemen tambahan (*superimposed dead load*)**

Meliputi : Dinding, keramik, plesteran, plumbing, mechanical elektrik, dll.

**c. Beban Hidup (*live load*)**

Berupa beban luasan yang ditinjau berdasarkan fungsi bangunan.

**d. Beban gempa (*earthquake load*)**

Ditinjau terhadap beban gempa static.

### 3.5.1 Beban Mati ( *Dead Load* )

#### a. Beban Sendiri

- Berat sendiri dihitung menggunakan perintah selfweight pada program bantu ETABS.

#### b. Beban tembok

- Tembok setinggi 3.2 m dengan tebal setengah batu

Berat tembok = tinggi tembok x berat jenis (sesuai PPIUG 1987)

$$= 3.2 \text{ m} \times 2.5 \text{ KN/m}^2$$

$$= 8 \text{ KN/m}$$

- Tembok setinggi 4 m dengan tebal setengah batu

Berat tembok = tinggi tembok x berat jenis (sesuai PPIUG 1987)

$$= 4 \text{ m} \times 2.5 \text{ KN/m}^2$$

$$= 10 \text{ KN/m}$$

#### c. Beban urugan pasir bawah keramik (t = 5 cm)

Beban urugan pasir = Tebal urukan pasir x berat jenis

$$= 0.05 \text{ m}^2 \times 16 \text{ KN/m}^3$$

$$= 0.8 \text{ KN/m}$$

#### d. Beban keramik + adukan (t = 3 cm)

Beban keramik = (Tebal spesi x Berat Spesi) + (Tebal Keramik x Berat Jenis)

$$= (3 \text{ cm} \times 0.21) + (1 \text{ cm} \times 0.24)$$

$$= 0.87 \text{ KN/ m}^2$$

e. Beban plafon semen gypsum dan rangka plafon

$$\begin{aligned}\text{Beban plafon (eternit)} &= \text{Berat plafon (Gypsum)} + \text{berat hallow 2x4} \\ &= 0.055 \text{ KN/m}^2 + 0.113 \text{ KN/m}^2 \\ &= 0.17 \text{ KN/ m}^2\end{aligned}$$

f. Berat Mekanikal Elektrikal

$$\text{Berat ME} = 0.35 \text{ KN/ m}^2$$

### 3.5.2 Beban Hidup ( *Live Load* )

Sesuai dengan SNI 1727 – 2013 maka beban hidup diatur sebagai berikut :

- Beban hidup Gedung = 2,40 kN/m<sup>2</sup>
- Beban hidup tangga dan bordes = 4,79 kN/m<sup>2</sup>
- Beban guna/Beban Hidup atap = 0,96 kN/m<sup>2</sup>
- Berat Jenis Air Hujan = 10 kN/m<sup>3</sup>

### 3.6 Beban Gempa ( *Earthquake Load* )

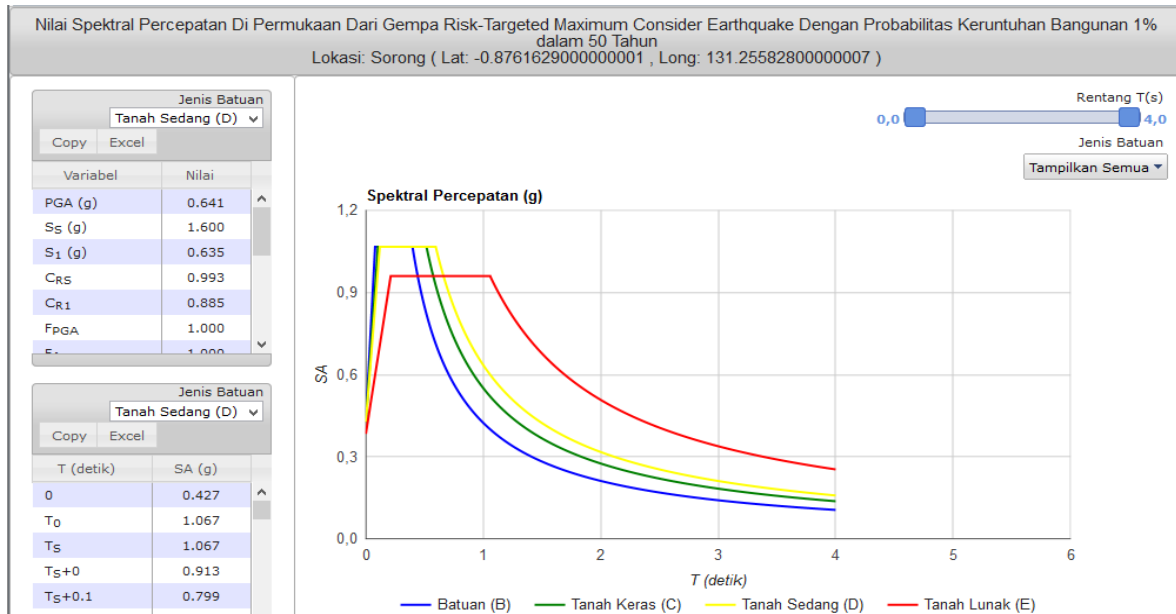
Analisis struktur terhadap beban gempa mengacu pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung (SNI 03- 1726- 2012). Pada Skripsi kali ini Analisis struktur terhadap beban gempa pada gedung dilakukan dengan metode analisa gempa respon dinamis.

### 3.6.1 Perhitungan Beban Gempa

1. Menentukan nilai  $S_s$  (Respon Spektra percepatan 0.2 detik) dan  $S_1$  (Respon Spektra percepatan 0.1 detik)

- Lokasi Gedung : Sorong Papua Barat

Data di dapat dari : [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id)



**Gambar 3.3 Nilai Spektrum Percepatan Gempa di Kota Sorong Papua Barat**

Maka didapat  $S_s = 1,600 \text{ g}$

$S_1 = 0,635 \text{ g}$

2. Menentukan Kategori Resiko Bangunan dan Faktor,  $I_e$

Fungsi bangunan : Kantor, maka termasuk kategori resiko II (tabel 2.4) dan

factor keutamaan gempa ialah ( $I_e$ ) = 1 (tabel 2.5)

3. Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS)

**Tabel 3.1 Perhitungan  $\bar{N}$  (nilai rata – rata hasil *test* penetrasi standar lapisan tanah)**

Keterangan	Kedalaman (m)	Tebal (m) Ti	N-SPT	Ni	Ti/Ni
Lapisan 1	3	3	12	12	0,2500
Lapisan 2	6	3	22	22	0,1364
Lapisan 3	9	3	17 20	18,5	0,1622
Lapisan 4	12	3	28	28	0,1071
Lapisan 5	16	4	55 60 41	52	0,0769
Lapisan 6	20	4	60 60	60	0,0667
Lapisan 7	23	3	47	47	0,0638
Lapisan 8	26	3	50 50	50	0,0600
Lapisan 9	30	4	54	54	0,0741
<b>Jumlah</b>		<b>30</b>			<b>0,9972</b>

*Sumber : Data Hasil Boring Kota Sorong Papua Barat Tahun 2014*

Nilai N rata-rata ditentukan dengan rumus:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^m ti}{\sum_{i=1}^m ti / Ni}$$

Keterangan:  $\bar{N}$  = Nilai rata – rata Ni (Pukulan/feet)

ti = Kedalaman Lapisan Tanah (meter)

Ni = Nilai Rata- rata Nspt (Pukulan/feet)

$\bar{N} \geq 50 = \text{Tanah Keras}$

$15 \leq \bar{N} < 50 = \text{Tanah Sedang}$

$\bar{N} < 15 = \text{Tanah Lunak}$

$$\bar{N} = \frac{\sum ti}{\sum \frac{ti}{Ni}} = \frac{30}{0,9972} = 30,0854 \text{ Pukulan/feet}$$



## Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

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

Jenis pemanfaatan : Gedung Hotel

Kategori Resiko : II

**Tabel 3.2 Faktor Keutamaan**

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

Maka  $I_e = 1.000$

4. Menentukan Kategori Situs ( SA-SF )

Kelas situs dapat ditentukan menggunakan tabel berikut ini :

**Tabel 3.3 Klasifikasi Situs**

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
<b>SD (tanah sedang)</b>	175 sampai 350	<b>15 sampai 50</b>	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ , 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

Sumber : Pasal 5.3 SNI 1726 :2012

5. Menentukan Koefisien Situs Fa dan Fv

Untuk tanah didaerah Sorong = Tanah Sedang (SD)

**Tabel 3.4 Klasifikasi Situs (Fa)**

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s$ 0,25	$S_s$ 0,5	$S_s$ 0,75	$S_s$ 1,0	$S_s$ 1,25
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	<b>0,9</b>
SF	SS <sup>b</sup>				

**CATATAN:**

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

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

Untuk mendapatkan nilai  $F_a$  dengan mengetahui nilai  $S_s = 1.600$  berdasarkan tabel diatas maka didapat :

- Untuk  $S_s = 1,600$                        $F_a = 1,0$

**Tabel 3.5 Klasifikasi Situs (  $F_v$  )**

Untuk tanah di daerah sorong = Tanah Sedang

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

**CATATAN :**

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

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

Untuk mendapatkan nilai  $F_a$  dengan mengetahui nilai  $S_1 = 0,635$  berdasarkan tabel diatas maka didapat :

**Untuk  $S_s = 0,635$                        $F_v = 1,50$**

5. Menentukan Nilai  $S_{DS}$  ( Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek) dan  $S_{DI}$  ( Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik )

$$S_{DS} = 2/3 F_a \cdot S_s$$

$$= 2/3 \cdot 1.000 \cdot 1,600$$

$$= 1,072 \text{ g}$$

$$S_{DI} = 2/3 F_v \cdot S_1$$

$$= 2/3 \cdot 1,500 \cdot 0,635$$

$$= 0,635 \text{ g}$$

**Tabel 3.6 Kategori Desain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek**

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

*Sumber : Pasal 6.5 SNI 1726 :2012*

Untuk nilai  $S_{DS} = 1,072 \text{ g} > 0,500 \text{ g}$ , maka termasuk kategori desain seismik **D** dan termasuk kategori SRPMK ( *Pasal 7.2.5.5* )

**Tabel 3.7 Kategori Kesain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik**

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

*Sumber : Pasal 6.5 SNI 1726 :2012*

Untuk nilai  $S_{D1} = 0,635 \text{ g} > 0,200 \text{ g}$ , maka termasuk kategori desain seismik **D** dan termasuk kategori SRPMK ( *Pasal 7.2.5.5* )

#### 6. Membuat Spektrum Respon Design

$$\begin{aligned}
 T_o &= 0,2 (S_{D1} / S_{DS}) & T_s &= (S_{D1} / S_{DS}) \\
 &= 0,2 (0,635 / 1,072) & &= (0,635 / 1,072) \\
 &= 0,118 \text{ detik} & &= 0,592 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Untuk  $T = 0$ , maka :

$$\begin{aligned}
 S_a &= S_{DS} \times 0,4 \\
 &= 1,072 \times 0,4 \\
 &= 0,429 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Untuk  $T < T_0$ , maka :  $S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0})$

$$= 1,072 (0,4 + 0,6 \frac{0,02}{0,118})$$

$$= 0,537 \text{ detik}$$

Selanjutnya dibuat tabel :

<b>T</b>	<b>Sa</b>
0,02	0,537
0,04	0,646
0,06	0,755

<b>T</b>	<b>Sa</b>
0,08	0,863
0,10	0,972
0,12	1,080

Untuk  $T_0 = T_0$  s/d  $T = T_s$ , maka  $S_{DS} = 1,072$  detik

Untuk  $T > T_s$ , maka :

$$S_a = (S_{D1}/T)$$

$$= \frac{0,635}{0,650} = 0,977 \text{ detik.}$$

Selanjutnya dibuat tabel :

<b>T</b>	<b>Sa</b>
0,65	0,977
0,70	0,907
0,75	0,847

<b>T</b>	<b>Sa</b>
0,80	0,794
0,85	0,747
0,90	0,706

<b>T</b>	<b>Sa</b>
0,95	0,668
1,00	0,635

7. Perkiraan perioda fundamental alami

Untuk struktur dengan ketinggian < 12 tingkat dimana sistem penahan gaya seismik terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tinggi tingkat paling sedikit 3 m :

$$T_a = 0.1 N \quad \text{Dimana : } N = \text{Jumlah tingkat}$$

$$T_a = 0,1 \cdot 7$$

$$= 0,7 \text{ Detik}$$

Batas Perioda maksimum

$$T_{\max} = C_u \cdot T_a$$

$$= 1,4 \times 0,7$$

$$= 0,980$$

**Tabel 3.8 Kategori Kesain Seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik**

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

Dikethui  $S_{D1} = 0,635 \text{ g}$ , maka koefisien  $C_u = 1,400$

Dimana :  $C_u$  = Koefisien batas atas pada periode yang dihitung

8. Batasan Penggunaan Prosedur Analisis Gaya Lateral Ekuivalen (ELV)

$$\text{Cek } T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$= \frac{0,635}{1,072} = 0,592 \text{ detik}$$

$$3,5 T_s = 2,073 \text{ detik}$$

$T_{max}$  ,  $3,5 T_s$ , sehingga digunakan prosedur analisa GEMPA STATIK

Menentukan Faktor  $R, C_d$  dan  $\Omega$

*Tabel Faktor R, Cd, dan  $\Omega$*

Sistem Penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi respon, R	Faktor kuat lebih sistem $\Omega_0$	Faktor Pembesaran defleksi, Cd	batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, hx (m)					
				Kategori desain seismik					
				B	C	D	E	F	
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB	
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5,5	TB	TB	48	30	TI	
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4,5	3	4	TB	TB	10	TI	TI	
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3,5	3	3	TB	TB	TI	TI	TI	
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB	
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI	
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2,5	TB	TB	TI	TI	TI	
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB	
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI	
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5,5	48	48	30	TI	TI	
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2,5	TB	TB	TI	TI	TI	
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3,5	3	5,5	10	10	10	10	10	

*Sumber : Pasal 7.2 SNI 1726 :2012*

Dari tabel diatas maka di dapat nilai Faktor R, Cd dan  $\Omega_0$  untuk sistem penahan gaya menggunakan Sistem Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus adalah sebagai berikut :

- R ( Koefisien modifikasi Respons ) = 8,00
- $\Omega_0$  (Faktor Kuat lebih sistem ) = 3,00
- $C_d$  (Faktor kuat lebih sistem ) = 5,50

#### 9. Menghitung Nilai Base Shear

$$V = C_s \cdot W$$

Dimana :  $C_s$  = koefisien respon seismik

$W$  = Berat Seismik Efektif

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{1,072}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,134$$

$$C_s \text{ max} = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

$$C_s x = \frac{0,635}{0,98\left(\frac{8}{1}\right)}$$

$$= 0,081$$

$$C_s y = \frac{0,635}{0,7\left(\frac{8}{1}\right)}$$

$$= 0,098$$



Digunakan nilai Cs yang terkecil yakni Cs yang dipakai 0,081

$$\begin{aligned}
 C_s \text{ min} &= 0,081 S_{DS} I_e && \geq 0,01 \\
 &= 0,081 \times 1,072 \times 1,00 && \geq 0,01 \\
 &= 0,087 && \geq 0,01 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Maka nilai } V_x &= 0,081 \cdot W \\
 &= 0,081 \cdot 45622,24 \text{ ( total } W_i) \\
 &= 3695,40 \text{ kN} \\
 V_y &= 0,081 \cdot W \\
 &= 0,081 \cdot 45622,24 \text{ ( total } W_i) \\
 &= 3695,40 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

### 3.7 Gaya Lateral Gempa

Menghitung Gaya Gempa Lateral Fx

$$F_{vx} = C_v \cdot v$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Dimana:

$C_v$  = Faktor distribusi vertical

$V$  = Gaya lateral design total atau geser didasar struktur

$W_i$  &  $W_x$  = Bagian berat seismik efektif total struktur ( $W$ ) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat I atau x

$H_i$  &  $h_x$  = tinggi (m) dari dasar sampai tingkat I atau x

$K$  = Eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :

- Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 0,5 detik atau kurang,  $K=1$
- Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 2,5 detik atau kurang,  $K=2$
- Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 0,5 dan 2,5 detik k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

Dengan  $T_a = 0,7$  Detik, dan

$K_1 = 1,0$  Untuk  $T_{a1} = 0,5$  di interpolasi sebagai berikut:

$K_2 = 2,0$  Untuk  $T_{a2} = 2,5$

$$K = K_1 + \frac{(T_a - T_{a1})}{(T_{a2} - T_{a1})} \times (K_2 - K_1)$$

$$K = 1 + \frac{(0,7 - 0,5)}{(2,5 - 0,5)} \times (2 - 1) = 1,1$$

Maka digunakan  $K_x = 1,1$

$$K_y = 1,1$$

**Tabel 3.8 Gaya Gempa Lateral Arah 100%**

Lantai	$w_i$ (kN)	$h_i$ (m)	$w_i \cdot h_i^{k_x}$	$w_i \cdot h_i^{k_z}$	$F_x$ (kN)	$F_z$ (kN)
7	7011,36	24	231225	231225	956,67	956,675
6	6744,55	20	182006	182006	753,04	753,036
5	6280,45	16,8	139904	139904	578,84	578,843
4	6280,45	13,6	110887,7	110887,7	458,79	458,789
3	6280,45	10,4	82552,0	82552,0	341,55	341,552
2	6280,45	7,2	55087,9	55087,9	227,92	227,922
1	6744,55	4	30989,8	30989,8	128,22	128,218
$\Sigma$	45622,26		832653	832653	3445	3445,03

SNI Gempa 1726-2012 pasal 12.6.3.3 menyebutkan bahwa “ analisa spektrum respons yang digunakan untuk menentukan perpindahan rencana total dan perpindahan maksimum total harus menyertakan model yang digetarkan bersamaan ( simultan ) oleh 100 persen gerak tanah diarah kritis dan 30 persen gerak tanah diarah tegak lurus, diarah horizontal. Perpindahan maksimum system isolasi harus dihitung sebagai penjumlahan vektor perpindahan orthogonal dari dua arah tersebut.”

Beban Gempa untuk masing-masing arah **harus dianggap penuh (100%) untuk arah yang ditinjau dan (30%) untuk arah tegak lurus.**

**Tabel 3.9 Gaya Gempa Lateral Arah 30%**

Lantai	Gempa 100% Arah Yang Ditinjau dan 30% Arah Tegak Lurus			
	Fx (100%)	Fz (30%)	Fz (100%)	Fx (30%)
7	956,67	287,00	956,67	287,00
6	753,04	225,91	753,04	225,91
5	578,84	173,65	578,84	173,65
4	458,79	137,64	458,79	137,64
3	341,55	102,47	341,55	102,47
2	227,92	68,38	227,92	68,38
1	128,22	38,47	128,22	38,47



### **Eksentrisitas Rencana ( $e_d$ )**

Antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana  $e_d$ . Apabila ukuran horizontal terbesar denah struktur gedung pada tingkat itu, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa dinyatakan “b”, maka eksentrisitas rencana harus ditentukan sebagai berikut :

Untuk  $0 < e \leq 0.3 b$ , maka  $e_d = 1.5 e + 0.05$  atau  $e_d = e - 0.05 b$

Nilai dari keduanya dipilih yang pengaruhnya paling menentukan untuk unsur atau subsistem struktur gedung yang ditinjau, dimana eksentrisitas ( $e$ ) adalah pengurangan antara pusat massa dengan posisi rotasi. Nilai pusat massa dan rotasi bangunan dicari menggunakan program bantu ETABS.

**Tabel 3.10 Pusat Massa dan Pusat Rotasi**

Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM (m)	YCM (m)	CumMassX	CumMassY	XCCM (m)	YCCM(m)	XCR (m)	YCR (m)
LANTAI 1	D1	540,6607	540,6607	17,717	8,301	540,6607	540,6607	17,717	8,301	18,101	8,774
LANTAI 2	D2	491,2639	491,2639	17,784	8,261	491,2639	491,2639	17,784	8,261	18,108	8,674
LANTAI 3	D3	491,2639	491,2639	17,784	8,261	491,2639	491,2639	17,784	8,261	18,096	8,641
LANTAI 4	D4	491,2639	491,2639	17,784	8,261	491,2639	491,2639	17,784	8,261	18,066	8,637
LANTAI 5	D5	491,2639	491,2639	17,784	8,261	491,2639	491,2639	17,784	8,261	18,021	8,646
LANTAI 6	D6	546,4224	546,4224	17,857	8,291	546,4224	546,4224	17,857	8,291	17,966	8,663
LANTAI 7 ATAP	D7	335,8675	335,8675	17,938	8,323	335,8675	335,8675	17,938	8,323	17,937	8,692

Story	Pusat Massa		Pusat Rotasi		Eksentrisitas (e)		ed = 1,5e + 0,05b		ed = e - 0,05b	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
LANTAI 1	17,717	8,301	18,101	8,774	-0,384	-0,473	1,22	1,09	-2,184	-2,273
LANTAI 2	17,784	8,261	18,108	8,674	-0,324	-0,413	1,31	1,18	-2,124	-2,213
LANTAI 3	17,784	8,261	18,096	8,641	-0,312	-0,38	1,33	1,23	-2,112	-2,18
LANTAI 4	17,784	8,261	18,066	8,637	-0,282	-0,376	1,38	1,24	-2,082	-2,176
LANTAI 5	17,784	8,261	18,021	8,646	-0,237	-0,385	1,44	1,22	-2,037	-2,185
LANTAI 6	17,857	8,291	17,966	8,663	-0,109	-0,372	1,64	1,24	-1,909	-2,172
LANTAI 7 ATAP	17,938	8,323	17,937	8,692	0,001	-0,369	1,80	1,25	-1,799	-2,169

**Tabel 3.11 Koordinat Pusat Massa baru akibat eksentrisitas**

Story	Pusat Massa		Pusat Rotasi		ed = 1,5e + 0,05b		Koordinat pusat massa	
	X	Y	X	Y	X	Y		
LANTAI 1	17,717	8,301	18,101	8,774	1,22	1,09	16,88	7,684
LANTAI 2	17,784	8,261	18,108	8,674	1,31	1,18	16,79	7,494
LANTAI 3	17,784	8,261	18,096	8,641	1,33	1,23	16,76	7,411
LANTAI 4	17,784	8,261	18,066	8,637	1,38	1,24	16,69	7,401
LANTAI 5	17,784	8,261	18,021	8,646	1,44	1,22	16,58	7,424
LANTAI 6	17,857	8,291	17,966	8,663	1,64	1,24	16,33	7,421
LANTAI 7 ATAP	17,938	8,323	17,937	8,692	1,80	1,25	16,14	7,446



## 3.8 Kinerja Struktur Gedung

### 3.8.1 Kinerja Batas Layan

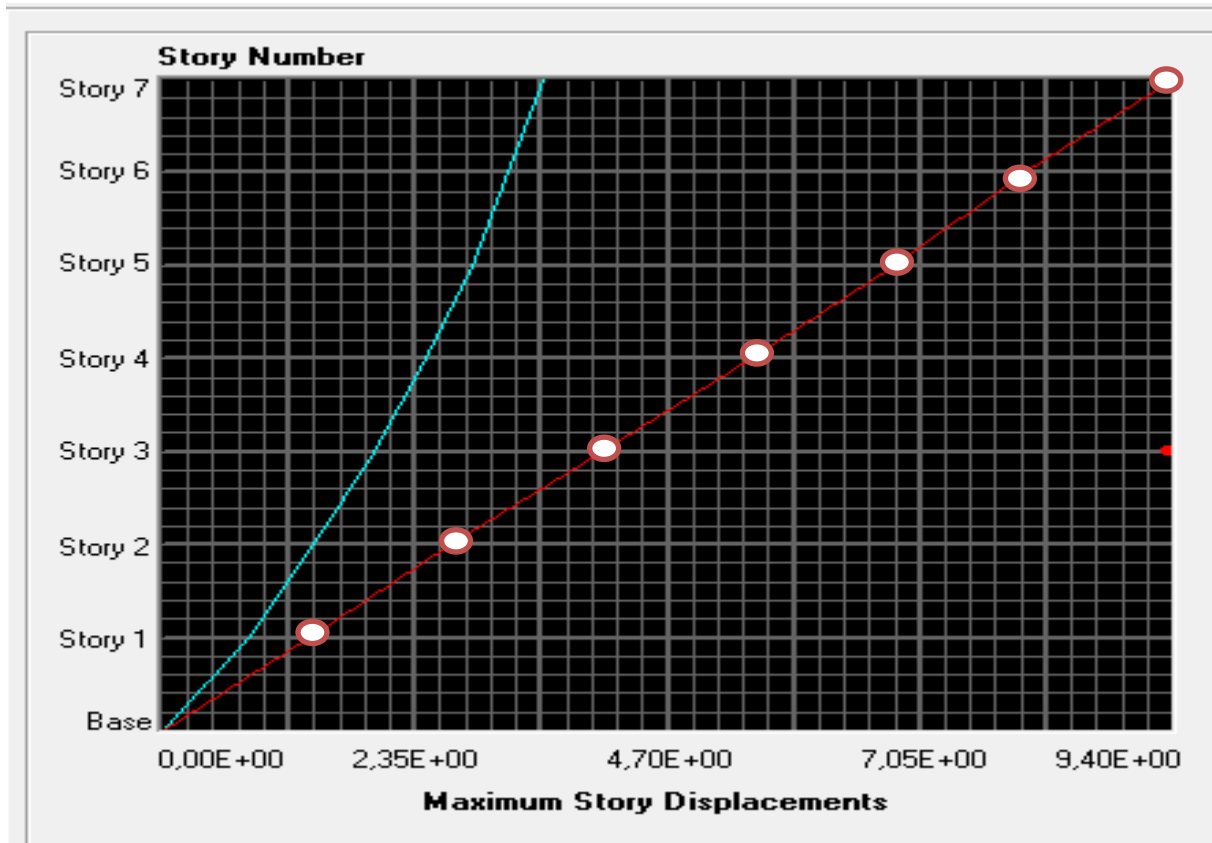
Kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya peretakan beton yang berlebihan, mencegah kerusakan non struktur dan ketidaknyamanan penghuni gedung.

Simpangan antar tingkat yang diizinkan tidak boleh melampaui  $0.03/R \times$  Tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm ( diambil yang terkecil ). Besarnya simpangan yang terjadi dapat diketahui melalui program bantu ETABS. Perhitungan kinerja batas layan akibat simpangan arah X dan Y dapat dibaca dari grafik dan dihitung sebagai berikut :

- Perubahan simpangan,  $\Delta S =$  simpangan lantai atas – simpangan lantai dibawahnya.
- Simpangan yang diizinkan =  $\frac{0.03}{R} \times$  tinggi tingkat

## Kinerja Batas Layan Arah X

Reduksi gedung = 8 ( sumber : *tabel faktor R, Cd dan  $\Omega_0$*  )



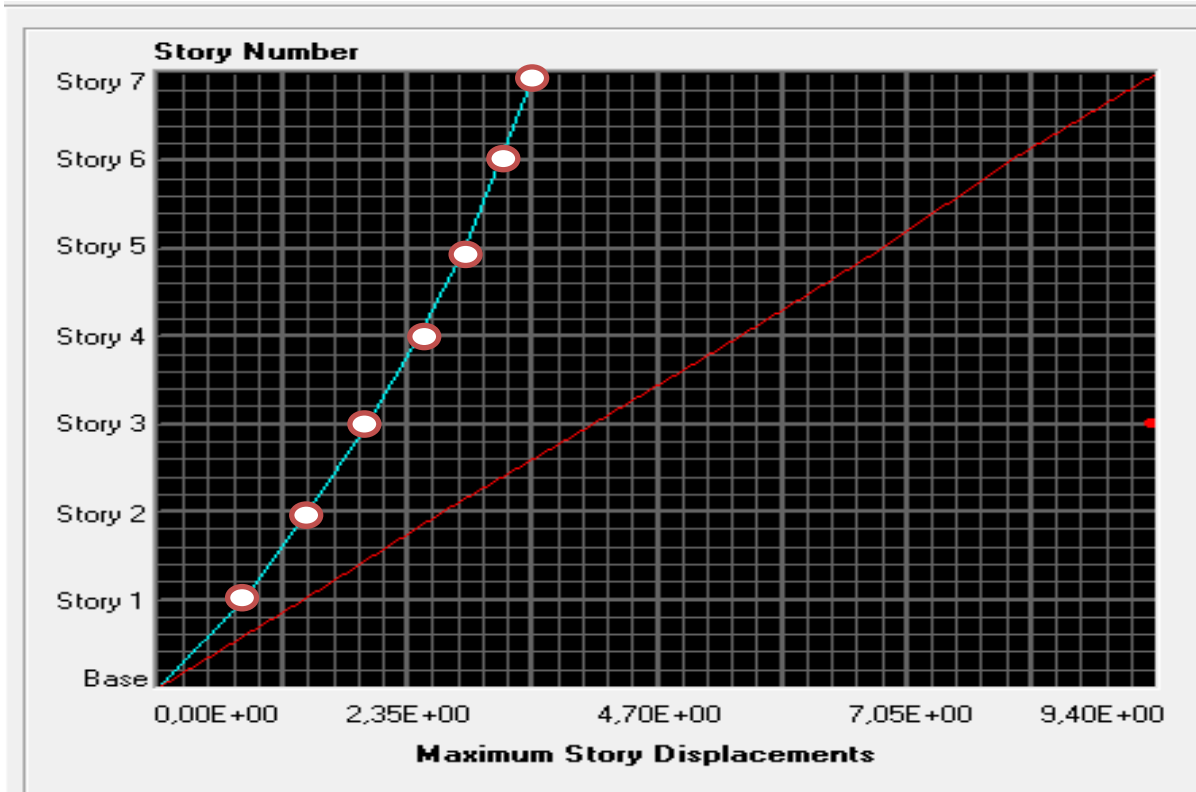
Gambar 3.4 Kinerja Batas Layan Arah X

Tabel 3.12. Kinerja Batas Layan Akibat Simpangan Gempa Statik X

No	Lantai	Tinggi tingkat (mm)	Simpangan (mm)	$\Delta S$ (mm)	Diizinkan (mm)	Ket.
1	LANTAI 1	4000	1,400000	1,400000	15,00	OK
2	LANTAI 2	3200	2,700000	1,300000	12,00	OK
3	LANTAI 3	3200	4,130000	1,430000	12,00	OK
4	LANTAI 4	3200	5,480000	1,350000	12,00	OK
5	LANTAI 5	3200	6,850000	1,370000	12,00	OK
6	LANTAI 6	3200	8,500000	1,650000	12,00	OK
7	ATAP	4000	9,380000	0,880000	15,00	OK

### Kinerja Batas Layan Arah Y

Reduksi gedung = 8 ( sumber : tabel faktor R, Cd dan  $\Omega_0$  )



Gambar 3.4 Kinerja Batas Layan Arah Y

Tabel 3.13 Kinerja Batas Layan Akibat Simpangan Gempa Statik Y

No	Lantai	Tinggi tingkat (mm)	Simpangan (mm)	$\Delta S$ (mm)	Diizinkan (mm)	Ket.
1	LANTAI 1	4000	0,870000	0,870000	15,00	OK
2	LANTAI 2	3200	1,430000	0,560000	12,00	OK
3	LANTAI 3	3200	1,960000	0,530000	12,00	OK
4	LANTAI 4	3200	2,500000	0,540000	12,00	OK
5	LANTAI 5	3200	2,880000	0,380000	12,00	OK
6	LANTAI 6	3200	3,240000	0,360000	12,00	OK
7	ATAP	4000	3,570000	0,330000	15,00	OK

### 3.8.2 Kinerja Batas Ultimit

Kinerja batas ultimit struktur gedung ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi struktur gedung diambang keruntuhan, yaitu untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan mencegah benturan berbahaya antar gedung atau antar bagian struktur gedung yang dipisah dengan sela pemisah (sela dilatasi).

Simpangan antar tingkat ini harus dihitung dari *simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal, dikalikan dengan suatu faktor pengali*.

Faktor Pengali  $\xi = 0.7 \times R$  , Dimana R adalah reduksi gedung.

Dalam SNI 1726:2012 pasal 7.12.1, disebutkan simpangan antar lantai desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat izin ( $\Delta_a$ ), seperti didapatkan dari tabel dibawah ini :

**Tabel 3.14 Simpangan Antar Lantai Izin**

Struktur	Kategori risiko		
	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 eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025 h_{sx}^c$	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>a</sup>	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

<sup>a</sup>  $h_{sx}$  adalah tinggi tingkat di bawah tingkat  $x$  .

<sup>b</sup> Untuk sistem penahan gaya gempa yang terdiri dari hanya rangka momen dalam kategori desain seismik D, E, dan F, simpangan antar lantai tingkat ijin harus sesuai dengan persyaratan 7.12.1.1.

Sumber : tabel simpangan antar lantai izin SNI 1726:2012 pasal 7.12.1

Perhitungan simpangan untuk kinerja batas ultimit ditunjukkan sebagai berikut :

- Faktor Pengali  $\xi$  =  $0.7 \times R$   
 $= 0.7 \times 8$   
 $= 5.6$
- Simpangan yang diizinkan,  $(\Delta a)$ , =  $0.020 h_x$

**Tabel 3.15 Kinerja Batas Ultimate Akibat Simpangan Gempa Statik X**

No	Lantai	Tinggi tingkat (mm)	Simpangan (mm)	$\Delta S \times \xi$	Diizinkan (mm)	Ket.
1	LANTAI 1	4000	1,400000	7,84000	80,00	OK
2	LANTAI 2	3200	2,700000	7,28000	64,00	OK
3	LANTAI 3	3200	4,130000	8,00800	64,00	OK
4	LANTAI 4	3200	5,480000	7,56000	64,00	OK
5	LANTAI 5	3200	6,850000	7,67200	64,00	OK
6	LANTAI 6	3200	8,500000	9,24000	64,00	OK
7	LANTAI 7	4000	3,570000	4,92800	80,00	OK

- Contoh perhitungan batas ultimit =  $\Delta S \times \xi$   
 $= 1,400000 \times 5.6$   
 $= 7,84000$
- Diizinkan (mm) =  $0,02 \times$  tinggi tingkat (mm)  
 $= 0,02 \times 4000$   
 $= 80,00 \text{ mm}$

*Tabel 3.16. Kinerja Batas Ultimate Akibat Simpangan Gempa Statik Y*

No	Lantai	Tinggi tingkat (mm)	Simpangan (mm)	$\Delta S \times \xi$	Diizinkan (mm)	Ket.
1	LANTAI 1	4000	0,870000	4,87200	80,00	OK
2	LANTAI 2	3200	1,430000	3,13600	64,00	OK
3	LANTAI 3	3200	1,960000	2,96800	64,00	OK
4	LANTAI 4	3200	2,500000	3,02400	64,00	OK
5	LANTAI 5	3200	2,880000	2,12800	64,00	OK
6	LANTAI 6	3200	3,240000	2,01600	64,00	OK
7	ATAP	4000	3,570000	1,84800	80,00	OK

**BAB IV**  
**PERHITUNGAN TULANGAN**

**4.1 Perhitungan Penulangan Balok**

**4.1.1 Perhitungan Tulangan Lentur Balok**

Penulangan yang di rencanakan adalah Balok line B no B107 lantai 2

Data Perencanaan :

$$b_w = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Tul. Utama} = 16 \text{ mm}$$

$$h = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Tul. Begel} = 10 \text{ mm}$$

$$p = 40 \text{ mm}$$

$$f_c' = 40 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,845$$

$$h_f = 120 \text{ mm}$$

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

$$L = 5200 \text{ mm}$$

$$f_{y_s} = 240 \text{ Mpa}$$

$$L_n = L + \left(\frac{1}{2} \cdot b_w + \frac{1}{2} \cdot b_w\right)$$

$$5200 + \left(\frac{1}{2} \cdot 200 + \frac{1}{2} \cdot 200\right) = 5000 \text{ mm}$$

$$d' = \text{selimut beton} - \text{Tul. Begel} - \frac{1}{2} \cdot \text{Tul. Utama}$$

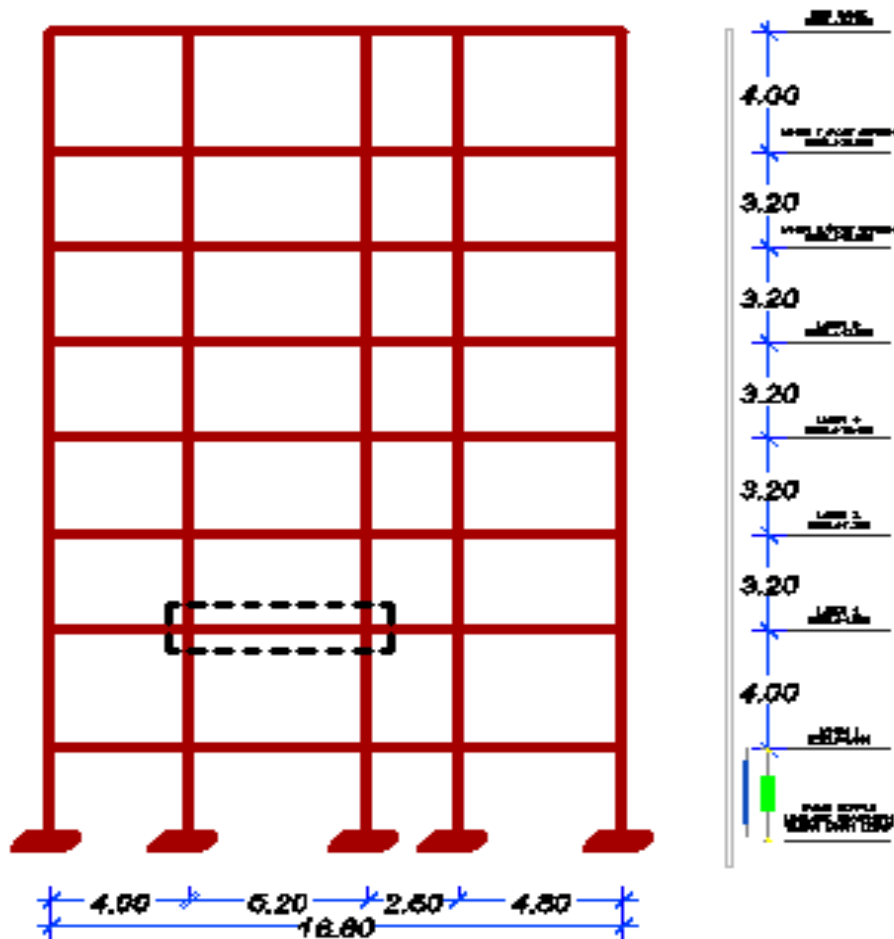
$$= 40 + 10 + \frac{1}{2} \times 16$$

$$= 58,0 \text{ mm}$$

$$d = h - d'$$

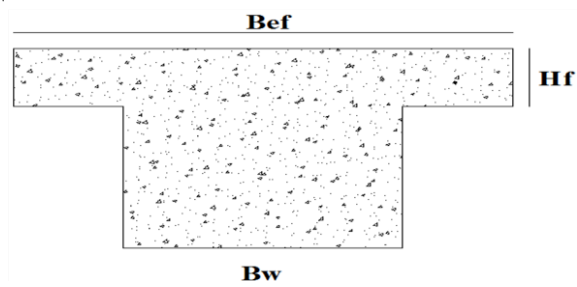
$$= 400 - 58,0$$

$$= 342 \text{ mm}$$



Gambar 4.1 Peninjauan pada balok 107

Lebar efektif balok T



Gambar. 4.2 Lebar efektif balok T



$$b_{eff} = \frac{1}{4} \cdot L = \frac{1}{4} \cdot 5200 = 1300 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = b_w + 8 \cdot h_{fkr} + 8 \cdot h_{fkn} = 200 + 8(120) + 8(120) = 2120 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = b_w + \frac{1}{2} \cdot L_{nkr} + \frac{1}{2} \cdot L_{nkn} \\ = 200 + (\frac{1}{2} \cdot 3500 + \frac{1}{2} \cdot 3500) = 3700 \text{ mm}$$

$$h_n = h_w - t_f \\ = 400 - 120 \\ = 280 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = h_n \cdot k_r + b_w + h_n \cdot k_n \\ = 280 + 200 + 280 \\ = 760 \text{ mm}$$

Diambil nilai  $b_{eff}$  yang terkecil yaitu  $= 760 \text{ mm}$

Jarak bersih antar tulangan  $S_n = 0 \text{ mm}$

Tulangan minimal sedikitnya harus dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 pasal

10.5.1 :

$$A_{s \min} = \frac{0,25}{f_y} \cdot b_w \cdot d = \frac{0,25 \cdot \sqrt{40}}{400} \cdot 200 \cdot 342 \\ = 270,4 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \min} = \frac{1,4 \cdot b_w \cdot d}{f_y} = \frac{1,4 \cdot 200 \cdot 342}{400} = 239,4 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan minimal 2 D 16 dengan rumusan sebagai berikut :

$$A_s = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{22}{7} \cdot 16^2 \\ = 402,286 \text{ mm}^2$$

$$(A_s = 402,28571 \text{ mm}^2 > A_{s \min} = 239,4 \text{ mm}^2)$$

### A. Perhitungan Penulangan Tumpuan Kiri

$$Mu^- = 46,108 \text{ kNm}$$

$$= 46108000 \text{ Nmm}$$

$$Mu^+ = 23,054 \text{ kNm}$$

$$= 23054000 \text{ Nmm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik

$$3 \text{ D } 16 \text{ ( } As = 603,4285714 \text{ mm}^2$$

- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan

$$3 \text{ D } 16 \text{ ( } As' = 603,4285714 \text{ mm}^2$$

#### Analisa Momen Negatif

$$\text{Tulangan tarik } As1 = 3 \text{ D } 16 = 603,429 \text{ mm}^2$$

$$As = 603,429 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } As' = 3 \text{ D } 16 = 603,429 \text{ mm}^2$$

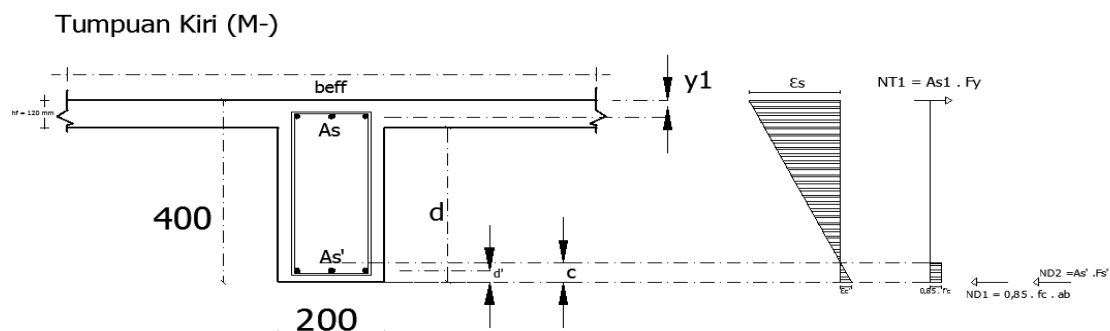
$$y1 = P + \emptyset \text{ Tul. Polos} + 1/2 \times \emptyset \text{ Tul. Ulir}$$

$$= 40 + 10 + 1/2 \times 16 = 58,0 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{As1 \times y1 + As2 \times y2}{As1 + As2}$$

$$= \frac{603,4 \times 58,0 + 0,0 \times 0,0}{603,4 + 0,0} = 58,0 \text{ mm}$$

$$d = 400 - 58,0 = 342,0 \text{ mm}$$



Gambar 4.3 Penampang balok dan diagram regangan - tegangan momen

**negatif tumpuan kiri**

Dimisalkan garis netral  $> d'$ , maka perhitungan garis netral harus dicari

menggunakan persamaan :

$$ND1 + ND2 = NT1$$

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot bw + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y \quad \rightarrow \text{substitusi nilai } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot bw + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot bw) \cdot c + A_s'(c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

Substitusi nilai :  $a = \beta 1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot c \cdot bw) \cdot c + A_s'(c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot bw) \cdot c^2 + 600A_s' \cdot c - 600A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot bw)c^2 + 600A_s' \cdot c - 600A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot bw)c^2 + (600A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600A_s' \cdot d' = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 40 \times 0,845 \times 200 \right] c^2 + \left[ 600 \times 603,43 - 603,43 \times 400 \right] c - 600 \times 603,42857 \times 58,0 = 0$$

$$5746 \quad c^2 + [120685,71429] \quad c - 20999314,29 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{-120685,7 + \sqrt{120685,7143^2 - 4 \times 5746 \times 20999314,29}}{2 \times 5746}$$

$$= \frac{-120685,7 + 705133,5201}{11492} = 60,9 \text{ mm}$$

dihitung nilai a :

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 \times c \\ &= 0,845 \times 60,9 \\ &= 51,4241 \text{ mm} \end{aligned}$$

dihitung nilai - nilai :

$$\varepsilon_{s'} = \frac{c - d'}{c} \times \varepsilon_c = \frac{60,9 - 58,0}{60,9} \times 0,003 = 0,00014$$

$$\varepsilon_s = \frac{d - c}{c} \times \varepsilon_c = \frac{342,0 - 60,9}{60,9} \times 0,003 = 0,01386$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$0,01386 > 0,00200 > 0,00014$$

Karena  $\varepsilon_s > \varepsilon_y > \varepsilon_{s'}$  maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum dihitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$\begin{aligned} \text{Tegangan baja tekan } f_s' &= \varepsilon_{s'} \times E_s \\ &= 0,00014 \times 200000 \\ &= 28,17 \text{ Mpa} < 400 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned} \text{ND1} &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot B_w & \text{ND2} &= A_s' \cdot f_s' \\ &= 0,85 \times 40 \times 51,424103 \times 200 & &= 603,4 \times 28,17 \\ &= 349683,9029 \text{ N} & &= 16996,764 \text{ N} \\ \text{NT1} &= A_s \times f_{y_{ulir}} & Z &= d - (1/2 \times a) \\ &= 603,42857 \times 400 & &= 342,0 - \left( 1/2 \times 51,4 \right) \\ &= 241371,4286 \text{ N} & &= 316,29 \text{ mm} \\ \text{ND1} + \text{ND2} &= \text{NT1} \\ 349683,9 + 16996,76438 &= 241371,43 \end{aligned}$$

$$366680,7 = 241371,4$$

$$M_n = N T_1 \times Z$$

$$= 241371,4286 \times 316,2879483$$

$$= 76342873,92 \text{ Nmm}$$

$$M_r = \phi \cdot M_n$$

$$= 0,9 \times 76342873,92$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &> M_u \\ = 68708586,53 \text{ Nmm} &> M_u = 46108000 \text{ Nmm} \text{ Aman} \end{aligned}$$

### Kontrol Momen Positif

$$\text{Tulangan tekan } A_{s1}' = 3 D 16 = 603,429 \text{ mm}^2 \quad A_{s1}' = 603,429 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 3 D 16 = 603,429 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = p + \emptyset \text{ Tul. Polos} + 1/2 \times \emptyset \text{ Tul. Ulir}$$

$$= 40 + 10 + 1/2 \cdot 16 = 58,0 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} y = d' &= \frac{A_{s1}' \times y_1 + 0 \times y_2}{A_{s1} + A_{s2}} \\ &= \frac{603,428571 \times 58 + 0 \times 0}{603,428571 + 0} = 58,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d = 400 - 58,0 = 342 \text{ mm}$$

Dimisalkan garis netral  $> y_2$ , maka perhitungan garis netral harus dicari

menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_w + A_{s1}' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y \quad \rightarrow \text{substitusi nilai } f_s' = \frac{(c - y_2)}{c} \times 600$$

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_w + A_{s1}' \cdot \frac{(c - y)}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot bw) \cdot c + As' \quad (c - y1) \times 600 = As \cdot fy \cdot c$$

Substitusi nilai :  $a = \beta 1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta 1 \cdot c \cdot bw) \cdot c + As' \quad (c - y2) 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta 1 \cdot bw) c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot y2 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta 1 \cdot bw) c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot y2 - As \cdot fy \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta 1 \cdot bw) c^2 + (600As' - As \cdot fy) \cdot c - 600As' \cdot Y2 = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 40 \times 0,845 \times 200 \right] c^2 + \left[ 600 \times 603,43 - 603,43 \times 400 \right] c - \left[ 600 \times 603,43 \times 58,0 \right] = 0$$

$$5746,0 c^2 + 120685,7 c - 20999314,29 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

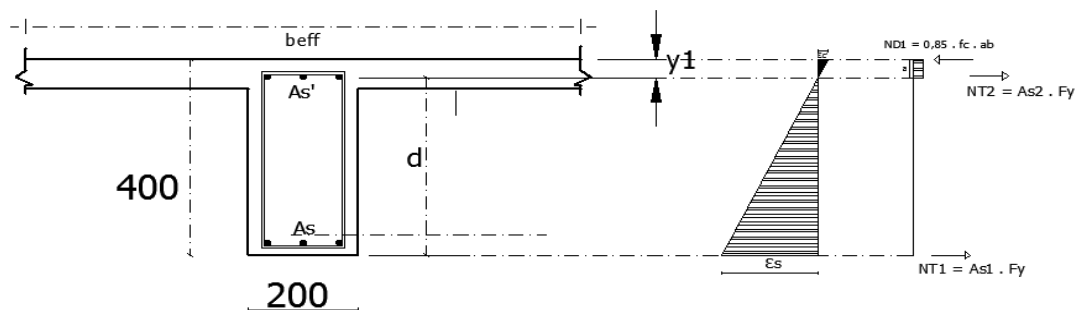
$$= \frac{-120686 + \sqrt{120686^2 - 4 \times 5746,0 \times 20999314,29}}{2 \times 5746,0}$$

$$= \frac{-120685,714 + 705133,5201}{11492} = 60,86 \text{ mm}$$

$$c = 60,8569 \text{ mm}$$

Karena  $c < y2$ , tulangan tekan sebagian mengalami gaya tarik maka nilai c harus dihitung ulang.

Tumpuan Kiri (M+)



**Gambar 4.4 Penampang balok dan diagram regangan - tegangan momen positif tumpuan kiri yang sudah dihitung ulang**

dihitung nilai a :

$$\begin{aligned} a &= \beta \cdot c \\ &= 0,845 \times 60,86 = 51,42 \text{ mm} \\ f_s' &= \epsilon_s' \cdot E_s \\ &= \frac{c - y_1'}{c} \times \epsilon_c \cdot E_s = \frac{60,86 - 58,0}{60,86} \times 0,003 \times 200000 \\ &= 28,167 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned} \text{ND1} &= 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_w & \text{ND2} &= A_s' \cdot x \cdot f_s' \\ &= 0,85 \times 40 \times 51,424103 \times 200 & &= 603,4 \times 28,17 \\ &= 349683,9029 \text{ N} & &= 16996,76438 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NT1} &= A_s \cdot x \cdot f_y \\ &= 603,4 \times 400 \\ &= 241371,4286 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ND1} + \text{ND2} &= \text{NT1} \\ 349683,9029 + 16996,76438 &= 241371,4286 \\ 366680,6673 &= 241371,4286 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= d - (1/2 \cdot a) \\ &= 342 - \left[ \frac{1}{2} \cdot 51,424103 \right] \\ &= 316,28795 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= (\text{NT1} \times Z_1) \\ &= \left[ 241371,4286 \times 316,2879483 \right] \\ &= 76342873,92 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_r &= \phi \times M_n \\ &= 0,9 \times 76342873,92 \\ &= 68708586,53 \text{ Nmm} > \mu_u^+ = 23054000,0 \text{ Nmm} \quad \mathbf{Aman} \end{aligned}$$

## B. Perhitungan Penulangan Lapangan

$$Mu^+ = 26,336 \text{ kNmm} = 26336000 \text{ Nmm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan

$$3 \text{ D } 16 \text{ ( } As' = 603,4285714 \text{ mm}^2 \text{ )}$$

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik

$$3 \text{ D } 16 \text{ ( } As = 603,4285714 \text{ mm}^2 \text{ )}$$

### Analisa Momen Positif

$$\text{Tulangan tekan } As' = 3 \text{ D } 16 = 603,429 \text{ mm}^2$$

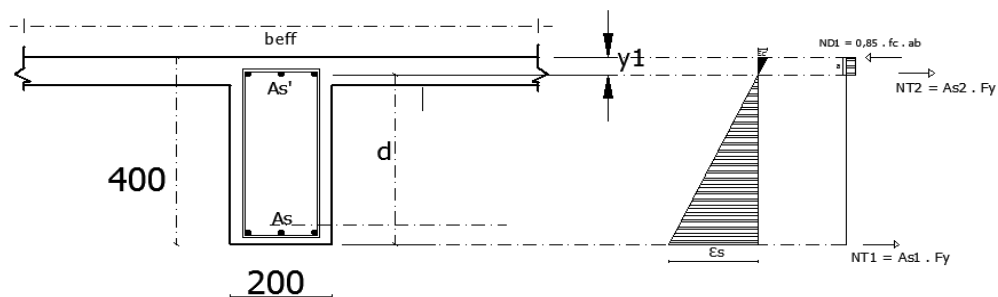
$$\text{Tulangan tarik } As = 3 \text{ D } 16 = 603,429 \text{ mm}^2$$

$$y/d' = p + \emptyset \text{ Tul. Polos} + 1/2 \times \emptyset \text{ Tul. Ulir}$$

$$= 40 + 10 + 1/2 \cdot 16 = 58 \text{ mm}$$

$$d = 400 - 58,0 = 342 \text{ mm}$$

Tumpuan Lapangan (M+)



**Gambar 4.5 Penampang balok dan diagram tegangan momen positif lapangan yang sudah dihitung ulang**

Dimisalkan garis netral  $> y$ , maka perhitungan garis netral harus dicari

menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b_w + As' \cdot fs' = As \cdot fy \quad \rightarrow \text{substitusi nilai } fs' = \frac{(c - y)}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b_w) + As' \cdot \frac{(c - y)}{c} \times 600 = As \cdot fy$$



$$(0,85 \cdot f'c' \cdot a \cdot b_w) \cdot c + As'(c-y_2) \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

Substitusi nilai :  $a = \beta \cdot 1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f'c' \cdot \beta \cdot 1 \cdot c \cdot b_w) \cdot c + As'(c-y_2) \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c' \cdot \beta \cdot 1 \cdot b_w) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot y = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c' \cdot \beta \cdot 1 \cdot b_w) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot y - As \cdot fy \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f'c' \cdot \beta \cdot 1 \cdot b_w) \cdot c^2 + (600As' - As \cdot fy) \cdot c - 600As' \cdot y = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 40 \times 0,845 \times 200 \right] c^2 + \left[ 600 \times 603,4 - 603,4 \times 400 \right] c - \left[ 600 \times 603,429 \times 58,0 \right] = 0$$

$$5746,0 \quad c^2 + \quad 120685,7143 \quad c - 20999314,29 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{-120685,714 + \sqrt{120685,7143^2 - 4 \times 5746 \times 20999314,29}}{2 \times 5746}$$

$$= \frac{-120685,714 + 705133,5201}{11492} = 60,8569 \text{ mm}$$

Karena  $c < y$ , tulangan tekan sebagian mengalami gaya tarik maka nilai c harus di hitung ulang

Dimisalkan garis netral diantara  $y_1$  maka perhitungan garis netral dicoba

dengan menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f'c' \cdot a \cdot b_w + As' \cdot fs' = As_1 \cdot fy$$

$$\text{Substitusi nilai : } fs' = \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 \text{ dan } fs = fy$$

$$(0,85 \cdot f'c' \cdot a \cdot b_w) + As' \cdot \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 = As_1 \cdot fy$$

$$(0,85 \cdot f'c' \cdot a \cdot b_w) \cdot c + As' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = As_1 \cdot fy \cdot c$$

Substitusi nilai :  $a = \beta \cdot c$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta \cdot c \cdot bw) \cdot c + As' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta \cdot c \cdot bw) \cdot c^2 + 600 \cdot As' \cdot c - 600 \cdot As' \cdot y = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta \cdot c \cdot bw) \cdot c^2 + (600 \cdot As' - As \cdot fy) \cdot c - 600 \cdot As' \cdot y = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 40 \times 0,85 \times 200 \right] c^2 + \left[ 600 \times 603,4 - 603,429 \times 400 \right] \\ \left[ 600 \times 603,4 \times 58,0 \right] = 0$$

$$5746 \quad c^2 + \left[ 120685,7143 \right] c - 20999314,29$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{-120686 + \sqrt{120686^2 - 4 \times 5746,0 \times -20999314,29}}{2 \times 5746,0}$$

$$= \frac{-120685,7143 + 705133,5201}{11492} = 50,9 \text{ mm}$$

dihitung nilai a :

$$a = \beta \times c$$

$$= 0,845 \times 60,8569$$

### C. Perhitungan Penulangan tumpuan kanan

$$\begin{aligned} Mu^- &= 44,823 \text{ kNmm} & Mu^+ &= 22,411 \text{ kNmm} \\ &= 44823000 \text{ Nmm} & &= 22411000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik  
3 D 16 (  $As = 603,4285714 \text{ mm}^2$  )
- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan  
3 D 16 (  $As' = 603,4285714 \text{ mm}^2$  )

### Analisa Momen Negatif

$$\text{Tulangan tarik} \quad A_{s1} = 4 D \quad 16 = 804,571 \text{ mm}^2 \quad A_s = 804,571 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan} \quad A_{s'} = 3 D \quad 16 = 603,429 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = P + \emptyset \text{ Tul. Polos} + 1/2 \times \emptyset \text{ Tul. Ulir}$$

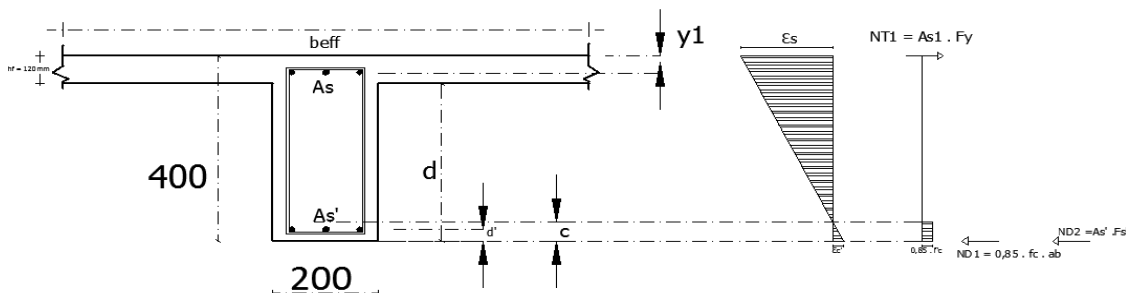
$$= 40 + 10 + 1/2 \times 16 = 58,0 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{A_{s1} \times y_1 + A_{s2} \times y_2}{A_{s1} + A_{s2}}$$

$$= \frac{804,6 \times 58,0 + 0,0 \times 0,0}{804,6 + 0,0} = 58,0 \text{ mm}$$

$$d = 400 - 58,0 = 342,0 \text{ mm}$$

Tumpuan Kanan (M-)



**Gambar 4.6 Penampang balok dan diagram tegangan momen negatif tumpuan kanan**

Dimisalkan garis netral  $> y$ , maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$ND1 + ND2 = NT1$$

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot bw + A_{s'} \cdot f_{s'} = A_s \cdot f_y \quad \rightarrow \text{substitusi nilai } f_{s'} = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot bw + A_{s'} \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot bw) \cdot c + A_{s'}(c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

Substitusi nilai :  $a = \beta \cdot c$

$$(0,85 \cdot f'c' \cdot \beta \cdot c \cdot bw) \cdot c + As'(c-d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c' \cdot \beta \cdot c \cdot bw) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c' \cdot \beta \cdot c \cdot bw) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' - As \cdot fy \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f'c' \cdot \beta \cdot c \cdot bw) \cdot c^2 + (600As' - As \cdot fy) \cdot c - 600As' \cdot d' = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 40 \times 0,85 \times 200 \right] c^2 + \left[ 600 \times 603,43 - 804,57 \times 400 \right] c$$

$$- 600 \times 603,4285714 \times 58,0 = 0$$

$$5746 \quad c^2 + \left[ 40228,57143 \right] c - 20999314,29 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{-40228,57143 + \sqrt{40228,57143^2 - 4 \times 5746 \times 2,1E+07}}{2 \times 5746}$$

$$= \frac{-40228,5714 + 695892,648}{11492} = 67,1 \text{ mm}$$

dihitung nilai a :

$$a = \beta \times c$$

$$= 0,845 \times 67,054$$

$$= 56,6606 \text{ mm}$$

dihitung nilai - nilai :

$$\epsilon_{s'} = \frac{c - d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{67,053957 - 58,0}{67,1} \times 0,003 = 0,00041$$

$$\epsilon_s = \frac{d - c}{c} \times \epsilon_c = \frac{342,0 - 67,1}{67,1} \times 0,003 = 0,01230$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$0,01230 > 0,00200 > 0,00041$$

Karena  $\varepsilon_s > \varepsilon_y > \varepsilon_s'$  maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum dihitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$\begin{aligned} \text{Tegangan baja tekan } f_s' &= \varepsilon_s' \times E_s \\ &= 0,00041 \times 200000 \\ &= 81,01 \text{ Mpa} < 400 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$ND1 = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot B_w$$

$$\begin{aligned} &= 0,85 \times 40 \times 56,660594 \times 200 \\ &= 385292,0383 \text{ N} \end{aligned}$$

$$NT1 = A_s \times f_{y_{ulir}}$$

$$\begin{aligned} &= 603,42857 \times 400 \\ &= 241371,4286 \text{ N} \end{aligned}$$

$$ND2 = A_s' \times f_s'$$

$$\begin{aligned} &= 603,4 \times 81,01 \\ &= 48886,748 \text{ N} \end{aligned}$$

$$Z = d - (1/2 \times a)$$

$$\begin{aligned} &= 342,0 - \left[ 1/2 \times 56,7 \right] \\ &= 313,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$ND1 + ND2 = NT1$$

$$\begin{aligned} 385292,0 + 48886,74768 &= 241371,43 \\ 434178,8 &= 241371,4 \end{aligned}$$

$$M_n = NT1 \times Z$$

$$\begin{aligned} &= 241371,4286 \times 313,6697031 \\ &= 75710904,33 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_r = \phi \cdot M_n$$

$$= 0,9 \times 75710904,33$$

$$\phi M_n > M_u'$$

$$= 68139813,90 \text{ Nmm} > M_u' = 44823000 \text{ Nmm Aman}$$

### Kontrol Momen Positif

$$\text{Tulangan tekan } As_1' = 3 D 16 = 603,429 \text{ mm}^2 \quad As' = 603,4 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } As = 3 D 16 = 603,429 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = p + \emptyset \text{ Tul. Polos} + 1/2 \times \emptyset \text{ Tul. Ulir}$$

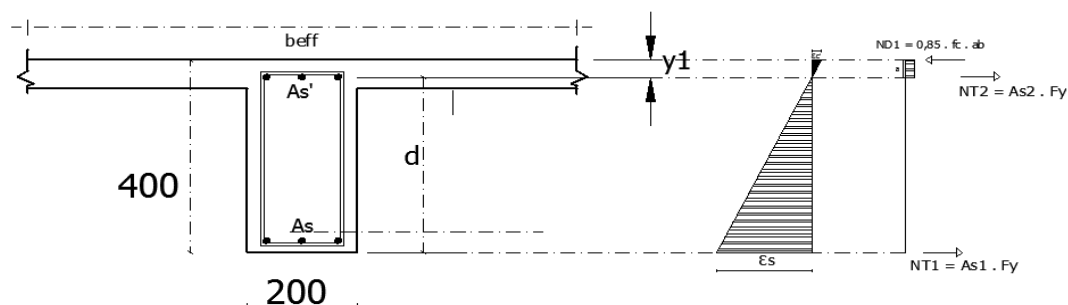
$$= 40 + 10 + 1/2 \cdot 16 = 58,0 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{As_1 \times y_1 + 0 \times 0}{As_1 + 0}$$

$$= \frac{603,428571 \times 58 + 0 \times 0}{603,428571 + 0} = 58,0 \text{ mm}$$

$$d = 400 - 58,0 = 342 \text{ mm}$$

Tumpuan Kanan (M+)



**Gambar 4.7 Penampang balok dan diagram regangan - tegangan momen positif tumpuan kanan yang sudah dihitung ulang**

Dimisalkan garis netral  $> y$ , maka perhitungan garis netral harus dicari

menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_w + As' \cdot fs' = As \cdot fy \quad \rightarrow \text{substitusi nilai } fs' = \frac{(c - y)}{c} \times 600$$

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_w + As' \cdot \frac{(c - y)}{c} \times 600 = As \cdot fy$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot bw) \cdot c + As' \quad (c - y_2) \times 600 = As \cdot fy \cdot c$$

Substitusi nilai :  $a = \beta \cdot 1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta \cdot 1 \cdot c \cdot bw) \cdot c + As' \quad (c - y) \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta \cdot 1 \cdot bw) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta \cdot 1 \cdot bw) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' - As \cdot fy \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta \cdot 1 \cdot bw) \cdot c^2 + (600As' - As \cdot fy) \cdot c - 600As' \cdot y = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 40 \times 0,85 \times 200 \right] c^2 + \left[ 600 \times 603,43 - 603,43 \times 400 \right] c - 600 \times 603,43 \times 58,0 = 0$$

$$5746,0 \cdot c^2 + 120685,7 \cdot c - 20999314,29 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{-120686 + \sqrt{120686^2 - 4 \times 5746,0 \times 20999314,29}}{2 \times 5746,0}$$

$$= \frac{-120685,714 + 705133,5201}{11492} = 60,86 \text{ mm}$$

$$c = 60,8569 \text{ mm}$$

Dimisalkan garis netral diantara  $y_1$  maka perhitungan garis netral dicari

dengan menggunakan persamaan :

$$ND1 + ND2 = NT1$$

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot bw + As' \cdot fs' = As \cdot fy$$

$$\rightarrow \text{substitusi nilai } fs' = \frac{(c - y_1')}{c} \times 600$$

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot bw + As' \cdot \frac{(c - y_1')}{c} \times 600 = As \cdot fy$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot bw) \cdot c + As'(c - y_1') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

Substitusi nilai :  $a = \beta \cdot c$

$$(0,85 \cdot f'c' \cdot \beta \cdot c \cdot bw) \cdot c + As'(c-y') \cdot 600 = As1 \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c' \cdot \beta \cdot c \cdot bw) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot y' = As1 \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c' \cdot \beta \cdot c \cdot bw)c^2 + (600As' - As' \cdot fy) \cdot c - 600As1 \cdot y' = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 40 \times 0,85 \times 200 \right] c^2 + \left[ 600 \times 603,43 - 603,43 \times 400 \right] - 600 \times 603,43 \times 58,0 = 0$$

$$5746 c^2 + \left[ 120686 \right] c - 20999314,29 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{-120686 + \sqrt{120686^2 - 4 \times 5746,0 \times 20999314,29}}{2 \times 5746,0}$$

$$= \frac{-120686 + 705133,5201}{11492} = 50,86 \text{ mm}$$

dihitung nilai a :

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,845 \times 60,86 = 51,4241 \text{ mm}$$

$$fs' = \epsilon s' \cdot Es$$

tulangan ( $l_{dh}$ ), untuk ukuran batang tulangan  $\emptyset$  - 10 sampai D - 16 dengan kait

90°, tidak boleh kurang dari syarat-syarat berikut ini :

$$- l_{dh} = 150 \text{ mm}$$

$$- l_{dh} = 8db = 8 \times 16 = 128 \text{ mm}$$

$$- l_{dh} = \frac{f_y \cdot d_b}{5,4 \sqrt{f'c'}} = \frac{400 \times 16}{5,4 \times \sqrt{40}} = 187,4 \text{ mm}$$



$$- 12 \text{ db} = 12 \times 16 = 192 \text{ mm}$$

Dengan syarat minimum dari hasil perhitungan yang terbesar yaitu 187 mm, maka jika digunakan  $l_{dh}$  sepanjang 187 mm, sudah memenuhi syarat.

Panjang bengkokan yang memenuhi syarat adalah sepanjang 12db dengan sudut bengkokan sebesar  $90^\circ$ .

#### 4.1.2 Penulangan Geser Balok

- Menghitung  $M_{pr}$  (*Moment Probable Capacities*)

Geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan mengansumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok dengan tegangan tulangan lentur balok yang diperkuat mencapai  $1,25 f_y$ , dan faktor reduksi kuat lentur  $\phi=1$ .

- a) Kapasitas momen ujung balok apabila struktur bergoyang ke kanan

##### Kondisi 1 (searah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 603,4 \cdot 400}{0,85 \cdot 40 \cdot 200} = 44,369748 \text{ mm}$$

$$M_{pr}^+ = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{pr}^+ = 1,25 \cdot 603,43 \cdot 400,0 \left( 342,00 - \frac{44,37}{2} \right) \times 10^{-6} = 96,4928 \text{ kN-m}$$

##### Kondisi 2 (berlawanan arah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 603,4 \cdot 400}{0,85 \cdot 40 \cdot 200} = 44,3697$$

$$M_{pr}^- = 1,25 \cdot A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{pr}^- = 1,25 \cdot 603,43 \cdot 400,0 \left( 342,00 - \frac{44,37}{2} \right) \times 10^{-6} = 96,4928 \text{ kN-m}$$

- b). Kapasitas momen ujung balok apabila struktur bergoyang ke kiri

##### Kondisi 3 (searah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s' \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 603,4 \cdot 400}{0,85 \cdot 40 \cdot 200} = 44,3697$$

$$Mpr^+ = 1,25 \times As' \cdot fy \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mpr^+ = 1,25 \times 603,43 \times 400,0 \left( 342,00 - \frac{44,37}{2} \right) \times 10^{-6}$$

$$= 96,4928 \text{ kN-m}$$

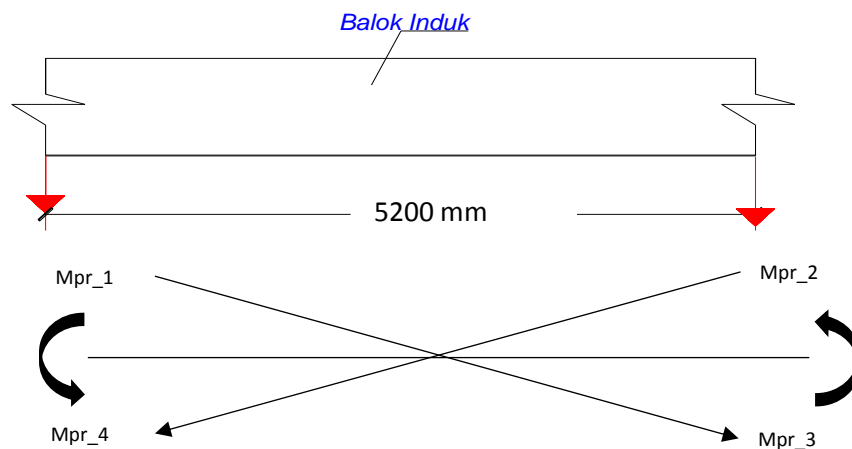
#### Kondisi 4 (Berlawanan arah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot As' \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{1,25 \times 603,4 \times 400}{0,85 \times 40 \times 200} = 44,3697$$

$$Mpr^- = 1,25 \times As' \cdot fy \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

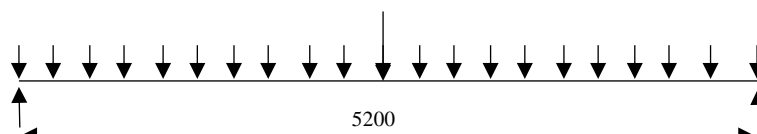
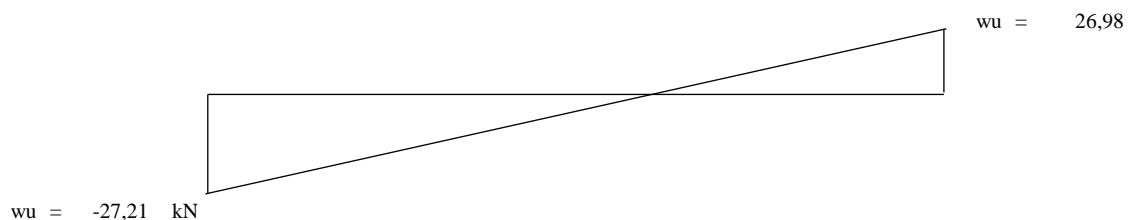
$$Mpr^- = 1,25 \times 603,43 \times 400,0 \left( 342,00 - \frac{44,37}{2} \right) \times 10^{-6}$$

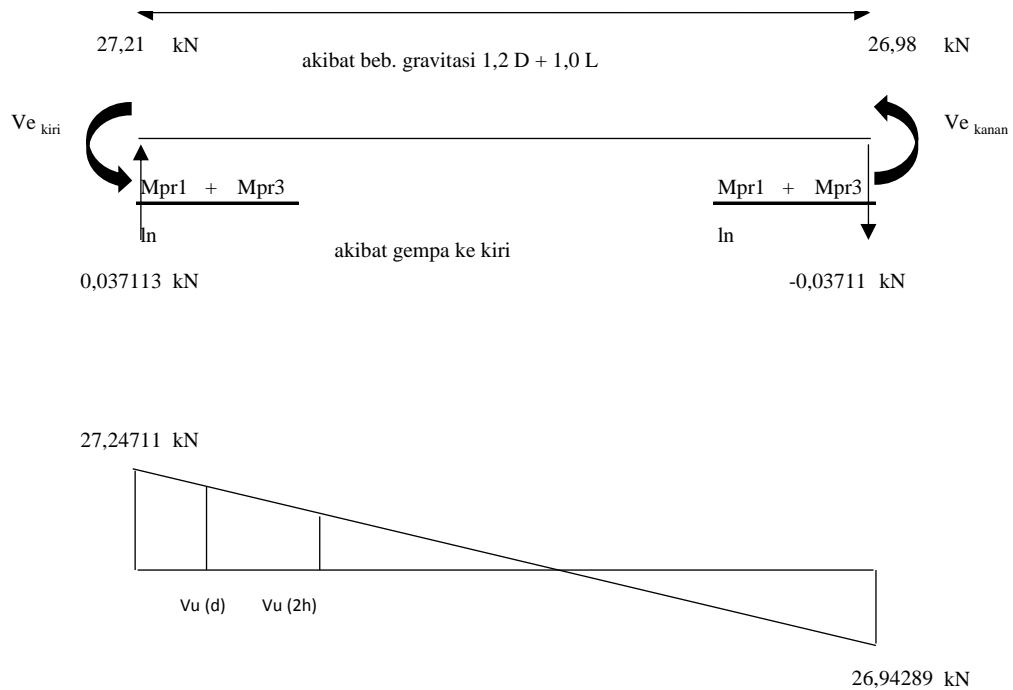
$$= 96,4928 \text{ kN-m}$$



$$Mpr_1 = 96,49 \text{ kNm}$$

$$Mpr_3 = 96,49 \text{ kNm}$$



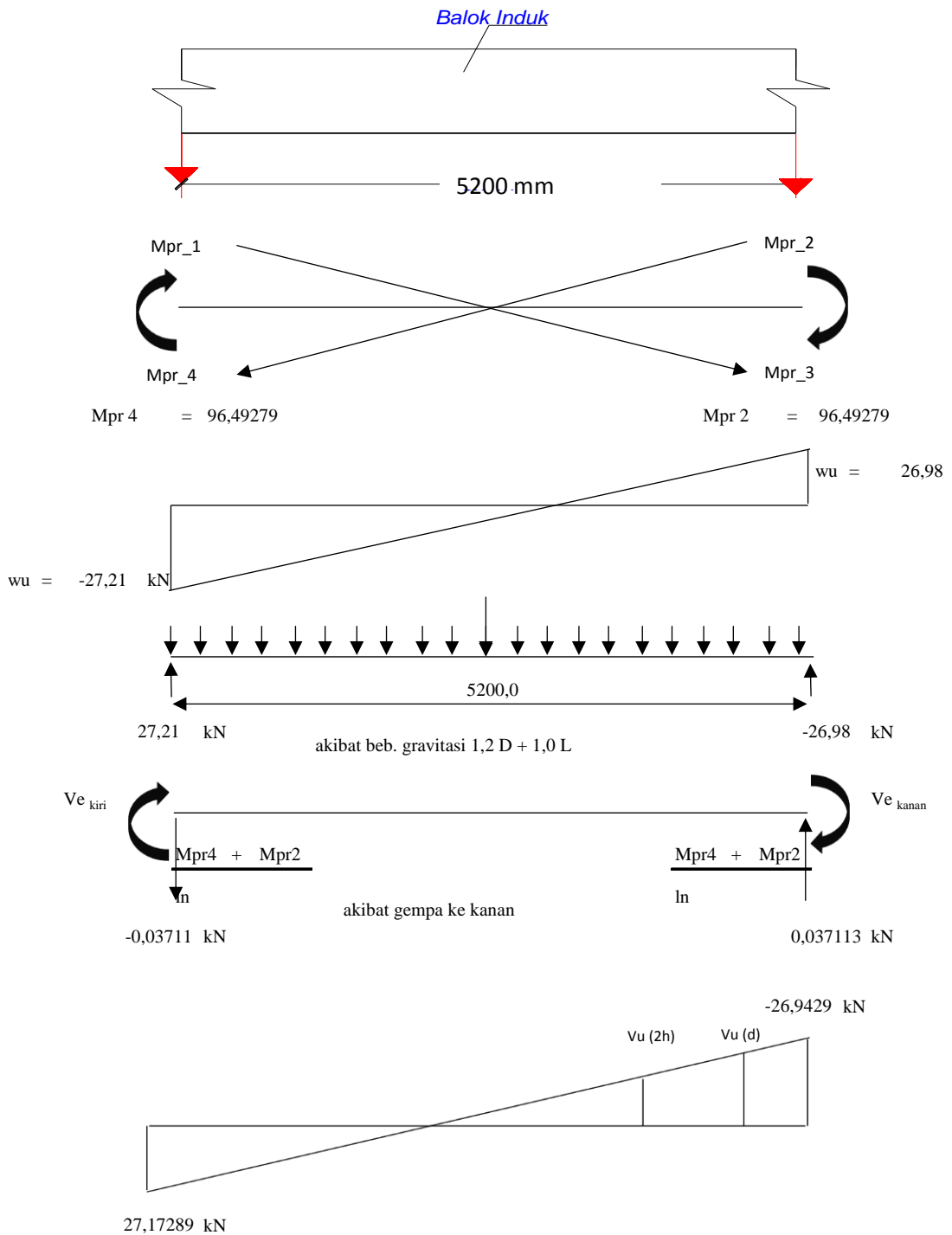


**Gambar 4.8 Desain gaya geser gempa akibat goyangan gempa ke kiri**

- Akibat Gempa ke kiri

$$\begin{aligned}
 V_{e \text{ kiri}} &= V_{\text{gravitasi}} + V_{\text{gempa}} \\
 &= V_{\text{gravitasi}} + \left( \frac{M_{pr\_1} + M_{pr\_3}}{l_n} \right) \\
 &= 27,21 + \left( \frac{96,49 + 96,49}{5200} \right) \\
 &= 27,25 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{e \text{ kanan}} &= V_{\text{gravitasi}} + V_{\text{gempa}} \\
 &= V_{\text{gravitasi}} - \left( \frac{M_{pr\_1} + M_{pr\_3}}{l_n} \right) \\
 &= 26,98 - \left( \frac{96,49 + 96,49}{5200} \right) \\
 &= 26,9429 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.9 Desain gaya geser gempa akibat goyangan gempa ke kanan**

-. Akibat Gempa ke kanan

$$V_{e\text{ kanan}} = V_{\text{gravitasi}} + V_{\text{gempa}}$$

$$\begin{aligned}
&= V_{\text{gravitasi}} + \left( \frac{M_{pr\_2} + M_{pr\_4}}{l_n} \right) \\
&= 27,21 + \left( \frac{96,49 + 96,49}{5200} \right) \\
&= 27,25 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_{e \text{ kiri}} &= V_{\text{gravitasi}} + V_{\text{gempa}} \\
&= V_{\text{gravitasi}} + \left( \frac{M_{pr\_2} + M_{pr\_4}}{l_n} \right) \\
&= 27,21 + \left( \frac{96,49 + 96,49}{5200} \right) \\
&= 27,1729 \text{ kN}
\end{aligned}$$

• **Tulangan geser pada daerah sendi plastis (joint C26)**

$$\begin{aligned}
V_u(d) &= 27,25 - \left( \frac{2600 - 342}{2600} \right) \\
&= 27,25 - 0,868 \\
&= 26,38 \text{ kN}
\end{aligned}$$

**V<sub>c</sub> = 0** apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.2

a. Gaya geser akibat gempa saja ( akibat Mpr ) > 0.5 total geser

( akibat Mpr + beban grafitasi )

b. gaya aksial tekan < Ag.f'c/10

$$\text{cek : } M_{pr} = 0,037 > 0,5 \times 27,2 = 14$$

$$V_s = \frac{V_u(d)}{\phi} - V_c = \frac{26,379}{0,75} - 0,00 = 35,1715 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang  $\phi$  **10 2 kaki** )

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \times 240 \times 342,00}{35,172} = 366,392$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa SNI 2847-2013 pasal

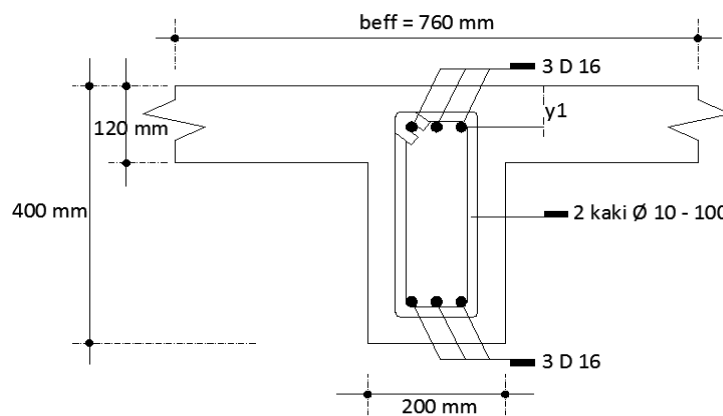
21.5.3.2,  $S_{maks}$  sepanjang sendi plastis diujung balok  $2h = 2 \times 400$

= 800 mm, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

$$-. \frac{d}{4} = \frac{342,0}{4} = 85,5$$

$$-. 6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \times 16 = 96 \text{ mm}$$

-. 150 mm



**Gambar 4.10 Tulangan geser pada daerah sendi plastis kanan**

Jadi dipakai sengkang  $\text{Ø } 10 - 100 \text{ mm}$

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{(4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \times 240 \times 342,0 \times 10^{-3}}{100}$$

$$= 128,983 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 0,00 + 128,98$$

$$= 128,98 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times V_n$$

$$= 0,75 \times 128,98$$

$$= 96,74 \text{ kN} > V_u(d) = 26,4 \text{ kN} \text{ ..... aman}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_s \text{ maks} \leq 0,33 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$$

$$V_s \text{ maks} \leq 0,33 \times \sqrt{40} \times 200 \times 342,0 \times 10^{-3}$$

$$128,98 \text{ kN} < 142,76 \text{ kN} \quad \text{..... OK}$$

• **Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis (joint C26)**

$$V_u(2h) = 27,25 - \left[ \frac{2600 - 800}{2600} \right]$$

$$= 27,2471 - 0,692307692$$

$$= 26,555 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,17 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$= 0,17 \sqrt{40} \times 200 \times 342,0 \times 10^{-3}$$

$$= 73,54 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u(2h)}{\phi} - V_c = \frac{26,55}{0,75} - 73,54 = -38,1 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang  $\phi$  **10 2 kaki**)

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \times 240 \times 342,0 \times 10^{-3}}{-38,136}$$

$$= -337,91 \text{ mm}$$

Syarat jarak spasi sengkang maksimum pada daerah luar sendi plastis menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4 dan 21.5.3.3

$$- \frac{d}{2} = \frac{342,0}{2} = 171,0 \text{ mm}$$

- 350 mm

Jadi dipakai sengkang  $\emptyset$  **10 - 150 mm**

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} = \frac{(3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \times 240 \times 342,0 \times 10^{-3}}{150}$$

$$= 85,910 \text{ kN}$$

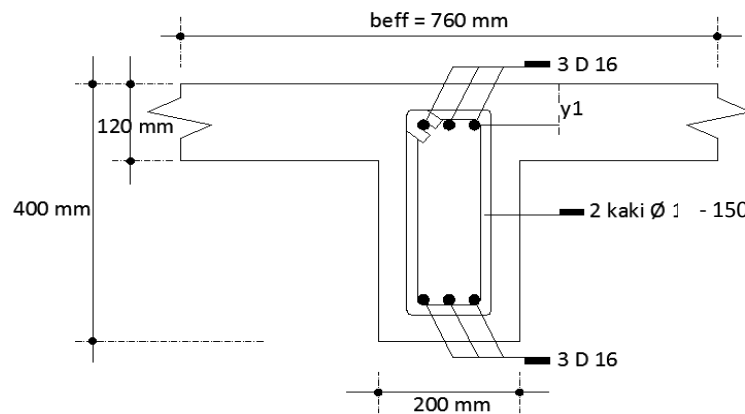
$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 73,542 + 85,910$$

$$= 159,452 \text{ kN}$$



$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0,75 \times V_n \\
 &= 0,75 \times 159,452 \\
 &= 119,59 \text{ kN} > V_u(2h) = 26,55 \text{ kN} \dots\dots \text{aman}
 \end{aligned}$$



**Gambar 4.11 Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis kanan**

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ maks} &\leq 0,33 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d \\
 V_s \text{ maks} &\leq 0,33 \sqrt{35} \times 200 \times 342,0 \times 10^{-3} \\
 85,910 \text{ kN} &< 133,538 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

• **Tulangan geser pada daerah sendi plastis (joint C3)**

$$\begin{aligned}
 V_u(d) &= 27,25 - \left[ \frac{2600000 - 342}{2600000} \right] \\
 &= 27,25 - [ 0,9999 ] \\
 &= 26,25 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

**Vc = 0** apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.2

- Gaya geser akibat gempa saja ( akibat Mpr ) > 0.5 total geser  
(akibat Mpr + beban grafitasi )
- gaya aksial tekan < Ag.f'c/10

$$\text{cek : } M_{pr} = 0 > 0,5 \times -27 = -13$$

$$V_s = \frac{V_u(d)}{\phi} - V_c = \frac{26,247}{0,75} - 0,00 = 34,9963 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang  $\phi$  10 ( 2 kaki )

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \times 240 \times 342}{34,996} = 368,561$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa SNI 2847-2013 pasal

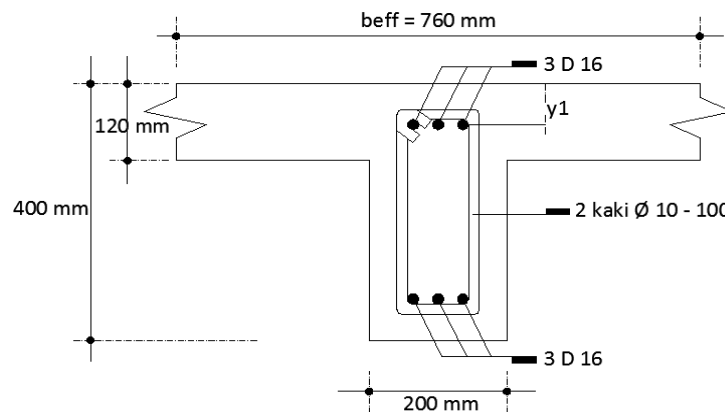
21.5.3.2,  $S_{maks}$  sepanjang sendi plastis diujung balok  $2h = 2 \times 400$

= 800 mm, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

$$-\frac{d}{4} = \frac{342,0}{4} = 85,5$$

$$-\ 6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

$$-\ 150 \text{ mm}$$



**Gambar 4.12 Tulangan geser pada daerah sendi plastis kiri**

Jadi dipakai sengkang  $\phi$  10 - 100 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{(3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \times 240 \times 342,0 \times 10^{-3}}{100}$$

$$= 128,983 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 0,00 + 128,98$$

$$= 128,98 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
\phi V_n &= 0,75 \times V_n \\
&= 0,75 \times 128,98 \\
&= 96,74 \text{ kN} > V_u(d) = 26,2 \text{ kN} \dots\dots \text{aman}
\end{aligned}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$\begin{aligned}
V_s \text{ maks} &\leq 0,33 \sqrt{f_c} b_w \cdot d \\
\bullet \quad V_s \text{ maks} &\leq 0,33 \times \sqrt{40} \times 200 \times 342,0 \times 10^{-3} \\
128,98 \text{ kN} &< 142,76 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}
\end{aligned}$$

**Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis (joint C3)**

$$\begin{aligned}
V_u(2h) &= 27,25 - \left( \frac{3E+06 - 800}{2600000} \right) \\
&= 27,2471 - [0,999692308] \\
&= 26,247 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_c &= 0,17 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d \\
&= 0,17 \sqrt{40} \times 200 \times 342,0 \times 10^{-3} \\
&= 73,54 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$V_s = \frac{V_u(2h)}{\phi} - V_c = \frac{26,25}{0,75} - 0,00 = 34,997 \text{ kN}$$

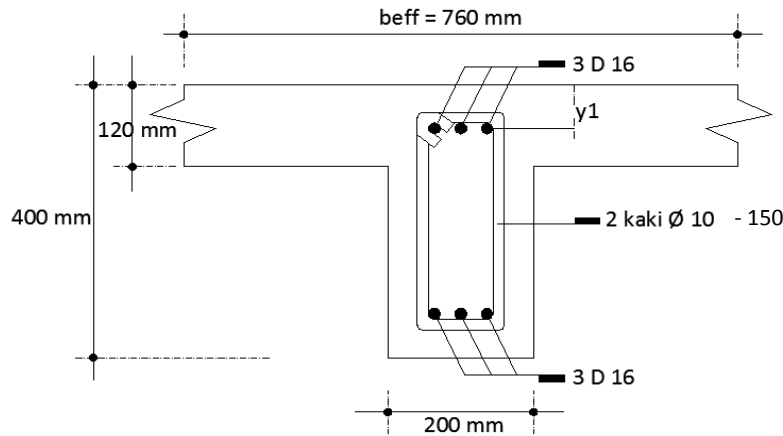
Direncanakan tulangan sengkang  $\phi$  **10 2 kaki**)

$$\begin{aligned}
s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} = \frac{(3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \times 240 \times 342,0 \times 10^{-3}}{34,997} \\
&= 368,56 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Syarat jarak spasi sengkang maksimum pada daerah luar sendi plastis menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4 dan 21.5.3.3

$$- \frac{d}{2} = \frac{342,0}{2} = 171,0 \text{ mm}$$

$$- 350 \text{ mm}$$



**Gambar 4.13 Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis kiri**

Jadi dipakai sengkang  $\emptyset$  10 - 150 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} = \frac{(3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \times 240 \times 342,0 \times 10^{-3}}{150}$$

$$= 85,989 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 73,542 + 85,989$$

$$= 159,531 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times V_n$$

$$= 0,75 \times 159,531$$

$$= 119,65 \text{ kN} > V_u (2h) = 26,25 \text{ kN} \dots\dots \text{aman}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_s \text{ maks} \leq 0,33 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$$

$$V_s \text{ maks} \leq 0,33 \sqrt{40} \times 200 \times 342,0 \times 10^{-3}$$

$$85,989 \text{ kN} < 142,758 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}$$

Dari hasil perhitungan dan ketentuan-ketentuan di atas maka dipasang tulangan sengkang sebagai berikut :

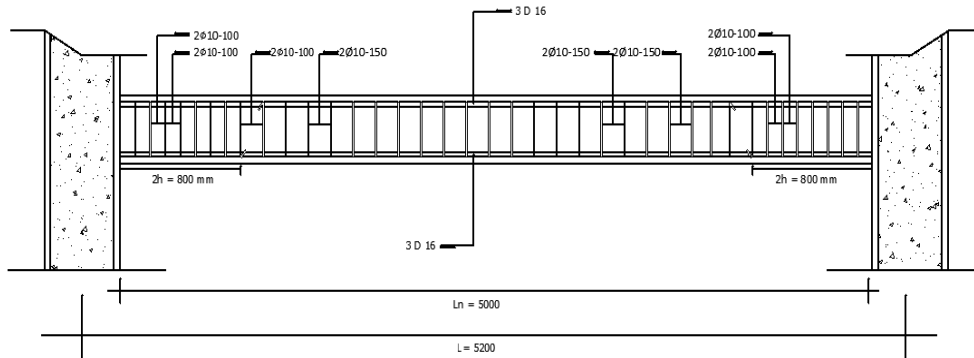
- Joint C26

- Daerah sendi plastis = 2 kaki  $\phi$  10 - 100 mm

- Daerah luar sendi plastis = 2 kaki  $\phi$  10 - 150 mm

- Joint C3

- Daerah sendi plastis = 2 kaki  $\phi$  10 - 100 mm
- Daerah luar sendi plastis = 2 kaki  $\phi$  10 - 150 mm



**Gambar 4.14 Penulangan geser pada balok**

#### Penulangan Torsi

Pada balok tinggi, pemasangan tulangan torsi perlu dilakukan untuk menghindari puntir yang terjadi akibat besarnya beban gempa yang terjadi. Berdasarkan SNI 2847-2013 Pasal 11.5.6, penulangan torsi harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

- Pada tiap sudut sengkang harus terdapat minimal 1 buah tul. Longitudinal.
- Spasi maksimum antara tulangan longitudinal untuk torsi disekitar perimeter tulangan sengkang adalah 300 mm.
- Diameter tulangan harus diambil dari yang terbesar dari  $0,042 \times$  spasi terbesar sengkang dan 10 mm.

Pada Analisa penulangan lentur balok, diketahui bentang bersih terdekat antara tulangan tarik dan tulangan tekan adalah 284 mm. Maka dari itu, untuk memenuhi persyaratan spasi maksimum sebesar 300 mm, maka diperlukan 0 tulangan longitudinal sebagai tulangan torsi. Sehingga jarak maksimum antar tulangan longitudinal balok yang terjadi adalah sebesar: 142 mm

Sedangkan untuk diameter tulangan, dengan spasi terbesar yang direncanakan yaitu 150 mm, maka  $0,042 \times 150 \text{ mm} = 6,3 \text{ mm}$ , digunakan  $\phi$  10

## 4.2 Perhitungan Penulangan Kolom

### 4.2.1 Perhitungan Penulangan Lentur Kolom 16 D 22

Diketahui :

$$b = 500 \text{ mm}$$

$$h'_{\text{kolom}} = h_{\text{kolom}} - h_{\text{balok}}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$= 4000 - 400 = 3600 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan sengkang } \emptyset \quad 12$$

$$f_c = 40 \text{ MPa}$$

$$\text{Tulangan utama dipakai } D \quad 22$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Tebal selimut beton } 40 \text{ mm}$$

$$\text{Dicoba tulangan } D \quad 22 \text{ mm}$$

$$d = h - \text{selimut beton} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok}$$

$$= 500 - 40 - 12 - \frac{1}{2} 22$$

$$= 437,0 \text{ mm}$$

$$d' = 500 - 437,0 = 63,0 \text{ mm}$$

- Luas Penampang kolom ( $A_g$ )

$$A_g = b \cdot h$$

$$= 500 \times 500$$

$$= 250000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maka dipakai tulangan } \mathbf{12} \text{ D } 22 \quad A_{s_t} = 4559 \text{ mm}^2$$

Dalam SNI 2847-2013 pasal 10.9.1, Luas tulangan Longitudinal,  $A_{s_t}$ , untuk

komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari  $0,01A_g$  atau lebih dari  $0,08A_g$

Periksa Rasio Tulangan Memanjang :

$$\rho_g = \frac{A_{s_t}}{A_g} = \frac{4559}{250000} = 0,018$$

$$0,01 A_g < \rho_g = 0,018 < 0,08 A_g$$

- Beban Sentris

$$P_o = 0,85 \cdot f_c (A_g - A_{s_t}) + f_y \cdot A_{s_t}$$

$$= (0,85 \cdot 40 (250000 - 4559,28) + 400 \cdot 4559,28) \cdot 10^{-3} = 10168,696 \text{ kN}$$

$$P_n = 0,80 \cdot P_o$$

$$\phi P_n = 0,65 \times 8134,957$$

$$= 0,80 \cdot 10168,696$$

$$= 5287,722 \text{ kN}$$

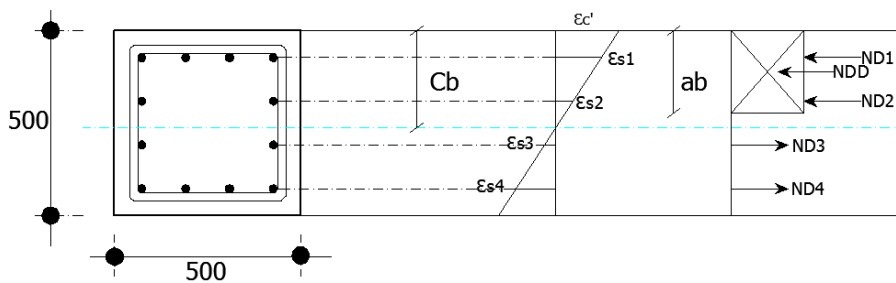
$$= 8134,957 \text{ kN}$$

• **Kondisi Seimbang**

$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \times 437,0}{600 + 400} = 262,2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} ab &= c \cdot \beta \\ &= 262,2 \times 0,85 \\ &= 222,87 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ND1} &= 0,85 \cdot f_c \cdot ab \cdot b \\ &= 0,85 \times 40 \times 222,870 \times 500 \times 10^{-3} \\ &= 3788,79 \text{ kN} \end{aligned}$$



**Gambar 4.15** Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi seimbang 12 D 22

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{c - d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{262,2 - 63,0}{262,2} \times 0,003$$

$$= 0,00228 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{ND2} = A_{s1} \times f_s \quad (5 \text{ D } 22)$$

$$= 1901,43 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{760,57 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{262,2 - 187,67}{262,2} \times 0,003$$

$$= 0,00085 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{ND3} = A_{s2} \times f_s \quad (2 \text{ D } 22)$$

$$= 760,6 \times 400,000 \times 10^{-3} = \mathbf{304,23 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{312,3 - 262,2}{312,3} \times 0,003$$

$$= 0,00048 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00048 \times 200000 = 96,254 \text{ MPa}$$

$$\text{NT2} = A_{s3} \times f_s \quad (2 \text{ D } 22)$$

$$= 760,57 \times 96,254 \times 10^{-3} = \mathbf{73,21 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s4} = \frac{386,87 - 312,3}{312,300} \times 0,003$$

$$= 0,00072 > \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00072 \times 200000 = 143,26 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{NT1} = A_s8 \times f_s \quad (5 \text{ D } 22)$$

$$= 1901,43 \times 143,26 \cdot 10^{-3} = \mathbf{272,40 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_{s9} = \frac{511,53 - 312,3}{312,300} \times 0,003$$

$$= 0,00191 = \varepsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$P_{nb} = ND1 + ND2 + ND3 - NT2 - NT1$$

$$= 3788,79 + 760,57 + 304,229 - 73,208 - 272,40$$

$$= 4507,984 \text{ kN}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \times 4507,984$$

$$= 2930,19 \text{ kN}$$

$$M_{nb} = ND1(h/2 - ab/2) + \{(ND2 + NT1) \cdot (h/2 - d')\} + \{(ND3 + NT2) \cdot (h/2 - y1)\}$$

$$+ \{(ND3) \cdot (h/2 - y2)\}$$

$$= 3788,79 \left[ \frac{500}{2} - \frac{222,9}{2} \right] + \left[ 760,57 + 272,398 \times \left[ \frac{500}{2} - 63,0 \right] \right] + \left[ (304,23 + 73,21) \times \left[ \frac{500}{2} - 187,7 \right] \right]$$

$$+ \left[ 304,23 \times \left[ \frac{500}{2} - 262,2 \right] \right]$$

$$10^{-3}$$

$$= \left[ 524993,6864 + 193165,294 + 23526,863 + 75794,943 \right] 10^{-3}$$

$$= 817,481 \text{ kNm}$$

$$\phi M_{nb} = 0,65 \times 817,5$$

$$= 531,4 \text{ kNm}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{817,4807871}{4507,984} = 0,1813 \text{ m} = 181,341 \text{ mm}$$

• **Kondisi Patah Desak** ( $c > c_b$ )

Dipakai nilai  $c = \mathbf{300}$  mm

$$ab = c \cdot \beta$$

$$= 300 \times 0,85$$

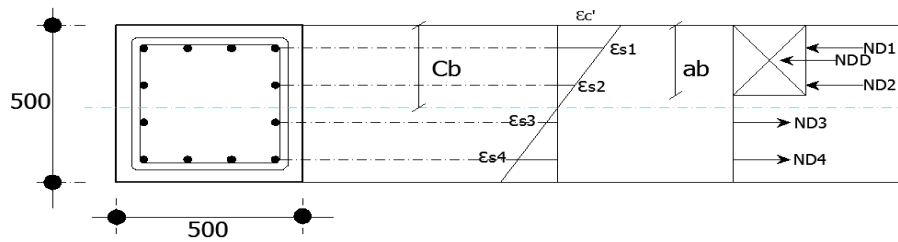
$$= 255 \text{ mm}$$

$$ND1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \times 40 \times 255,0 \times 500 \times 10^{-3}$$



$$= 4335,00 \text{ kN}$$



**Gambar 4.16 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi patah desak 12 D 22**

$$\epsilon_y = \frac{fy}{Es} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{300 - 63}{300} \times 0,003$$

$$= 0,00237 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$ND2 = A_{s1} \times f_s \quad (5 \text{ D } 22)$$

$$= 1901,429 \times 400 \times 10^{-3} = 760,57 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{300 - 187,67}{300} \times 0,003$$

$$= 0,00112 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$ND3 = A_{s2} \times f_s \quad (2 \text{ D } 22)$$

$$= 760,57 \times 400 \times 10^{-3} = 304,229 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{312 - 300}{312} \times 0,003$$

$$= 0,00012 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00012 \times 200000 = 23,08 \text{ MPa}$$

$$NT2 = A_{s3} \times f_s \quad (2 \text{ D } 22)$$

$$= 760,57 \times 23,08 \times 10^{-3} = 17,552 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s4} = \frac{424,7 - 312}{312} \times 0,003$$

$$= 0,00108 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00108 \times 200000 = 217 \text{ MPa}$$

$$NT1 = A_{s8} \times f_s \quad (5 \text{ D } 22)$$

$$= 1901,43 \times 216,67 \times 10^{-3} = \mathbf{411,976 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s_y} = \frac{549 - 312}{312} \times 0,003$$

$$= 0,00228 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00228 \times 200000 = 456,41 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} P_n &= ND1 + ND2 + ND3 - NT2 - NT1 \\ &= 4335,000 + 760,57 + 304,229 - 17,552 - 411,976 \\ &= 4970,272 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,65 \times 4970,272 \\ &= 3230,6769 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nb} &= ND1(h/2 - ab/2) + \{(ND2 + NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND3 + NT2).(h/2 - y1)\} \\ &\quad + \{(ND3).(h/2 - y2)\} \\ &= 4335,000 \left[ \frac{500}{2} - \frac{255,0}{2} \right] + \left[ 760,57 + 17,552 \times \right. \\ &\quad \left. \left[ \frac{500}{2} - 63,0 \right] \right] + \left[ (304,23 + 17,55) \times \left[ \frac{500}{2} - 63,0 \right] \right] \\ &\quad + \left[ 304,23 \right] \times \left[ \frac{500}{2} - 300,0 \right] \\ &\quad 10^{-3} \\ &= \left[ 531037,5 + 145509,015 + 60172,901 + 75757,143 \right] 10^{-3} \\ &= 812,477 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,65 \times 812,477 \\ &= 528,11 \text{ kNm} \end{aligned}$$

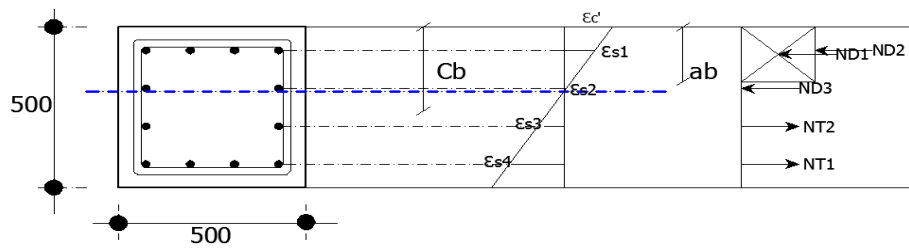
$$e_b = \frac{M_n}{P_n} = \frac{812,48}{4970,272} = 0,1635 \text{ m} = 163,47 \text{ mm}$$

• **Kondisi Patah Tarik** ( $c < c_b$ )

Dipakai nilai  $c = 200 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} ab &= c \cdot \beta \\ &= 200 \times 0,85 \\ &= 170,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ND1 &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \times 40 \times 170,0 \times 500 \times 10^{-3} \\ &= \mathbf{2890 \text{ kN}} \end{aligned}$$



Gambar 4.17 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi patah tarik 12 D 22

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{200 - 63}{200} \times 0,003$$

$$= 0,00206 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$ND2 = A_{s1} \times f_s \quad (5 \text{ D } 22)$$

$$= 1901,429 \times 400 \times 10^{-3} = \mathbf{760,57 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{200 - 187,67}{200} \times 0,003$$

$$= 0,00019 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00019 \times 200000 = 37 \text{ MPa}$$

$$ND3 = A_{s2} \times f_s \quad (2 \text{ D } 22)$$

$$= 760,57 \times 37,00 \times 10^{-3} = \mathbf{28,141 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{312 - 200}{200} \times 0,003$$

$$= 0,00169 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00169 \times 200000 = 337 \text{ MPa}$$

$$NT2 = A_{s6} \times f_s \quad (5 \text{ D } 22)$$

$$= 760,57 \times 337,000 \times 10^{-3} = \mathbf{256,31 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s6} = \frac{437 - 200}{200} \times 0,003$$

$$= 0,00356 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$NT1 = A_{s6} \times f_s \quad (2 \text{ D } 22)$$

$$= 760,57 \times 400,000 \times 10^{-3} = \mathbf{304,229 \text{ kN}}$$

$$\epsilon_{s7} = \frac{562 - 200}{200} \times 0,003$$

$$= 0,00543 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
P_n &= ND1 + ND2 + ND3 - NT2 - NT1 \\
&= 2890 + 760,57 + 28,141 - 256,313 - 304,23 \\
&= 3118,171 \text{ kN} \\
\phi P_n &= 0,65 \times 3118,171 \\
&= 2026,81143 \text{ kN} \\
M_{nb} &= ND1(h/2 - ab/2) + \{(ND2 + NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND3 + NT2).(h/2 - y_1)\} \\
&\quad + \{(ND2 + NT1).(h/2 - y_2)\} \\
&= 2890,0 \left[ 500 / 2 - 170 / 2 \right] + \left[ (760,57 + 304,229) \times \right. \\
&\quad \left. \left[ 500 / 2 - 63,0 \right] \right] + \left[ (28,14 + 256,31) \times \left[ 500 / 2 - 187,7 \right] \right] \\
&\quad + \left[ (304,2) \times \left[ 500 / 2 - 200,0 \right] \right] 10^{-3} \\
&= \left[ 476850 + 199118 + 17730,9 + 75857,1 \right] 10^{-3} \\
&= 769,556 \text{ kNm} \\
\phi M_n &= 0,65 \times 769,6 \\
&= 500,211 \text{ kNm} \\
e_b &= \frac{M_n}{P_n} = \frac{769,556}{3118,171} = 0,247 \text{ m} = 247 \text{ mm}
\end{aligned}$$

• **Kondisi Lentur Murni**

Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 6 \text{ D } 22 = 2279,640 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 6 \text{ D } 22 = 2279,640 \text{ mm}^2$$

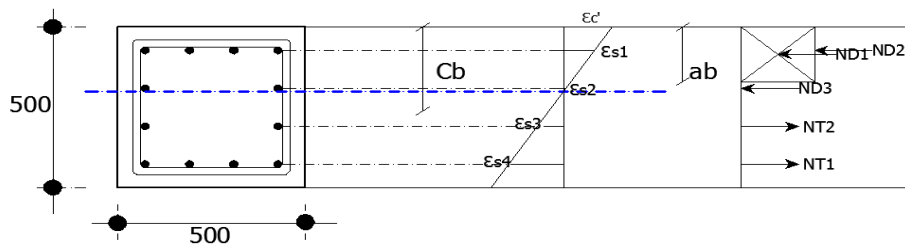
$$A_{s1} = 4 \text{ D } 22 = 1519,760 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 2 \text{ D } 22 = 759,880 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = 40 + 10 + 1/2 \cdot 22 = 61 \text{ mm}$$

$$y_2 = 61 + 118 = 179 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{1519,76 \times 61 + 759,9 \times 179}{2279,640} = 100,34 \text{ mm}$$



Gambar 4.18 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi 1 lentur murni 12 D 22

Dimisalkan garis netral ( $c$ )  $>$   $y_2$  maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

Substitusi nilai :  $a = \beta 1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 40 \times 0,85 \times 500 \right] c^2 + \left[ 600 \times 2279,640 - 2279,640 \times 400 \right] c - 600 \times 2279,640 \times 100,3 = 0$$

$$14450 c^2 + 455928,00 c - 137243446,6 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai  $c$  :

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{-455928 \pm \sqrt{455928^2 - 4 \times 14450 \times 137243446,6}}{2 \times 14450}$$

$$= \frac{-455928 + 2853163,43}{28900} = 82,9 \text{ mm}$$

$$c = 82,9 \text{ mm} > y_1 = 61 \text{ mm}$$

Karena nilai  $c <$   $y_2$  maka dihitung nilai  $c$  sebenarnya berdasarkan persamaan yang kedua.

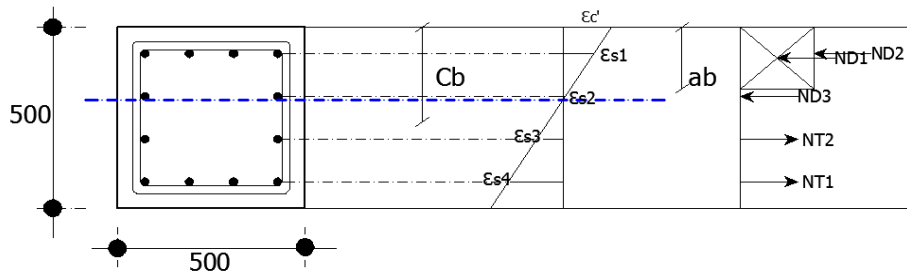
Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 8 \text{ D } 22 = 3042,286 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 4 \text{ D } 22 = 1521,143 \text{ mm}^2$$

$$d' = 40 + 12 + 1/2 \cdot 22 = 63,0 \text{ mm}$$

$$d = 500 - 63 = 437,0 \text{ mm}$$



Gambar 4.19 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi 2 lentur murni 12 D 22

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta \cdot 1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$\left[ 0,85 \times 40 \times 0,85 \times 500 \right] c^2 + \left[ 600 \times 1521,143 - 3042,286 \right. \\ \left. \times 400 \right] c - 600 \times 1521,143 \times 63,0 = 0$$

$$14450 \cdot c^2 + -304228,57 \cdot c - 57499200,0 = 0$$

dengan rumus ABC dapat dihitung nilai c :

$$c = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$= \frac{304229 + \sqrt{-304229^2 - 4 \times 14450 \times 57499200,0}}{2 \times 14450}$$

$$= \frac{304228,5714 + 1848244,78}{28900} = 74,480 \text{ mm}$$

$$c = 74,480 \text{ mm}$$

Dihitung nilai a :

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,85 \times 74,480 = 63,308 \text{ mm}$$

$$ND1 = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \times 40 \times 63,308 \times 500$$

$$= 1076,237 \text{ kN}$$

$$\text{ND2} = f_s' \cdot A_s'$$

$$= \frac{(c - d')}{c} \times 600 \cdot A_s'$$

$$= \frac{74,480 - 63,0}{74,480} \times 600 \times 2279,640 \times 10^{-3}$$

$$= 210,825 \text{ kN}$$

$$\text{NT1} = A_s \times f_y$$

$$= 1521,143 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 608,46 \text{ kN}$$

$$\text{NT2} = A_s \times f_y$$

$$= 760,57 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 304,229 \text{ kN}$$

$$\text{NT3} = A_s \times f_y$$

$$= 760,571 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 304,23 \text{ kN}$$

$$\text{ND1+ND2} = \text{NT1+NT2+NT3+NT4}$$

$$1076,237 + 210,82 = 608,46 + 304,229 + 304,229 +$$

$$1287,061 = 1287,061$$

$$\begin{aligned} ZND1 &= c - a/2 \\ &= 74,480 - 63,308 / 2 \\ &= 42,83 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ZND2 &= c - y1 \\ &= 74,480 - 61 \\ &= 13,480 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ZNT1 &= y3 - c \\ &= 185,667 - 74,480 \\ &= 111,187 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ZNT2 &= y4 - c \\ &= 199,1 - 185,667 \\ &= 13,480 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ZNT3 &= y5 - c \\ &= 323,8 - 185,667 \\ &= 138,147 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_n = ((ND1.ZND1)+(ND2.ZND2)+(NT1.ZNT2)+(NT2.ZNT2)+(NT3.ZNT3))$$

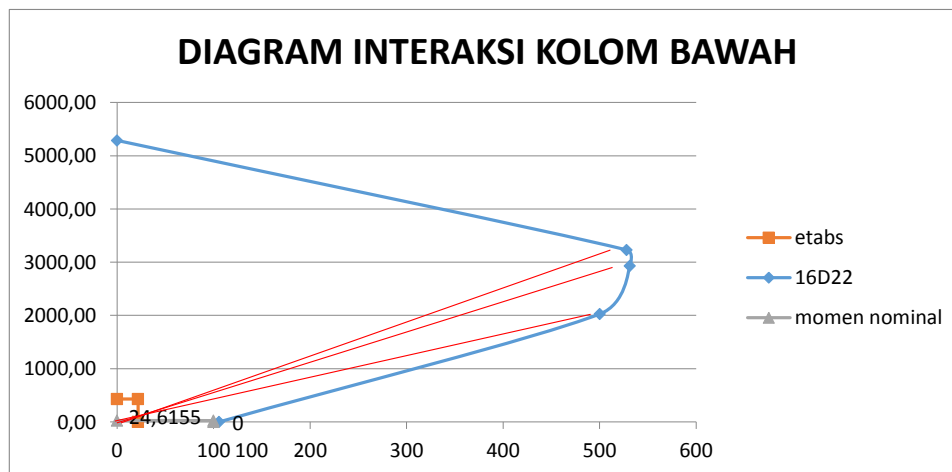
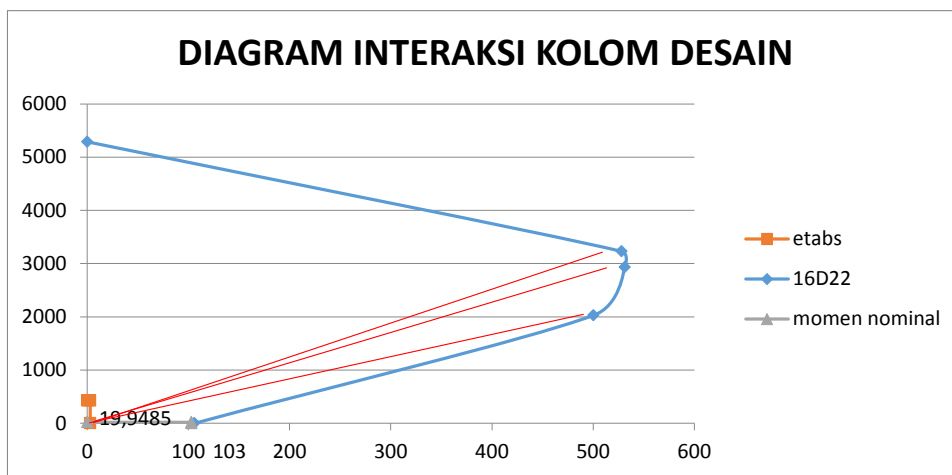
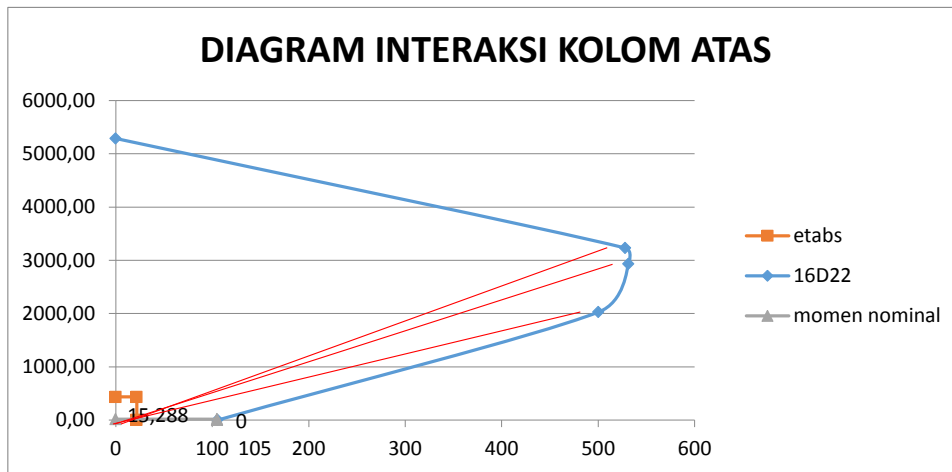
$$\begin{aligned} &= \left[ 1076,237 \times 42,82603 \right] + \left[ 210,825 \times 13,480 \right] + \left[ 608,46 \times 111,187 \right] \\ &+ \left[ 304,229 \times 13,480 \right] + \left[ 304,229 \times 138,147 \right] \\ &10^{-3} \\ &= 162,714 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,65 \times 162,714 \\ &= 105,764 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Tabel 4.1 Diagram Interaksi kolom 16 D 32

Kondisi	12 D 22	
	$\phi P_n$ (kN)	$\phi M_n$ (kNm)
Sentris	5287,72	0
Patah Desak	3230,68	528,110
Balance	2930,19	531,363
Patah Tarik	2026,811	500,211
Lentur	0	105,764





**Gambar 4.20 Diagram Interaksi Kolom 12 D 22**

#### 4.2.2 Perhitungan Penulangan Geser Kolom

Diketahui : $l = 500 \text{ mm}$	$f_c = 40 \text{ MPa}$
$b = 500 \text{ mm}$	$f_{y_{ulir}} = 400 \text{ MPa}$
$h = 500 \text{ mm}$	$f_{y_{polos}} = 240 \text{ MPa}$
$l_n = \text{tinggi kolom} - h \text{ balok}$	$D = 22 \text{ mm}$
$= 4000 - 400 = 3600$	$\emptyset = 12 \text{ mm}$
$p = 40 \text{ mm}$	

##### a. Pengekangan Kolom

Pada perencanaan SRPMK, Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang  $l_0$  (SNI 2847-2013, Pasal 21.6.4.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang  $l_0$  tidak boleh kurang dari :

- $h = 500 \text{ mm}$
- $\frac{1}{6} \cdot l_n = \frac{1}{6} \times 3600 = 600,000 \text{ mm}$
- $450 \text{ mm}$

Jadi daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis sejauh  $500 \text{ mm}$  dari muka kolom.

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.3), spasi maksimum tidak boleh melebihi :

- $\frac{1}{4} \times \text{dimensi terkecil komponen struktur} = \frac{1}{4} \times 500 = 125 \text{ mm}$
- $6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$
- $100 \text{ mm}$

Dipasang tulangan geser  $6 \emptyset 12 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} A_s &= 4 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 12^2 \\ &= 678,24 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi } A_s = 678,24 \text{ mm}^2 \geq A_{sh}$$

$$h_c = 500 - 40 - 40 - 12 = 408,0 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = [500 - 2 \times 40]^2 = 176400 \text{ mm}^2$$

$A_{sh}$  minimum harus memenuhi persyaratan sesuai SNI 2847-2013 Pasal

21.6.4.4.(b) dan diambil nilai yang terbesar dari hasil rumus berikut ini :

$$A_{sh} = 0,3 \left( \frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_{yh}} \right) \left( \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right)$$

$$678,2 = 0,3 \times \left( \frac{s \times 408 \times 40}{400} \right) \times \left( \left( \frac{250000}{176400} \right) - 1 \right)$$

$$678,2 = 0,3 \times 40,8 \ s \times 0,417$$

$$678,2 = 5,10694 \ s$$

$$s = \mathbf{132,808 \text{ mm}}$$

atau

$$A_{sh} = 0,09 \left( \frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_{yh}} \right)$$

$$678,2 = 0,09 \left( \frac{s \times 408 \times 40}{400} \right)$$

$$678,2 = 0,09 \times 40,8 \ s$$

$$678,2 = 3,672 \ s$$

$$s = \mathbf{184,706 \text{ mm}}$$

Digunakan  $s = 100 \text{ mm}$

Jadi dipasang tulangan geser  $4 \ \emptyset 12 - 100 \text{ mm}$

#### a. Perhitungan Tulangan Transversal Kolom Akibat Ve

Diketahui :  $l = 500 \text{ mm}$

$b = 500 \text{ mm}$

$h = 500 \text{ mm}$

$f'_c = 40 \text{ MPa}$

$f_{y_{ulir}} = 400 \text{ MPa}$

$f_{y_{polos}} = 240 \text{ MPa}$

Tinggi bersih  $h_n = 3600 \text{ mm}$      $Nu, k = 1056230,00 \text{ N}$

Tulangan sengkang =  $\emptyset 12 \text{ mm}$

Perhitungan Momen Probabilitas (Mpr)

$Mpr = Mnb = 817480787,059 \text{ Nmm}$

Karena tulangan longitudinal sepanjang kolom sama, maka  $Mpr_3$  dan  $Mpr_4$

=  $817480787,059 \text{ Nmm}$ , sehingga :

$$\begin{aligned}
V_{e \text{ kolom}} &= \frac{M_{pr-3} + M_{pr-4}}{hn} \\
&= \frac{817480787,059 + 817480787,059}{3600} \\
&= 454156,0 \text{ N} \\
V_{e \text{ balok}} &= \frac{M_{Pr-1} + M_{Pr-2}}{hn} \\
&= \frac{96492792,317 + 96492792,317}{3600} \\
&= 53607,107 \text{ N} < V_{e \text{ kolom}} = 454155,993 \text{ N}
\end{aligned}$$

$V_c = 0$  apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 Pasal 21.5.4.2 sebagai berikut :

Gaya aksial terfaktor  $< A_g \cdot f_c / 20$

$$1056230 \text{ N} < \frac{500 \times 500 \times 40}{20}$$

$$1056230 \text{ N} > 500000 \text{ N}$$

Maka dipakai  $V_c$  sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 :

$$\begin{aligned}
V_c &= 0,17 \left( 1 + \frac{Nu}{14 \cdot A_g} \right) \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\
&= 0,17 \left( 1 + \frac{1056230}{14 \times 250000} \right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 500 \times 535,5 \\
&= 374753,754 \text{ N}
\end{aligned}$$

- **Tulangan geser di dalam daerah sendi plastis**

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang  $l_o$  (SNI 2847-2013

Pasal 21.6.4.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang  $l_o$  tidak boleh kurang dari :

- $h = 500 \text{ mm}$
- $\frac{1}{6} \times l_n = \frac{1}{6} \times 3600 = 600,0 \text{ mm}$

- 450 mm

Jadi daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis sejauh 450 mm dari muka kolom.

Persyaratan spasi maksimum pada daerah sendi plastis (SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.3), spasi maksimum tidak boleh melebihi :

-  $\frac{1}{4}$  x dimensi terkecil komponen =  $\frac{1}{4}$  x 500 = 125 mm

- 6 x diameter terkecil komponen = 6 x 22 = 132 mm

-  $s_o = 100 + \left( \frac{350 - h_x}{3} \right) = 100 + \left( \frac{350 - 272}{3} \right) = 126$  mm

Maka diasumsikan s rencana yang dipakai sebesar 100 mm

$h_c = 500 - 40 - 40 - 12 = 408$  mm

$A_{ch} = [500 - 2 \times 40]^2 = 176400$  mm<sup>2</sup>

$A_{sh}$  minimum harus memenuhi persyaratan sesuai SNI 2847-2013 Pasal

21.6.4.4.(b) dan diambil nilai yang terbesar dari hasil rumus berikut ini :

$$A_{sh} = 0,3 \left( \frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_{yh}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$A_{sh} = 0,3 \times \left( \frac{120 \times 408 \times 40}{400} \right) \times \left( \left( \frac{250000}{176400} \right) - 1 \right)$$

$$A_{sh} = 0,3 \times 4896,0 \times 0,417$$

$$A_{sh} = \mathbf{612,833 \text{ mm}^2}$$

atau

$$A_{sh} = 0,09 \left( \frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_{yh}} \right)$$

$$A_{sh} = 0,09 \times \left( \frac{120 \times 408 \times 40}{400} \right)$$

$$A_{sh} = 0,09 \times 4896$$

$$A_{sh} = \mathbf{440,64 \text{ mm}^2}$$
 , maka diambil yg terbesar yaitu: 612,84 mm<sup>2</sup>

Untuk memenuhi luas perlu minimum, maka dipasang:  $A_{sh}$  4  $\phi$  12

$$A_{sh} \text{ 4 } \phi \text{ 12} = 452,2 \text{ mm}^2 < 612,8 \text{ mm}^2 \quad (\text{Tdk Terpenuhi})$$

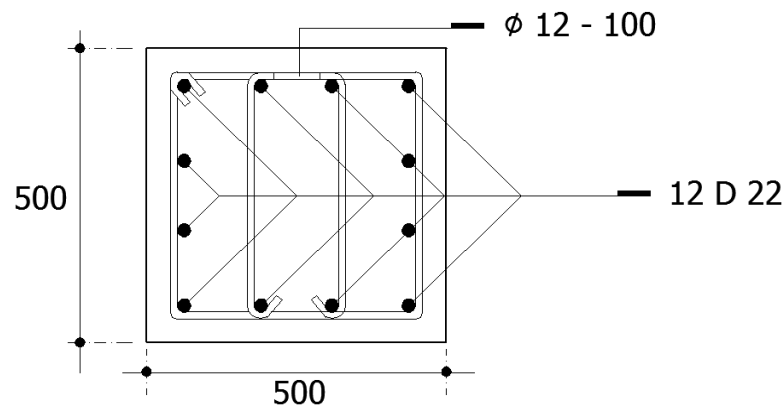
Maka, direncanakan tulangan sengkang kolom 4 kaki diameter 12 - 100

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{452,2 \times 400 \times 535,5}{100}$$

$$= 968526,72 \text{ N}$$

Jadi dipasang tulangan geser 4 kaki  $\phi$  12 - 100 mm

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 Pasal 11.4.7.9



**Gambar 4.21 Tulangan geser pada daerah sendi plastis kolom**

$$V_s \leq 0,66 \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_s \leq 0,66 \times \sqrt{40} \times 500 \times 500$$

$$968.527 \text{ N} < 1.043.552 \text{ N} \dots\dots\dots\text{OK}$$

Maka :

$$\phi (V_s + V_c) = 0,75 [ 968527 + 374753,8 ]$$

$$= 1007460,36 \text{ N} > V_u = 53607,11 \text{ N} \dots\dots\dots\text{OK}$$

Jadi untuk penulangan geser di daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis sejauh  $l_o = 500 \text{ mm}$  dipasang tulangan geser 4 kaki  $\phi$  12 - 100.

• **Tulangan geser di luar daerah sendi plastis**

Persyaratan spasi maksimum untuk daerah luar sendi plastis menurut

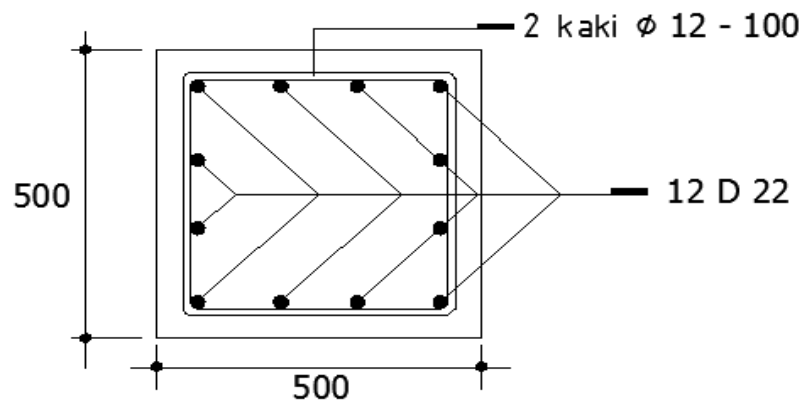
SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.5, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

- 6 x diameter tulangan utama = 6 x 22 = 132 mm
- 150 mm

Dipakai sengkang **2 kaki Ø 12 dengan spasi 130 mm**

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{452,2 \times 400 \times 535,5}{130}$$

$$= 745021 \text{ N}$$



**Gambar 4.22 Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis kolom**

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 Pasal 11.4.7.9

$$V_s \leq 0,66 \cdot f_c' \cdot \sqrt{b_w \cdot d}$$

$$V_s \leq 0,66 \cdot \sqrt{40 \times 500 \times 500}$$

$$745.021 \text{ N} < 1.043.552 \text{ N} \dots\dots\dots\text{OK}$$

Maka :

$$\phi (V_s + V_c) = 0,75 [ 745021 + 374753,8 ]$$

$$= 839830,7 \text{ N} > V_u = 53607,1 \text{ N} \dots\dots\dots\text{OK}$$

Jadi untuk penulangan geser di luar sendi plastis dipasang tulangan geser

**2 kaki Ø 12-130.**

#### 4.2.3 Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 12.2.3 panjang sambungan lewatan harus dihitung

sesuai dengan rumus sebagai berikut :

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1\lambda} \times \frac{\Psi_t \Psi_o \Psi_s}{\sqrt{f_c'} \left( \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

dimana :  $\Psi_t = 1$      $\Psi_o = 1$      $\Psi_s = 1$      $\lambda = 1$

$c =$  selimut beton +  $\emptyset$  sengkang +  $\frac{1}{2}$  D kolom

$$= 40 + 12 + \left( \frac{1}{2} \cdot 22 \right)$$

$$= 63,0 \text{ mm}$$

$$c = \frac{500 - 2(40 + 12) - 22}{2 \times 4}$$

$$= 46,75 \text{ mm}$$

diambil  $c = 46,75 \text{ mm}$  yang menentukan

$$K_{tr} = 0$$

$$\left( \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right) = \frac{46,75 + 0}{22} = 2,125$$

$$\text{Sehingga : } l_d = \frac{400}{1,1 \times 1\sqrt{40}} \times \frac{1 \times 1 \times 1}{2,125} \times 22 = 595,252 \text{ mm}$$

Sesuai Pasal 21.6.3.3, sambungan lewatan harus diletakan ditengah panjang kolom dan harus dihitung sebagai sambungan tarik.

Mengingat sambungan lewatan ini termasuk kelas B, maka panjangnya

$$\text{harus} = 1,3 l_d = 1,3 \times 595,3 = 773,83 \text{ mm} \approx \mathbf{800 \text{ mm}}$$

Sedangkan untuk spasi sengkang pada daerah sambungan lewatan, harus

memenuhi syarat-syarat yang terdapat pada SNI 2847-2013 Pasal 21.5.2.3 yaitu :

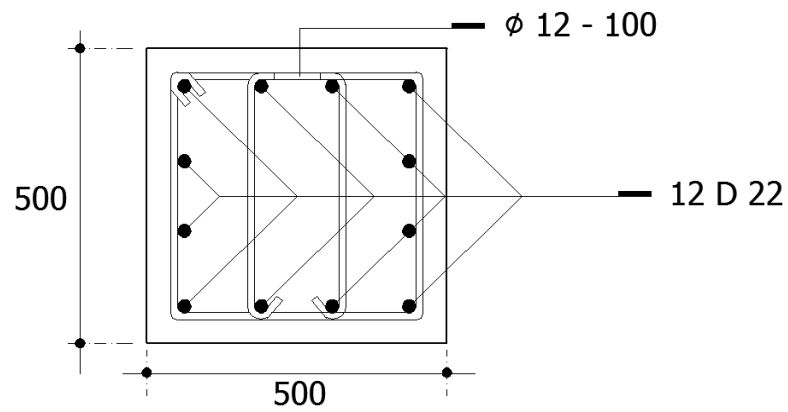
$$- d/4 = \frac{500}{4} = 125 \text{ mm}$$

- 100 mm



Maka digunakan spasi sengkang pada daerah sambungan lewatan sebesar 90 mm

Dari analisa diatas, maka digunakan tulangan sengkang pada daerah sambungan lewatan 4 kaki  $\varnothing 12 - 90$  mm



**Gambar 4.23 Tulangan geser pada daerah Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom**

### 4.3 Persyaratan "Strong Columns Weak Beams"

Sesuai filosofi "*Capacity Design*", maka Pasal 21.6.2.2 mensyaratkan  $\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb}$ . Nilai  $M_{nc}$  harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, konsisten terhadap arah gempa yang ditinjau.

a. Momen pada kolom

$$\begin{aligned} \sum M_{nc} &= \phi M_n \text{ atas} + \phi M_n \text{ desain} \\ &= 105000000 + 103000000 \\ &= 208000000 \quad \text{Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_{nc} &= \phi M_n \text{ bawah} + \phi M_n \text{ desain} \\ &= 100000000 + 103000000 \\ &= 203000000 \quad \text{Nmm} \end{aligned}$$

b. Momen pada balok

$$M_{pr}^- = 96492792,317 \quad \text{Nmm}$$

$$M_{pr}^+ = 96492792,317 \quad \text{Nmm}$$

$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

$$\begin{aligned} \sum M_{nc} &= \frac{208000000 + 203000000}{0,65} \\ &= 632307692 \quad \text{Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1,2 \sum M_{nb} &= \frac{1,2 \times (96492792,317 + 96492792,317)}{0,9} \\ &= 257314112,845 \quad \text{Nmm} \end{aligned}$$

Maka :

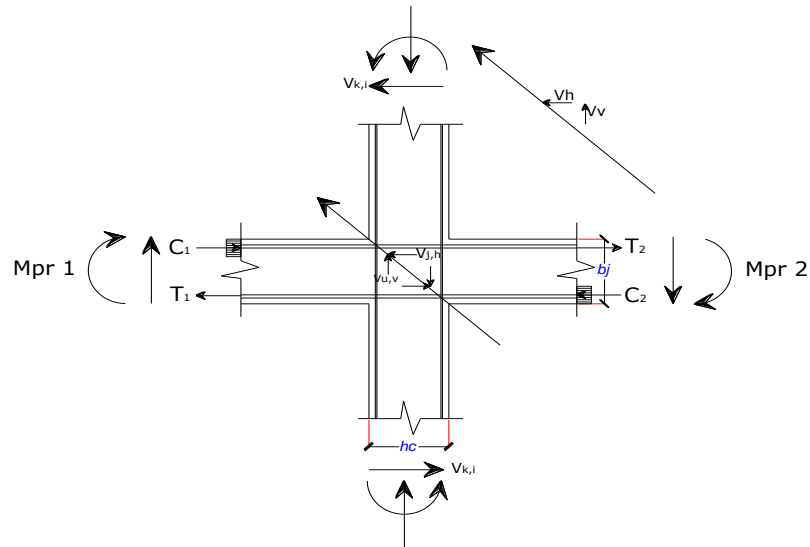
$$\sum M_{nc} \geq 1,2 \sum M_{nb}$$

$$632.307.692 \text{ Nmm} > 257.314.113 \text{ Nmm} \quad \text{.....OK}$$

Dari hasil perencanaan balok dan kolom dapat disimpulkan bahwa :

**Persyaratan "Strong Column Weak Beam" telah terpenuhi .....OK**

#### 4.4 Perhitungan Pertemuan Balok-Kolom



**Gambar 4.24 Analisa geser dari hubungan balok kolom**

Data perencanaan :

$$\begin{aligned}
 f_c &= 40 \text{ MPa} & Mpr^-, b &= 96492792,32 \text{ Nmm} \\
 f_y &= 400 \text{ MPa} & Mpr^+, b &= 96492792,32 \text{ Nmm} \\
 h_{n, a} &= 3600 \text{ mm} \\
 h_{n, b} &= 3600 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tulangan yang terpasang pada balok :

$$\begin{aligned}
 \text{balok kiri} &= 3 \text{ D } 16 \\
 \text{balok kanan} &= 3 \text{ D } 16
 \end{aligned}$$

Pemeriksaan kuat geser nominal pada joint :

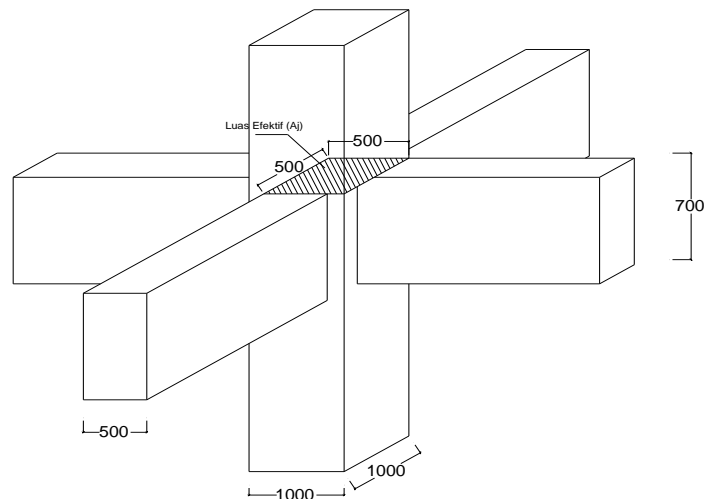
Gaya geser yang terjadi

$$\begin{aligned}
 A_{s1} &= 3 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2 = 602,88 \text{ mm}^2 \\
 A_{s2} &= 3 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2 = 602,88 \text{ mm}^2 \\
 T &= A_s \cdot 1,25 \cdot f_y \\
 T_1 &= 602,88 \times 1,25 \times 400 = 301440,0 \text{ N} \\
 T_2 &= 602,88 \times 1,25 \times 400 = 301440,0 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_u &= \frac{M_{pr, b. \text{ kanan}} + M_{pr, b. \text{ kiri}}}{2} \\
&= \frac{96492792,317 + 96492792,317}{2} \\
&= 96492792,317 \text{ Nmm} \\
V_h &= \frac{2 \times M_u}{h_n / 2} \\
&= \frac{2 \times 96492792,32}{3600 / 2} \\
&= 107214,214 \text{ N} \\
V_{jh} &= T_1 + T_2 - V_h \\
&= 301440,00 + 301440,00 - 107214,21 \\
&= 495665,79 \text{ N}
\end{aligned}$$

Kuat geser nominal untuk HBK yang terkekang keempat sisinya maka berlaku :

$$V_{jh} < \phi \times 1,7 \times \sqrt{f_c'} \times A_j$$



**Gambar 4.25 Luas efektif ( $A_j$ ) untuk HBK**

Maka :

$$V_{jh} < \phi \times 1,7 \times \sqrt{f'c} \times A_j$$

$$495665,79 < 0,75 \times 1,7 \times \sqrt{40} \times 500 \times 500$$

$$495665,79 \text{ N} < 2015952,01 \text{ N} \dots\dots\text{OK}$$

- Penulangan geser horisontal

$$Nu = 1056230,00 \text{ N}$$

$$\frac{Nu}{Ag} = \frac{1056230,0}{500 \times 500}$$

$$= 4,225 \text{ N/mm}^2 > 0,1 \cdot f'c = 0,1 \times 40 = 4,0 \text{ N/mm}^2$$

Jadi  $V_{c,h}$  dihitung menurut persamaan

$$V_{c,h} = \frac{2}{3} \sqrt{\left( \frac{Nu, k}{Ag} - 0,1 \times f'c \right)} \times b_j \times h_c$$

$$= \frac{2}{3} \sqrt{\left( \frac{1056230}{250000} - 0,1 \times 40 \right)} \times 500 \times 408$$

$$= 64498,995 \text{ N}$$

$$V_{s,h} + V_{c,h} = V_{j,h}$$

$$V_{s,h} = V_{j,h} - V_{c,h}$$

$$= 495665,79 - 64498,99$$

$$= 431166,79 \text{ N}$$

$$A_{j,h} = \frac{V_{s,h}}{f_y}$$

$$= \frac{431166,79}{400}$$

$$= 1077,92 \text{ mm}^2$$

Coba dipasang **7** lapis tulangan sengkang :

$$\text{Maka } A_s \text{ ada} = 7 \times 62,83$$

$$= 4289,83 \text{ mm}^2 > A_{j,h} = 1077,92 \text{ mm}^2 \dots\dots\text{aman}$$

- Penulangan geser vertikal

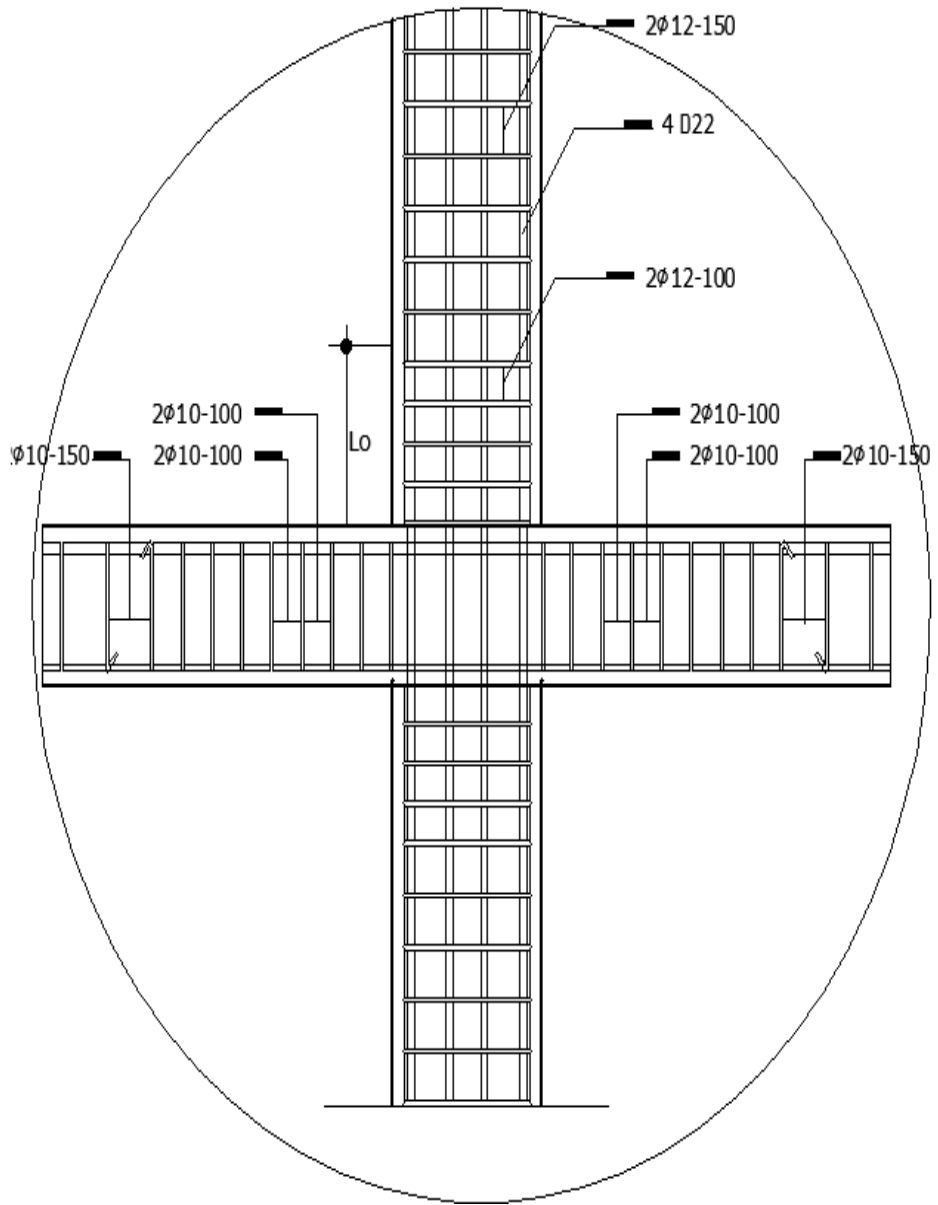
$$\begin{aligned}
 V_{j,v} &= \frac{hc}{bj} V_{j,h} \\
 &= \frac{500}{500} \times 495665,79 \\
 &= 495665,79 \quad \text{N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{c,v} &= \frac{As' \cdot V_{j,h}}{As} \times \left( 0,6 + \frac{Nu, k}{Ag \cdot f'c} \right) \\
 &= \frac{602,88 \times 495665,79}{602,88} \times \left( 0,6 + \frac{1056230,00}{250000 \times 40} \right) \\
 &= 349753,18 \quad \text{N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s,v} &= V_{j,v} - V_{c,v} \\
 &= 495665,79 - 349753,18 \\
 &= 145912,607 \quad \text{N}
 \end{aligned}$$

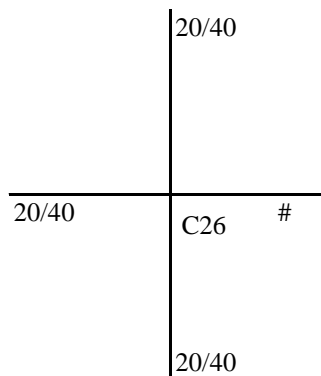
$$\begin{aligned}
 A_{j,v} &= \frac{V_{s,v}}{fy} \\
 &= \frac{145912,607}{400} \\
 &= 364,782 \quad \text{mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan kolom yang terpasang 16 D 22, dimana luas tulangan ( $As$  ada =  $6079 \text{ mm}^2$ )  $>$   $364,78 \text{ mm}^2$ . Maka tidak diperlukan lagi tulangan geser vertikal karena sudah ditahan oleh tulangan kolom yang terpasang.



## 4.5 Perhitungan Pendetailan Tulangan

Perhitungan pendetailan joint 107



- Pendetailan Tulangan Tumpuan Tarik (atas)

- Untuk pemberhentian tulangan tumpu tarik ke dalam balok adalah sejauh

$$\frac{1}{4} \times L_n = \frac{1}{4} \times 5000 = 1250 \text{ mm dari muka kolom.}$$

Ditambah dengan penjangkaran yang diperlukan untuk penjangkaran sejauh :

$$12 \text{ db} = 12 \times 16 = 192 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{16} l_n = \frac{1}{16} \times 5000 = 312,50 \text{ mm}$$

$$d = 342,0 \text{ mm}$$

Dipakai perpanjangan 342 mm

$$\text{Total panjang yang diperlukan} = 1250 + 342,0 = 1592,0 \text{ mm}$$

Modifikasi yang digunakan :

- › Batang tulangan baja paling atas dengan elevasi antara tulangan tersebut dengan lapisan beton terbawah tidak kurang dari 300 mm.

$$400 - 40 - 10 - (0,5 \times 16) = 339,0 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

- ›  $L_d$  yang dibutuhkan adalah :

$$L_{db} = \frac{0,02 \cdot A_s \cdot f_y}{\sqrt{f_c'}} = \frac{0,02 \times (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16) \times 390}{\sqrt{40}} = 254,428 \text{ mm}$$



$$L_{db} = 0,06 \times 16 \times 400 = 384,0 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } L_{db} = 384,000 \text{ mm}$$

Dipakai faktor 1,4

$$\text{Maka } L_d = 384,000 \times 1,4$$

$$= 537,6 \text{ mm ditambah perpanjangan } 342 \text{ mm.}$$

$$L_d = 537,6 + 342,0$$

$$= 879,60 \text{ mm} < 1592 \text{ mm}$$

Jadi dipakai panjang penyaluran  $L_d = 1592 \text{ mm} \approx 1600 \text{ mm}$

- Penjangkaran masuk ke dalam kolom

- Pendetailan tulangan tumpuan tekan balok (SNI 2847-2013 Pasal 12.3.2)

Untuk tulangan tumpuan tekan, panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom adalah :

$$L_{db} = \frac{db \cdot f_y}{4 \sqrt{f_c'}} = \frac{16 \times 400}{4 \times \sqrt{40}} = 252,98 \text{ mm}$$

Panjang  $L_{db}$  tidak boleh kurang dari :

$$L_{db} = 0,04 \times 16 \times 400 = 256,00 \text{ mm}$$

$$L_{db} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } L_{db} = 252,98 \text{ mm} \approx 260 \text{ mm}$$

- Pendetailan tulangan tumpuan tarik balok (SNI 2847-2013 Pasal 12.5.2)

$$L_{hb} = \frac{100 \cdot db}{\sqrt{f_c'}} = \frac{100 \times 16}{\sqrt{40}} = 252,982 \text{ mm}$$

Tidak kurang dari :

$$8 \text{ db} = 8 \times 16 = 128 \text{ mm}$$

$$L_{dh} = 252,98 \text{ mm} > 8 \text{ db} = 128 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } L_{dh} = 252,98 \text{ mm} \approx 260 \text{ mm}$$

Dipilih pembengkokan  $90^\circ$  dengan panjang pembengkokan 12 db

$$= 12 \times 16 = 192 \text{ mm} \approx 195 \text{ mm}$$

- Pemutusan tulangan tumpuan tekan

Untuk pemberhentian tulangan tumpuan tekan adalah sejauh

$$\frac{1}{5} l_n = \frac{1}{5} \times 5000 = 1000 \text{ mm dari muka kolom.}$$

## BAB V

### KESIMPULAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan struktur gedung HOTEL FRANS KAISEPO dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 2847-2013 menggunakan program ETABS, dan komponen struktur yang di desain pada balok dengan nomor batang 107 dan Kolom dengan nomor batang C26, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Struktur direncanakan sebagai Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), dengan nilai  $R = 8$  ;  $\Omega = 3$  ; dan  $C_d = 5,5$ .
2. Pada Balok B107 dengan dimensi 20/40 diperoleh :
  - Tulangan Tumpuan Kiri : Tarik – 3 D 16 , Tekan – 3 D 16
  - Tulangan Lapangan : Tekan – 3 D 16 , Tarik – 3 D 16
  - Tulangan Tumpuan Kanan : Tarik – 3 D 16 , Tekan – 3 D 16Tulangan Geser
  - Joint Kiri
    - Daerah Sendi Plastis :  $\emptyset 10 - 100$  ( 2 kaki )
    - Daerah Luar Sendi Plastis :  $\emptyset 10 - 150$  ( 2 kaki )
  - Joint Kanan
    - Daerah Sendi Plastis :  $\emptyset 10 - 100$  ( 2 kaki )
    - Daerah Luar Sendi Plastis :  $\emptyset 10 - 150$  ( 2 kaki )
- Pada Kolom C26 dengan dimensi 50/50 dan jumlah tulangan 12 D 22, diperoleh tulangan geser :
  - Daerah Sendi Plastis :  $\emptyset 12 - 100$  ( 4 kaki )
  - Daerah Sambungan Lewatan :  $\emptyset 12 - 90$  ( 4 kaki )
  - Daerah Luar Sendi Plastis :  $\emptyset 12 - 130$  ( 4 kaki )

- Pada perencanaan desain kapasitas, kolom telah memenuhi konsep ' *Strong Column Weak Beam*'. Pada joint 107 sebagai berikut :  
$$632.307.692 \text{ Nmm} > 96.492.792 \text{ Nmm} \dots\dots\dots\text{OK}$$
- Pada hubungan balok - kolom dipasang pengekang horisontal 4 Ø 12 ( kaki ) dan untuk pengekang vertikal menggunakan tulangan logitudinal kolom.

## **5.2 Saran**

*Menyadari bahwa penulis masih jauh dari kata sempurna, kedepannya penulis akan lebih fokus dan details dalam menjelaskan tentang Skripsi di atas dengan sumber - sumber yang lebih banyak yang tentunya dapat di pertanggung jawabkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- Nasution Amrinsyah, 2009, *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang*, Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Standar Nasional Indonesia, 2002, *SNI 03 – 2847 - 2013 : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)*, Bandung : Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia, 2002, *SNI 03 – 1726 - 2012 : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2012)*, Bandung : Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*. Bandung : Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan Gedung.
- Purwono, R, 2005, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Edisi Kedua. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Vis, W. C. ; Kusuma, Gideon, H, 1997, *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Edisi : Kedua. Erlangga.

# **LAMPIRAN**

Boring Number:

**BH-1**

**BOR LOG**

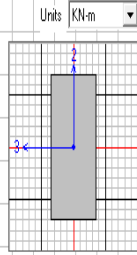
CLIENT:	PROJECT TITLE	: Pembangunan hotel
PROJECT CONTRACT NUMBER:	PROJECT LOCATION	: Jl. Frans Kaisepo, KM 7,5 Sorong Papua Barat
DATE STARTED: 12 April 2014	GROUND ELEVATION	: + 0,40 m from road level
DATE COMPLETED : 12 April 2014	HOLE SIZE	: 7.295cm
DRILLING CONTRACTOR: SOIL MECH. LAB. UAJY	GROUND WATER LEVEL	: - 3,00 m
DRILLING METHOD: ROTARY SPINDLE, SKID MOUNTED TYPE	WEATHER CONDITION	: FINE
LOGGED BY: Mukarob, CS.	ESTIMATED SEASONAL HIGH	: -
CHECKED BY: SOIL MECH. LAB, UAJY		

Depth (m)	Graph Log	Material Description	Contact Depth (m)	Sample Number	Blow Counts (N Value)				Water Level Elevation (m)	SPT Value						
					N1	N2	N3	N		0	10	20	30	40	50	60
1		Urug	0.5						- 3.00							
2		Pasir halus (coklat muda)	2.5		4	6	6	12								
3																
4		Pasir (coklat tua)	3	I	7	10	12	22								
5																
6		Pasir (coklat hitam)	3		5	10	7	17								
7																
8		Pasir (coklat hitam)	3		7	10	10	20								
9																
10		Pasir (coklat, abu-abu, hitam)	3	II	9	12	16	28								
11																
12		Pasir sedang (hitam)	4		12	25	30	55								
13																
14		Pasir sedang (hitam)	4		17	30	30	60								
15																
16		Pasir kasar (hitam)	4		12	20	21	41								
17																
18		Pasir kasar (hitam)	4		19	30	30	60								
19																
20		Pasir halus (coklat hitam)	3		14	30	30	60								
21																
22		Pasir halus (coklat hitam)	3		16	25	22	47								
23																
24		Pasir kasar (coklat hitam)	3		12	20	30	50								
25																
26		Pasir kasar (coklat hitam)	3		12	20	30	50								
27																
28		Pasir sedang (abu-abu, hitam)	4		15	26	26	52								
29																
30					17	26	28	54								

File

ACI 318-05/IBC 2003 BEAM SECTION DESIGN Type:Sway Special Units: KN-m (Envelope)

Level : STORV2 L=5,200  
 Element : B107 D=0,400 B=0,200 bf=0,200  
 Section ID : BALOKINDUK ds=0,000 dct=0,040 dcb=0,040  
 E=24821128,40 Fc=40000,000 Lt.Wt. Fac.=1,000  
 Fy=400000,000 Fys=240000,000



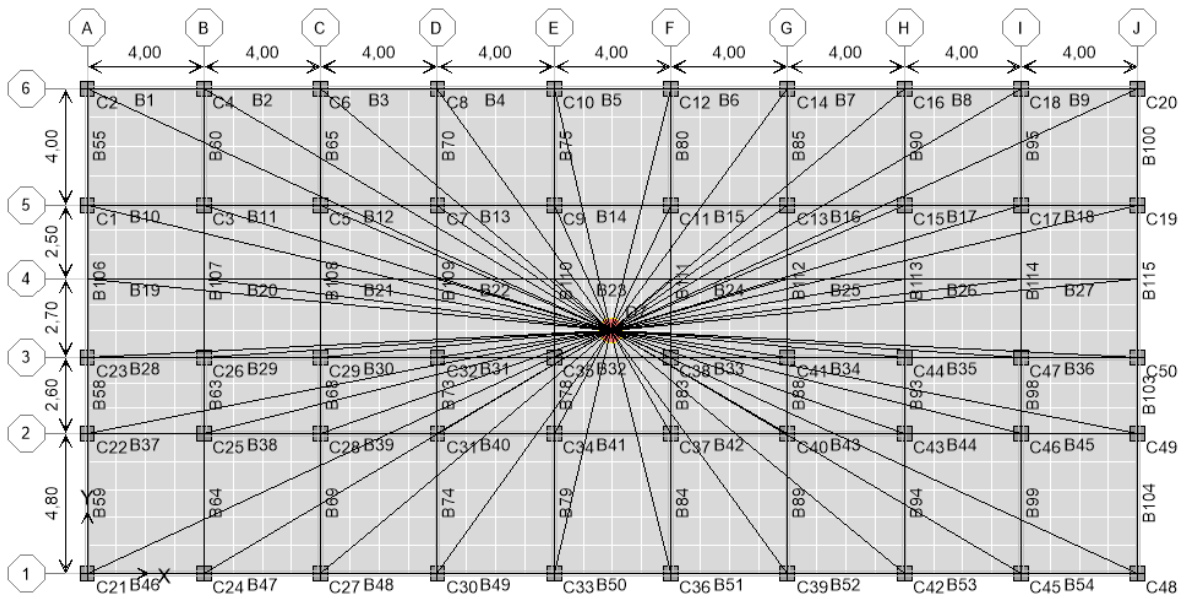
Phi(Bending): 0,900  
 Phi(Shear): 0,750  
 Phi(Seis Shear): 0,600  
 Phi(Torsion): 0,750

Flexural Reinforcement for Major Axis Moment

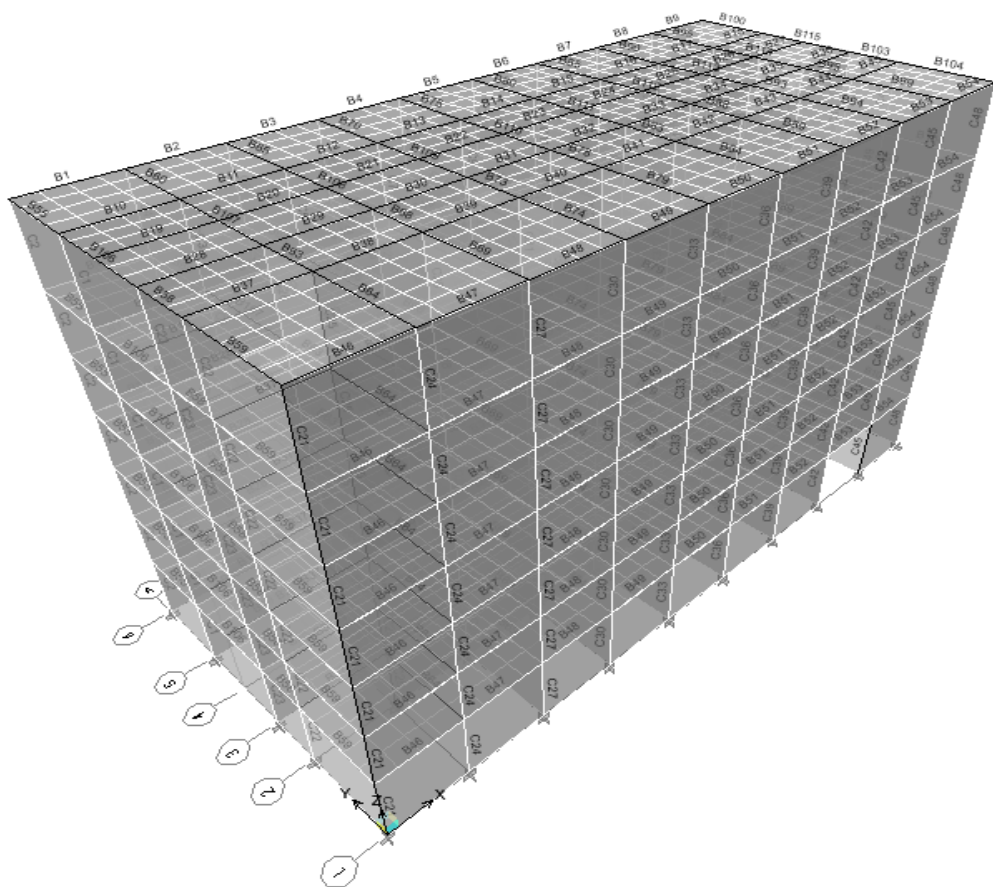
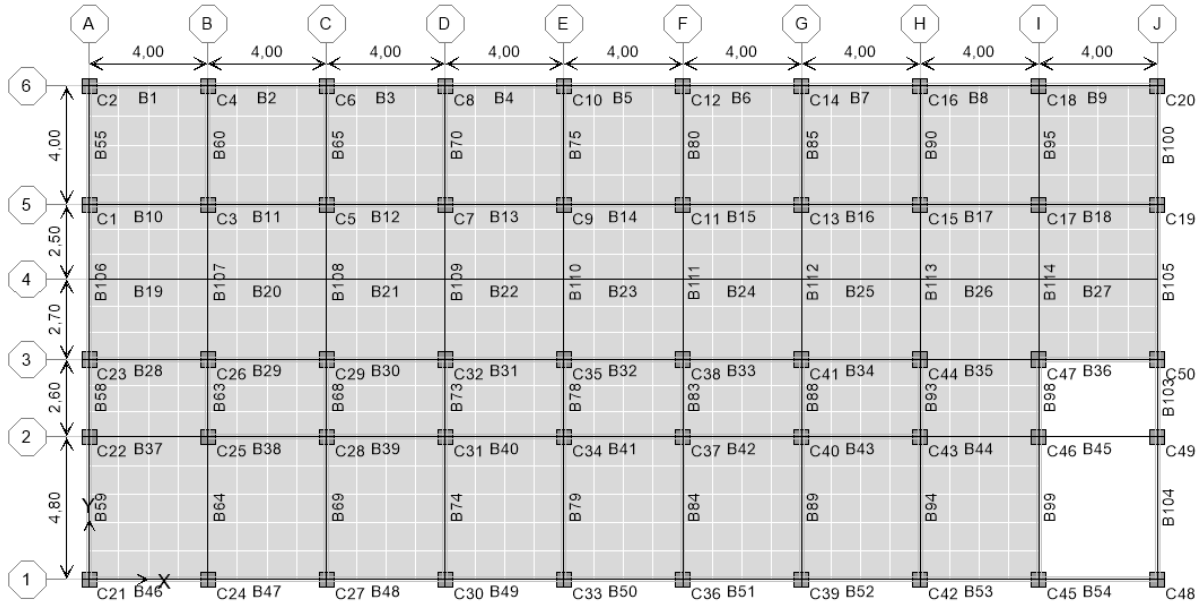
End-I		Middle		End-J		
Rebar Area	Rebar %	Rebar Area	Rebar %	Rebar Area	Rebar %	
3,668E-04	0,458	1,195E-04	0,149	3,562E-04	0,445	Top (+2 Axis)
2,407E-04	0,301	2,756E-04	0,344	2,339E-04	0,292	Bot (-2 Axis)
Design Mu	Station Loc	Design Mu	Station Loc	Design Mu	Station Loc	
-46,188	0,250	-44,527	3,400	-44,823	4,950	Top (+2 Axis)
23,054	0,250	26,336	2,500	22,411	4,950	Bot (-2 Axis)
Controlling Combo		Controlling Combo		Controlling Combo		
COMB3		COMB3		COMB6		Top (+2 Axis)
COMB3		COMB2		COMB6		Bot (-2 Axis)

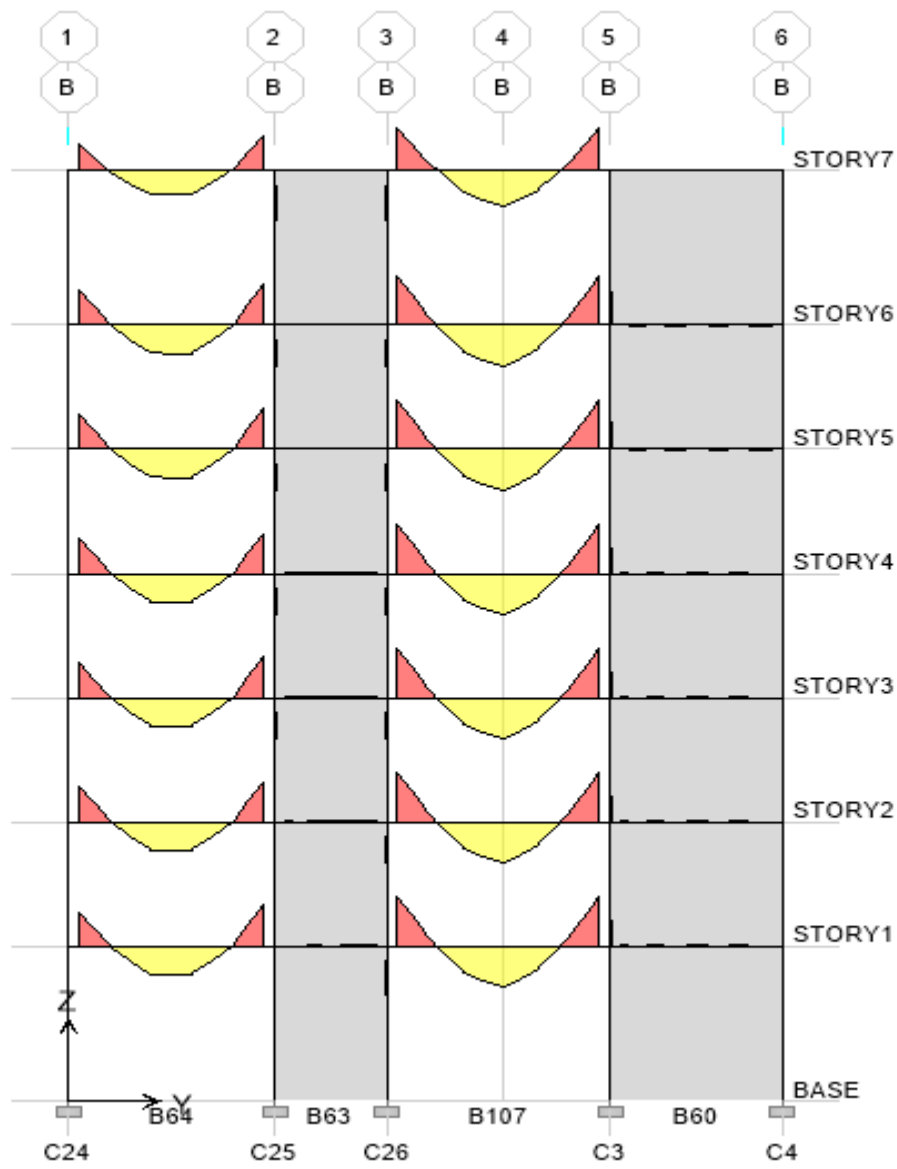
Shear Reinforcement for Major Shear (V2)

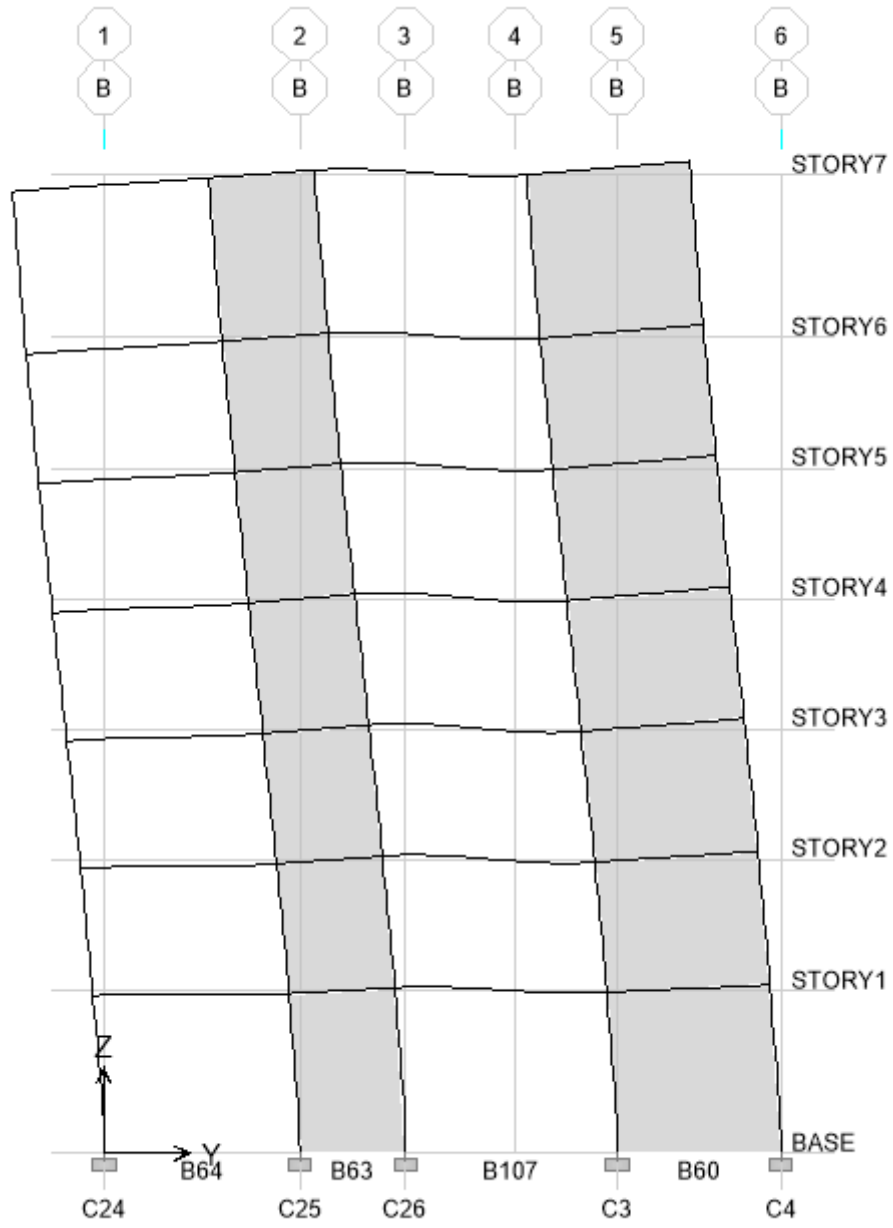
End-I		Middle		End-J	
Rebar Av/s		Rebar Av/s		Rebar Av/s	
3,282E-04		3,282E-04		3,282E-04	
Design Vu	Station Loc	Design Vu	Station Loc	Design Vu	Station Loc
40,788	1,250	38,757	3,400	47,127	4,950
Controlling Combo		Controlling Combo		Controlling Combo	
COMB18		COMB18		COMB18	

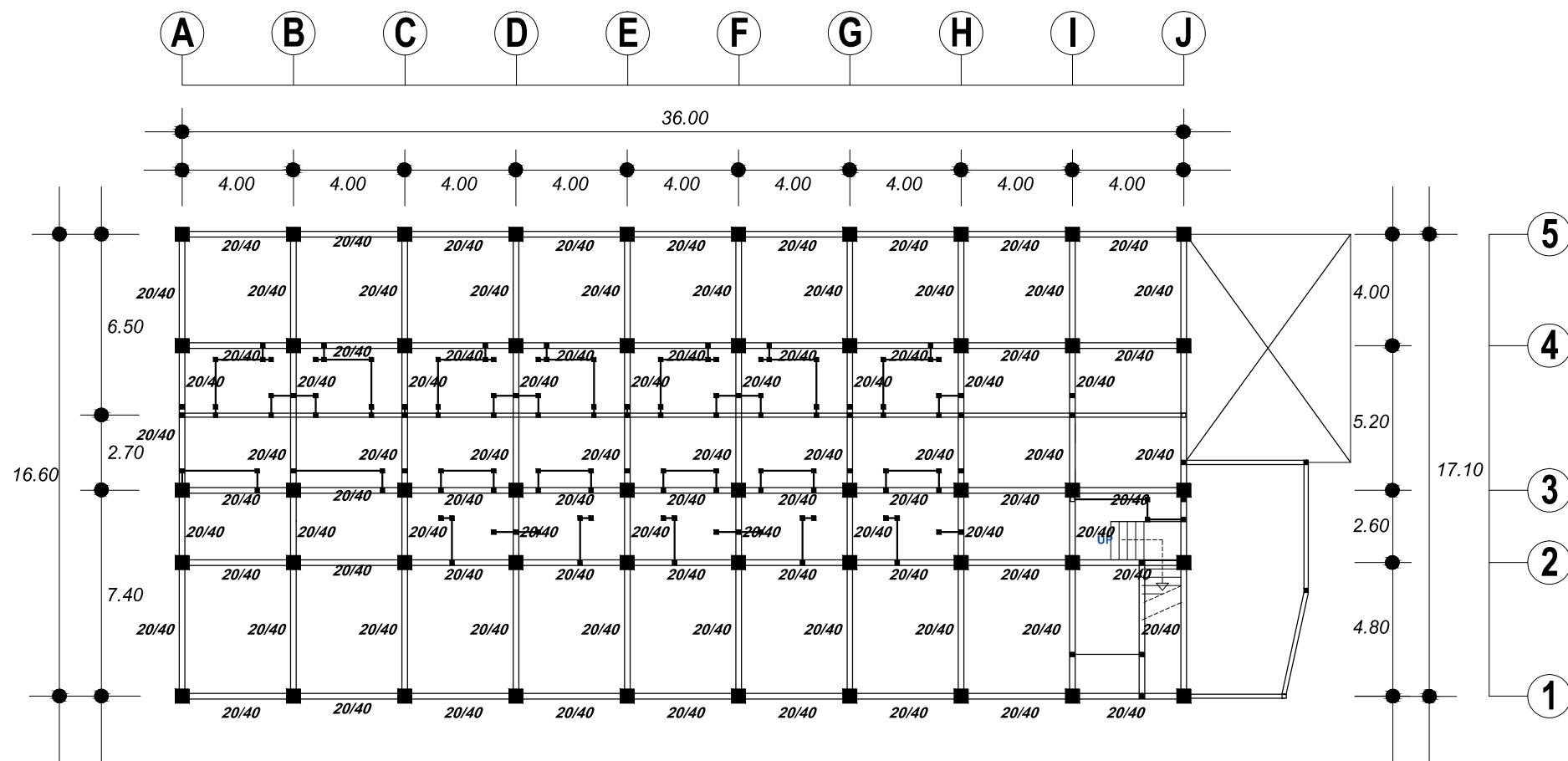






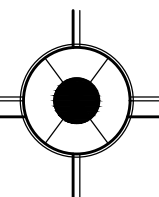






DENAH PEMBALOKAN LT.1

Skala 1 : 50

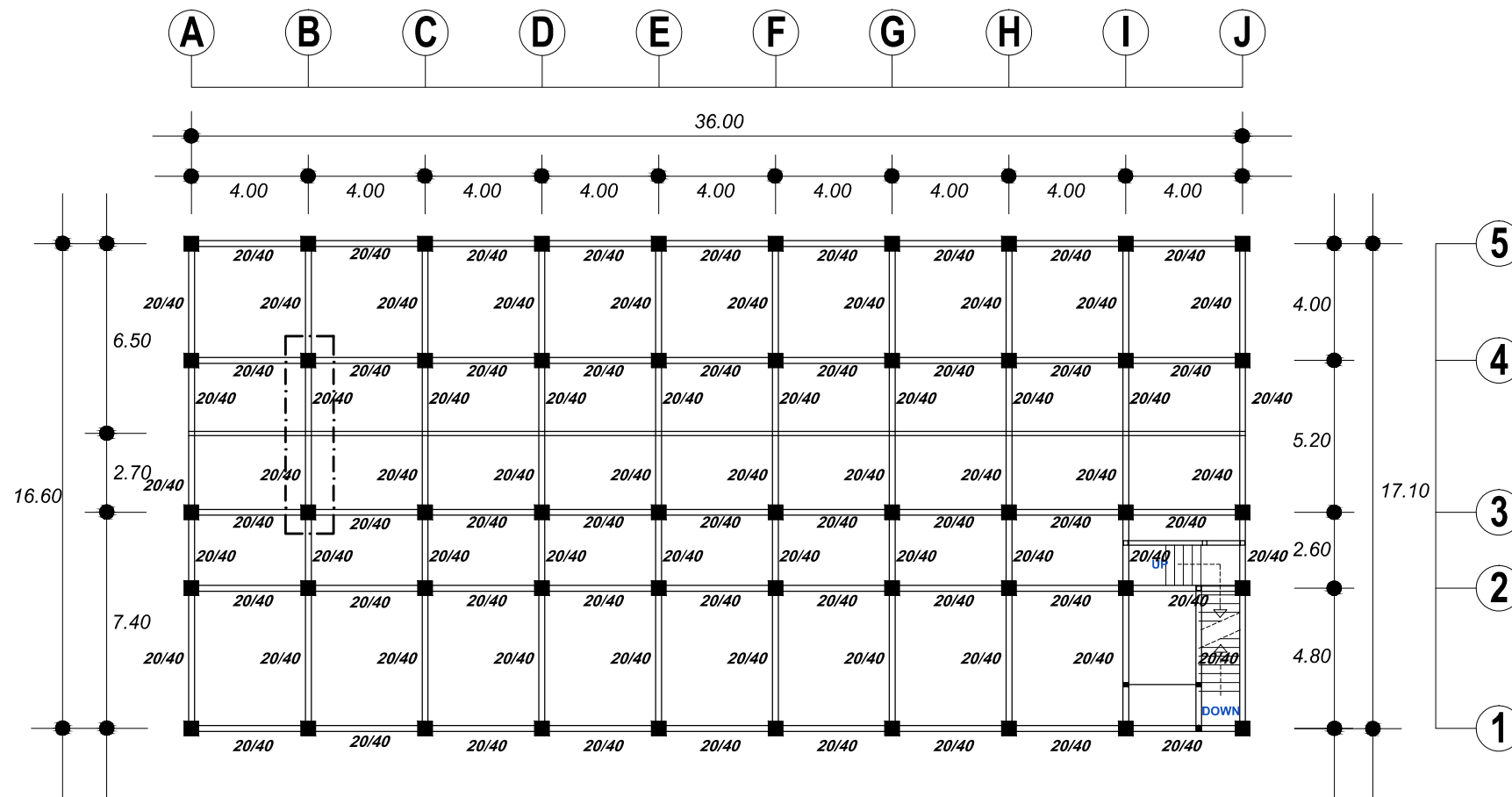


SKRIPSI



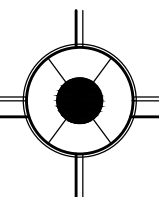
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
 INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
 MALANG  
 2017

JENIS KEGLATAN		
NAMA PROYEK		
LOKASI		
CATATAN		
JUDUL SKRIPSI		
PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL PADA GEDUNG HOTEL FRANS KAISEPO SORONG DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS		
DIPERIKSA		
Ir. Agus Santosa, MT Pembimbing 1		M. Erfan, ST, MT Pembimbing 2
DIGAMBAR		
ACHMAD FAROUK 13.21.009		
NAMA GAMBAR		SKALA GAMBAR
DENAH PEMBALOKAN LT.1		1 : 200
KERTAS	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
A3		



DENAH PE, BALOKAN LT.2-7

Skala 1 : 50



SKRIPSI



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
2017

JENIS KEGLATAN

NAMA PROYEK

LOKASI

CATATAN

JUDUL SKRIPSI

PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL PADA GEDUNG  
HOTEL FRANS KAISEPO SORONG DENGAN  
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL  
MOMEN KHUSUS

DIPERIKSA

Ir. Agus Santosa, MT  
Pembimbing 1

M. Erfan, ST, MT  
Pembimbing 2

DIGAMBAR

ACHMAD FAROUK  
13.21.009

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN LT.2-7

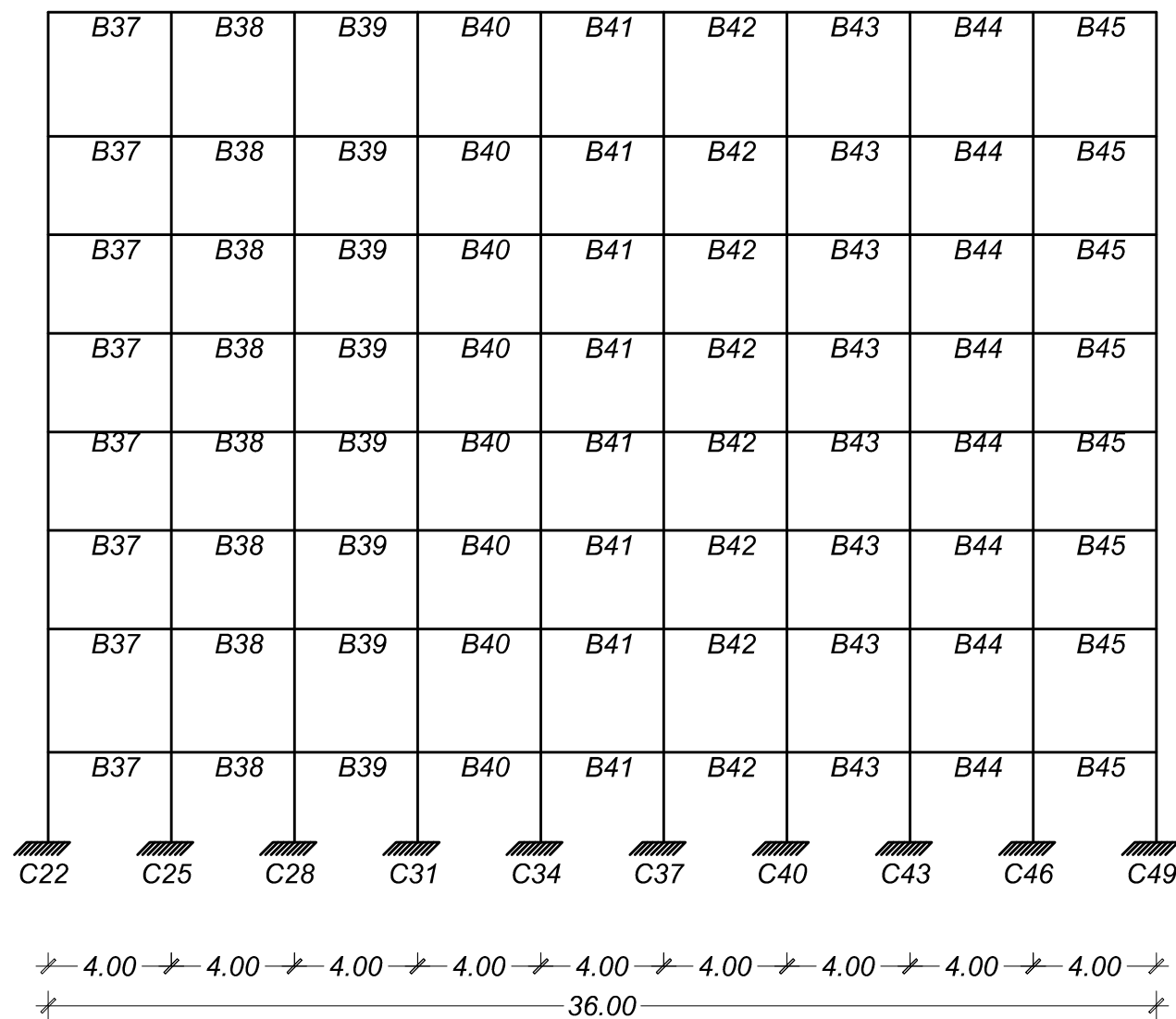
1 : 200

KERTAS

NO. GAMBAR

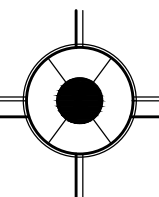
JML. GAMBAR

A3



POTONGAN PORTAL MEMANJANG

Skala 1 : 50



# SKRIPSI



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
2017

JENIS KEGLATAN		
NAMA PROYEK		
LOKASI		
CATATAN		
JUDUL SKRIPSI		
PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL PADA GEDUNG HOTEL FRANS KAISEPO SORONG DENGAN MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS		
DIPERIKSA		
Ir. Agus Santosa, MT Pembimbing 1		M. Erfan, ST, MT Pembimbing 2
DIGAMBAR		
ACHMAD FAROUK 13.21.009		
NAMA GAMBAR		SKALA GAMBAR
POTONGAN PORTAL MEMANJANG		1 : 200
KERTAS	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
A3		

# SKRIPSI



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
 INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
 MALANG  
 2017

JENIS KEGLATAN

NAMA PROYEK

LOKASI

CATATAN

JUDUL SKRIPSI

PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL PADA GEDUNG  
 HOTEL FRANS KAISEPO SORONG DENGAN  
 MENGGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL  
 MOMEN KHUSUS

DIPERIKSA

Ir. Agus Santosa, MT  
 Pembimbing 1

M. Erfan, ST, MT  
 Pembimbing 2

DIGAMBAR

ACHMAD FAROUK  
 13.21.009

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

POTONGAN PORTAL MELINTANG

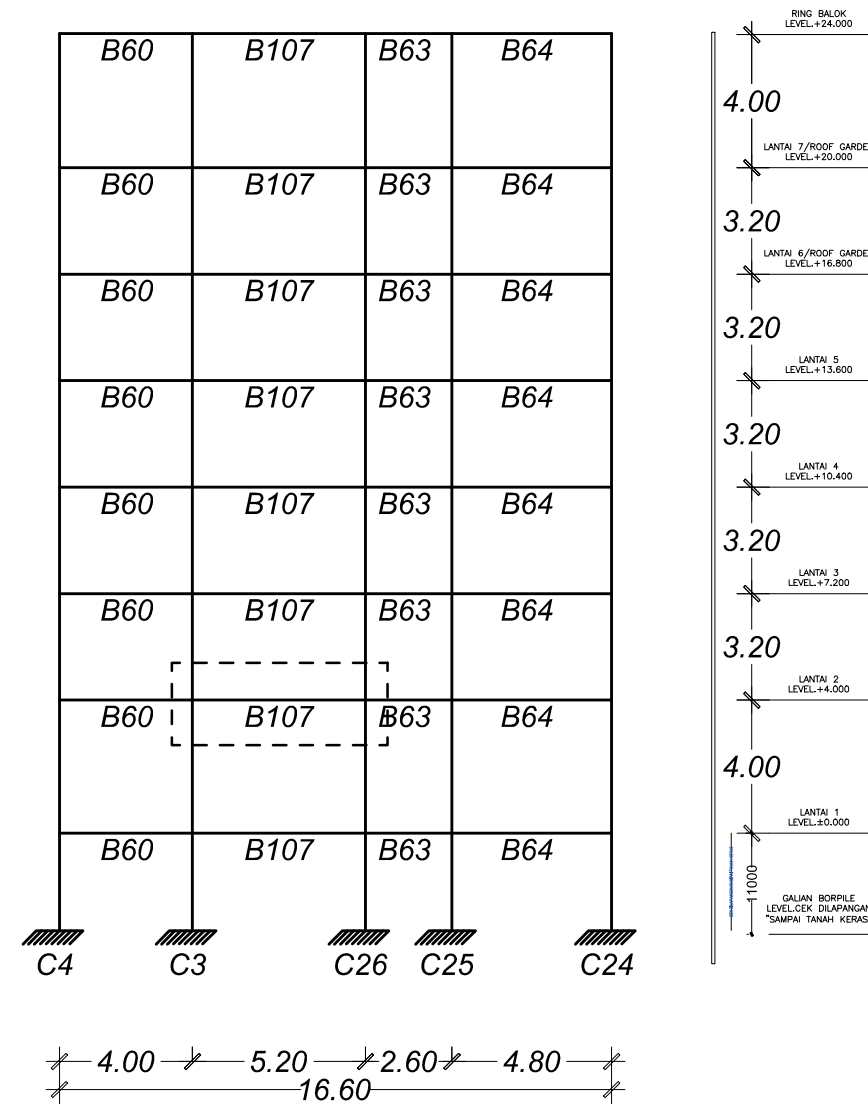
1 : 200

KERTAS

NO. GAMBAR

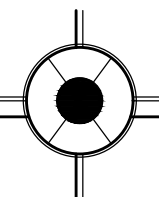
JML. GAMBAR

A3



POTONGAN PORTAL MELINTANG

Skala 1 : 50



POTONGAN A		POTONGAN B		POTONGAN C	
Dimensi	Balok 20/40	Dimensi	Balok 20/40	Dimensi	Balok 20/40
Tul. Atas	3 D 16	Tul. Atas	3 D 16	Tul. Atas	3 D 16
Tul. Bawah	3 D 16	Tul. Bawah	3 D 16	Tul. Bawah	3 D 16
Sengkang	« %\$!`%\$\$	Sengkang	« %\$!`%\$\$	Sengkang	« %\$!`%\$\$

POTONGAN A		POTONGAN B	
Dimensi	Kolom 50/50	Dimensi	Kolom 50/50
Tul. Atas	4 D 22	Tul. Atas	4 D 22
Tul. Bawah	4 D 22	Tul. Bawah	4 D 22
Tul. Samping	2 D 22	Tul. Samping	2 D 22
Sengkang	« %&!`%\$\$	Sengkang	« %&!`%\$\$

## SKRIPSI



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG

JENIS KEGIATAN

NAMA PROYEK

LOKASI

CATATAN

JUDUL SKRIPSI

PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL PADA GEDUNG  
HOTEL FRANS KAISEPO SORONG DENGAN  
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL  
MOMEN KHUSUS

DIPERIKSA

*E. A. Agus Santosa, MT*  
Pembimbing 1

*M. Erfan, ST, MT*  
Pembimbing 2

DIGAMBAR

**ACHMAD FAROUK**  
13.21.009

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

POTONGAN

1 : 20

KERTAS

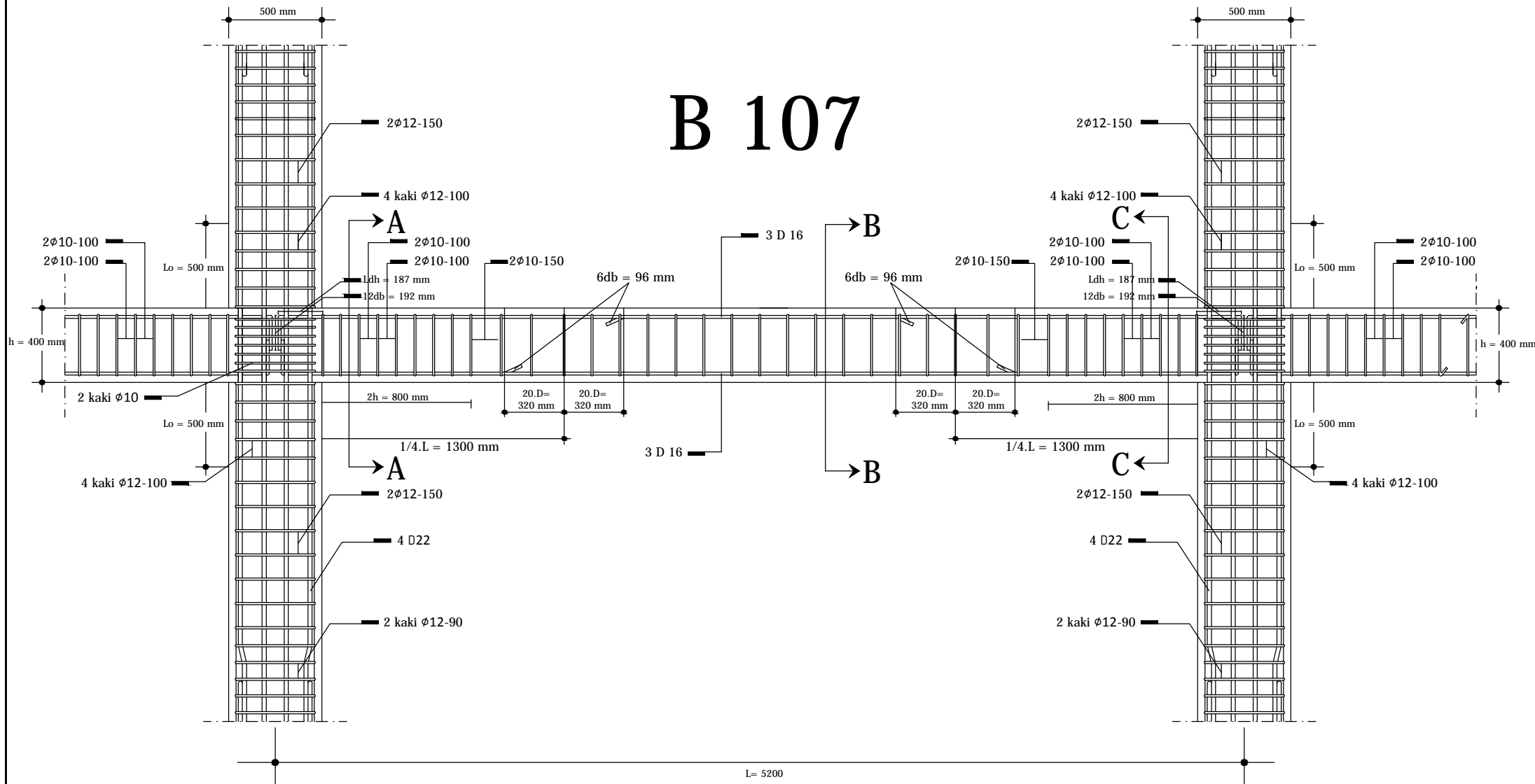
NO. GAMBAR

JML. GAMBAR

A3

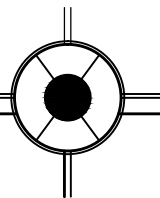


# B 107



DETAIL PENULANGAN BALOK (B107)

Skala 1 : 25

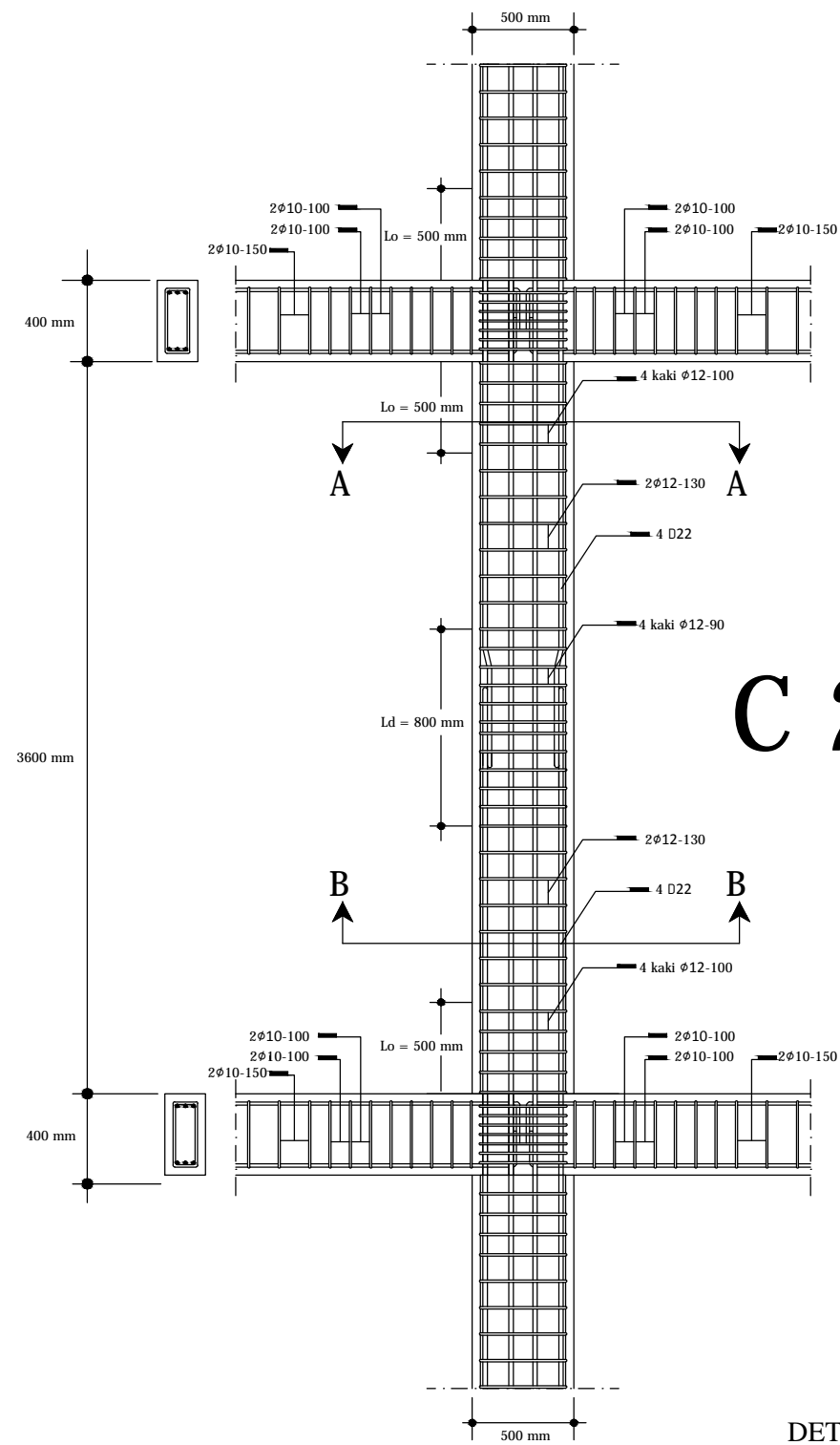


## SKRIPSI



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG

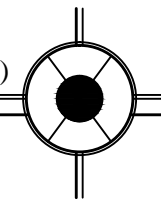
JENIS KEGIATAN		
NAMA PROYEK		
LOKASI		
CATATAN		
JUDUL SKRIPSI		
PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL PADA GEDUNG HOTEL FRANS KAISEPO SORONG DENGAN MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS		
DIPERIKSA		
E. A. Agus Santosa, MT Pembimbing 1		M. Erfan, ST, MT Pembimbing 2
DIGAMBAR		
ACHMAD FAROUK 13.21.009		
NAMA GAMBAR		SKALA GAMBAR
DETAIL PENULANGAN BALOK (B106)		1 : 25
KERTAS	NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
A3		



C 26

DETAIL PENULANGAN KOLOM (C26, C5)

Skala 1 : 25



SKRIPSI



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG

JENIS KEGIATAN

NAMA PROYEK

LOKASI

CATATAN

JUDUL SKRIPSI

PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL PADA GEDUNG  
HOTEL FRANS KAISEPO SORONG DENGAN  
MENGUNAKAN SISTEM RANGKA PEMIKUL  
MOMEN KHUSUS

DIPERIKSA

I. A. Agus Santosa, MT  
Pembimbing 1

M. Erfan, ST, MT  
Pembimbing 2

DIGAMBAR

ACHMAD FAROUK  
13.21.009

NAMA GAMBAR

SKALA GAMBAR

DETAIL PENULANGAN KOLOM  
(C26, C5)

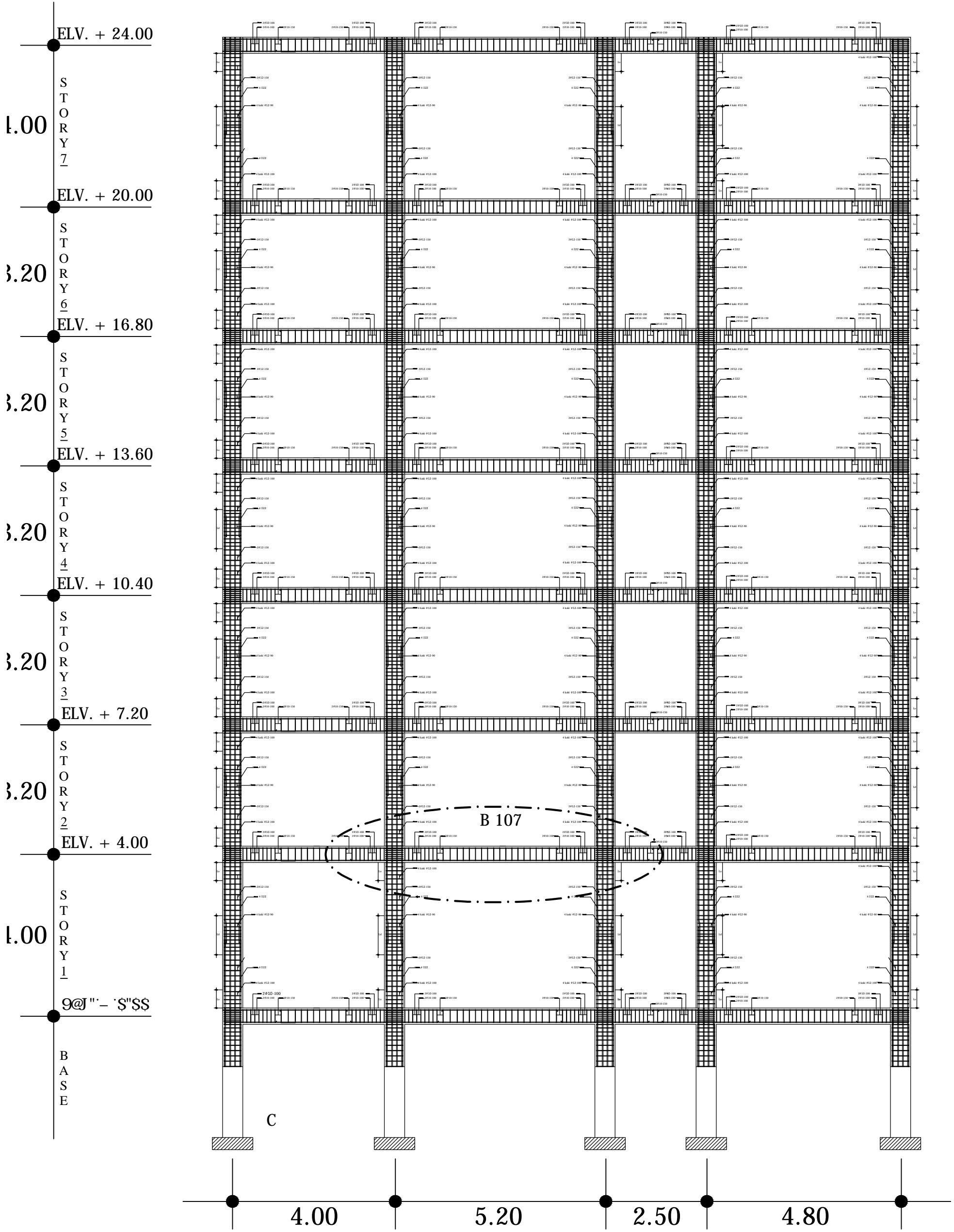
1 : 25

KERTAS

A3

NO. GAMBAR

JML. GAMBAR



POTONGAN PORTAL LINE B

