

SKRIPSI

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN GEDUNG BERTINGKAT TINGGI
DENGAN X-BRACING SEBAGAI PENAHAN GAYA LATERAL GEMPA
PADA PERENCANAAN GEDUNG IJEN PADJADJARAN SUITES HOTEL
RESIDENCE - MALANG**



Disusun oleh :

BIMA NUR RENGGA TRI HATMOKO

NIM : 09.21.063

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

M A L A N G

2014

SKRIPSI

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN GEDUNG BERTINGKAT TINGGI DENGAN X-BRACING SEBAGAI PENAHAN GAYA LATERAL GEMPA PADA PERENCANAAN GEDUNG IJEN PADJADJARAN SUITES HOTEL RESIDENCE - MALANG



Disusun oleh :

BIMA NUR RENGGA TRI HATMOKO

NIM : 09.21.063

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
M A L A N G
2014**

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN GEDUNG BERTINGKAT
TINGGIDENGAN X-BRACINGSEBAGAI PENAHAN GAYA LATERAL
GEMPA PADA PERENCANAAN GEDUNG IJEN PADJADJARAN
SUITES HOTELRESIDENCE - MALANG**

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

Disusun Oleh:

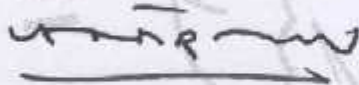
BIMA NUR RENGGA TRI HATMOKO

09.21.063

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



(Ir. H. Sudirman Indra, MSc.)



(Ir. Ester Priskasari, MT)

Mengetahui,

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



(Agus Santosa, MT.)

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

2014

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN GEDUNG BERTINGKAT
TINGGIDENGAN X-BRACINGSEBAGAI PENAHAN GAYA LATERAL
GEMPA PADA PERENCANAAN GEDUNG IJEN PADJADJARAN
SUITES HOTELRESIDENCE - MALANG**

SKRIPSI

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi

Jenjang Strata Satu (S-1)

Pada Hari : Jum'at

Tanggal : 22 Agustus 2014

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

Disusun Oleh :


BIMA NUR RENGGA TRI HATMOKO

09.21.063

Disahkan Oleh :

Ketua

Sekretaris



(Ir. A. Agus Santosa, MT.)

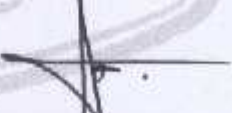

(Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT.)

Anggota Penguji :

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II


(Ir. Bambang Wedyantadji, MT.)


(Ir. A. Agus Santosa, MT.)

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

2014

ABSTRAKSI

Bima Nur Rengga Tri Hatmoko, (2014), “*Studi Alternatif Perencanaan Gedung Bertingkat Tinggi Dengan X-Bracing sebagai Penahan Gaya Lateral Gempa Pada Gedung Ijen Padjadjaran Suites Hotel Residence Kota Malang*”, Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Intitut Teknologi Nasional Malang, Dosen Pembimbing I : Ir. H. Sudirman Indra, MSc., Dosen Pembimbing II : Ir. Ester Priskasari, MT.

Seiring perkembangan teknologi perencanaan bangunan gedung tahan gempa banyak bermunculan desain sistem struktur yang bervariasi. Sistem struktur frame murni (balok – kolom) sebagai penahan gempa tidak efisien untuk membatasi defleksi lateral akibat gaya gempa, karena dimensi frame murni (balok - kolom) akan bertambah besar jika kita merencanakan gedung bertingkat tinggi, Salah satu cara memperoleh kekakuan pada bangunan adalah dengan menambahkan elemen struktur tambahan diantaranya pengaku (*Bracing*)

Tugas akhir ini menganalisa perilaku penambahan sistem struktur pengaku menggunakan *X-Bracing* yang terbuat dari beton bertulang pada bangunan gedung Gedung Ijen Padjadjaran Suites Hotel Residence Kota Malang ketika gedung tersebut menerima gaya leteral gempa. Pembebanan gempa dihitung dengan menggunakan analisis spektrum respon gempa dinamik. Hasil dari analisis ini adalah simpangan antar tingkat, kemudian dari hasil tersebut dianalisis untuk mengontrol kinerja batas layan, kinerja batas ultimit dan untuk mengetahui perubahan *drift* yang terjadi.

Dalam penulisan tugas akhir ini didapat hasil bahwa dengan penambahan elemen struktur pengaku, gaya lateral gempa mampu ditahan dengan baik dibuktikan dengan pada simpangan antar tingkat memenuhi syarat (SNI 03-1726-2002). Ps.8.2.2 dan pada kontrol kinerja batas layan, kinerja batas ultimit memenuhi persyaratan.

Untuk merencanakan suatu struktur tahan gempa hendaknya mempertimbangkan aplikasi sistem yang akan diterapkan, agar mampu mengantisipasi semua beban-beban yang bekerja termasuk beban gempa dinamik yang sangat berbahaya untuk perencanaan struktur gedung bertingkat tinggi.

Kata Kunci : X-Bracing, Gaya Lateral Gempa, Simpangan Horizontal (Drift)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT dan junjungan Nabi besar Muhammad SAW yang senantiasa memberikan Rohmad dan Ridho sehingga Skripsi ini dengan judul “*STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN GEDUNG BERTINGKAT TINGGI DENGAN X-BRACING SEBAGAI PENAHAN GAYA LATERAL GEMPA PADA PERENCANAAN GEDUNG IJEN PADJADJARAN SUITES HOTEL RESIDENCE – MALANG*” 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 di Indonesia.

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

1. Bapak DR. Ir. Kustamar., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
2. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
3. Ibu Lila Ayu Ratna Winanda, ST., MT. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
4. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT selaku dosen koordinator bidang struktur Teknik Sipil S-1 ITN Malang.

5. Bapak Ir. H. Sudirman Indara, MSc dan Ibu Ir. Ester Priskasari, MT selaku dosen pembimbing dalam penyusunan skripsi ini.
6. Kedua orang tua saya tercinta beserta keluarga yang tidak henti- hentinya memberikan dukungan doa, materi maupun moril.
7. Rekan- rekan Teknik Sipil S-1 ITN Malang yang selalu menemani dan membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Tidak lupa kepada orang-orang yang tidak dapat saya sebutkan 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 penulis harapkan.

Malang, Agustus 2014

Penyusun

DAFTAR ISI

COVER

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PENGESAHAN

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

ABSTRAKSI

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Maksud dan Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	3

BAB II. DASAR DASAR PERENCANAAN

2.1. Tinjauan Umum.....	4
2.2. Pembebanan.....	10
2.2.1. Beban Vertikal	11
2.2.2. Beban Horisontal.....	11
2.3. Pengaruh Arah Gempa	12
2.3.1. Pengaruh Gempa Horisontal	12
2.3.2. Pengaruh Gempa Vertikal.....	13
2.4 Eksentrisitas Pusat Massa Terhadap Pusat Kekakuan	13
2.5 Balok T.....	15
2.6 Perencanaan Balok dengan Tulangan Tekan dan Tarik (Rangkap)	17
2.6.1. Balok T Tulangan Rangkap	17

2.6.2. Perencanaan Balok terhadap Geser	22
2.7 Perencanaan Kolom	25
2.8 Perencanaan penulangan kolom portal terhadap lentur dan aksial ..	26
2.9 Kolom Eksentrisitas Kecil	29
2.10 Kolom Eksentrisitas Besar.....	30
2.11 Faktor Reduksi Gempa (R).....	33
2.12 Analisa Beban Lateral Gempa	34
2.13 Kombinasi Pembebanan	35
2.14 Konsep Perencanaan	35
2.14.1. Sistem Struktur	38
2.15 Daktilitas	38
2.16 Braced Frame	40
2.17 Drift Analysis.....	42
2.17.1 Drift.....	42
2.17.2 Pengaruh P- Δ	44
2.17.3 Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental	45
2.17.4 Kinerja Batas Layan.....	46
2.17.5 Kinerja Batas Ultimit	47
2.18 Diagram Alir	49

BAB III DATA PERENCANAAN

3.1. Data Data Perencanaan	49
3.1.1. Data Bangunan	49
3.2. Data Material	49
3.3. Perencanaan Dimensi Plat, Balok, dan Kolom	50
3.3.1. Perencanaan Dimensi Plat.....	50
3.3.2. Perencanaan Dimensi Balok.....	50
3.3.3. Perencanaan Dimensi Kolom dan <i>X-Bracing</i>	50
3.4. Model Struktur	50
3.4.1. Model Struktur dengan <i>X-Bracing</i>	50
3.5. Pembebanan	52

3.5.1. Beban Mati	52
3.5.1.1. Berat Struktur Sendiri (<i>Self Weight</i>)	52
3.5.1.2. Beban Mati Tambahan (<i>Dead Load</i>)	52
3.5.2. Berat Bangunan Setiap Lantai	53
3.5.3. Mencari Pusat Massa	55
3.5.4. Mencari Pusat Kekakuan	56
3.6. Mencari Gaya Geser Total	56
3.7. Mencari Eksentrisitas Rencana (e_d)	62
3.8. Beban Gempa (<i>Quake Load</i>)	67
3.8.1. Beban Gempa Dinamik	68
3.9. Perhitungan Statika	71
3.10. Hasil Analisis Simpangan Horisontal	76
3.10.1. Kontrol Simpangan Antar Tingkat	76
3.11. Kinerja Batas Layan (Δ_s) dan Kinerja Batas Ultimit (Δ_m)	81
3.12. Ragam Mode Shape yang Terjadi pada Struktur Menggunakan Sistem Pengkaku <i>X-Bracing</i>	87

BAB IV PERHITUNGAN PENULANGAN STRUKTUR

4.1 Perhitungan penulangan Balok	90
4.1.1. Perhitungan Penulangan Lentur Balok	90
4.1.2. Gaya Geser Pada Balok	113
4.2. Perhitungan Penulangan Kolom	121
4.2.1. Perhitungan Penulangan Lentur Kolom	121
4.2.2. Perhitungan Penulangan Geser Kolom	137
4.2.3. Sambungan Tulangan Vertikal Kolom	140
4.3. Perhitungan Tulangan <i>X-Bracing</i>	142
4.3.1. Perhitungan Penulangan <i>X-Bracing</i>	142
4.3.1.1. Perhitungan penulangan lentur <i>X-Bracing</i>	142
4.3.2. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i>	155
4.3.3. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i>	162
4.3.4. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i>	165

4.3.5. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i>	168
4.3.6. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i>	172
4.3.7. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i>	175
4.3.8. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i>	178
4.3.9. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i>	181
4.3.10. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i>	185
4.3.11. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i>	188
4.3.12. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i>	191
4.3.13. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i>	194

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	199
5.2 Saran	200

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.a Kestabilan struktur akan diilustrasikan dalam.....	8
Gambar 2.1.b Kestabilan Struktur Portal	9
Gambar 2.2 Diagram Tegangan Balok T	19
Gambar 2.3 Diagram Gaya Geser dan Daerah Penempatan Tulangan Geser	24
Gambar 2.4 Diagram Regangan, Tegangan dan Gaya Dalam Penampang	27
Gambar 2.5 Wilayah Gempa Indonesia dengan Percepatan Puncak Batuan Dasar dengan Perioda Ulang 500 Tahun.....	31
Gambar 2.6 Respons Spektrum Gempa Rencana	32
Gambar 2.7 Model Pengaku untuk Meredam gaya Lateral Gempa.	41
Gambar 2.8 Jalur Gaya yang Diakibatkan Beban Vertikal (a) dan Horisontal (b)	41
Gambar 2.9 Batang Brecing Vertikal yang Mengalami Defleksi Lateral Tingkat.	43
Gambar 2.10 Faktor-faktor yang Mendukung Terjadinya Defleksi Lateral pada Sistem bresing Vertikal	44
Gambar 3.1 Denah Struktur Dengan Bracing	51
Gambar 3.2 Model 3 Dimensi Struktur Menggunakan X- Bracing.....	51
Gambar 3.3 Letak Titik Pusat Massa dan Pusat Kekakuan Lantai 2.....	62
Gambar 3.4 Letak Titik Pusat Massa dan Eksentrisitas Rencana Lantai.....	63
Gambar 3.5 Letak titik Pusat Massa dan Pusat Kekakuan lantai 3-15	64
Gambar 3.6 Letak titik Pusat Massa dan Eksentrisitas Rencana lantai 3-15	65
Gambar 3.7 Letak Titik Pusat Massa dan Pusat Kekakuan Atap	66
Gambar 3.8 Letak titik Pusat Massa dan Eksentrisitas Rencana Atap	67
Gambar 3.9 Pembebanan Pusat Eksentrisitas Rencana 100% Bentang Lemah 30% Bentang Kuat	69
Gambar 3.10 Potongan Portal Line 1 dan Potongan Portal Line 1 Sampel Perhitungan	72
Gambar 3.10.1 Nomor Titik Portal.....	72
Gambar 3.10.2 Nomor Batang Portal	72
Gambar 3.11 Grafik Simpangan Tingkat Arah X.....	79
Gambar 3.12 Grafik Simpangan Tingkat Arah Z.....	80

Gambar 3.13 Grafik Kontrol Terhadap Kinerja Batas Layan dan Ultimit Struktur Arah Z.....	84
Gambar 3.14 Grafik Kontrol Terhadap Kinerja Batas Layan dan Ultimit Struktur Arah X.....	86
Gambar 4.1 Panjang Beff.....	91
Gambar 4.2 Perataan Beban C.....	113
Gambar 4.3 Diagram Interaksi (10 D 28)	135
Gambar 4.4 Diagram Interaksi (12 D 28)	135
Gambar 4.5 Diagram Interaksi (16 D 28)	136
Gambar 4.6 Diagram Interaksi	137
Gambar 4.7 Diagram Interaksi (10 D 16)	157
Gambar 4.8 Diagram Interaksi (12 D 16)	157
Gambar 4.9 Diagram Interaksi (16 D 16)	158
Gambar 4.10 Diagram Interaksi	158

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Faktor Daktilitas Maksimum, Faktor Reduksi Gempa Maksimum, Faktor Tahanan lebih Struktur dan Faktor Tahanan Lebih Total Beberapa Jenis Sistem dan Subsistem Struktur Gedung. (SNI – 1726 – 2002)	33
Tabel 2.2 Koefisien ξ yang membatasi waktu getar alami fundamental struktur gedung.	46
Tabel 3.1 Titik Pusat Massa Tiap Lantai	55
Tabel 3.2 Faktor Keutamaan Struktur.....	57
Tabel 3.3 Faktor Daktilitas Maksimum, Faktor Reduksi Gempa Maksimum, Faktor Tahanan lebih Struktur dan Faktor Tahanan Lebih Total Beberapa Jenis Sistem dan Subsistem Struktur Gedung. (SNI – 1726 – 2002)	58
Tabel 3.4 Berat Sendiri Tiap Lantai yang Ddiperoleh dari Output Staad Pro	59
Tabel 3.5 Distribusi Gaya Gempa Horizontal Akibat Gempa.....	61
Tabel 3.6 Beban Pada Pusat Massa 30% dan 100%	68
Tabel 3.7 Hasil Pembacaan Momen Pada Balok.....	73
Tabel 3.8 Pembacaan Momen Pada Kolom	74
Tabel 3.9 Pembacaan Momen Pada X-Bracing.....	75
Tabel 3.10 Pembacaan Simpangan antar Tingkat	76
Tabel 3.11 Kontrol Simpangan Antar Tingkat X.....	77
Tabel 3.12 Kontrol Simpangan Antar Tingkat Z.....	78
Tabel 3.13 Kontrol Batas Layan dan Batas Ultimit Struktur Gedung Arah Z	82
Tabel 3.14 Kontrol Batas Layan dan Batas Ultimit Struktur Gedung Arah X.....	84
Tabel 4.1 Diagram Interaksi (10 D 28)	134
Tabel 4.2 Diagram Interaksi (12 D 28)	134
Tabel 4.3 Diagram Interaksi (16 D 28)	134
Tabel 4.4 Momen Nominal, Gaya Aksial & Jumlah Tulangan Kolom	136
Tabel 4.5 Diagram Interaksi (10 D 16)	156
Tabel 4.6 Diagram Interaksi (12 D 16)	156
Tabel 4.7 Diagram Interaksi (16 D 16)	156

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan teknologi perencanaan bangunan gedung tahan gempa banyak bermunculan desain sistem struktur yang bervariasi. Sampai saat ini pembangunan gedung – gedung di Indonesia masih menggunakan metode yang konvensional (balok-kolom, *shear wall*). Inovasi perencanaan desain secara tepat pada suatu struktur akan mempengaruhi efek kestabilan struktur dalam mengatasi *mode shape* yang ditimbulkan akibat beban gempa, terutama yang terletak pada wilayah gempa yang beresiko tinggi.

Dalam perencanaan gedung berlantai tinggi banyak kecenderungan untuk menambahkan elemen struktur yang spesifik agar menekan biaya namun, struktur tetap mampu meredam gaya-gaya yang bekerja. Struktur penahan gempa yang kita kenal adalah struktur rangka pemikul momen khusus (SRPMK) atau struktur rangka pemikul momen menengah (SRPMM) dan gabungan antara frame dengan dinding geser (sistem ganda). Sistem struktur frame murni (balok – kolom) sebagai penahan gempa tidak efisien untuk membatasi defleksi lateral akibat gaya gempa, karena dimensi frame (balok - kolom) akan bertambah besar jika kita merencanakan gedung bertingkat tinggi.

Salah satu cara memperoleh kekakuan pada bangunan adalah dengan memasang *Shear Wall* atau *Bracing* untuk bangunan tinggi. Dalam

pelaksanaannya *Bracing* memiliki banyak bentuk dan konfigurasi, yaitu bentuk “Z” atau diagonal , “X” , “V”, interted V “A”, dan “K”.

Brace frame adalah portal yang dilengkapi dengan batang pengaku untuk mengurangi perpindahan lateral atau untuk memperoleh stabilitas struktur.

Penambahan pengaku (*Bracing*) pada struktur gedung akan meningkatkan kekakuan hal ini disebabkan karena besarnya gaya-gaya yang terjadi akan didistribusikan ke semua elemen struktur termasuk pengaku (*Bracing*) sehingga struktur berfungsi secara maksimal menerima gaya-gaya yang terjadi.

Pada studi analisa ini bertujuan untuk mengetahui efesiensi suatu perencanaan struktur gedung bertingkat tinggi menggunakan metode *X-Bracing* sebagai alternatif sistem struktur penahan gaya lateral gempa.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas,penyusun dapat merumuskan masalah yang timbul yaitu :

- Berapa besar dimensi penampang dan tulangan *X-Bracing* ?
- Berapa besar simpangan horisontal yang terjadi jika sistem struktur penahan gaya lateral gempa menggunakan pengaku *X-Bracing*?
- Bagaimana gambar penulangan sistem struktur menggunakan pengaku *X-Bracing* ?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

- Untuk mengetahui berapa besar dimensi penampang dan tulangan *X-Bracing*
- Untuk mengetahui simpangan horisontal yang terjadi dengan menerapkan sistem struktur menggunakan *X-Bracing* dengan kontrol drift.
- Untuk mengetahui gambar penulangan sistem struktur menggunakan *X-Bracing*

1.4 Batasan Masalah

Untuk memudahkan dalam proses analisa yang akan dilakukan, maka dalam tulisan ini dilakukan pembatasan-pembatasan yang meliputi :

1. Perencanaan penampang *X-Bracing*.
2. Analisa simpangan horisontal kontrol (drift)
3. Analisa penulangan hanya pada *X-Bracing* dan elemen struktur yang diberi pengaku *X-Bracing*.

Peraturan yang digunakan :

1. Pembebanan sesuai dengan Pedoman Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung SKBI-1.3.53.1987.
2. Perencanaan struktur beton sesuai dengan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002.
3. Perhitungan analisa struktur menggunakan program bantu komputer yaitu STAAD Pro.

BAB II

DASAR DASAR PERENCANAAN

2.1 Tinjauan Umum

Dalam perancangan suatu gedung beton tahan gempa setidaknya harus mengacu pada peraturan SNI 03-2847-2002, yaitu Tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung, dan SNI 03-1726-2002, yaitu Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung, sedangkan untuk bagian-bagian yang tidak ada dalam peraturan SNI 2002, selama belum terbit peraturan baru dapat menggunakan referensi yang lain.

Dalam merencanakan suatu struktur bangunan harus diperhatikan kekakuan, kestabilan struktur dalam menahan segala pembebanan yang dikenakan padanya, bagaimana perilaku struktur untuk menahan beban tersebut. Pada struktur stabil apabila dikenakan beban, struktur tersebut akan mengalami perubahan bentuk (*Deformasi*) yang lebih kecil dibandingkan struktur yang tidak stabil. Hal ini disebabkan karena pada struktur yang stabil memiliki kekuatan dan kestabilan dalam menahan beban. Struktur stabil ini misalnya struktur *Bracing* (**Schodek, 1999**)

Dalam bidang perencanaan struktur, bangunan bertingkat banyak dikategorikan sebagai bangunan tinggi apabila beban horizontal baik beban angin ataupun beban gempa diperhitungkan pada saat perencanaan. Perencanaan ini diutamakan pada bangunan ber dinding ringan dan menggunakan pelindung api serta partisi internal. Pada struktur tersebut beban mati tidak cukup besar untuk

menyediakan stabilitas. Portal harus cukup kaku untuk membatasi defleksi hingga batas maksimal defleksi yang bisa diterima. Pada umumnya defleksi dibatasi hingga $1/500 H$ untuk mencegah goyangan yang menyebabkan ketidaknyamanan penghuni (**MacGinley, 2000**).

Pada beban gempa, bangunan mengalami gerakan vertical dan gerakan horizontal. Gaya inersia atau gaya gempa baik dalam arah vertical maupun horizontal akan timbul di titik-titik pada massa struktur. Dari kedua gaya ini, gaya dalam arah vertical hanya sedikit mengubah gaya gravitasi yang bekerja pada struktur, sedangkan struktur biasanya direncanakan terhadap gaya vertical dengan faktor keamanan yang memadai. Oleh karena itu, struktur umumnya jarang sekali runtuh akibat gaya gempa vertikal (**Muto, 1974**).

Gaya lateral pada struktur bangunan harus dipertimbangkan sama seperti gaya gravitasi. Gaya lateral dapat berupa tekanan angin atau gempa dari samping bangunan yang dapat menimbulkan defleksi lateral. Hal yang perlu diperhatikan adalah kekuatan bangunan yang memadai untuk memberikan kenyamanan bagi penghuninya terutama lantai atas. Semakin tinggi gedung, defleksi lateral yang terjadi juga semakin besar pada lantai atas (**Cormak, 1995**).

Pada bangunan tinggi, gaya lateral (beban gempa) sama pentingnya seperti beban gravitasi. Beban gempa yang tinggi pada sisi bangunan menghasilkan momen. Akan tetapi gaya geser horizontal pada masing-masing tingkat begitu besar hingga membutuhkan pengaku atau sambungan penahan momen. Jika tidak terjadi keretakan, lantai dan dinding menyediakan kekakuan yang cukup bagi bangunan meskipun terkadang sebagai kekakuan tersebut ditahan oleh pengaku lateral, tetapi sangat sulit untuk memperkirakannya. Saat ini begitu banyak

bangunan moderen yang ringan, dimana portal diasumsikan untuk menyediakan pengaku lateral yang diperlukan. (Mc Cormac & Nelson, 2003).

Suatu bangunan walaupun direcanakan berdasarkan analisa tahan gempa bisa mengalami kerusakan bila memikul gaya gempa kuat yang tidak terduga. Kerusakan ini diakibatkan oleh respon selama gempa bumi yang menimbulkan deformasi yang besar diatas batas elastic, atau *deformasi inelastic*, dengan deformasi yang menetap setelah gempa bumi berakhir. Tingkat kerusakan yang timbul sangat tergantung pada deformasi residu (sisi). Pada kasus yang ekstrim, Keruntuhan bisa terjadi tetapi hal ini harus dihindari. Namun dari sudut ekonomi bangunan tidak dapat diharapkan terus aman dan benar - benar tidak rusak pada gempa bumi yang sangat kuat. Oleh karena itu, metode perencanaan yang umumnya diterima dewasa ini adalah menerapkan tingkat daya tahan gempa yang logis (Muto, 1974)

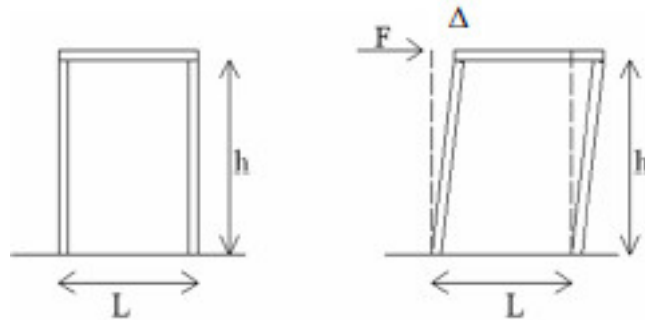
Ketiga sistem yang disebutkan di bawah ini merupakan dibawah ini merupakan sistem struktur utama yang dipakai untuk meningkatkan day tahan gempa (terutama gaya tahan horisontal) dari gedung bertingkat banyak, yaitu :

1. Portal Terbuka (*Open framers*)
2. Portal dinding (*walled framers*)
3. Dinding Geser (*shear walls*) dan portal dengan pengaku diagonal (*diagonally braced framers*)

Braced Frame dapat diartikan sebagai portal yang dilengkapi dengan batang penopang (*Bracing*) yang bertujuan untuk mengurangi perpindahn lateral atau untuk memperoleh stabilitas struktur. Charles G. Salmon dan John E. Jonson (1999) menyatakan bahwa pada dasarnya kerangka berpenopang lebih tepat

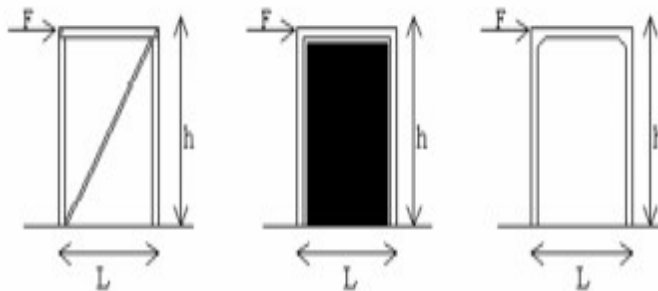
didefinisikan sebagai kerangka dimana tekuk bergoyang (*sideway buckling*) dicegah oleh elemen-elemen topang struktur tersebut dan bukan oleh kerangka struktur itu sendiri.

Stabilitas merupakan hal sulit didalam perencanaan struktur yang merupakan gabungan dari elemen-elemen. Untuk memperjelas mengenai



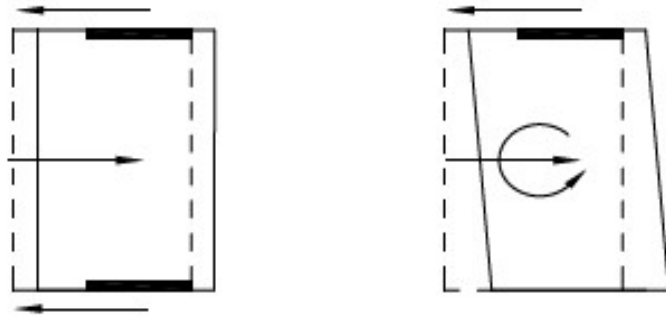
Gambar 2.1.a Kestabilan struktur akan diilustrasikan dalam

- (a) Susunan kolom dan balok (b) Ketidak stabilan beban horizontal



- (c) Tiga metode dasar untuk menjamin kestabilan struktur sederhana meliputi :

Brecing Diagonal, Bidang Geser dan Titik Hubung Kaku.



- (d) Setiap metode yang dipakai untuk menjamin kestabilan pada struktur harus dipasang secara simetris. Apabila tidak, dapat terjadi efek torsional pada struktur.

Gambar 2.1.b Kestabilan Struktur Portal

Pada Gambar 2.1 (a) struktur belum mendapatkan gaya dari luar, apabila struktur dikenakan gaya horizontal maka akan terjadi deformasi seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 (b). Hal ini disebabkan karena struktur tidak mempunyai kapasitas yang cukup untuk menahan gaya horizontal dan struktur tidak mempunyai kemampuan untuk mengembalikan bentuk struktur ke bentuk semula apabila beban horizontal dihilangkan sehingga terjadi simpangan (*drift*) yang berlebihan yang dapat menyebabkan keruntuhan. Terdapat beberapa cara untuk menjamin kestabilan struktur seperti pada Gambar 2.1 (c). Cara pertama dengan menambahkan elemen struktur diagonal pada struktur, sehingga struktur tidak mengalami deformasi menjadi jajar genjang seperti pada Gambar 2.1 (b). Hal ini disebabkan karena dengan menambahkan elemen struktur diagonal gaya-gaya yang dikenakan pada struktur akan disebarkan ke seluruh bagian termasuk ke elemen diagonal, gaya-gaya yang diterima masing-masing struktur akan berkurang sehingga simpangan yang dihasilkan lebih kecil. Cara kedua adalah dengan

menggunakan dinding geser. Elemennya merupakan elemen permukaan bidang kaku, yang tentunya dapat menahan deformasi akibat beban horizontal dan simpangan horizontal yang akan dihasilkan lebih kecil. Cara ketiga adalah dengan mengubah hubungan antara elemen struktur sedemikian rupa sehingga perubahan sudut untuk suatu kondisi pembebanan tertentu. Hal ini dengan membuat titik hubung kaku diantara elemen struktur sedemikian rupa sehingga perubahan sudut untuk suatu kondisi pembebanan tertentu. Hal ini dengan membuat titik hubung kaku diantara elemen struktur sebagai contoh meja adalah struktur stabil karena adanya titik hubung kaku diantara setiap kaki meja dengan permukaan meja yang menjamin hubungan sudut konstan diantara elemen tersebut, sehingga struktur menjadi kaku. Dalam menentukan letak bracing maupun dinding geser hendaknya simetris. Hal ini menghindari efek torsional (**Schodek, 1999**).

2.2 Pembebanan

Untuk merencanakan suatu desain struktur tentunya perlu gambaran yang jelas mengenai beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut, dari perilaku dan besaran beban tersebut. Hal ini sudah diatur oleh peraturan tentang ketentuan-ketentuan pembebanan dalam merencanakan suatu struktur (SKBI-1.3.53.1987 Dep. PU) tentang pembebanan untuk bangunan rumah dan gedung.

2.2.1 Beban Vertikal

a. Beban Mati

Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen atau berat elemen struktur dan beban tetap pada struktur, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap.

b. Beban Hidup

Beban Hidup adalah beban yang dihasilkan akibat penggunaan dan penghunian gedung atau struktur lainnya. Dalam hal ini, untuk gedung Hotel diambil berdasarkan tabel 2 SKBI-1.3.53.1987 Dep. PU (hal 12) dengan beban hidup merata sebesar $25 \text{ kN/m}^2 = 250 \text{ kg/m}^2$. Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.

2.2.2 Beban Horisontal

a. Beban Angin

SKBI-1.3.53.1987 Dep. PU: tekanan angin desain untuk komponen dan kulit gedung tidak boleh kurang dari tekanan bersih $0,48 \text{ kN/m}^2 \approx 50 \text{ kg/m}^2$.

b. Beban Gempa

Gempa bumi adalah fenomena getaran yang dikaitkan dengan kejutan pada kerak bumi. Beban kejut ini dapat disebabkan oleh banyak hal, tetapi salah satu faktor utamanya adalah benturan pergesekan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bumi. Lokasi gesekan ini disebut fault zone Pada saat bangunan bergetar timbul gaya-gaya pada struktur bangunan karena adanya kecenderungan dari massa bangunan untuk mempertahankan dirinya dari gerakan. Gaya yang

timbul disebut gaya inersia, besar gaya tersebut bergantung pada massa bangunan, pendistribusian massa bangunan, kekakuan struktur, jenis tanah, mekanisme redaman dari struktur, perilaku dan besar alami getaran itu sendiri, wilayah kegempaan, periode getar alami.

2.3 Pengaruh Arah Pembebanan Gempa

Untuk memperhitungkan pengaruh arah gempa yang kemungkinan tidak searah sumbu utama struktur gedung, maka SNI 03-1726-2002 menetapkan pengaruh pembebanan searah sumbu utama harus dianggap terjadi 30% pada pembebanan dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan.

2.3.1 Pengaruh Gempa Horizontal

Pengaruh gempa bekerja dalam kedua arah utama dari gedung secara bersamaan. Peraturan ini menetapkan bahwa struktur-struktur daktail direncanakan terhadap suatu bagian kecil saja dari pengaruh gempa, dan karenanya banyak unsur-unsur struktur sudah akan mencapai sebagian saja dari percepatan gempa dalam suatu arah tertentu baru mencapai sebagian saja dari percepatan maksimum gempa tersebut. Hal-hal di atas perlu kiranya disadari dalam perencanaan sudah dan bila diinginkan dapat diterapkan dalam perencanaan sesungguhnya, terutama untuk struktur gedung yang sangat penting. Sehubungan dengan hal tersebut, pasal ini mensyaratkan agar unsur-unsur primer direncanakan terhadap pengaruh 100% dari gempa rencana dalam suatu arah utama yang dikombinasikan dengan 30% dari gempa rencana dalam arah tegak lurus padanya. Berhubung dengan itu, kombinasi-kombinasi pengaruh beban gravitasi, gempa

dalam arah – X dan gempa arah –Y harus ditinjau dalam perencanaan unsur-unsur struktur.

2.3.2 Pengaruh Gempa Vertikal

Walaupun percepatan-percepatan vertikal yang besar telah dicatat dekat pada pusat dari banyak gempa, respon dari struktur-struktur gedung terhadap gerakan tersebut belum banyak diketahui. Karena itu dianggap bahwa tersedianya hasil penelitian lebih lanjut mengenai respon dari struktur-struktur gedung terhadap gerakan vertikal, hanya beberapa bagian yang kritis dari struktur gedung.

- **Beban Gravitasi Vertikal**

Beban-beban hidup pada struktur gedung pada umumnya direduksi pada waktu analisa gempa pada struktur tersebut sehubungan dengan kecilnya kemungkinan bekerjanya beban hidup penuh dan pengaruh gempa penuh secara bersamaan pada struktur secara keseluruhan diagram koefisien gempa dasar C atau zona gempa wilayah 4.

2.4 Eksentrisitas Pusat Massa Terhadap Pusat Kekakuan

Pusat massa adalah titik tangkap teoritis dari beban geser tingkat dan harus dihitung sebagai titik pusat dari semua beban gravitas yang bekerja di atas lantai tingkat yang ditinjau dan yang ditumpu pada tingkat lantai itu. Sedangkan pusat kekakuan adalah titik tangkap resultan gaya geser gempa yang bekerja di dalam semua penampang unsur vertikal (kolom-kolom dan dinding geser) yang terdapat pada lantai tingkat yang bersangkutan.

Antara pusat massa dan pusat kekakuan struktur harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana e_d . Dimana e_d merupakan eksentrisitas teoritis yang dihitung dan b merupakan dimensi rencana secara keseluruhan sebuah bangunan yang diukur pada sisi yang tegak lurus terhadap arah pembebanan gempa. Maka eksentrisitas rencana e_d harus ditentukan sebagai berikut :

Untuk $0 < e \leq 0,3 b$, maka :

$$e_d = 1,5e + 0.05 b$$

atau

$$e_d = e - 0.05 b$$

Dan dipilih diantara keduanya yang pengaruhnya paling menentukan untuk unsur atau subsistem struktur gedung yang ditinjau :

Untuk $e > 0,3 b$, maka :

$$e_d = 1,33 e + 0,1 b$$

atau

$$e_d = 1,17 e - 0,1 b$$

Dan dipilih diantara keduanya yang pengaruhnya paling menentukan untuk unsur atau subsistem struktur gedung yang ditinjau. (**SNI 03-1726-2002 psl. 5.4.3**)

Pasal ini menetapkan suatu eksentrisitas rencana antara pusat massa dan pusat kekakuan pada tiap lantai tingkat, mengingat dalam kenyataannya eksentrisitas tersebut dapat menyimpang jauh dari yang dihitung secara teoritis. Ada dua sumber penyebab dari penyimpangan ini, sumber penyebab pertama adalah pembesaran dinamik akibat perilaku struktur yang non linier pada tahap pembebanan gempa pasca elastik. Sumber penyebab kedua adalah adanya komponen rotasi dari gerakan tanah melalui sumbu vertikal, perbedaan dalam

nilai kekakuan struktur, nilai kekuatan leleh baja, nilai beban mati serta nilai distribusi beban hidup, antara yang dihitung secara teoritis dan kenyataan sesungguhnya. Sehubungan dengan adanya dua sumber penyebab penyimpangan di atas, maka eksentrisitas rencana e_d terdiri dari dua suku. Suku yang pertama merupakan fungsi dari eksentrisitas teoritis e , adalah untuk mengatasi pengaruh sumber penyebab pertama. Suku kedua merupakan fungsi dari ukuran horizontal terbesar denah struktur gedung tegak lurus pada arah beban gempa b , adalah untuk mengatasi sumber pengaruh penyebab kedua. Pengaruh sumber penyebab pertama adalah lebih dominan pada eksentrisitas yang kecil ($0 < e \leq 0,3 b$), sedangkan sumber penyebab kedua adalah yang lebih dominan pada eksentrisitas yang besar ($e > 0,3 b$). Pada keadaan perbatasan $e = 0,3 b$ tentu didapat eksentrisitas rencana e_d yang sama.

2.5 Balok T

Berikut ketentuan-ketentuan yang harus diperhatikan dalam merencanakan balok T sesuai dengan SNI 03-2847-2002 pasal 10.10 :

- 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 pelat, 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 pelat, 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.

2.6 Perencanaan Balok dengan Tulangan Tekan dan Tarik (Rangkap)

2.6.1 Balok T Tulangan Rangkap

Perencanaan balok T tulangan rangkap adalah proses memnentukan dimensi tebal dan lebar flens. Lebar dan tinggi efektif badan balok, dan luas tulangan baja tarik. Balok T juga didefenisikan sebagai balok yang menyatu edngan plat, dimana plat tersebut mengalami tekanan.

Dengan nilai $M_{D\ b}$, $M_{L\ b}$, $M_{E\ b}$, (Statika/ hasil STAAD PRO 2004),Dimana kombinasi untuk M_u balok :

$$= 1,4 M_{D\ b}$$

$$= 1,2 M_{D\ b} + 1,6 M_{L\ b}$$

$$= 1,2 M_{D\ b} + 1,0 M_{L\ b} \pm 1,0 M_{E\ b}$$

$$= 0,9 M_{D\ b} \pm 1,0 M_{E\ b}$$

Dimana :

M_D = Momen lentur komponen portal akibat beban mati tak terfaktor

M_{Lb} = Momen lentur komponen portal akibat beban hidup tak terfaktor

M_{Eb} = Momen lentur komponen portal akibat beban gempa tak terfaktor

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

Untuk tulangan maksimum ada persyaratan bahwa balok atau komponen struktur lain yang yang menerima beban lentur murni harus bertulang lemah (under reinforced) SNI-03-2847-2002 hal 70 memberikan batasan tulangan tarik maksimum sebesar 75% dari yang diperlkan pada keadaan regang seimbang. $A_s\ \text{maks} = 0,75 \rho_b$

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

Untuk tulangan minimum agar menghindari terjadinya kehancuran getas pada balok, maka SNI 03-2847-2002 pada halaman 71-72 juga mengatur jumlah minimum tulangan yang harus terpasang pada balok, yaitu :

$$A_s \text{ min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot f_y} \cdot b_w \cdot d \quad \text{dan tidak boleh lebih kecil dari } A_s \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} \cdot b_w \cdot d$$

Langkah – langkah perencanaan balok T tulangan rangkap

➤ Dapatkan nilai M_{D_b} , M_{L_b} , M_{E_b} , (Statika/ hasil STAAD PRO 2004)

Dimana kombinasi untuk M_u balok :

$$= 1,4 M_{D_b}$$

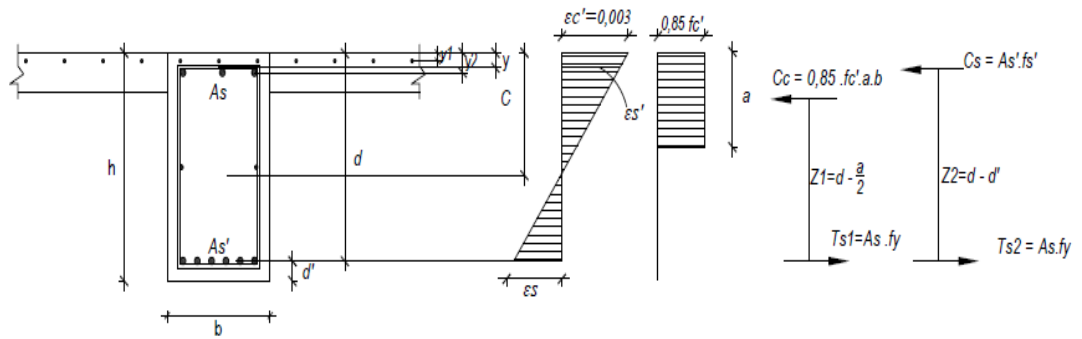
$$= 1,2 M_{D_b} + 1,6 M_{L_b}$$

$$= 1,2 M_{D_b} + 1,0 M_{L_b} \pm 1,0 M_{E_b}$$

$$= 0,9 M_{D_b} \pm 1,0 M_{E_b}$$

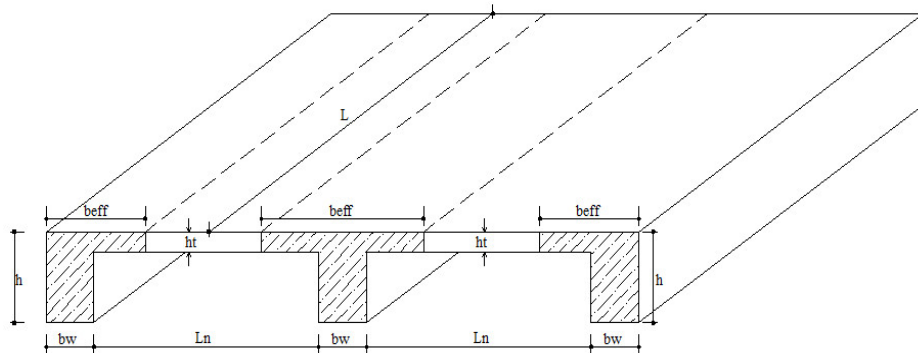
1. Tentukan tulangan tarik dan tekan

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



Gambar 2.2 Diagram Tegangan Balok T

Menurut SNI03-2847-2002 pasal 10.10, lebar plat efektif yang diperhitungkan bekerja sama dengan rangka menahan momen lentur di tentukan sebagai berikut :



a. Jika balok mempunyai plat dua sisi.

Lebar efektif diambil nilai terkecil dari :

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

$$b_{eff} \leq bw + 8 ht \text{ (kiri)} + 8 ht \text{ (kanan)}$$

$$b_{eff} \leq bw + \frac{1}{2} Ln \text{ (kiri)} + \frac{1}{2} Ln \text{ (kanan)}$$

b. Jika balok hanya mempunyai plat satu sisi.

Lebar efektif diambil nilai terkecil dari :

$$b_{eff} \leq \frac{1}{12} L$$

$$b_{\text{eff}} \leq b_w + 6 h_t$$

$$b_{\text{eff}} \leq b_w + \frac{1}{2} L_n$$

3. mencari letak garis netral

Analisis balok bertulangan rangkap dimana tulangan tekan sudah leleh. Misalkan tulangan tarik dan tulangan tekan leleh.

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b$$

$$C_s = A_s' \cdot f_s' = A_s' \cdot f_y$$

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

$$\Sigma H = 0 \rightarrow C_c + C_s = T_s$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_y = A_s \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_y - A_s' \cdot f_y = f_y (A_s - A_s')$$

$$\text{Sehingga nilai : } a = \frac{f_y (A_s - A_s')}{0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b} \cdot b_w \cdot d$$

Dengan nilai tersebut kita kontrol regangan yang terjadi apakah tulangan tekan leleh apa belum. Jika leleh, perhitungan dapat dilanjutkan dan jika belum leleh nilai a kita hitung kembali dengan persamaan lain.

$$\text{Tinggi garis netral } c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{(A_s - A_s') \cdot f_y}{\beta_1 \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot b}$$

$$\text{Dari diagram regangan } \frac{\epsilon'_s}{\epsilon'_c} = \frac{(c - d')}{c} \rightarrow \epsilon'_s = \frac{(c - d')}{c} \epsilon'_c$$

Jika $\epsilon'_s < \epsilon_y = f_y / E_s \rightarrow$ berarti tulangan tekan belum leleh maka perhitungan diulang.

Jika $\epsilon'_s > \epsilon_y = f_y / E_s \rightarrow$ berarti tulangan tekan belum leleh maka perhitungan dilanjutkan.

$$M_n = C_c \cdot z_1 + C_s \cdot z_2 \text{ dimana : } z_1 = d - \frac{a}{2} \text{ dan } z_2 = z - z'$$

Analisis balok bertulang rangkap dimana tulangan tekan belum leleh.

$$\text{Ini terjadi jika nilai } \varepsilon' > \varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

Untuk itu dicari nilai a dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Sigma H = 0, \text{ maka } C_c + C_s = T_s$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$f_s' = \varepsilon_s' \cdot E_s \text{ dimana : } \varepsilon_s' = \frac{(c - d')}{c} \varepsilon'_c$$

$$f_s' = \frac{(c - d')}{c} \varepsilon'_c \cdot E_s = \frac{(c - d')}{c} \cdot 0,003 \cdot 200000$$

$$f_s' = \frac{(c - d')}{c} \cdot 600$$

$$\text{Maka } 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \cdot 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b) \cdot x + A_s' \cdot (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

Dengan substitusi nilai $a = \beta_1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + A_s' \cdot (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - A_s \cdot f_y \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d = 0$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d = 0$$

Dengan rumus ABC nilai x dapat dihitung :

$$c_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

Selanjutnya dapat dihitung dengan nilai-nilai :

$$f_s' = \frac{(c - d')}{c} \cdot 600$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \quad \text{dimana } a = \beta_1 \cdot x$$

$$C_s = A_s' \cdot f_s'$$

$$z_1 = d - \frac{a}{2} \quad \text{dan} \quad z_2 = d - d'$$

$$M_n = C_c \cdot z_1 + C_s \cdot z_2$$

2.6.2 Perencanaan Balok terhadap Geser

Komponen struktur yang mengalami lentur akan mengalami juga kehancuran geser, selain kehancuran tarik / tekan. Sehingga dalam perencanaan struktur yang mengalami lentur selain direncanakan tulangan lentur, juga harus direncanakan tulangan geser.

Kuat geser pada struktur yang mengalami lentur SNI 2002 Pasal 13.1.1 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 sesuai dengan SNI 2002 Pasal 13.3.1 adalah :

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

Dimana :

b_w = lebar badan balok

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

longitudinal

Ada dua keadaan :

Bila $V_u > 1/2 \phi V_c$, maka harus dipasang 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:

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

Dimana :

A_v = luas tulangan geser dalam daerah sejarak s

$$A_v = n \cdot 1/4 \cdot \pi \cdot d^2$$

n = Jumlah kaki pada sengkang

S = spasi tulangan geser dalam arah paralel dengan tulangan longitudinal

Sedangkan untuk spasi sengkang adalah :

$$S \leq 1/2 d$$

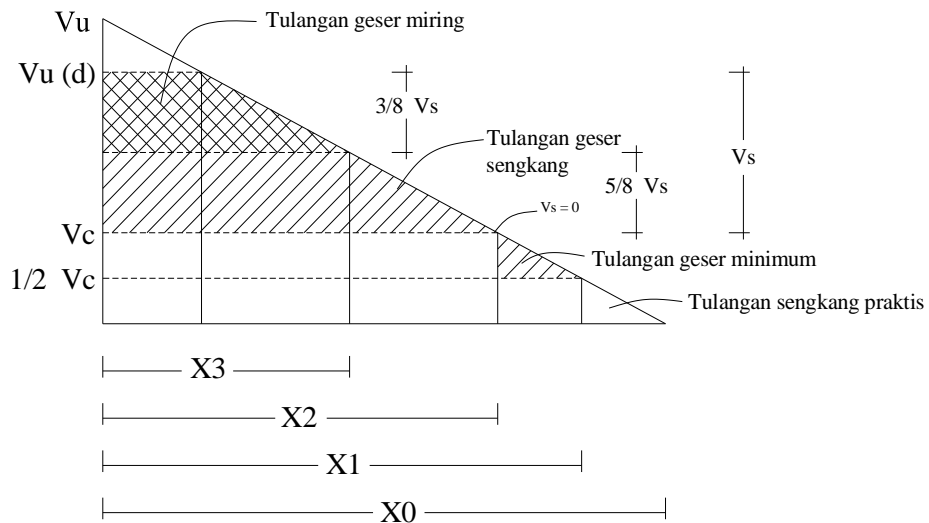
$$S \leq 600 \text{ mm}$$

Sedangkan bila $V_s > \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{3}\right) b_w d$, maka spasi tulangan adalah :

$$S \leq 1/4 d$$

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

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



Gambar 2.3. Diagram Gaya Geser dan Daerah penempatan Tulangan Geser

Keterangan gambar :

X_0 = $1/2$ bentang atau jarak dari perletakan ke suatu titik dimana $V_u=0$

X_1 = daerah yang harus dipasang tulangan geser

X2 = daerah yang harus dipasang tulangan geser yang diperlukan

X3 = daerah untuk tulangan geser miring

Ada beberapa kondisi dalam menghitung tulangan geser :

1. Bila $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$ maka pada kondisi ini tidak diperlukan tulangan geser.
2. Bila $\phi V_c > V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$ maka pada kondisi ini dipasang tulangan geser minimum.
3. Bila $\phi V_c > V_u > \phi (5/6 \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d)$ maka diperlukan tulangan geser.
4. Bila $\phi v_u > \phi (5/6 \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d)$ maka dimensi diperbesar
5. Dimana : $(V_c + V_{s \text{ maks}}) = (1/6 + 2/3) \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d = 5/6 \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d$

2.7 Perencanaan Kolom

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menahan beban aksial tekan, vertical dengan tinggi ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil apabila rasio bagian tinggi dengan dimensi lateral kecil kurang dari tiga disebut pedestal. 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 peringatan yang jelas. Oleh sebab itu perencanaan struktur kolom harus diperhitungkan secara cermat cadangan kekuatan yang lebih tinggi dari pada komponen struktur lainnya. Kolom tidak hanya menerima beban aksial vertikal tetapi juga menerima momen lentur, sehingga analisa kolom diperhitungkan untuk menyangga beban aksial desak dengan eksentrisitas tertentu. (**Amrinsyah Nasution hal : 219**)

Kolom harus direncanakan untuk memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum yang berasal dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. Kombinasi pembebanan yang menghasilkan rasio maksimal dari momen terhadap beban aksial juga harus diperhitungkan. (SNI - 03 - 2847 - 2002 psl 10.1)

2.8 Perencanaan Penulangan Kolom Portal Terhadap Lentur dan Aksial

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.

- Momen Ultimit (M_u)
Dari perhitungan statika momen
- 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 0,08 kali luas bruto penampang A_g (1% - 8% A_g). Penulangan yang lazim digunakan antara 1,5% - 3%.
- Rasio tulangan tarik yang diperlukan kolom :

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

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

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

Dimana :

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

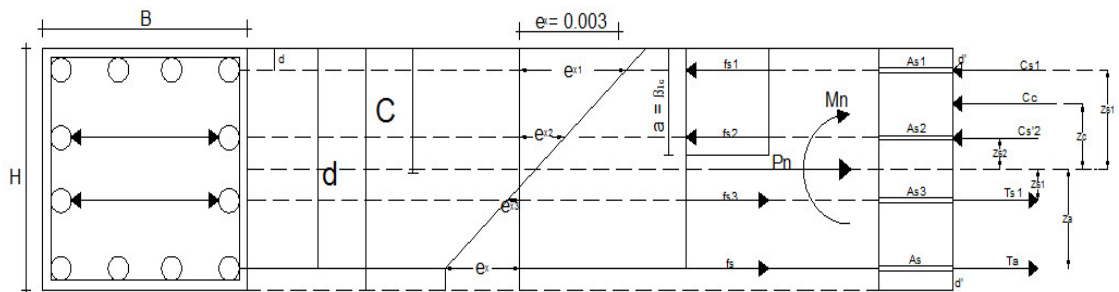
d' = jarak dari serat sengkang terluar ke pusat tulangan tekan (mm)

h = tinggi kolom (mm)

b = lebar kolom (mm)

A_s = luas tulangan tarik (mm^2)

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} > 0,01$$



Gambar 2.4 Diagram Regangan, Tegangan dan Gaya Dalam Penampang

Tinggi blok tegangan tekan keadaan berimbang

$$a_b = \beta_1 \cdot c_b$$

Dimana :

β_1 = faktor reduksi tinggi blok tegangan tekan ekuivalen

c_b = keadaan keseimbangan regangan

Regangan tekan baja (ϵ_s')

$$\epsilon_s' = \frac{Cb - d'}{Cb} \cdot \epsilon_c'$$

Dimana :

ϵ_c' : regangan tekan beton = 0,003

- Jika $\epsilon_s' \geq \epsilon_y$, 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 :

ϵ_y = regangan luluh

$$= \frac{F_y}{E_s}$$

E_s = Modulus elastisitas baja

Kuat beban aksial nominal

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

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

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

- 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:

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\frac{e}{(d-d')} + 0,50} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} + 1,18}$$

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

Pemeriksaan tegangan pada tulangan:

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

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

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

2.9 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:

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

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

2.10 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:

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

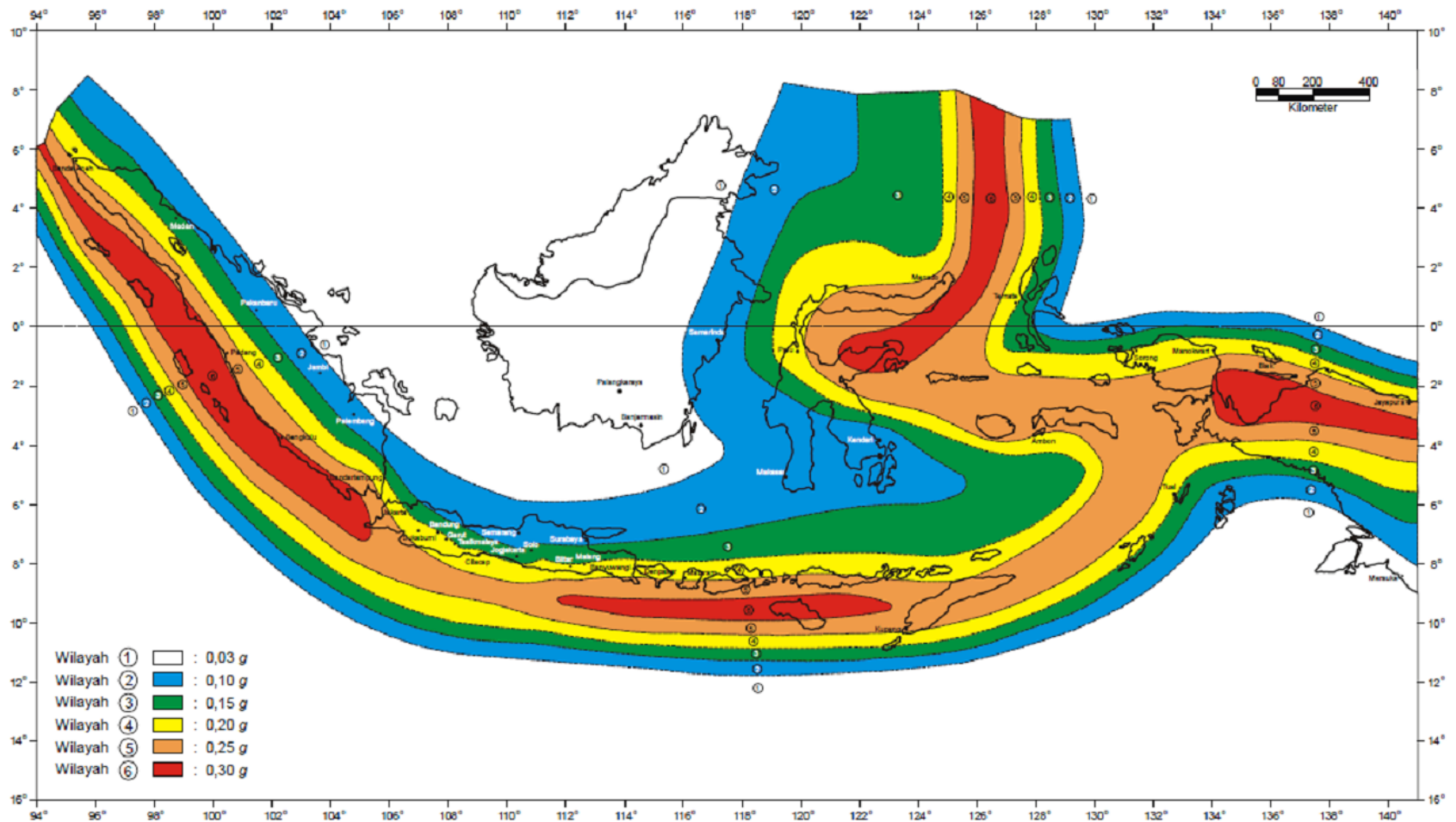
$$a_b = \beta_1 \cdot c_b$$

$$P_b = D_1 + D_2 - T$$

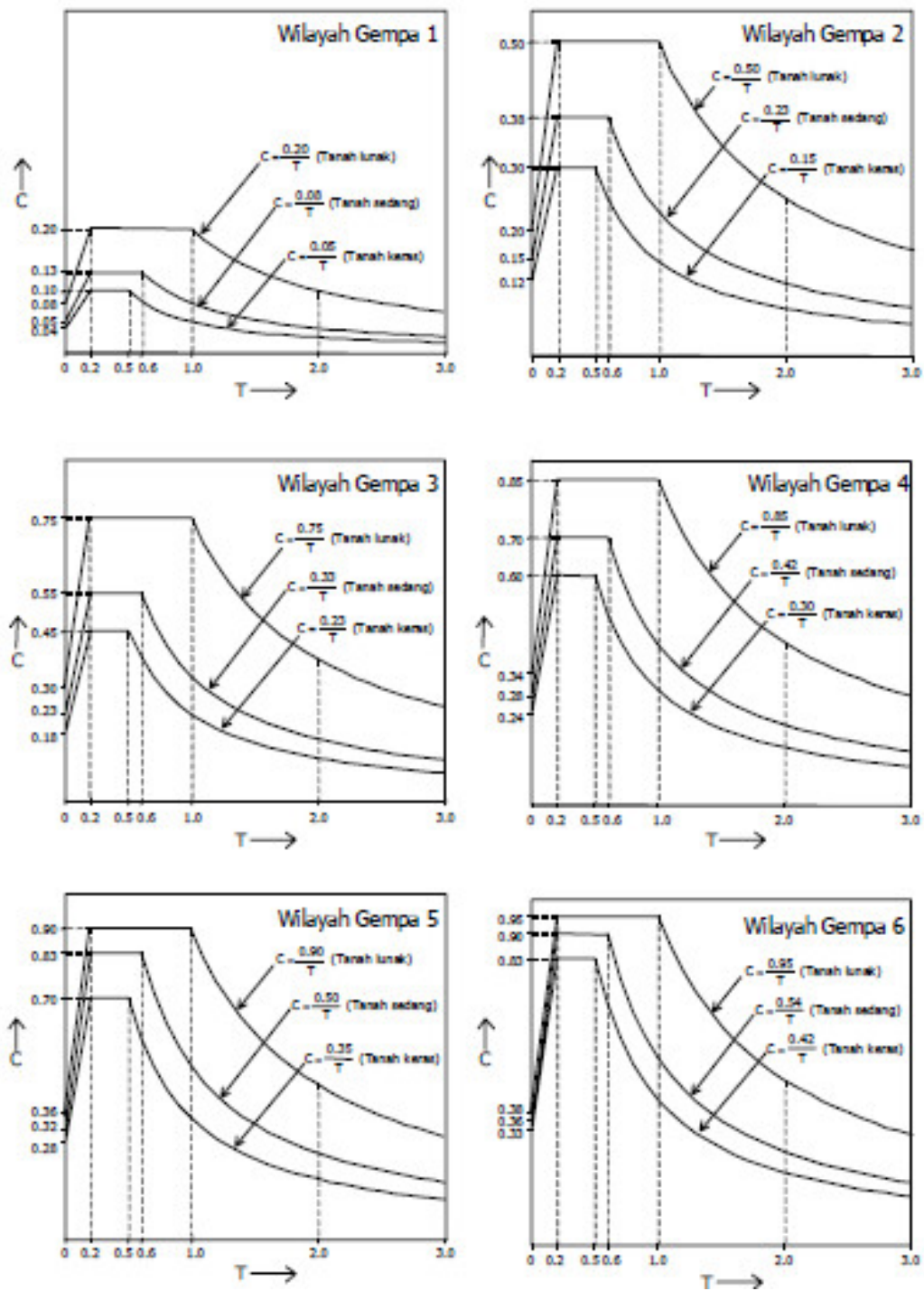
$$M_{nb} = P_b e_b$$

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

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



Gambar 2.5. Wilayah Gempa Indonesia dengan Percepatan Puncak Batuan Dasar dengan Perioda Ulang 500 Tahun



Gambar 2.6 Respons Spektrum Gempa Rencana

2.11 Faktor Reduksi Gempa (R)

Faktor reduksi gempa adalah rasio antara beban gempa maksimum akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gempa elastic penuh dan beban gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana pada struktur gedung daktail, bergantung pada faktor daktilitas struktur gedung tersebut, faktor reduksi representative struktur gedung tidak beraturan.

Tabel 2.1 Faktor Daktilitas Maksimum, Faktor Reduksi Gempa Maksimum, Faktor Tahanan lebih Struktur dan Faktor Tahanan Lebih Total Beberapa Jenis Sistem dan Subsistem Struktur Gedung. (SNI – 1726 – 2002)

Sistem dan subsistem struktur gedung	Uraian sistem pemikul beban gempa	μ_m	R_m Pers. (6)	f Pers. (39)
Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul bebab gravitasi secara lengkap. Dinding penumpu atau sistem bresing memikul hampir semua beban gravitasi. Beban lateral dipikul didinding geser atau rangak bresing	1. Dinding Geser beton	2.7	4.5	2.8
	2. Dinding penumpu dengan baja ringan dan bresing tarik	1.8	2.8	2.2
	3. Rangka Bresing dimana bresingnya memikul beban gravitasi			
	a. Baja	2.8	4.4	2.2
	b. Beton (Tidak untuk wilayah 5 & 6)	1.8	2.8	2.2

Keterangan Tabel :

μ_m adalah faktor daktilitas struktur gedung, rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan dan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama.

Rm adalah faktor reduksi gempa maksimum yang dapat dikerahkan oleh suatu jenis atau subsistem struktur gedung.

f adalah kuat lebih total yang terkandung di dalam struktur gedung secara keseluruhan rasio antara beban maksimum akibat pengaruh Gempa Rencana yang dapat diserap oleh struktur gedung pada saat mencapai kondisi diambang keruntuhan dan beban gempa nominal.

2.12 Analisa Beban Lateral Gempa

Analisa beban lateral gempa adalah beban yang sebenarnya dikaitkan dengan gempa pada struktur. Beban ini berupa “*BASE MOTION*” yang merupakan “Percepatan Tanah Dasar” . Di Indonesia dibagi menjadi enam wilayah zona gempa. Pada Tugas Akhir ini direncanakan dengan wilayah gempa 4 (sedang) yang mempunyai nilai reduksi gempa (R) sebesar 5,5 dengan daktilitas sedang.

Analisa dinamik harus dilakukan untuk struktur gedung-gedung sebagai berikut :

1. Gedung-gedung yang strukturnya sangat tidak beraturan.
2. Gedung-gedung dengan loncatan bidang muka yang besar.
3. Gedung-gedung dengan kekakuan tingkat yang tidak merata.
4. Gedung-gedung yang tingginya lebih dari 40 m.
5. Gedung-gedung yang bentuk, ukuran dan penggunaannya tidak umum.

Analisa beban lateral gempa yang ditentukan dalam peraturan ini didasarkan atas perilaku struktur yang bersifat elastis penuh dan dengan meninjau gerakan gempa dalam satu arah saja. Untuk gedung Ijen Padjadjaran Suites Hotel Resort And Convention Hall yang mempunyai bentuk struktur yang tidak simetris 15 lantai dengan tinggi lebih dari 40 m, maka gedung tersebut harus ditentukan melalui analisis respon dinamik 3 dimensi. Untuk mencegah terjadinya respon struktur gedung terhadap pembebanan gempa yang dominan dalam rotasi, dari hasil analisis vibrasi bebas 3 dimensi, paling tidak gerak ragam pertama harus dominan dalam translasi.

2.13 Kombinasi Pembebanan

Untuk perhitungan dengan cara SNI 03 – 2847 – 2002 kombinasi yang digunakan adalah pasal 11.2:

Untuk Bangunan Gedung menentukan nilai kuat perlu sebagai berikut :

1. Kuat perlu U untuk menahan beban mati D paling tidak harus sama dengan :

$$U = 1,4D \quad (\text{persamaan 1.1})$$

Kuat perlu U untuk menahan beban mati D , beban hidup L , dan juga beban atap A atau beban hujan R , paling tidak harus sama dengan :

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(A \text{ atau } R) \quad (\text{persamaan 1.2})$$

2. Bila ketahanan struktur terhadap beban angin W harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombinasi beban D , L , dan W berikut harus ditinjau untuk menentukan nilai U yang terbesar, yaitu :

$$U = 1,2D + 1,0L \pm 1,6W + 0,5(A \text{ atau } R) \quad (\text{persamaan 2.1})$$

Kombinasi beban juga harus memperhitungkan kemungkinan beban hidup L yang penuh dan kosong untuk mendapatkan kondisi yang paling berbahaya, yaitu :

$$U = 0,9D \pm 1,6W \quad (\text{persamaan 2.2})$$

Perlu dicatat bahwa untuk setiap kombinasi beban D, L, dan W, kuat perlu U tidak boleh kurang dari persamaan 1.2

3. Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa E harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka nilai kuat perlu U harus diambil sebagai :

$$U = 1,2D + 1,0L \pm 1,0E \quad (\text{persamaan 3.1})$$

Atau

$$U = 0,9D \pm 1,0E \quad (\text{persamaan 3.2})$$

Dalam hal ini nilai E ditetapkan berdasarkan ketentuan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2003)

4. Bila ketahanan tekanan tanah H diperhitungkan dalam perencanaan, maka pada persamaan 1.2, 2.2, dan 3.2 ditambahkan $1,6H$, kecuali bahwa pada keadaan dimana aksi struktur akibat H mengurangi pengaruh W atau E, maka beban H tidak perlu ditambahkan pada persamaan 2.2 dan 3.2.
5. Bila ketahanan terhadap pembebanan akibat berat dan tekanan fluida F yang berat jenisnya dapat ditentukan dengan baik, dan ketinggian maksimum terkontrol, diperhitungkan dalam perencanaan, maka

beban tersebut harus dikalikan dengan faktor beban 1,4 dan ditambahkan pada persamaan 1.1, yaitu :

$$U = 1,4(D \pm F)$$

Untuk kombinasi beban lainnya, beban F tersebut harus dikalikan dengan faktor beban 1,2 dan ditambahkan pada persamaan 1.2

6. Bila ketahanan terhadap pengaruh kejut diperhitungkan dalam perencanaan maka pengaruh tersebut harus disertakan pada perhitungan bebanhidup L.
7. Bila ketahanan structural T dari perbedaan penurunan pondasi, rangkai, susut, ekspansi beton, atau perubahan sangat menentukan dalam perencanaan, maka kuat perlu U minimum harus sama dengan :

$$U = 1,2(D + T) + 1,6L + 0,5(A \text{ atau } R)$$

Perkiraan atas perbedaan penurunan pondasi, rangkai, susut, ekspansi beton, atau perubahan suhu harus didasarkan pada pengkajian yang realistis dari pengaruh tersebut selama masa pakai.

8. Untuk perencanaan daerah pengangkutan pasca tarik harus digunakan faktor beban 1,2 terhadap gaya penarikan tendon maksimum.
9. Jika pada bangunan terjadi benturan yang besarnya P, maka pengaruh beban tersebut dikalikan dengan faktor 1,2.

2.14 Konsep Perencanaan

2.14.1 Sistem Struktur

Kerangka kerja dalam merencanakan suatu sistem struktur *X-Brace* yang efektif menahan beban lateral dan termasuk ketahanannya terhadap gempa selain beban gravitasi adalah sebagai berikut :

- Memperoleh stabilitas struktur dengan sistem penambahan pengaku *X-Brace*.
- Analisa beban lateral dengan analisa gempa dinamik, pada proyek ini berlokasi di malang termasuk wilayah gempa 4.
- Analisis stuktur terkonsentrasi pada system struktur atas.

2.15 Daktilitas

Daktilitas merupakan hal yang penting untuk diperhatikan dalam perencanaan struktur terhadap gempa. Struktur harus direncanakan sedemikian rupa sehingga ketika struktur mengalami keruntuhan dapat berlaku daktail dan menimbulkan suatu tanda-tanda saat struktur tersebut mencapai deformasi maksimum. Dengan demikian maka keruntuhan total dapat dihindari dan korban jiwa manusia yang berada dalam bangunan dapat dihindari. Daktilitas terbagi atas tiga jenis, yaitu :

1. Daktilitas Material

Daktilitas material adalah kemampuan suatu material untuk berdeformasi. Pada umumnya kemampuan deformasi ini merupakan perbandingan antara deformasi ultimit dan dan deformasi pelelehan pertama. Dalam struktur beton

bertulang, material beton merupakan material yang bersifat getas, sedangkan tulangan baja merupakan material yang bersifat daktail. Dengan demikian, kemampuan daktilitas material pada struktur beton bertulang lebih banyak dipengaruhi oleh tulangan baja.

2. Daktilitas Elemen

Daktilitas elemen adalah daktilitas kurvatur yang berupa perbandingan antara deformasi ultimit (ϕ_u) dengan deformasi pelelehan pertama (ϕ_y). Elemen yang daktail adalah elemen yang mampu mempertahankan sebagian besar momen kapasitas pada saat mencapai daktilitas kurvatur yang diinginkan. Sebagai contoh yaitu pada diagram tegangan-regangan penampang beton persegi.

3. Daktilitas Struktur

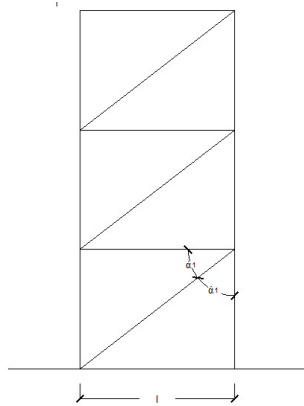
Daktilitas suatu struktur adalah kemampuan suatu struktur untuk mengalami simpangan pasca-elastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelelehan pertama, sambil mempertahankan kekuatan dan kekakuan yang cukup, sehingga struktur tersebut tetap berdiri walaupun sudah berada dalam kondisi ambang keruntuhan.

Agar struktur gedung bertingkat tinggi memiliki daktilitas yang tinggi, harus diupayakan supaya sendi-sendi plastis yang terjadi akibat beban gempamaksimum ada didalam balok dan tidak terjadi di kolom, kecuali pada kaki kolom yang paling bawah dan pada bagian atas kolom penyangga atap. Hal ini dapat dicapai bila kapasitas (momen leleh) kolom lebih tinggi dari pada kapasitas balok yang bertemu pada kolom tersebut (konsep kolom kuat-balok lemah). Faktor daktilitas dipengaruhi oleh simpangan struktur.

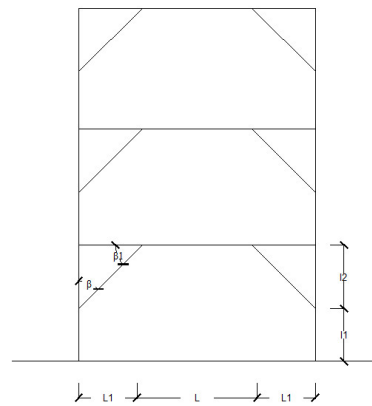
Kelakukan struktur berdasarkan asumsi simpangan struktur elastis dan elastoplastis mempunyai simpangan maksimum yang sama.

2.16 Braced Frame

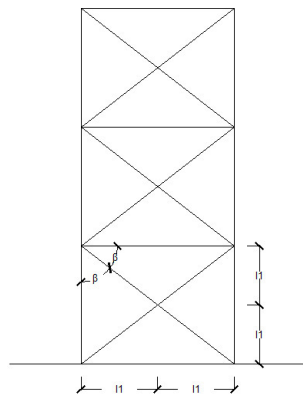
Braced Frame dapat diartikan sebagai portal yang dilengkapi dengan batang penompang (*Bracing*) yang bertujuan untuk mengurangi perpindahan lateral atau untuk memperoleh stabilitas struktur. Adapun ragam model pengaku yang berkembang diantaranya sebagai berikut :



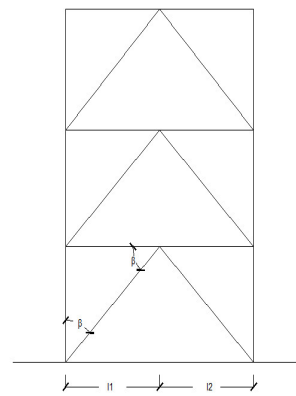
Single Diagonals Bracing



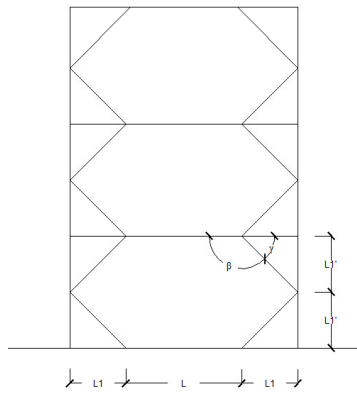
Knee Bracing



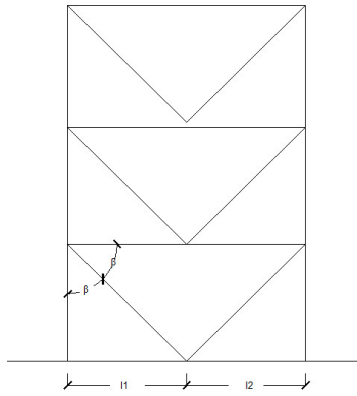
X-Bracing (*Cross Bracing*)



Inverted V Bracing



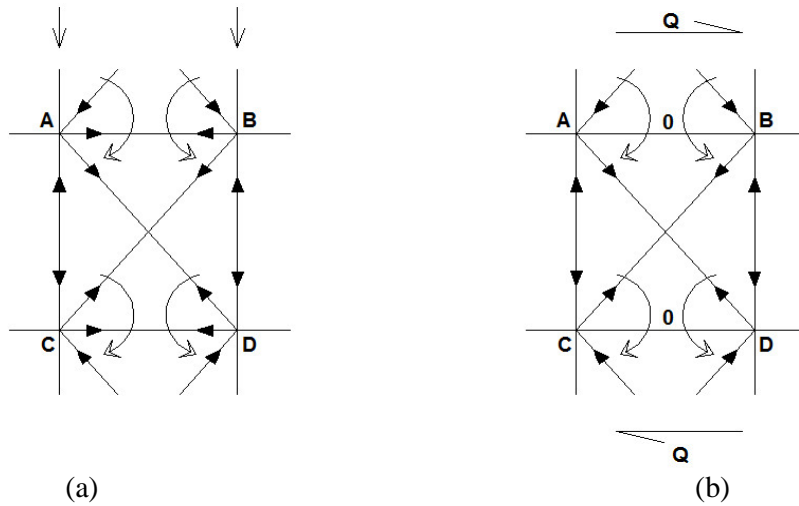
K Bracing



V Bracing

2.7. Model Pengaku untuk meredam gaya lateral gempa.




uraian gaya yang diterima masih-masing elemen struktur (Vertical dan Horizontal) menurut (Stafford Smith, Bryan, 1991)



2.8. Jalur gaya yang diakibatkan beban vertikal (a) dan Horizontal (b)

Penjelasan notasi pada uraian gaya :

↔ Gaya Tarik dan Tekan

-  Gaya momen yang bekerja pada *X-Bracing*
-  Gaya Lateral Gempa
-  Gaya Vertikal (Berat sendiri, Beban Mati, Beban Hidup)

2.17 Drift Analysis

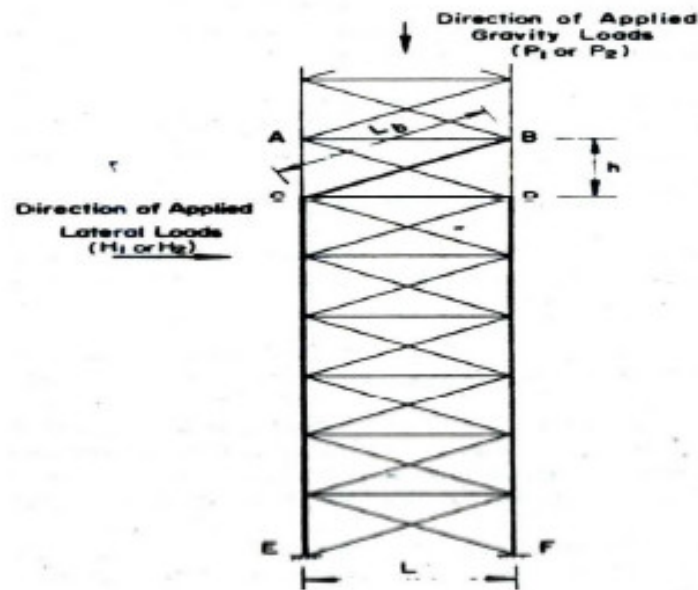
2.17.1 Drift

Dengan adanya beberapa macam fungsi batang dalam suatu portal tersebut akan dilakukan suatu analisa lebih lanjut mengenai gaya-gaya serta besaran-besaran yang terjadi dalam tiap-tiap elemen dari portal tersebut. Besarnya simpangan horizontal (*drift*) harus dipertimbangkan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Yaitu kinerja batas layan struktur dan kinerja batas ultimit. Simpangan struktur dapat dinyatakan dalam bentuk *Drift Indeks* (**Cormac, 1981**)

Perubahan simpangan horisontal (*drift*) dapat disebabkan karena kemampuan struktur bangunan menahan gaya gempa yang terjadi. Apabila struktur memiliki kekakuan yang besar untuk melawan gaya gempa maka struktur akan mengalami simpangan horisontal yang lebih kecil dibandingkan dengan struktur yang tidak memiliki kekakuan yang cukup besar. Gempa bumi terjadi karena adanya kerusakan kerak bumi yang terjadi secara tiba-tiba yang umumnya diikuti dengan terjadinya sesar/patahan (*fault*). Timbulnya patahan atau sesar tersebut karena adanya gerakan plat-plat tektonik/lapis kerak bumi yang saling bertubrukan, bergeser atau saling menyusup satu dengan yang lain (**Widodod, 2000**).

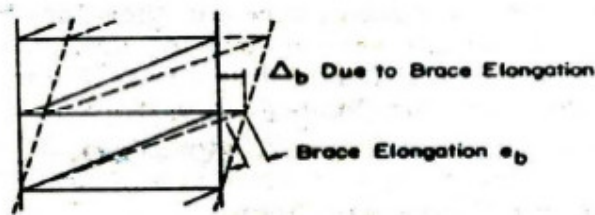
Besarnya *drift indeks* tergantung pada besarnya beban-beban yang dikenakan pada struktur misalnya beban mati, beban hidup, beban angin, beban

gempa. Dengan ketinggian struktur yang sama, semakin besar defleksi maksimum yang terjadi semakin besar ula *drift indeks*. Besarnya drift indeks berkisar antara 0.01 sampai dengan 0.0016. Kebanyakan, besar nilai *drift indeks* yang digunakan antara 0.0025 sampai 0.002 (AISC, 2005)

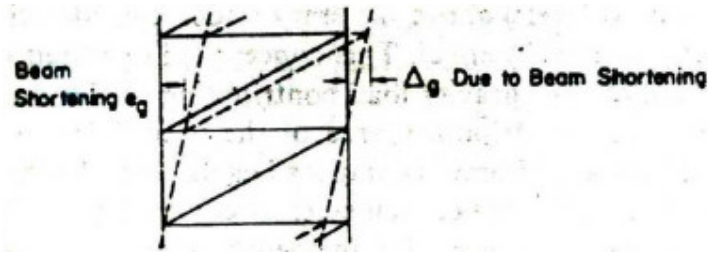


Gambar 2.9. Batang Brecing Vertikal yang Mengalami Defleksi Lateral Tingkat

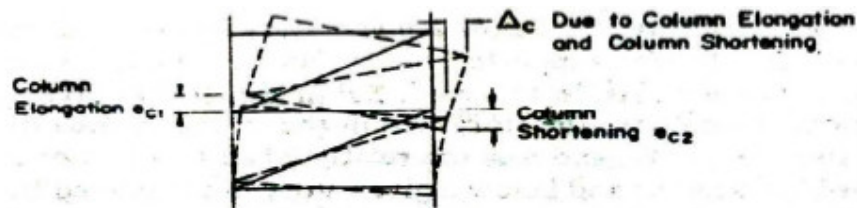
Defleksi lateral dari titik B relative terhadap titik D yang ditentukan dengan pemanjangan atau pemendekan yang hal ini dapat dilihat dengan garis tebal pada gambar tersebut.



- a. Defleksi lateral pada rangka akibat pemanjangan bresing.



- b. Defleksi lateral pada rangka akibat pemendekan bresing.



- c. Defleksi lateral pada rangkap akibat pemanjangan dan pemendekan bresing.

Gambar 2.10 Faktor-Faktor yang Mendukung Terjadinya Defleksi Lateral pada Sistem Bresing Vertikal

2.17.2 Pengaruh P- Δ

Semua Struktur akibat beban lateral akan melentur kesimpang (Δ), begitu juga akibat beban gempa. Δ ini akan menimbulkan momen sekunder (disebut pengaruh P- Δ) oleh beban gravitasi yang titik tangkapnya menyimpang kesamping dan dengan demikian terjadi beban momen tambahan pada komponen-komponen kolom. Pada SNI – 1726 Ps. 5.7 ditetapkan, struktur gedung yang bertingkat lebih dari 10 lantai atau 40 m, harus diperhitungkan terhadap P- Δ tersebut..

Ketentuan ini berbeda dengan pedoman UBC section 1630.1.3 yang menetapkan bila ratio momen sekunder terdapat momen primer > 0.1 , maka pengaruh P- Δ harus diperhitungkan. Untuk Zone 3 dan 4 (identik dengan WG 5 dan 6) pengaruh P- Δ tak perlu diperhitungkan bila $\Delta_s \leq 0.02 h_i/R$. Sudah barang tentu struktur yang fleksibel yang memiliki R lebih besar akan berkemungkinan lebih besar terkena peraturan P- Δ ini. **(Rachmat Purwono, 27)**

2.17.3 Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental

Waktu Getar alami fundamental dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

- a. Untuk struktur gedung berupa portal-portal tanpa unsure pengaku yang dapat membatasi simpangan :

1. Untuk portal baja dengan menggunakan persamaan

$$T = 0.085 \times H^{0.75}$$

2. Untuk portal baja dengan menggunakan persamaan

$$T = 0.060 \times H^{0.75}$$

- b. Untuk Struktur gedung yang lain :

$$T = 0.090 \times H \times B^{(-0.5)}$$

Dimana :

T : Waktu getar gedung pada arah yang ditinjau (detik)

B : Panjang gedung pada arah yang ditinjau (meter)

H : Tinggi puncak bagi utama struktur (meter)

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel. Nilai waktu getar alami fundamental T_1 dari struktur gedung harus dibatasi, bergantung pada koefisien ξ untuk wilayah gempa tempat struktur gedung berada dan jumlah tingkatnya, menurut rumus

$$T_1 < \xi n$$

Dimana koefisien ξ ditetapkan menurut tabel berikut.

Tabel 2.2 Koefisien ξ yang Membatasi Waktu Getar Alami Fundamental Struktur Gedung.

Wilayah Gempa	ξ
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

2.17.4 Kinerja Batas Layan

Kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar-tingkat akibat pengaruh gempa rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan, disamping untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Simpangan antar-tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung tersebut akibat gempa nominal yang telah dibagi faktor skala. (**SIN-1726-2002 pasal 8.1 hal 31**)

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar-tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung

tidak boleh melampaui $\frac{0.03}{R}$ kali tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm bergantung yang mana yang nilainya terkecil. (SNI-1726-2002 pasal 8.1.2 hal 31)

2.17.5 Kinerja Batas Ultimit

Kinerja batas ultimit struktur gedung oleh simpangan dan simpangan antar-tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi struktur gedung di ambang keruntukan, yaitu untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dari untuk mencegah benturan berbahaya antar-gedung atau antar bagian struktur gedung yang dipisah dengan sel pemisah (Delatasi). Simpangan dan simpangan antar-tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal, dikalikan dengan suatu faktor ξ pengali berikut :

- a. Untuk struktur gedung beraturan dihitung dengan

$$\xi = 0.7R$$

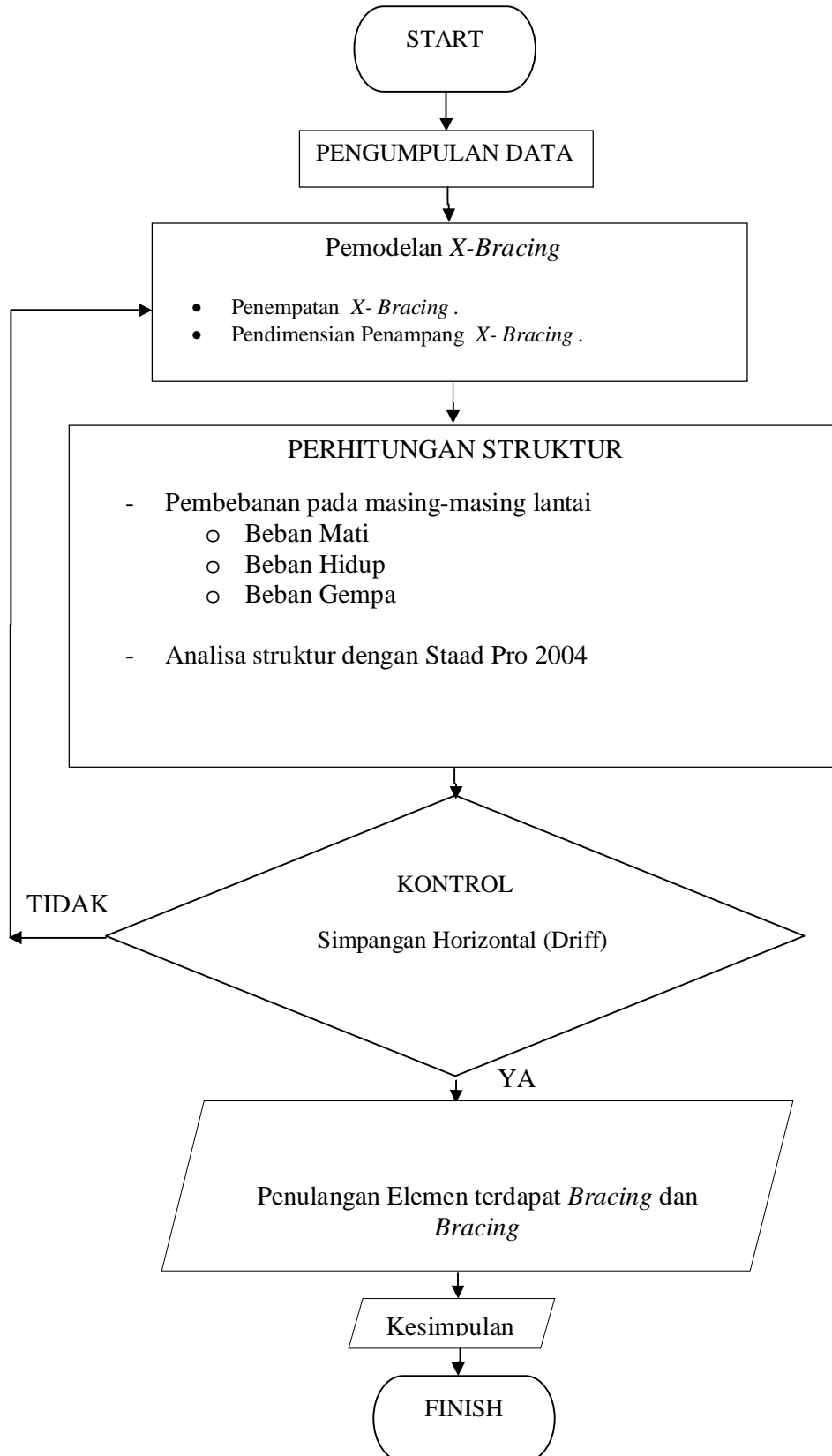
- b. Untuk struktur gedung tidak beraturan dihitung dengan

$$\frac{0.7R}{\text{Faktor Skala}}$$

Di mana R adalah faktor reduksi gempa struktur gedung tersebut.

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas ultimit struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar-tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui 0.02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan. (SNI-1726-2002 pasal 8.2.2 hal 31.)

2.18 Diagram Alir



BAB III

DATA PERENCANAAN

3.1 Data-Data Perencanaan

3.1.1 Data Bangunan

- Nama Gedung : Ijen Padjadjaran Suites Hotel
- Lokasi Gedung : Ijen Nirwana Residance, Malang, Jawa Timur
- Fungsi Bangunan : Hotel
- Jumlah Lantai : 15
- Bentang Memanjang : 57,75 Meter
- Bentang Melintang : 15,35 Meter
- Tinggi Gedung : 54,00 meter
- Struktur : Beton Bertulang

3.2 Data Material

Dalam perencanaan hotel ini mutu bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Tegangan leleh tulangan ulir (f_y) = 3900 Mpa
- Tegangan leleh tulangan polos (f_y) = 2400 Mpa
- Kuat tekan beton f_c' = 30 Mpa

3.3 Perencanaan Dimensi Plat, Balok dan Kolom

3.3.1 Perencanaan Dimensi Plat

Untuk alternatif perencanaan Pembangunan Ijen Padjadjaran Suites Hotel ini, dimensi plat lantai menggunakan dimensi setebal 12 cm.

3.3.2 Perencanaan Dimensi Balok

Pada perencanaan balok induk menggunakan dimensi penampang 40/60

Dan untuk perencanaan dimensi penampang balok anak adalah 30/40

3.3.2 Perencanaan Dimensi Kolom dan *X-Bracing*

Pada perencanaan kolom utama menggunakan dimensi penampang 60/80

Dan untuk perencanaan dimensi penampang *X-Bracing* adalah 40/50

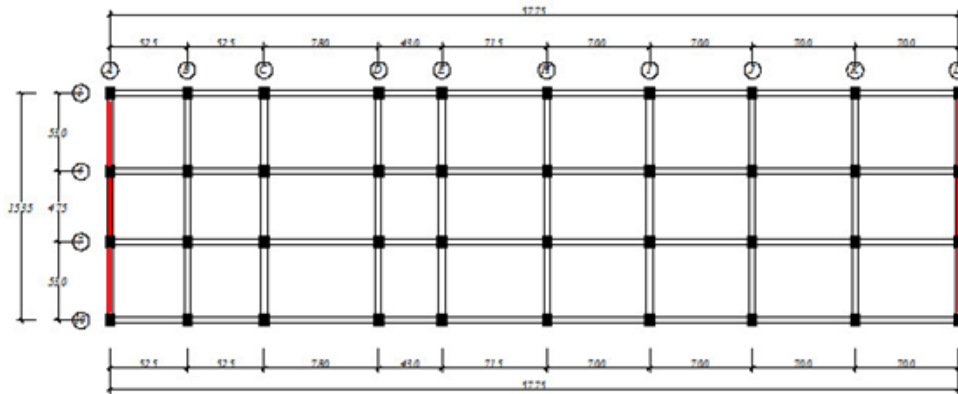
3.4 Model Struktur

3.4.1 Model Struktur dengan *X-Bracing*

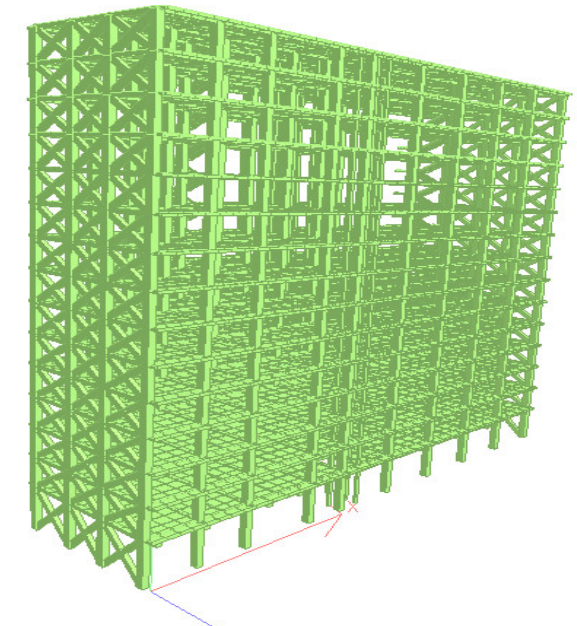
Alternatif dari suatu perencanaan ini menggunakan analisa perencanaan yang difokuskan untuk mengetahui perubahan nilai simpangan horizontal pada kasus struktur beton dalam portal 3 dimensi. Analisa yang digunakan didasarkan pada tata cara perencanaan ketentuan gempa untuk struktur gedung menurut **SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002.**

Model gedung yang akan dianalisa berupa gedung 15 lantai termasuk atap. Ukuran denah 57,75 m x 15,35 m. Tinggi antar lantai 3,5 m ,kecuali lantai 1 tingginya 5 m. Analisis yang digunakan menggunakan analisis 3 dimensi dengan fungsi gedung sebagai hotel. Gaya gempa diberikan di pusat massa tiap lantai.

Denah gedung selengkapnya seperti dalam Gambar 3.1 dan model 3 dimensi dari struktur dapat dilihat Gambar 3.2. Gambar Denah Lantai 1-15



Gambar 3.1 Denah Struktur Dengan Bracing



Gambar 3.2 Model 3 Dimensi Struktur Menggunakan X- Bracing

3.5 Pembebanan

3.5.1 Beban Mati

3.5.1.1 Berat Struktur Sendiri (*Self Weight*)

Berat sendiri elemen struktur terdiri dari berat sendiri elemen pelat lantai, balok, kolom, *drop panel*, ramp parkir, tangga dan pengaku (*Shear Wall*, *Bracing*, *Core Wall*). Berat sendiri elemen struktural tersebut akan dihitung otomatis sebagai *self weight*. Adapun cara memberikan berat sendiri struktur (*self weight*) pada program STAAD PRO 2004 sebagai berikut :

- Klik perintah *command* kemudian *Loading* pilih *primary load*
- Buat nama beban baru dengan memilih *create new primary load case* tulis nama beban sebagai “BEBAN MATI”/ DEAT LOAD,
- Setelah itu pilih perintah *selfweight* pada jenis-jenis beban yang tersedia pada *toolbar*,
- Pada *direction* terdapat pilihan sumbu X , Y, Z. Pilih sumbu Y, kemudian mengisikan *factor* dengan -1, lalu klik perintah *Assign*.

3.5.1.2 Beban Mati Tambahan (*Dead Load*)

Selain berat sendiri elemen struktural, dengan cara yang sama pada beban sendiri juga terdapat beban lain yang berasal dari elemen arsitektural bangunan (berdasarkan Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung, 1987), yaitu:

Perhitungan Pembebanan Plat

1. Beban Mati

a. Beban mati plat lantai

- Urugan pasir (t = 5 cm)

$$0,05 \times 1600 = 80 \text{ Kg/m}^2$$

- Berat keramik + adukan (t = 3 cm)

$$0.03 \times 2200 \text{ Kg/m}^3 = 66 \text{ kg/m}^2$$

- Berat plafon dan penggantung

$$11 \text{ kg/m}^2 + 7 \text{ kg/m}^2 = 18 \text{ Kg/m}^2$$

b. Beban mati balok

- Dinding ½ bata merah

$$2,9 \times 250 = 725 \text{ Kg/m}^2$$

2. Beban Hidup

a. Beban hidup plat atap = 100 Kg/m²

b. Beban hidup plat lantai = 250 Kg/m²

c. Beban hidup plat lantai = 300 Kg/m²

d. Berat air hujan

$$0,03 \times 1000 = 50 \text{ Kg/m}$$

3.5.2 Berat Bangunan Setiap Lantai

Berat bangunan setiap lantai dihitung dengan menggunakan program bantu STAAD PRO dengan koefisien Selfweight -1 arah Y sebesar 100% dan diambil dengan separuh kolom antar lantai dan menambah perintah *Support Reaction* dengan kombinasi 1.0 beban mati + 0.3 beban hidup, maka diperoleh :

Berikut Berat Tiap Lantai yang Sudah Ditabelkan :

berat lantai	2	=	1,610,000.00	kg
berat lantai	3	=	1,521,000.00	kg
berat lantai	4	=	1,521,000.00	kg
berat lantai	5	=	1,521,000.00	kg
berat lantai	6	=	1,521,000.00	kg
berat lantai	7	=	1,521,000.00	kg
berat lantai	8	=	1,521,000.00	kg
berat lantai	9	=	1,521,000.00	kg
berat lantai	10	=	1,521,000.00	kg
berat lantai	11	=	1,521,000.00	kg
berat lantai	12	=	1,521,000.00	kg
berat lantai	13	=	1,521,000.00	kg
berat lantai	14	=	1,521,000.00	kg
berat lantai	15	=	1,521,000.00	kg
berat lantai	Atap	=	698,500.00	kg

Berat Bangunan Total, WT = 22,081,500.00 kg

3.5.3 Mencari Pusat Massa

Mencari pusat massa pada setiap masing-masing lantai dengan menambahkan perintah CG (Center Gravity) memilih Command kemudian pilih Post-Analysis Print, klik CG, kemudian pilih Analyze-Run Analysis.

Berikut tabel titik pusat massa tiap lantai :

Berikut tabel 3.1 Titik Pusat Massa Tiap Lantai :

Lantani	X	Y	Z
2	28.35	4.76	-8.71
3 s.d 15	28.41	8.5	-8.64
Atap	28.56	53.84	-8.69

3.5.4 Mencari Pusat Kekakuan

Mencari pusat kekakuan dengan analisa software tidak jauh beda tahapannya dengan mencari pusat massa, namun pada analisa ini hanya elemen vertikal dijepit atas dan bawah dan hanya elemen vertikal saja yang dijepit sesuai dengan pasal pada buku PPKGUG 2.4.71 hal 23.

3.6 Mencari Gaya Geser Total

Mencari gaya geser total yang terjadi pada struktur dengan rumus :

$$V_{tot} = C \cdot I \cdot W_t / R$$

Dimana :

- V_{tot} = Gaya geser total
- C = Faktor percepatan tanah
- I = Faktor keutamaan struktur
- W_t = Berat total struktur dan beban hidup reduksi
- R = Faktor reduksi

Sebelum menentukan nilai C perlu diketahui terlebih dahulu nilai T, yaitu nilai waktu getar struktur sesuai dengan jenis material yang merupakan struktur beton atau struktur baja.

Dimana nilai T untuk struktur beton adalah $0,06 h^{3/4}$ dan untuk struktur baja adalah $0,0682 h^{3/4}$, karena struktur gedung Hotel Padjadjaran Suites Hotel Malang merupakan struktur beton, maka nilai waktu getar struktur diambil

$$\begin{aligned} T &= 0,06 h^{3/4} \\ &= 0,06 \times 54^{3/4} \\ &= 1,1952 \text{ detik} \end{aligned}$$

Setelah nilai waktu getar struktur diketahui, maka nilai C (faktor percepatan tanah) bisa diketahui. Pada wilayah gempa 4 dapat diketahui bahwa nilai C sebagai berikut :

$$C = 0,85/T \text{ (tanah lunak)}$$

$$C = 0,42/T \text{ (tanah sedang)}$$

$$C = 0,30/T \text{ (tanah keras)}$$

Karena struktur gedung Hotel Padjadjaran Suites Hotel Malang pada pembahasan ini direncanakan diatas tanah sedang, maka faktor percepatan tanah diambil :

$$C = 0,42/T$$

$$= 0,42/1,1952$$

$$= 0,3514$$

Untuk faktor keutamaan struktur dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 3.2 Faktor Keutamaan Struktur

Kategori gedung	Faktor Keutamaan		
	I ₁	I ₂	I
Gedung umum seperti untuk penghunian, perniagaan dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi.	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5

Ditinjau dari tabel diatas maka faktor keutamaan struktur diambil I = 1.0

Untuk nilai Faktor Reduksi (R), faktor reduksi gempa respresentatif dari struktur gedung yang bersangkutan dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 3.3 Faktor Daktilitas Maksimum, Faktor Reduksi Gempa Maksimum, Faktor Tahanan lebih Struktur dan Faktor Tahanan Lebih Total Beberapa Jenis

Sistem dan Subsistem Struktur Gedung. (SNI – 1726 – 2002)

Sistem dan subsistem struktur gedung	Uraian sistem pemikul beban gempa	μ_m	R_m Pers. (6)	f Pers. (39)
Sistem struktur yang tidak memiliki rangka ruang pemikul bebab gravitasi secara lengkap.Dinding penumpu	1. Dinding Geser beton	2.7	4.5	2.8
	2. Dinding penumpu dengan baja ringan dan bresing	1.8	2.8	2.2

atau sistem bresing memikul hampir semua beban gravitasi. Beban lateral dipikul didinding geser atau rangkang bresing	tarik			
	3.Rangka Bresing dimana bresingnya memikul beban gravitasi			
	a.Baja	2.8	4.4	2.2
	b.Beton (Tidak untuk wilayah 5 & 6)	1.8	2.8	2.2

Sesuai tabel di atas untuk faktor daktilitas struktur diambil nilai $R = 2.8$

Untuk mencari berat total struktur dan beban hidup reduksi (W_t) dapat diketahui setelah mencari berat masing-masing lantai dari lantai 2 sampai lantai atap. Berikut tabel berat masing-masing lantai dan berat total struktur :

Tabel 3.4 Berat Sendiri Tiap Lantai yang diperoleh dari Output Staad Pro

Tingkat	Elev (hi)	Berat (W_i)
	(m)	(kg)
atap	54.00	698,500.00
15	50.50	1,521,000.00
14	47.00	1,521,000.00
13	43.50	1,521,000.00

12	40.00	1,521,000.00
11	36.50	1,521,000.00
10	33.00	1,521,000.00
9	29.50	1,521,000.00
8	26.00	1,521,000.00
7	22.50	1,521,000.00
6	19.00	1,521,000.00
5	15.50	1,521,000.00
4	12.00	1,521,000.00
3	8.50	1,521,000.00
2	5.00	1,610,000.00
	Wtotal	22,081,500.00

Seperti pada tabel di atas, maka nilai $W_t = 22.081.500 \text{ Kg}$

Dari data-data di atas, maka gaya geser total struktur dapat dihitung :

$$V_{tot} = C \cdot I \cdot W_t / R$$

$$= \frac{0,351401 \times 1 \times 22081500}{2.8}$$

$$= 2.771.234,395 \text{ Kg}$$

Menentukan gaya geser masing-masing lantai setelah ditentukan nilai V_{tot} dengan rumus sebagai berikut :

$$V_i = (W_i \times H_i) / \Sigma (W_i \times H_i) \times V_{tot}$$

Dimana :

V_i = Gaya geser masing-masing lantai

W_i = Berat masing-masing lantai

H_i = Elevasi tinggi gedung

V_{tot} = Gaya geser total

Contoh perhitungan gaya geser untuk lantai 2 :

$$V_i = (W_i \times H_i) / \Sigma (W_i \times H_i) \times V_{tot}$$

$$= (1.610.000,00 \times 5) / (629.072.500,00 \times 2.771.234,39)$$

$$= 2.771.234,395 \text{ Kg}$$

Dengan perhingan yang sama, berikut ini adalah tabel nilai gaya geser, masing-masing lantai :

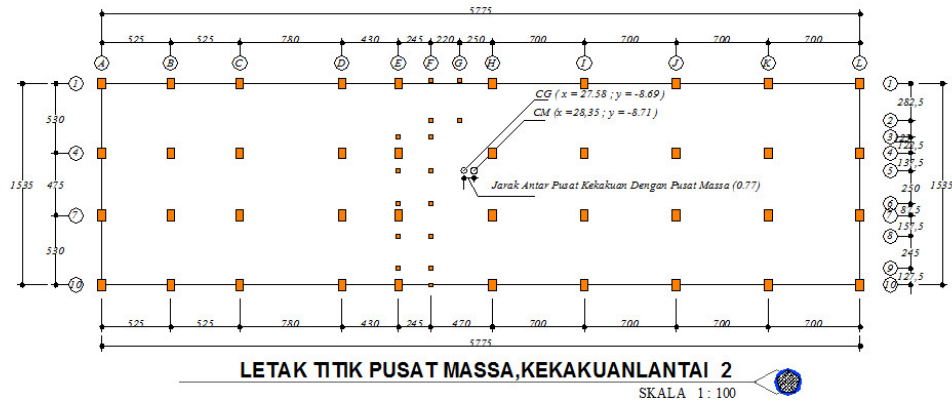
Tabel 3.5. Distribusi Gaya Gempa Horisontal Akibat Gempa :

Tingkat	Elev (hi)	Berat (Wi)	hi x Wi	Fi x, y	Fi x,y Ds
				$V_i = W_i \cdot H_i / \Sigma (W_i \cdot H_i) \cdot V_{tot}$	30%
	(m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
atap	54.00	698,500.00	37,719,000.00	166,162.390	49,848.72
15	50.50	1,521,000.00	76,810,500.00	338,371.014	101,511.30

14	47.00	1,521,000.00	71,487,000.00	314,919.557	94,475.87
13	43.50	1,521,000.00	66,163,500.00	291,468.101	87,440.43
12	40.00	1,521,000.00	60,840,000.00	268,016.644	80,404.99
11	36.50	1,521,000.00	55,516,500.00	244,565.188	73,369.56
10	33.00	1,521,000.00	50,193,000.00	221,113.732	66,334.12
9	29.50	1,521,000.00	44,869,500.00	197,662.275	59,298.68
8	26.00	1,521,000.00	39,546,000.00	174,210.819	52,263.25
7	22.50	1,521,000.00	34,222,500.00	150,759.363	45,227.81
6	19.00	1,521,000.00	28,899,000.00	127,307.906	38,192.37
5	15.50	1,521,000.00	23,575,500.00	103,856.450	31,156.93
4	12.00	1,521,000.00	18,252,000.00	80,404.993	24,121.50
3	8.50	1,521,000.00	12,928,500.00	56,953.537	17,086.06
2	5.00	1,610,000.00	8,050,000.00	35,462.426	10,638.73
	Wtotal	22,081,500.00	629,072,500.0	2,771,234.39	831,370.32
				(Sama dengan Vtot)	

3.7 Mencari Eksentrisitas Rencana (e_a)

Berikut adalah gambar eksentrisitas teoritis antara pusat massa dan pusat kekakuan pada lantai 2 :



Gambar 3.3 Letak Titik Pusat Massa dan Pusat Kekakuan Lantai 2

Pada gambar diatas didapat $e_c = 0.77$

Sesuai peraturan dalam SNI 1726-2002, karena $e_c = 0,77 < 0,3b$, dimana $0,3b$ adalah $0,3 \times 57,75 = 17,325$, maka rumus e_d yang dipakai adalah :

$$1,5 e_c + 0,05 b \text{ atau } e_d = e_c - 0,05 b$$

Untuk arah X ($b=57,75$) maka e_d adalah :

$$\begin{aligned} 1,5 e_c + 0,05 b &= (1,5 \times 0,77) + (0,05 \times 57,75) \\ &= \mathbf{4.0425} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_c - 0,05 b &= 0,77 - (0,05 \times 57,75) \\ &= -2.1175 \end{aligned}$$

Diambil nilai yang terbesar $X = \mathbf{4.0425}$ m

Untuk arah Y ($b=15,35$) maka e_d adalah :

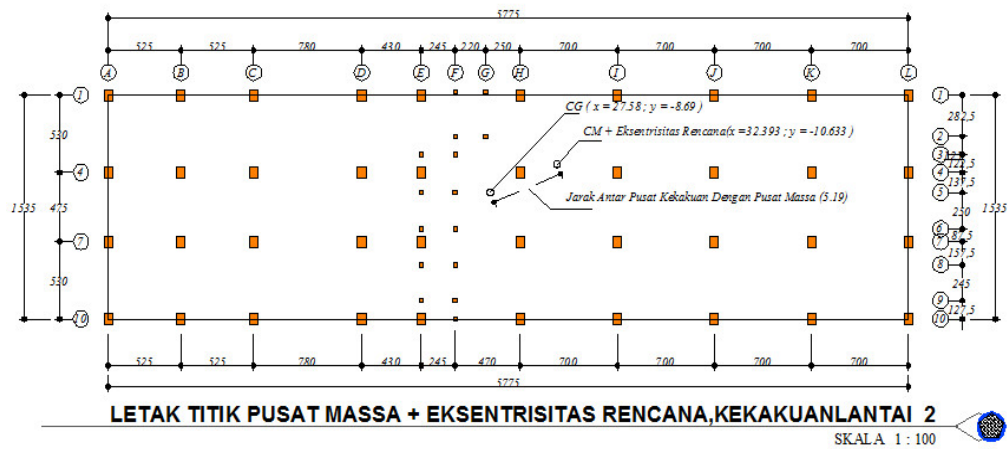
$$\begin{aligned} 1,5 e_c + 0,05 b &= (1,5 \times 0,77) + (0,05 \times 15,35) \\ &= \mathbf{1,9225} \end{aligned}$$

$$e_c - 0,05 b = 0,77 - (0,05 \times 15,35)$$

$$= -0,2475$$

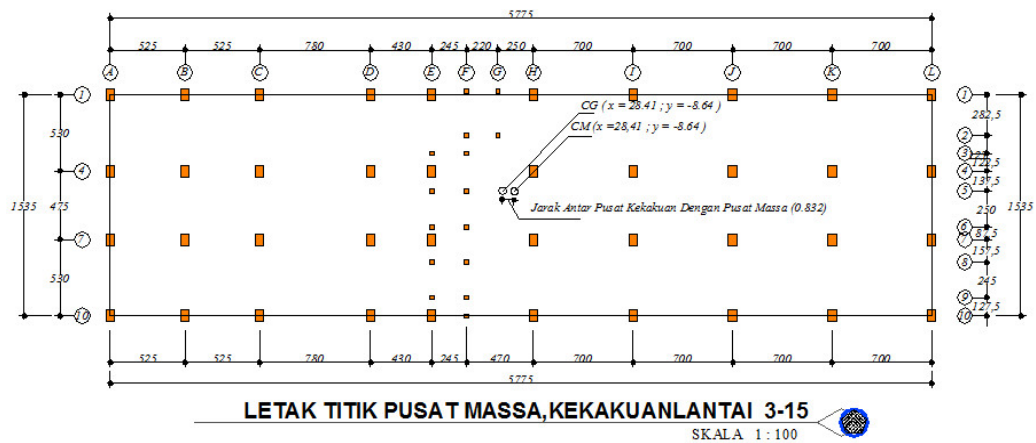
Diambil nilai yang terbesar $Y = 1,9225$ m

Dengan diketahui nilai eksentrisitas rencana (e_d), maka koordinat titik pusat massa tiap lantai harus di copy kan sejauh koordinat $X = 4.0425$ dan koordinat $Y = 1,9225$, maka eksentrisitas teoritis yang nilai awalnya $0,77$, setelah adanya eksentrisitas rencana nilainya menjadi 5.19



Gambar 3.4 Letak Titik Pusat Massa dan Eksentrisitas Rencana Lantai 2

Pada Lantai 3 sampai 15 diketahui koordinat CM dan CG



Gambar 3.5 Letak Titik Pusat Massa dan Pusat Kekakuan Lantai 3-15

Dari gambar diatas didapat nilai $e_c = 0.832$

Sesuai peraturan dalam SNI 1726-2002, karena $e_c = 0,832 < 0,3b$, dimana $0,3b$ adalah $0,3 \times 57,75 = 17,325$, maka rumus e_d yang dipakai adalah :

$$1,5 e_c + 0,05 b \text{ atau } e_d = e_c - 0,05 b$$

Untuk arah X ($b=57,75$) maka e_d adalah :

$$\begin{aligned} 1,5 e_c + 0,05 b &= (1,5 \times 0,832) + (0,05 \times 57,75) \\ &= \mathbf{4.1355} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_c - 0,05 b &= 0,832 - (0,05 \times 57,75) \\ &= -2.0555 \end{aligned}$$

Diambil nilai yang terbesar $X = \mathbf{4.1355}$ m

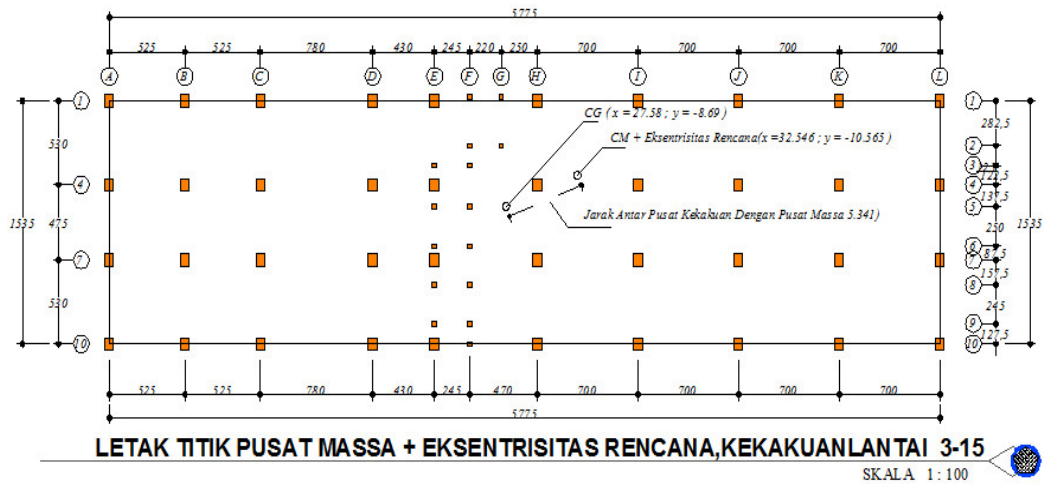
Untuk arah Y ($b=15,35$) maka e_d adalah :

$$\begin{aligned} 1,5 e_c + 0,05 b &= (1,5 \times 0,832) + (0,05 \times 15,35) \\ &= \mathbf{2.0155} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_c - 0,05 b &= 0,832 - (0,05 \times 15,35) \\ &= 0.0645 \end{aligned}$$

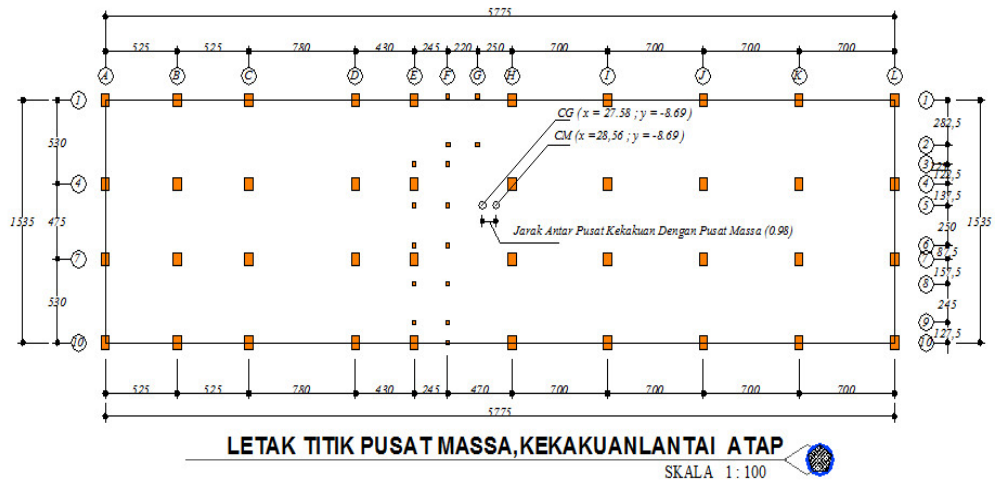
Diambil nilai yang terbesar $Y = \mathbf{2.0155}$ m

Dengan diketahui nilai eksentrisitas rencana (e_d), maka koordinat titik pusat massa tiap lantai harus di copy kan sejauh koordinat $X = 4.1355$ dan koordinat $Y = 2.0155$, maka eksentrisitas teoritis yang nilai awalnya $0,832$, setelah adanya eksentrisitas rencana nilainya menjadi 5.341



Gambar 3.6 Letak Titik Pusat Massa dan Eksentrisitas Rencana Lantai 3-15

Pada Lantai Atap diketahui koordinat CM dan CG



Gambar 3.7 Letak Titik Pusat Massa dan Pusat Kekakuan Atap

Dari gambar diatas didapat nilai $e_c = 0.98$

Sesuai peraturan dalam SNI 1726-2002, karena $e_c = 0,98 < 0,3b$, dimana $0,3b$ adalah $0,3 \times 57,75 = 17,325$, maka rumus e_d yang dipakai adalah :

$$1,5 e_c + 0,05 b \text{ atau } e_d = e_c - 0,05 b$$

Untuk arah X ($b=57,75$) maka e_d adalah :

$$1,5 e_c + 0,05 b = (1,5 \times 0,98) + (0,05 \times 57,75)$$

$$= \mathbf{4.3575}$$

$$e_c - 0,05 b = 0,98 - (0,05 \times 57,75)$$

$$= -1.9075$$

Diambil nilai yang terbesar $X = \mathbf{4.3575}$ m

Untuk arah Y ($b=15,35$) maka e_d adalah :

$$1,5 e_c + 0,05 b = (1,5 \times 0,98) + (0,05 \times 15,35)$$

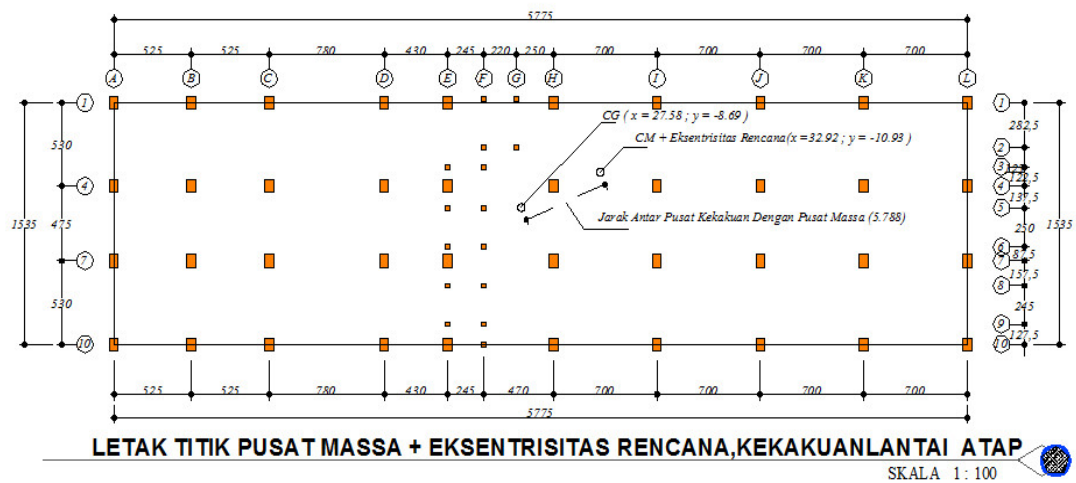
$$= \mathbf{2.2375}$$

$$e_c - 0,05 b = 0,98 - (0,05 \times 15,35)$$

$$= 0.2125$$

Diambil nilai yang terbesar $Y = 2.0155$ m

Dengan diketahui nilai eksentrisitas rencana (e_d), maka koordinat titik pusat massa tiap lantai harus di copy kan sejauh koordinat $X = 4.3575$ dan koordinat $Y = 2.2375$, maka eksentrisitas teoritis yang nilai awalnya 0,98, setelah adanya eksentrisitas rencana nilainya menjadi 5.788



Gambar 3.8 Letak Titik Pusat Massa dan Eksentrisitas Rencana Atap

3.8 Beban Gempa (Quake Load)

Pada Skripsi kali ini analisis struktur terhadap beban gempa pada gedung dilakukan dengan metode yaitu metode analisis Dinamik Respon Spektrum. Analisis struktur terhadap beban gempa mengacu pada Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung (SNI 03- 1726-2002).

3.8.1 Beban Gempa Dinamik

Sebelum memberikan beban gempa dinamik, perlu diketahui terlebih dahulu berat masing-masing struktur tiap lantai dan titik pusat massa dengan eksentrisitas rencana. Kemudian berat struktur tiap lantai tersebut dibebankan ke titik pusat massa. Dan sebagai langkah akhir adalah pemberian beban Spectrume.

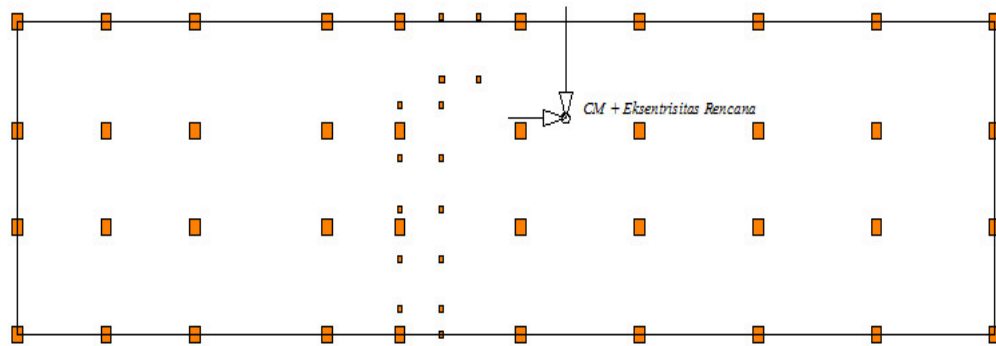
Berikut langkah-langkah dalam proses pembebanan Gempa Dinamik :

Tabel 3.6. Beban Pada Pusat massa 30% dan 100%

Tingkat	Elev (hi)	Berat (Wi)	hi x Wi	Fi x, y	Fi x,y Ds
				$V_i = W_i \cdot H_i / E(W_i \cdot h_i) \cdot V_{tot}$	30%
	(m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
atap	54.00	698,500.00	37,719,000.00	166,162.390	49,848.72
15	50.50	1,521,000.00	76,810,500.00	338,371.014	101,511.30
14	47.00	1,521,000.00	71,487,000.00	314,919.557	94,475.87
13	43.50	1,521,000.00	66,163,500.00	291,468.101	87,440.43
12	40.00	1,521,000.00	60,840,000.00	268,016.644	80,404.99
11	36.50	1,521,000.00	55,516,500.00	244,565.188	73,369.56
10	33.00	1,521,000.00	50,193,000.00	221,113.732	66,334.12
9	29.50	1,521,000.00	44,869,500.00	197,662.275	59,298.68
8	26.00	1,521,000.00	39,546,000.00	174,210.819	52,263.25
7	22.50	1,521,000.00	34,222,500.00	150,759.363	45,227.81
6	19.00	1,521,000.00	28,899,000.00	127,307.906	38,192.37
5	15.50	1,521,000.00	23,575,500.00	103,856.450	31,156.93
4	12.00	1,521,000.00	18,252,000.00	80,404.993	24,121.50
3	8.50	1,521,000.00	12,928,500.00	56,953.537	17,086.06

2	5.00	1,610,000.00	8,050,000.00	35,462.426	10,638.73
	Wtotal	22,081,500.00	629,072,500.0	2,771,234.39	831,370.32
				(sama dengan Vtot)	

1. Membebani pusat massa + eksentrisitas dengan 100% bentang lemah dan 30% bentang kuat tiap-tiap lantai.



Gambar 3.9 Pembebanan Pusat Eksentrisitas Rencana 100% Bentang Lemah 30% Bentang Kuat

2. Mengisikan Tool Pembebanan Spectrum

Pada input software Staad Pro pembebanan spectrum (Analisa Gempa dinamik) dengan membuat beban baru dan setelah itu masuk pada spectrum dan tool yang dipilih diantaranya

- a. Parameters

- Combination Method

Adalah cara statistik untuk mencari resultan masing-masing mode shape agar mewakili semua mode shape yang mungkin akan terjadi pada gedung ketika terjadi gempa. Untuk struktur gedung

tidak beraturan yang mewakili waktu-waktu getar alami yang berdekatan, harus dilakukan dengan metode yang dikenal dengan Kombinasi Kuadratik Lengkap (CQC), untuk itu dalam Combinatiob Method dipilih “CQC”.

- Spectrume Type

Pilih Acceleration karena pada grafik C = percepatan, bukan Displacement yang berarti perpindahan.

- Interpolation Type

Dipilih linear karena pada grafik spectrum pertambahan nilainya sama.

- Direction

Untuk arah pembebanan sumbu global koordinat X = 30%, Y = 100%, dan Z = 100%

- Damping Type

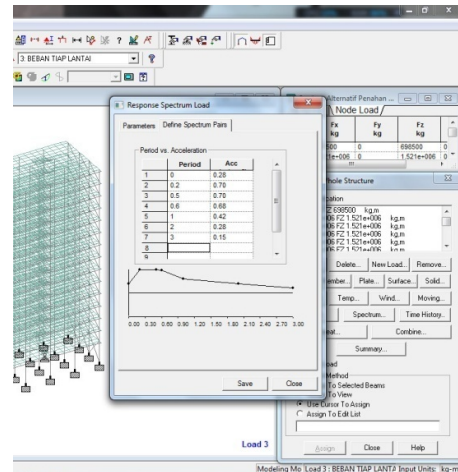
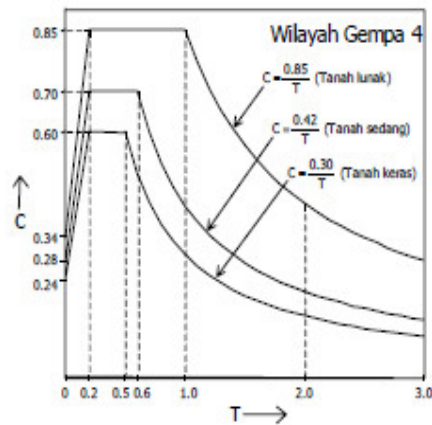
Adalah penyerapan gaya gempa tergantung jenis material. Sesuai SNI 2002 untuk perencanaan gedung tahan gempa 10% untuk material beton, dan 5% untuk material baja. Untuk itu pada damping type di isi 5% karena struktur gedung menggunakan material beton.

- Scale

Untuk mengisikan ini maka mengacu pada rumus $I \times R$ yaitu dimana I adalah faktor keutamaan struktur dan R adalah faktor reduksi gempa maksimum, tentunya sesuai dengan system dan subsistem struktur gedung.

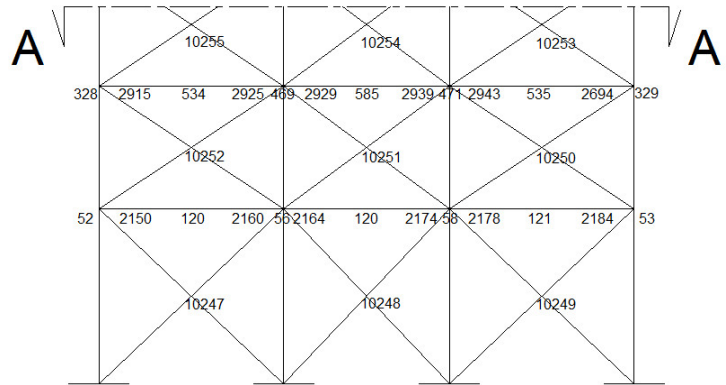
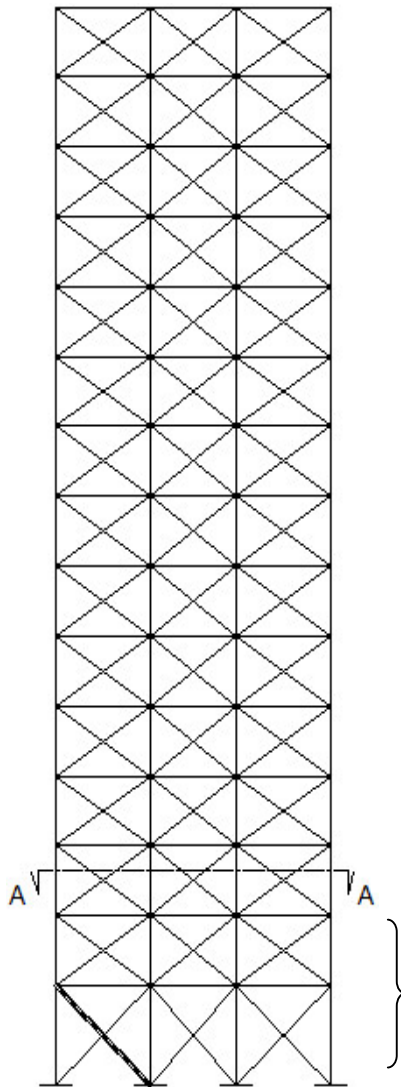
b. Define Spectrume Pairs

- Mengisikan Period/waktu dan Acceleration/percepatan sesuai dengan wilayah gempa strukturgedung itu berdiri. Karena struktur hotel Padjadjaran Suites Hotel berada di Kota Malang dengan wilayah gempa 4, maka tabel tersebut diisikan sebagai berikut :

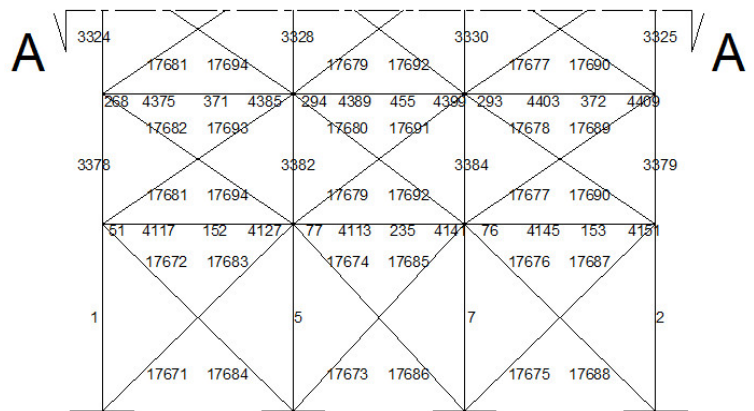


3.9 Perhitungan Statika

Setelah dilakukan input data pada program bantu staad pro 2000 sesuai dengan perhitungan diatas, untuk analisa perencanaan diambil perhitungan pada portal line 1 lantai 1 dan 2



Gambar 3.10.1 No. Titik Portal



Gambar 3.10.2 No. Batang Portal

Keterangan : Portal yang digunakan dalam analisa perhitungan diambil sampel portal lantai 1 dan 2 potongan A-A

Gambar 3.10 Potongan Portal Line 1 dan Potongan Portal Line 1 Sampel Perhitungan

Tabel 3.7 Hasil Pembacaan Momen Pada Balok

Lantai	Joint	Momen Lapangan (+)	Momen Tumpuan (-)	Keterangan
		(Nmm)	(Nmm)	
		Mu+	Mu -	
2	52	95780500	0	Tumpuan Kiri
	120	64927870	65296570	Lapangan
	56	18474980	94888480	Tumpuan Kanan
	56	80747530	0	Tumpuan Kiri
	171	32948930	42807990	Lapangan
	58	22859230	77995180	Tumpuan Kanan
	58	97773930	0	Tumpuan Kiri
	121	48557440	65240470	Lapangan
	53	19678500	93190500	Tumpuan Kanan
3	191	83981250	0	Tumpuan Kiri
	260	51248000	66800970	Lapangan
	195	15554860	97810270	Tumpuan Kanan
	195	77323880	0	Tumpuan Kiri
	311	44861190	44856130	Lapangan
	197	20255500	74437620	Tumpuan Kanan
	197	100478090	0	Tumpuan Kiri
	261	51654140	66340960	Lapangan
192	14644010	88661580	Tumpuan Kanan	

Tabel 3.8 Pembacaan Momen Pada Kolom

Lantai	Node	Nomor Batang	Momen		Gaya Normal (Kg)		Gaya Normal (KN)	
			(Kg.cm)	(KN.m)	Fx		Fx	
					+	-	+	-
2	1	1	1538181.600	153.818	92049.995	86860.316	902.734	851.839
	52		986558.600	98.656				
	5	5	871025.000	87.103	51979.436	39028.904	509.762	382.756
	56		277486.500	27.749				
	7	7	801887.900	80.189	49163.351	34828.014	482.145	341.558
	58		275520.500	27.552				
	2	2	1448286.700	144.829	83662.537	78472.913	820.479	769.584
	53		972900.900	97.290				
3	52	3378	332896.700	33.29	44223.105	44223.105	433.696	433.696
	191		477845.200	47.78				
	56	3382	520531.200	52.05	55245.292	42301.867	541.791	414.854
	195		285331.800	28.53				
	58	3384	587922.900	58.79	52354.536	37690.598	513.441	369.632
	197		309284.800	30.93				
	53	3379	306795.800	30.68	29821.303	29821.303	292.458	292.458
	192		485621.600	48.56				

Tabel 3.9 Pembacaan Momen Pada X-Bracing

No.Batang	Momen		Gaya Normal (Kg)	Gaya Normal (KN)
	Kg.cm	KN.m	Fx	Fx
17671	375248.2	37.52482	93356.177	915.5440278
17684	427659.2	42.76592	80086.871	785.4119439
17672	552767.5	55.27675	75194.623	737.4336678
17683	533745.3	53.37453	89049.581	873.3092409
17673	408351.4	40.83514	87024.501	853.4492813
17686	411543.8	41.15438	88238.694	865.3568721
17674	482849.8	48.28498	84788.308	831.5189366
17685	476230.1	47.62301	86301.688	846.3606542
17675	412989.3	41.29893	79313.476	777.8272591
17688	361904.7	36.19047	89827.283	880.9361644
17676	521445	52.1445	85551.502	839.0035801
17687	523190.1	52.31901	74416.205	729.7997224
17681	586603	58.6603	69405.356	680.6583263
17694	509201.8	50.92018	51375.228	503.836861
17682	511384.2	51.13842	47438.550	465.2298599
17693	509956.1	50.99561	66005.943	647.320283
17679	598389.8	59.83898	81715.018	801.3791815
17692	586655.4	58.66554	77383.503	758.9000139
17680	548203.6	54.82036	74455.117	730.1813324
17691	539086.6	53.90866	77725.541	762.2543806
17677	496656.3	49.66563	53325.812	522.9662383
17690	555564.5	55.55645	64786.889	635.3650204
17678	500466.2	50.04662	61384.601	601.998782
17689	478748.1	47.87481	49304.359	483.5278487

3.10 Hasil Analisis Simpangan Horisontal

Dari analisis *software* Staad Pro didapat simpangan yang terjadi pada masing masing lantai

Tabel 3.10 Pembacaan Simpangan antar Tingkat dalam (cm)

Elevasi	Simpangan X	Simpangan Z
54.00	0.587	2.871
48.46	0.603	2.835
48.17	0.596	2.845
42.62	0.557	2.365
42.33	0.560	2.365
36.79	0.489	1.935
36.50	0.479	1.894
30.96	0.440	1.668
30.67	0.432	1.670
25.12	0.362	1.144
24.83	0.361	1.137
19.29	0.269	0.847
19.00	0.261	0.802
13.46	0.198	0.573
13.17	0.191	0.574
7.62	0.126	0.240
7.33	0.124	0.207
0.42	0.109	0.206

3.10.1 Kontrol Simpangan antar Tingkat

Persyaratan simpangan antar tingkat struktur gedung tidak boleh melebihi 2.0% dari jarak antar tingkat (SNI 03-1726-2002), maka :

$$\delta_m < 2\% H$$

$$\delta_m < 2\% 500 \text{ cm} \ \& \ 2\% 350 \text{ cm}$$

$$\delta_m < 10 \text{ cm} \ \& \ 7 \text{ cm}$$

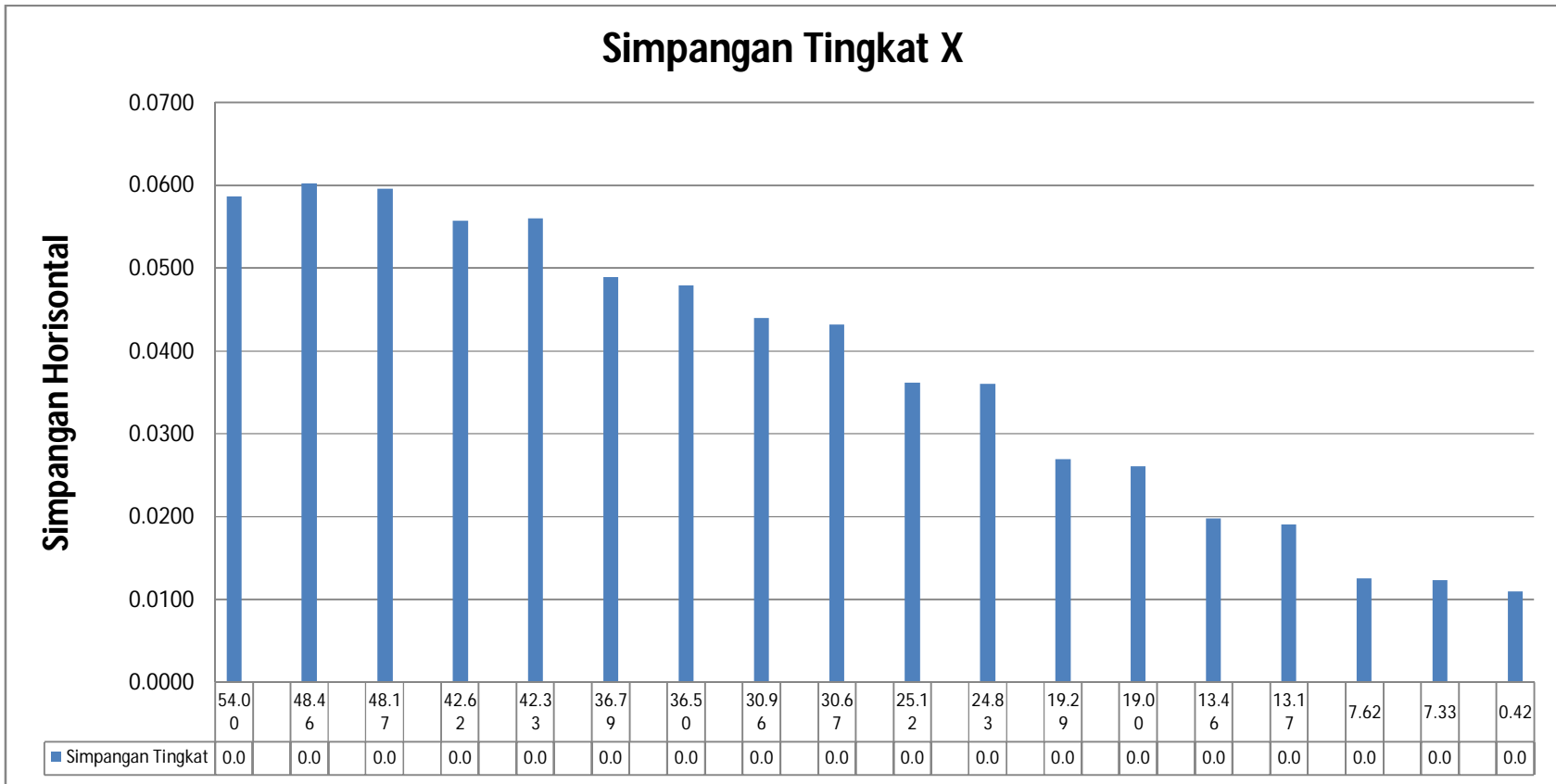
Perhitungan antar tingkat arah X dan Y ditampilkan dalam tabel 3.11 dan 3.12

Tabel 3.11 Kontrol Simpangan Antar Tingkat X

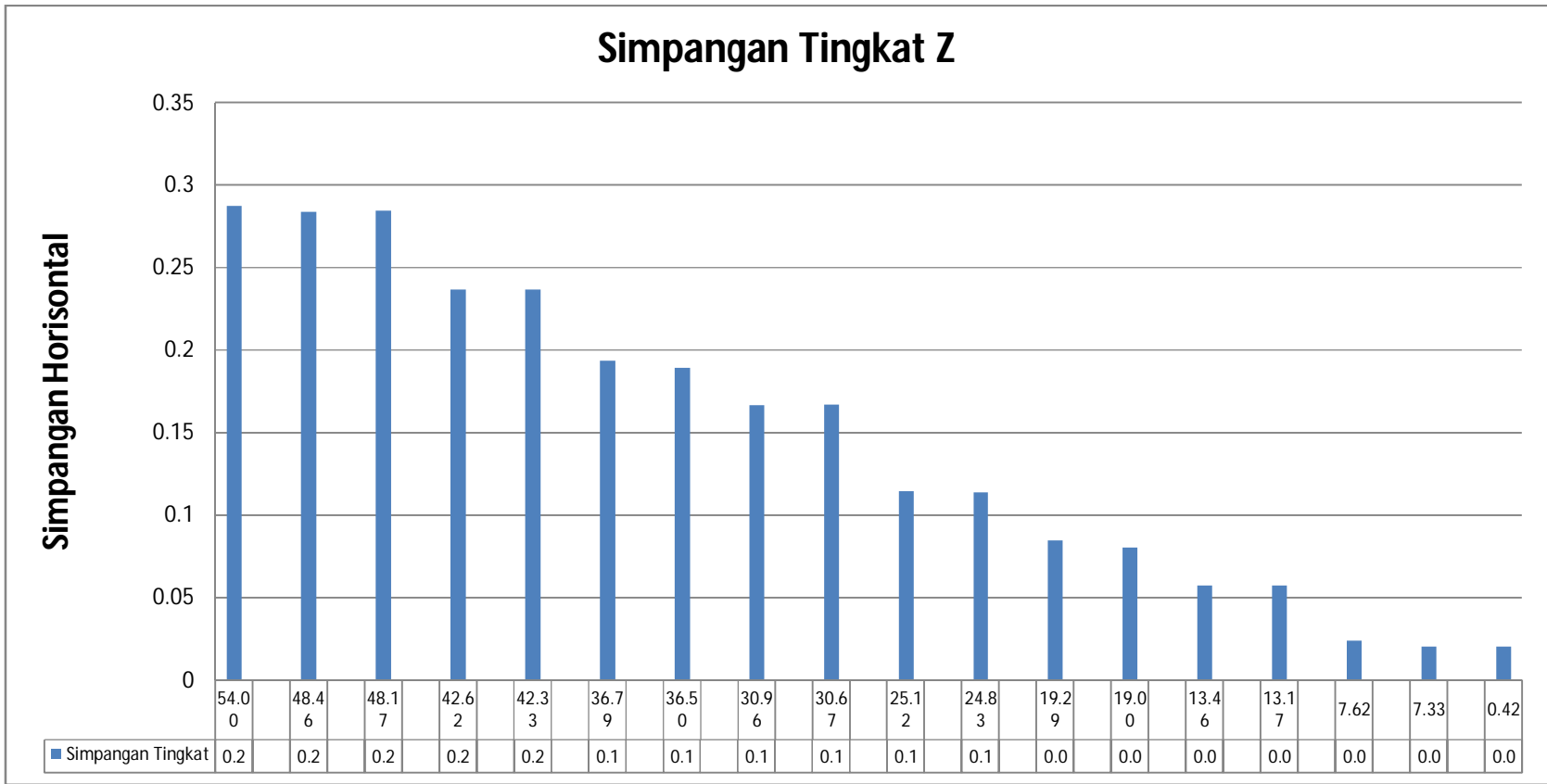
Base	Elevasi	X (mm)	δm_x	$\delta m > \delta m_x$
180	54.00	0.0587	0.1189	(OK)
161	48.46	0.0603	0.1199	(OK)
160	48.17	0.0596	0.1153	(OK)
141	42.62	0.0557	0.1116	(OK)
140	42.33	0.0560	0.1049	(OK)
121	36.79	0.0489	0.0967	(OK)
120	36.50	0.0479	0.0918	(OK)
101	30.96	0.0440	0.0872	(OK)
100	30.67	0.0432	0.0794	(OK)
81	25.12	0.0362	0.0723	(OK)
80	24.83	0.0361	0.0630	(OK)
61	19.29	0.0269	0.0531	(OK)
60	19.00	0.0261	0.0459	(OK)
41	13.46	0.0198	0.0388	(OK)
40	13.17	0.0191	0.0317	(OK)
21	7.62	0.0126	0.0249	(OK)
20	7.33	0.0124	0.0233	(OK)
1	0.42	0.0109	0.0109	(OK)

Tabel 3.12 Kontrol Simpangan Antar Tingkat Z

Base	Elevasi	Z (mm)	δm_z	$\delta m > \delta m_z$
180	54.00	0.28711	0.5707	(OK)
161	48.46	0.2835	0.5681	(OK)
160	48.17	0.2845	0.5210	(OK)
141	42.62	0.2365	0.4730	(OK)
140	42.33	0.2365	0.4300	(OK)
121	36.79	0.1935	0.3829	(OK)
120	36.50	0.1894	0.3562	(OK)
101	30.96	0.1668	0.3338	(OK)
100	30.67	0.1670	0.2815	(OK)
81	25.12	0.1144	0.2281	(OK)
80	24.83	0.1137	0.1985	(OK)
61	19.29	0.0847	0.1650	(OK)
60	19.00	0.0802	0.1375	(OK)
41	13.46	0.0573	0.1147	(OK)
40	13.17	0.0574	0.0814	(OK)
21	7.62	0.0240	0.0447	(OK)
20	7.33	0.0207	0.0412	(OK)
1	0.42	0.0206	0.02055	(OK)



Gambar 3.11 Grafik Simpangan Tingkat Arah X



Gambar 3.12 Grafik Simpangan Tingkat Arah Z

3.11 Kinerja Batas Layan (Δ_s) dan Kinerja Batas Ultimit (Δ_m)

Drift Δ_s diperoleh dari hasil analisa struktur portal 3 dimensi menggunakan gempa respons spectrum berupa hasil deformasi lateral / simpanan horizontal maksimum peringkat yang terjadi pada rangka portal yang dapat di tinjau terhadap arah X dan arah Z.

Menurut SNI 03 – 1726 – 2002 pasal 8.12 Untuk memenuhi syarat kinerja batas layan, maka drift Δ_s antar tingkat tidak boleh lebih besar dari :

$$(\text{drift } \Delta_s) = \frac{0,03}{R} \times h_i$$

R = 2.8 Rangka bresing dimana bresingnya memikul bebabn gravitasi (Beton bertulang (tidak untuk wilayah 5 dan 6))

1. Tingkat 2, h = 500 cm

$$(\text{drift } \Delta_s) = \frac{0,03}{2.8} \times 500 = 5.357 \text{ cm}$$

2. Tingkat 2- 13, h = 350 cm

$$(\text{drift } \Delta_s) = \frac{0,03}{2.8} \times 350 = 3.750 \text{ cm}$$

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan ulimit gedung, dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan horisontal struktur $\delta_m \times \xi$ tidak boleh melampaui 0.02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan. SNI-1726-2002 pasal 8.2.2 hal 31.

Batas ultimit yang digunakan :

$$\delta_m \times \xi < 0.02 H$$

$$\delta_m \times 0.17 R < 0.02 H$$

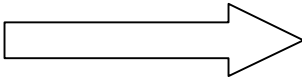
$$\delta_m \times 0.17 \cdot 2.8 < 0.02 \cdot 500 \text{ dan } 0.02 \cdot 350$$

$$1.96 \delta_m < 10 \text{ cm dan } 7 \text{ cm}$$

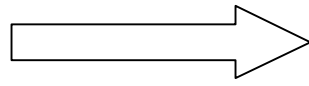
Kontrol terhadap kinerja batas layan dan ultimit ditunjukkan pada tabel 3.12 dan

3.13

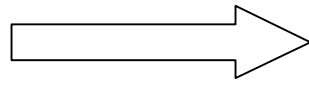
PERHITUNGAN EXCEL



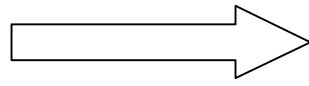
PERHITUNGAN EXCEL



PERHITUNGAN EXCEL

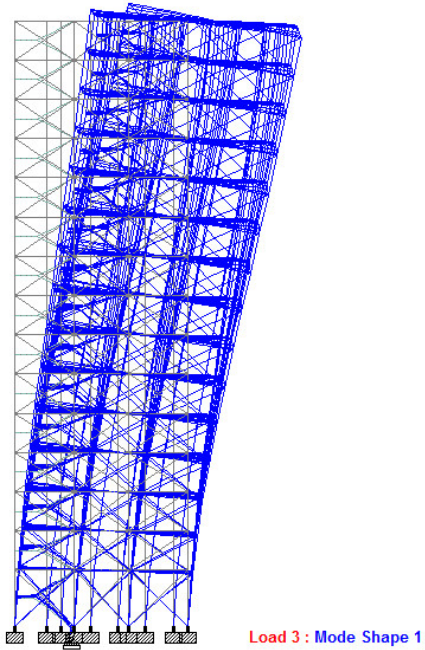


PERHITUNGAN EXCEL

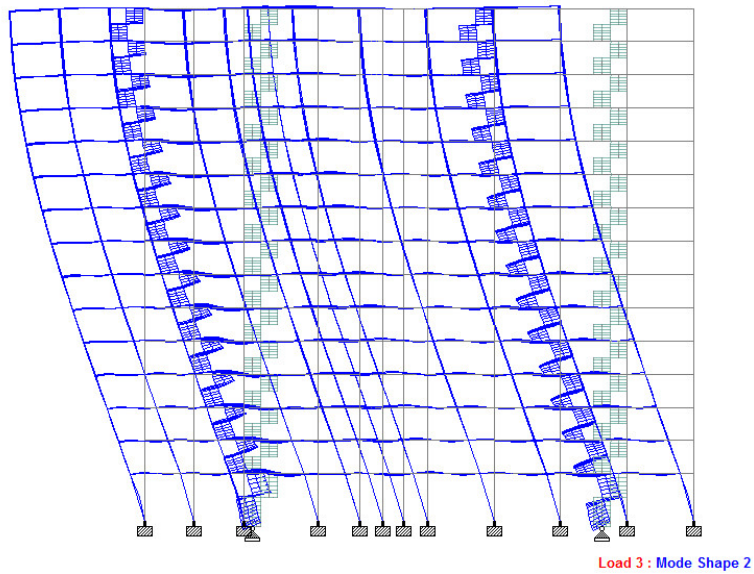


3.12 Ragam Mode Shape yang Terjadi pada Struktur Menggunakan Sistem Pengaku *X-Bracing*

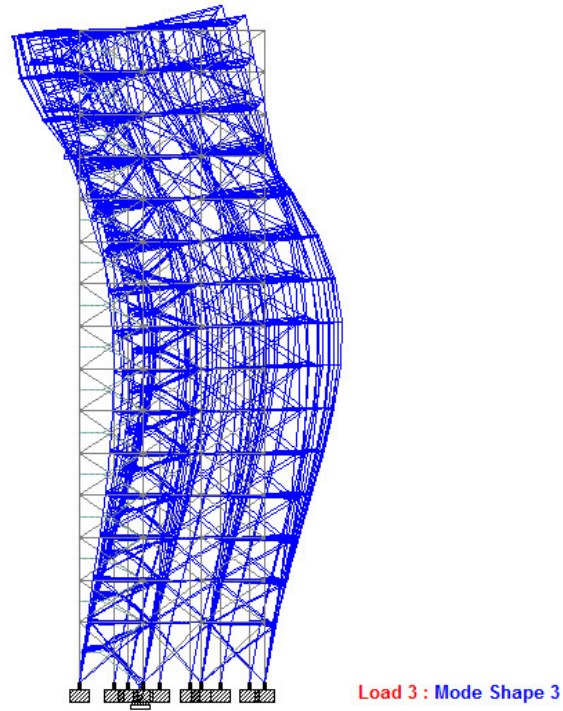
1. Mode Shape 1



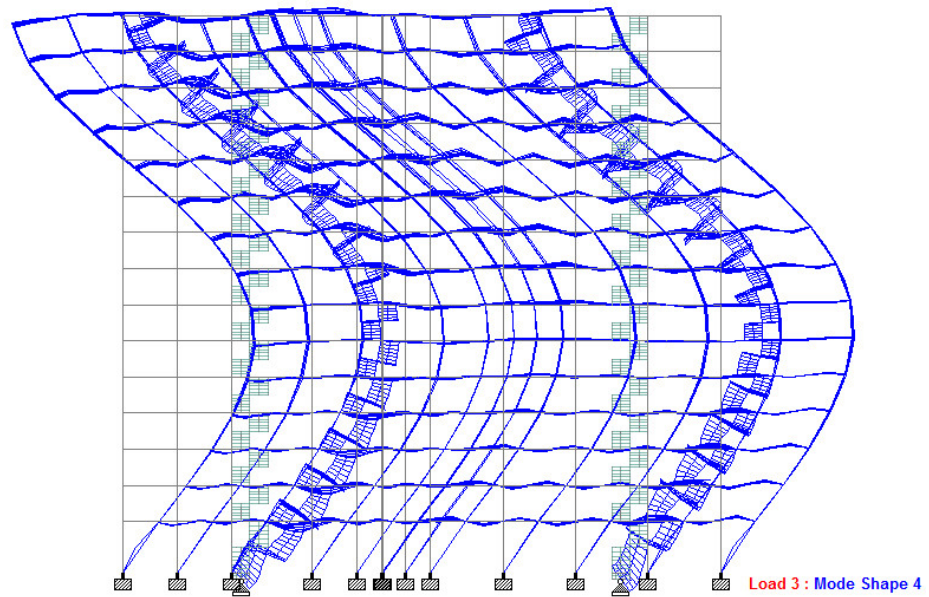
2. Mode Shape 2



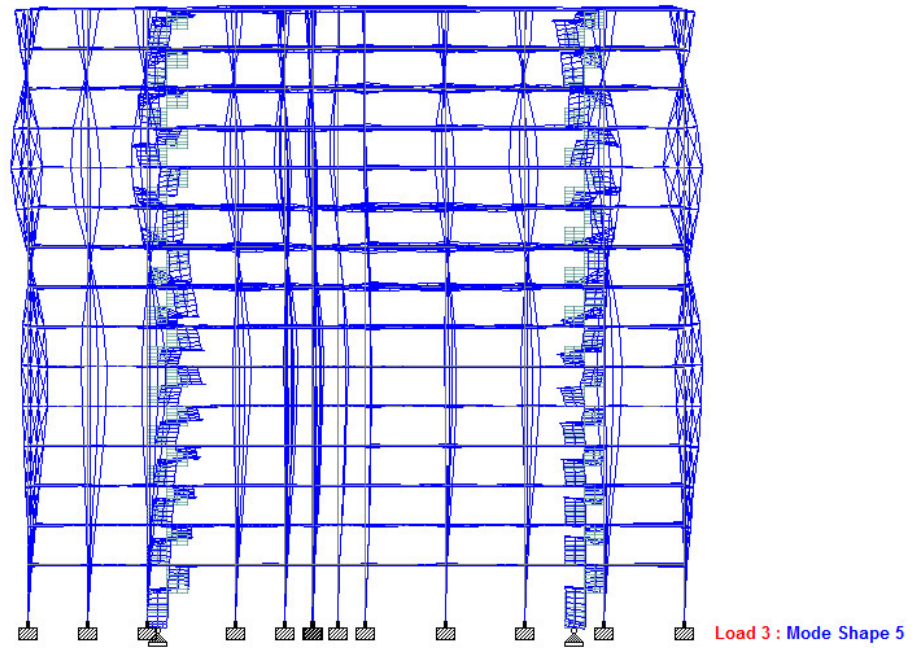
3. Mode Shape 3



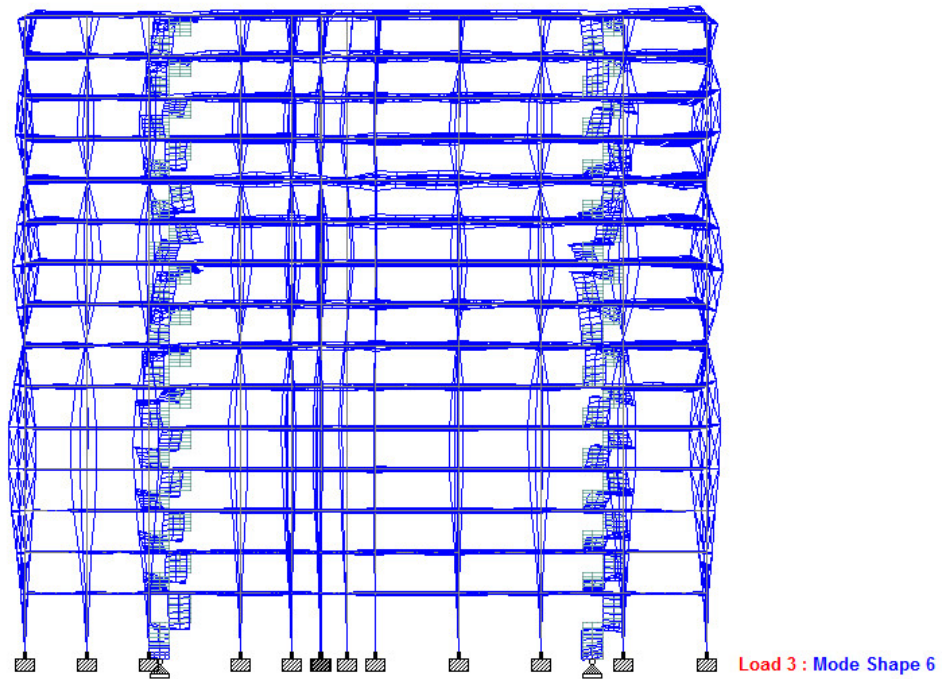
4. Mode Shape 4



5. Mode Shape 5



6. Mode Shape 6



BAB IV
PERHITUNGAN PENULANGAN STRUKTUR

4.1 Perhitungan Penulangan Balok

4.1.1 Perhitungan Penulangan Lentur Balok

Penulangan yang direncanakan adalah pada balok melintang line A

➤ Data perencanaan

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

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$f'c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y \text{ ulir} = 390 \text{ Mpa}$$

$$f_y \text{ polos} = 240 \text{ Mpa}$$

$$\text{selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

dipakai tulangan pokok D 22 mm

dipakai tulangan sengkang \varnothing 10 mm

$$\text{bentang balok (L)} = 5300 \text{ mm}$$

$$\text{bentang bersih balok bersebelahan (Ln)} = 4500 \text{ mm}$$

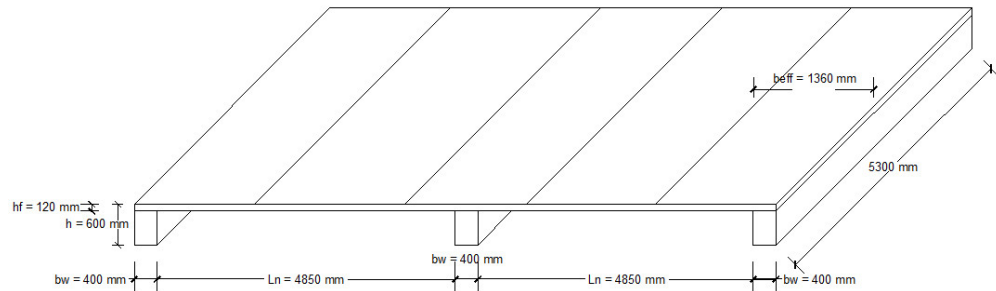
$$d = h - \text{selimut beton} - \text{diameter sengkang} - \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan}$$

rencana

$$= 600 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 22$$

$$= 539 \text{ mm}$$

➤ Perencanaan penulangan



Gambar 4.1 Panjang beff

Lebar flens efektif (beff)

- $b_{eff} = 2.(h-hf) + bw$
- $= 2.(600-120) + 400$
- $= 1360 \text{ mm}$

Menurut SNI-2847 pasal 10.10.2 Lebar efektif (b_{eff}) tidak boleh melebihi :

- $b_{eff} \leq \frac{1}{4} L$
- $1360 \text{ mm} \leq \frac{1}{4} 5300$
- $1360 \text{ mm} \leq 1375 \text{ mm} \quad \text{(OK)}$
- $b_{eff} \leq bw + 8hf_{kr} + 8hf_{kn}$
- $1360 \text{ mm} \leq 400 + (8 \cdot 120) + (8 \cdot 120)$
- $1360 \text{ mm} \leq 2320 \text{ mm} \quad \text{(OK)}$
- $b_{eff} \leq bw + \frac{1}{2}Ln_{kr} + \frac{1}{2}Ln_{kn}$
- $1360 \leq 400 + (\frac{1}{2} \cdot 4850) + (\frac{1}{2} \cdot 4850)$
- $1360 \leq 5250 \text{ mm} \quad \text{(OK)}$

Tulangan minimal sedikitnya harus dihitung menurut SNI-2847 pasal 23.3.(2.(1)):

$$A_s \text{ min} = \frac{b_w d}{4 f_y} \sqrt{f_c'} = \frac{400 \times 539}{4 \times 390} \sqrt{30} = 756.98 \text{ mm}^2$$

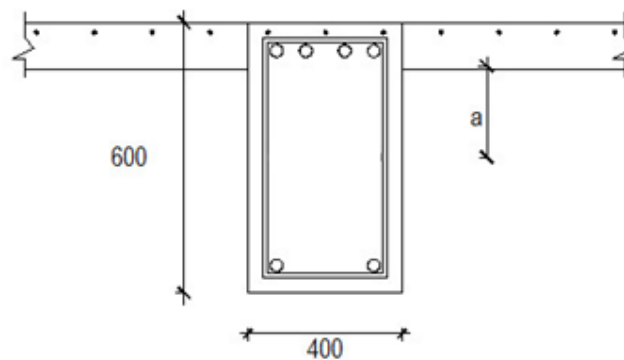
dan

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4 b_w d}{f_y} = \frac{1,4 \times 400 \times 539}{390} = 773.948 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ min}}{\frac{1}{4} \pi \phi^2} = \frac{773.948}{\frac{1}{4} \pi \cdot 22^2} = 2.037 \approx 2$$

Maka dipakai tulangan minimal 2 D 22 ($A_s = 1519.76 \text{ mm}^2 > 592.706 \text{ mm}^2$)

Menurut buku Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang gideon Kusuma hal 108, jarak maksimum tulangan samping 300 mm.

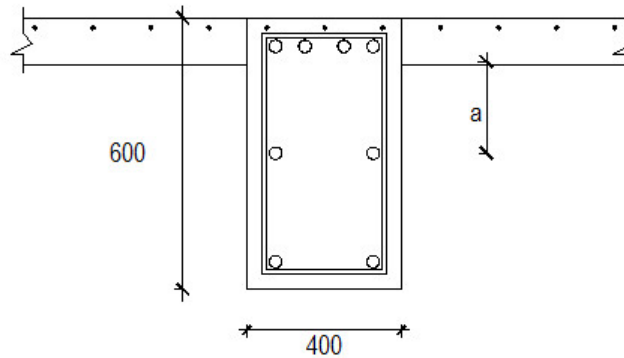


$a = h - (2 \times \text{tebal selimut beton}) + (2 \times \phi \text{ sengkang}) + (3 \times D \text{ tul. Tarik}) + \text{jarak minimum tulangan}$

$$a = 600 - (2 \times 40) + (2 \times 8) + (3 \times 16) + 30$$

$a = 614 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$, maka di perlukan tulangan samping.

Di coba pemasangan tulangan samping 2 D12



Kontrol jarak tulangan samping :

$a = h/2 - (\text{tebal selimut beton} + \varnothing \text{ sengkang} + (2 \times D \text{ tul. Tarik}) + \text{jarak minimum tulangan})$

$$a = 600/2 - (40 + 8 + (2 \times 16) + 30)$$

$$a = 190 \text{ mm} < 300 \text{ .. oke}$$

A. Perhitungan Penulangan Tumpuan Joint 52

$$Mu^- = 0 \text{ kg.m}$$

$$= 0 \text{ Nmm}$$

$$Mu^+ = 9578.050 \text{ kg.m}$$

$$= 9578.050 \cdot 10^4 \text{ Nmm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah atas 4 D 22 ($A_s1 = 1519.76 \text{ mm}^2$)

- Tulangan yang terpasang pada daerah bawah 2 D 22 ($A_s' = 759.88$ mm²)
- Tulangan plat terpasang disepanjang beff 10 Ø 10 ($A_{s_{plat}} = 785$ mm²)

Kontrol Momen Positif

$$\text{Tulangan tarik} \quad A_{s_{plat}} = 10 \text{ Ø } 10 = 785 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{Balok}} = 4 \text{ D } 22 = 1519.76 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 2 \text{ D } 22 = 759.88 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} y_1 &= \text{tebal selimut beton plat} + \frac{1}{2} \cdot \text{Ø tul plat} \\ &= 20 + \frac{1}{2} \cdot 10 \\ &= 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_2 &= \text{tebal selimut beton} + \text{Ø sengkang} + \frac{1}{2} \text{ D tul. tarik} \\ &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22 \\ &= 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= \frac{(A_{s_{plat}} \times y_1 + A_s \cdot y_2)}{(A_{s_{plat}} + A_s)} \\ &= \frac{(785 \times 25) + (1519.76 \times 61)}{(785 + 1519.76)} = 48.738 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - y \\ &= 600 - 48.738 = 551.262 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= \text{tebal selimut beton} + \text{Ø sengkang} + \frac{1}{2} \text{ D tul. tarik} \\ &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22 = 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan garis netral dicari dengan menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_{s\text{plat}} \cdot f_{y\text{polos}} + A_{s\text{balok}} \cdot f_{y\text{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \cdot 600 = A_{s\text{plat}} \cdot f_{y\text{polos}} \cdot c + A_{s\text{balok}} \cdot f_{y\text{ulir}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai: } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \cdot 600 = A_{s\text{plat}} \cdot f_{y\text{polos}} \cdot c + A_{s\text{balok}} \cdot f_{y\text{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = A_{s\text{plat}} \cdot f_{y\text{polos}} \cdot c + A_{s\text{balok}} \cdot f_{y\text{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' - A_{s\text{plat}} \cdot f_{y\text{polos}} \cdot c - A_{s\text{balok}} \cdot f_{y\text{ulir}} \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 \cdot A_s' - A_{s\text{plat}} \cdot f_{y\text{polos}} - A_{s\text{balok}} \cdot f_{y\text{ulir}}) \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 400) \cdot c^2 + (600 \cdot 759,88 - 785 \cdot 240 - 1519,76) \cdot c - 600 \cdot 759,88 \cdot 61 = 0$$

$$8670 c^2 - 325178,4 c - 27811608 = 0$$

$$c = 78,4144 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 \cdot c \\ &= 0,85 \cdot 78,4144 \\ &= 66,652 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c - d'}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{78,4144 - 61}{78,4144} (0,003) = 0,000666$$

$$\varepsilon_s = \frac{d-c}{c} \cdot \varepsilon_c = \frac{551.262 - 78.4144}{78.4144} (0,003) = 0.0181$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

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

Dihitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$\begin{aligned} f'_s &= \varepsilon_s' \cdot E_s \\ &= 0,000666 \cdot 200000 \\ &= 133.249 \text{ Mpa} > 390 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 66.652 \cdot 400 \\ &= 679853.048 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= A_{s'} \cdot f'_s \\ &= 759.88 \cdot 133.249 \\ &= 101253.351 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{s1} &= (A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}}) \\ &= (785 \cdot 240) \\ &= 188400 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{s2} &= (A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}}) \\ &= (1519.76 \cdot 390) \\ &= 517.935 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c + C_s &= T_{s1} + T_{s2} \\ 679853.048 + 101253.351 &= 188400 + 517.935 \\ 781106.4 &= 781106.4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z1 &= d - (1/2 \cdot a) \\
&= 551.262 - (1/2 \cdot 66.652) \\
&= 517.935 \text{ mm} \\
Z2 &= d - d' \\
&= 551.262 - 61 \\
&= 490.262 \text{ mm} \\
Mn &= (Cc \cdot Z1) + (Cs \cdot Z2) \\
&= (679853.048 \cdot 517.935) + (101253.351 \cdot 490.262) \\
&= 18474980.0 \text{ Nmm} \\
Mr &= \phi \cdot Mn \\
&= 0,8 \cdot 401760623.1 \\
&= 321408498.5 \text{ Nmm} > Mu = 9488480 \text{ Nmm} \dots\dots\dots(\text{Aman}) \\
Mpr &= Mn \\
&= 18474980.0 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

B. Perhitungan Penulangan Lapangan Joint 120

$$\begin{aligned}
Mu^+ &= 6492.787 \text{ kg.m} \\
&= 6492.787 \cdot 10^4 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah atas 4 D 12 ($A_{s1} = 452.16 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah bawah 2 D 12 ($A_{s'} = 226.08 \text{ mm}^2$)
- Tulangan plat terpasang disepanjang beff 10 \emptyset 10 ($A_{s\text{plat}} = 785 \text{ mm}^2$)

Kontrol Momen Positif

$$\begin{aligned}\text{Tulangan tekan} \quad A_{s_{\text{plat}}} &= 10 \text{ } \varnothing 10 &= 785 \text{ mm}^2 \\ A_{s_{\text{Balok}}} &= 3 \text{ D } 12 &= 226.08 \text{ mm}^2 \\ A_{s'} &= 785 + 452.16 &= 1237.16 \text{ mm}^2 \\ \text{Tulangan tarik } A_s &= 4 \text{ D } 22 = 452.16 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_1 &= \text{tebal selimut beton plat} + \frac{1}{2} \cdot \varnothing \text{ tul plat} \\ &= 20 + \frac{1}{2} 10 \\ &= 25 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_2 &= \text{tebal selimut beton} + \varnothing \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \text{ D tul. tarik} \\ &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 12 \\ &= 56 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y &= \frac{(A_{s_{\text{plat}}} \times y_1 + A_s \cdot y_2)}{(A_{s_{\text{plat}}} + A_s)} \\ &= \frac{(785 \times 25) + (452.16 \times 56)}{(785 + 452.16)} = 36.329 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d &= h - y \\ &= 600 - 36.329 = 544 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}d' &= \text{tebal selimut beton} + \varnothing \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \text{ D tul. tarik} \\ &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 12 = 36.329 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dimisalkan garis netral $> y_2$ maka perhitungan garis netral dicari dengan menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_{s'} \cdot f_{s'} = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_{s'} = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

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

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

Substitusi nilai: $a = \beta_1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b_{eff}) \cdot c + A_s' (c - d') 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b_{eff}) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b_{eff}) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b_{eff}) \cdot c^2 + (600 \cdot A_{s_{plat}} - A_{s1_{balok}} \cdot f_y - A_{s2_{balok}}) \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 1360) \cdot c^2 + (600 \cdot 785 - 452,16 \cdot 390 - 226,08 \cdot 390) \cdot c - 600 \cdot$$

$$785 \cdot 25 = 0$$

$$29478 c^2 - 206486,4 \cdot c - 11775000 = 0$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,85 \cdot 16.788$$

$$= 14.270 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c - d'}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{16.788 - 36.329}{16.788} (0,003) = -0,00147$$

$$\epsilon_s = \frac{d - c}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{544 - 16.788}{16.788} (0,003) = 0,094$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

Karena $\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_s'$ maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum

Dihitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$\begin{aligned}
 f's &= \epsilon s' \cdot E_s \\
 &= -0.00147 \cdot 200000 \\
 &= -293.472 \text{ Mpa} > 390 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b \\
 &= 0,85 \cdot 30 \cdot 14.270 \cdot 400 \\
 &= 494889.401 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' \cdot f's \\
 &= 452.16 \cdot -293.472 \\
 &= -230375.801 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s1} &= (A_{s \text{ plat}} \cdot f_{y \text{ polos}}) \\
 &= (785 \cdot 240) \\
 &= 176342.4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s2} &= (A_{s \text{ balok}} \cdot f_{y \text{ ulir}}) \\
 &= (452.16 \cdot 390) \\
 &= 88171.2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c + C_s &= T_{s1} + T_{s2} \\
 494889.401 + (-230375.801) &= 176342.4 + 88171.2 \\
 264513.6 &= 264513.6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= d - (1/2 \cdot a) \\
 &= 544 - 14.270/2 \\
 &= 536.864 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z2 &= y2 - (a/2) \\ &= 56 - 14.270/2 \\ &= 48.865 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z3 &= y1 - (a/2) \\ &= 25 - 14.270/2 \\ &= 17.865 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn &= (Cc \cdot Z1) + (Cs \cdot Z2) \\ &= (494889.401 \cdot 536.864) + (-230375.801 \cdot 48.865) \\ &= 103096170.6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mr &= \phi \cdot Mn \\ &= 0,8 \cdot 103096170.6 \\ &= 82476936.45 \text{ Nmm} > Mu = 64927870 \text{ Nmm} \dots\dots\dots (\text{Aman}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mpr &= Mn \\ &= 103096170.6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

C. Perhitungan Penulangan Lapangan Batang 120

$$\begin{aligned} Mu &= 6529.657 \text{ kg.m} \\ &= 6529.657 \cdot 10^4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah atas 2 D 12 ($A_s = 226.08 \text{ mm}^2$),
- Tulangan yang terpasang pada daerah bawah 3 D 12 ($A_s' = 339.12 \text{ mm}^2$)
- Tulangan plat terpasang disepanjang beff 10 Ø 10 ($A_{s\text{plat}} = 785 \text{ mm}^2$)

Kontrol MR negatif

$$\text{Tulangan tarik} \quad A_s'_{\text{ plat}} = 10 \varnothing 10 = 785 \text{ mm}^2$$

$$A_s'_{\text{ balok}} = 2 \text{ D } 12 = 226.08 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s = 3 \text{ D } 12 = 339.12 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = \text{tebal selimut beton plat} + \frac{1}{2} \cdot \varnothing \text{ tul plat}$$

$$y_1 = 20 + \frac{1}{2} 10 = 25 \text{ mm}$$

$$y_2 = \text{tebal selimut beton} + \varnothing \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \text{ D tul. tarik}$$

$$y_2 = 40 + 10 + \frac{1}{2} 12 = 56 \text{ mm}$$

$$y = \frac{(A_{s_{\text{ plat}}} \times y_1) + (A_s \times y_2)}{(A_{s_{\text{ plat}}} + A_s)}$$

$$y = \frac{(785 \times 25) + (339.12 \times 56)}{785 + 339.12} = 31.932 \text{ mm}$$

$$d = h - y$$

$$= 600 - 31.932$$

$$= 565.648 \text{ mm}$$

$$d' = \text{tebal selimut beton} + \varnothing \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \text{ D tul. tarik}$$

$$= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 12 = 56 \text{ mm}$$

Dimisalkan garis netral $> y_2$ maka perhitungan garis netral dicari dengan menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_{s_{\text{ plat}}} \cdot f_{y_{\text{ polos}}} + A_{s_{\text{ balok}}} \cdot f_{y_{\text{ ulir}}}$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \cdot 600 = A_{s_{\text{ plat}}} \cdot f_{y_{\text{ polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{ balok}}} \cdot f_{y_{\text{ ulir}}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai: } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \cdot 600 = A_{s_{plat}} \cdot f_{y_{polos}} \cdot c + A_{s_{balok}} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = A_{s_{plat}} \cdot f_{y_{polos}} \cdot c + A_{s_{balok}} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' - A_{s_{plat}} \cdot f_{y_{polos}} \cdot c - A_{s_{balok}} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 \cdot A_s' - A_{s_{plat}} \cdot f_{y_{polos}} - A_{s_{balok}} \cdot f_{y_{ulir}}) \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 400) \cdot c^2 + (600 \cdot 339,12 - 785 \cdot 240 - 226,08 \cdot 390) \cdot c - 600 \cdot 339,12 \cdot 56 = 0$$

$$8670 c^2 - 73099,2 \cdot c - 11394432 = 0$$

$$c = 40.712 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a &= \beta \cdot c \\ &= 0,85 \cdot 40.712 \\ &= 34.605 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_s' = \frac{c - d'}{c} \cdot \varepsilon_c = \frac{40.712 - 56}{40.712} (0,003) = -0,00112$$

$$\varepsilon_s = \frac{d - c}{c} \cdot \varepsilon_c = \frac{568.068 - 40.712}{40.712} (0,003) = 0,038$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

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

Dihitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$\begin{aligned}
 f_s' &= \epsilon_s' \cdot E_s \\
 &= -0.00112 \cdot 200000 \\
 &= -225.302 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \\
 &= 0,85 \cdot 30 \cdot 34.605 \cdot 400 \\
 &= 378315.39 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_{s_{\text{plat}'}} \cdot f_s' \\
 &= 785 \cdot -225.302 \\
 &= -76404.692 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s1} &= A_{s1} \cdot f_s \\
 &= 785 \cdot 240 \\
 &= 188400 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{s2} &= A_{s2} \cdot f_s \\
 &= 226.08 \cdot 390 \\
 &= 88171.2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_c + C_s &= T_{s1} + T_{s2} \\
 3378315.39 - 76404.692 &= 188400 + 88171.2 \\
 276571.2 \text{ N} &= 276571.2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_1 &= d - (1/2 \cdot a) \\
 &= 568.068 - (1/2 \cdot 32.562) \\
 &= 550.765 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z2 &= d - d' \\
 &= 565.648 - 56 \\
 &= 512.068 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= (Cc \cdot Z1) + (Cs \cdot Z2) \\
 &= (3378315.39 \cdot 550.765) + (-76404.692 \cdot 512.068) \\
 &= 155282550.5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mr &= \phi \cdot Mn \\
 &= 0,8 \cdot 155282550.5 \\
 &= 124226040.4 \text{ Nmm} > Mu = 65296570 \text{ Nmm} \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mpr &= Mn \\
 &= 155282550.5 \\
 &= 155282550.5 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

D. Perhitungan Penulangan Tumpuan Kiri Joint 56

$$\begin{aligned}
 Mu^- &= 9488.848 \text{ kgm} \\
 &= 9488.848 \cdot 10^4 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah atas 4 D 22 ($As1 = 1519.76 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah bawah 2 D 22 ($As' = 759.88 \text{ mm}^2$)
- Tulangan plat terpasang disepanjang beff 10 Ø 10 ($As_{plat} = 785 \text{ mm}^2$)

Kontrol Momen Negatif

$$\begin{aligned}
 \text{Tulangan tarik } As_{plat} &= 10 \text{ Ø } 10 &= 785 \text{ mm}^2 \\
 As1_{Balok} &= 4 \text{ D } 22 &= 1519.76 \text{ mm}^2 \\
 \text{Tulangan tekan } As' &= 4 \text{ D } 22 &= 759.88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$y_1 = \text{tebal selimut beton plat} + \frac{1}{2} \cdot \emptyset \text{ tul plat}$$

$$= 20 + \frac{1}{2} 10 = 25 \text{ mm}$$

$$y_2 = \text{tebal selimut beton} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} D \text{ tul. tarik}$$

$$= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22 = 61 \text{ mm}$$

$$y = \frac{(A_{s_{plat}} \times y_1 + A_{s_{balok}} \cdot y_2)}{(A_{s_{plat}} + A_{s_{balok}})}$$

$$= \frac{(785 \times 25) + (1519.76 \times 61)}{(785 + 1519.76)} = 48.738 \text{ mm}$$

$$d = h - y$$

$$= 600 - 48.738 = 551.262 \text{ mm}$$

$$d' = \text{tebal selimut beton} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} D \text{ tul. tarik}$$

$$= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22 = 61 \text{ mm}$$

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan garis netral dicari dengan menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_{s'} \cdot f_{s'} = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_{s'} = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b) + A_{s'} \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_{s_{plat}} \cdot f_{y_{polos}} + A_{s_{balok}} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_{s'} \cdot (c - d') \cdot 600 = A_{s_{plat}} \cdot f_{y_{polos}} \cdot c + A_{s_{balok}} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai: } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_{s'} \cdot (c - d') \cdot 600 = A_{s_{plat}} \cdot f_{y_{polos}} \cdot c + A_{s_{balok}} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_{s'} \cdot c - 600 \cdot A_{s'} \cdot d' = A_{s_{plat}} \cdot f_{y_{polos}} \cdot c + A_{s_{balok}} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta 1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' - A_{splat} \cdot f_{y_{polos}} \cdot c - A_{sbalok} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta 1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 \cdot A_s' - A_{splat} \cdot f_{y_{polos}} - A_{sbalok} \cdot f_{y_{ulir}}) \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 400) \cdot c^2 + (600 \cdot 759,88 - 785 \cdot 240 - 1519,76 \cdot 390) \cdot c - 600 \cdot 759,88 \cdot 61 = 0$$

$$8670 c^2 - 325178,4 c - 27811608 = 0$$

$$c = 78,4144 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a &= \beta \cdot c \\ &= 0,85 \cdot 78,4144 \\ &= 66,652 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_s' = \frac{c-d'}{c} \cdot \varepsilon_c = \frac{78,4144 - 61}{78,4144} (0,003) = 0,000666$$

$$\varepsilon_s = \frac{d-c}{c} \cdot \varepsilon_c = \frac{551,262 - 78,4144}{78,4144} (0,003) = 0,0181$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

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

Dihitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$\begin{aligned} f's &= \varepsilon_s' \cdot E_s \\ &= 0,000666 \cdot 200000 \\ &= 133,249 \text{ Mpa} > 390 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned}
C_c &= 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \\
&= 0,85 \cdot 30 \cdot 66.652 \cdot 400 \\
&= 679853.048 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C_s &= A_s' \cdot f'_s \\
&= 759.88 \cdot 133.249 \\
&= 101253.351 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{s1} &= (A_{s \text{ plat}} \cdot f_y \text{ polos}) \\
&= (785 \cdot 240) \\
&= 188400 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{s2} &= (A_{s \text{ balok}} \cdot f_y \text{ ulir}) \\
&= (1519.76 \cdot 390) \\
&= 517.935 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C_c + C_s &= T_{s1} + T_{s2} \\
679853.048 + 101253.351 &= 188400 + 517.935 \\
781106.4 &= 781106.4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_1 &= d - (1/2 \cdot a) \\
&= 551.262 - (1/2 \cdot 66.652) \\
&= 517.935 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_2 &= d - d' \\
&= 551.262 - 61 \\
&= 490.262 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_n &= (C_c \cdot Z_1) + (C_s \cdot Z_2) \\
&= (679853.048 \cdot 517.935) + (101253.351 \cdot 490.262) \\
&= 401760623.1 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= \phi \cdot M_n \\
 &= 0,8 \cdot 401760623.1 \\
 &= 321408498.5 \text{ Nmm} > M_u = 62748780 \text{ Nmm} \dots\dots\dots (\text{Aman})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pr} &= M_n \\
 &= 401760623.1 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

E. Perhitungan Penulangan Tumpuan Kiri Joint 56

$$\begin{aligned}
 M_u^+ &= 1847.498 \text{ kgm} \\
 &= 1847.498 \cdot 10^4 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah atas 4 D 22 ($A_{s1} = 759.88 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah bawah 2 D 22 ($A_{s'} = 1519.76 \text{ mm}^2$)
- Tulangan plat terpasang disepanjang beff 10 Ø 10 ($A_{s_{plat}} = 785 \text{ mm}^2$)

Kontrol Momen Positif

Tulangan tarik	$A_{s_{plat}} = 10 \text{ Ø } 10$	$= 785 \text{ mm}^2$
$A_{s \text{ Balok}}$	$= 4 \text{ D } 22$	$= 1519.76 \text{ mm}^2$
Tulangan tekan $A_{s'}$	$= 2 \text{ D } 22$	$= 759.88 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned}
 y_1 &= \text{tebal selimut beton plat} + \frac{1}{2} \cdot \text{Ø tul plat} \\
 &= 20 + \frac{1}{2} \cdot 10 \\
 &= 25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_2 &= \text{tebal selimut beton} + \text{Ø sengkang} + \frac{1}{2} \text{ D tul. tarik} \\
 &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22 \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$y = \frac{(A_{s_{plat}} \times y_1 + A_s \cdot y_2)}{(A_{s_{plat}} + A_s)}$$

$$= \frac{(785 \times 25) + (1519.76 \times 61)}{(785 + 1519.76)} = 48.738 \text{ mm}$$

$$d = h - y$$

$$= 600 - 48.738 = 551.262 \text{ mm}$$

$$d' = \text{tebal selimut beton} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} D \text{ tul. tarik}$$

$$= 40 + 10 + \frac{1}{2} \cdot 22 = 61 \text{ mm}$$

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan garis netral dicari dengan menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b + A_{s'} \cdot f_{s'} = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_{s'} = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b) + A_{s'} \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_{s_{plat}} \cdot f_{y_{polos}} + A_{s_{balok}} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_{s'} \cdot (c - d') \cdot 600 = A_{s_{plat}} \cdot f_{y_{polos}} \cdot c + A_{s_{balok}} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai: } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_{s'} \cdot (c - d') \cdot 600 = A_{s_{plat}} \cdot f_{y_{polos}} \cdot c + A_{s_{balok}} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_{s'} \cdot c - 600 \cdot A_{s'} \cdot d' = A_{s_{plat}} \cdot f_{y_{polos}} \cdot c + A_{s_{balok}}$$

$$\cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_{s'} \cdot c - 600 \cdot A_{s'} \cdot d' - A_{s_{plat}} \cdot f_{y_{polos}} \cdot c - A_{s_{balok}} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c =$$

$$0$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 \cdot A_{s'} - A_{s_{plat}} \cdot f_{y_{polos}} - A_{s_{balok}} \cdot f_{y_{ulir}}) \cdot c - 600 \cdot A_{s'} \cdot d' =$$

$$0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 400) \cdot c^2 + (600 \cdot 759,88 - 785 \cdot 240 - 1519,76) \cdot c - 600 \cdot$$

$$759,88 \cdot 61 = 0$$

$$8670 c^2 - 325178,4 c - 27811608 = 0$$

$$c = 78,4144 \text{ mm}$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,85 \cdot 78,4144$$

$$= 66,652 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c-d'}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{78,4144 - 61}{78,4144} (0,003) = 0,000666$$

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{551,262 - 78,4144}{78,4144} (0,003) = 0,0181$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

Karena $\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_s'$ maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum

Dihitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$f'_s = \epsilon_s' \cdot E_s$$

$$= 0,000666 \cdot 200000$$

$$= 133,249 \text{ Mpa} > 390 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 66,652 \cdot 400$$

$$= 679853,048 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \cdot f'_s$$

$$= 759,88 \cdot 133,249$$

$$= 101253,351 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
T_{s1} &= (A_{s \text{ plat}} \cdot f_{y \text{ polos}}) \\
&= (785 \cdot 240) \\
&= 188400 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{s2} &= (A_{s \text{ balok}} \cdot f_{y \text{ ulir}}) \\
&= (1519.76 \cdot 390) \\
&= 517.935 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C_c + C_s &= T_{s1} + T_{s2} \\
679853.048 + 101253.351 &= 188400 + 517.935 \\
781106.4 &= 781106.4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z1 &= d - (1/2 \cdot a) \\
&= 551.262 - (1/2 \cdot 66.652) \\
&= 517.935 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z2 &= d - d' \\
&= 551.262 - 61 \\
&= 490.262 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_n &= (C_c \cdot Z1) + (C_s \cdot Z2) \\
&= (679853.048 \cdot 517.935) + (101253.351 \cdot 490.262) \\
&= 184484933.3 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

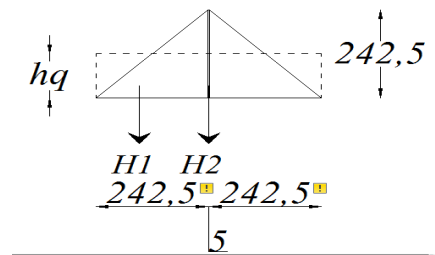
$$\begin{aligned}
M_r &= \phi \cdot M_n \\
&= 0,8 \cdot 401760623.1 \\
&= 321408498.5 \text{ Nmm} > M_u = 18474980.0 \text{ Nmm} \dots \dots \dots (\text{Aman})
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pr} &= M_n \\
 &= 18474980.0 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

4.1.2 Gaya Geser Pada Balok

Dalam SNI pasal 23.3(4) gaya reser rencana V_s harus ditentukan dari peninjauan gaya gempa pada bagian komponen struktur antara dua muka tumpuan. Momen M_{pr} dengan tanda berlawanan dianggap bekerja dimuka kolom dan dibebani penuh oleh beban grafitasi terfaktor. V_e dicari nilai terbesar akibat beban gempa arah kiri dan kanan.

Plat tipe Q



Gambar 4.2 Perataan Beban Tipe C

$$H_1 = \frac{1}{2} \cdot 2,425 \cdot 2,425 = 2.940 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 H_2 &= (0.5 \times 0.05) \times 2.245 \\
 &= 0.061 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_A &= H_1 + H_2 \\
 &= 2.940 + 0.061 \\
 &= 3.0 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max 1} &= R_A \cdot 2,425 - H_1 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 3,0\right) - H_2 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot 0,025\right) \\
 &= (3,0 \times 2,45) - (2,9 \times 0,358) - (0,061 \times 0,01) \\
 &= 6,298
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max 2} &= \frac{1}{8} \cdot h \cdot l^2 \\
 &= \frac{1}{8} \cdot h_q \cdot 24,01 = 3,001 h_q
 \end{aligned}$$

$$M_{\max 1} = M_{\max 2}$$

$$6,298 = 3,001 h_q$$

$$h_q = 2,098 \text{ m}$$

- **Pembebanan Balok Induk Portal Line 1**

Beban mati merata (qd)

Lantai 2

Beban Mati (q_{d1})

- Berat sendiri balok	= $b \cdot (h - h_f) \cdot BJ \text{ beton}$	
	= $0,4 \cdot (0,6 - 0,12) \cdot 24$	= 4,608 N/m
Perataan beban plat	= $q_d \text{ plat} \times \text{perataan plat}$	
	= $3,72 \cdot (2,089)$	= 7,77108 kN/m
- Berat dinding	= Tinggi tembok x berat per m ²	
- Berat dinding	= $2,9 \cdot 2,5$	= 7,25 kN/m
		q _{d1} = 19,629 kN/

✓ *Beban hidup merata (q_l)*

Beban hidup (q_{l1})

$$\begin{aligned} q_{l1} &= \text{beban hidup gedung} * \text{perataan plat} * \text{koefisien reduksi} \\ &= 2,5 \cdot (2.089) \cdot 0,9 = 4.7002 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

• **Kuat geser (Vu) Akibat Beban Grafitasi dan Beban Gempa**

$$\begin{aligned} V_{u \text{ akibat gravitasi}} &= \frac{1}{2} (1.2 q_d + q_l) \times L_n \\ &= \frac{1}{2} (1.2 \cdot 19.629 + 4.7002) \times 4500 \\ &= 63573.750 \end{aligned}$$

Untuk nilai Kuat geser (V_n) didapat dari nilai M_{pr} positif, negatife momen tumpuan dan di lakukan perhitungan sebagai berikut.

Diketahui nilai M_{pr} pada joint momen 52 dan 56 tumpuan 401760623 negatif dan 1844849933.310 positif

$$\begin{aligned} V_u &= (M_{pr}^- + M_{pr}^+) / L_n \\ &= 401760623 + 1844849933.3 / 4500 \\ &= 130276.790 \text{ (} V_{u \text{ akibat gempa kanan}} \text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{u \text{ akibat grafitasi}} &= \frac{1}{2} \times (1.2 \cdot q_d + q_l) \times L_n \\ &= \frac{1}{2} \times (1.2 \cdot 28.255) \times 4500 \\ &= 63573.750 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{n \text{ gempa kn+grafitasi}} &= V_{u \text{ akibat grafitasi}} - V_{u \text{ gempa kn}} \\ &= 63573.750 - 152596.825 \\ &= 66703.040 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= (M_{pr}^+ + M_{pr}^-) / L_n \\ &= 1844849933.310 + 401760623 \\ &= 130276.790 \text{ N (} V_{u \text{ akibat gempa kiri}} \text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Vn_{\text{gempa kr+grafitasi}} &= Vu_{\text{akibat grafitasi}} + Vu_{\text{gempa kr}} \\
&= 63573.750 + 130276.790 \\
&= 1939850.540 \text{ N (} Vu_{\text{akibat gempa kiri}} \text{)}
\end{aligned}$$

Diambil yang paling besar Vn yaitu 1939850.540 N

$$\begin{aligned}
V_s &= \frac{Vn}{\phi} - Vc \\
&= \frac{193850.540}{0,55} - 196814.972 = 155640.556 \text{ N}
\end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang $\varnothing 10$ (dua kaki)

$$\begin{aligned}
S &= \frac{Av \cdot fy \cdot d}{V_s} \\
&= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240.539}{155640.556} = 130.490 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Jadi dipakai sengkang 2 $\varnothing 10 - 130$

$$\begin{aligned}
V_s \text{ terpasang} &= \frac{Av \cdot fy \cdot d}{S} \\
&= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240.539}{130} = 156227.077 \text{ N}
\end{aligned}$$

Syarat ;

$$\frac{Vn}{\phi} - Vc < Vc + V_s \text{ terpasang}$$

$$155640.556 \text{ N} < 196814.972 + 156227.077$$

$$155640.556 \text{ N} < 353042.049 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Kontrol kuat geser nominal tidak boleh lebih besar dari Vs max menurut SNI-2847 pasal 13.5.(6.(8))

$V_s \text{ terpasang} \leq V_s \text{ maks}$

$$V_s \text{ terpasang} \leq (2/3)\sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$353042.049 \text{ N} \leq (2/3)\sqrt{30} \times 400 \times 539$$

$$353042.049 \text{ N} \leq 787259.889 \text{ N} \dots \dots \text{OK}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempu (SNI-2002-2847–23.10(4(2))) pada daerah sendi plastis, spasi maksimum tidak boleh melebihi:

- $\frac{d}{4} = \frac{539}{4} = 134,75 \text{ mm} > 85 \text{ mm}$
- $8 \times \text{diameter tulangan utama} = 8 \times 22 = 176 \text{ mm} > 85 \text{ mm}$
- $24 \times \text{diameter sengkang} = 24 \times 10 = 240 \text{ mm} > 85 \text{ mm}$
- $300 \text{ mm} > 85 \text{ mm}$

Maka jarak sengkang tersebut aman.

Dengan hasil ini maka dipakai jarak $s = 200 \text{ mm}$, dengan hoop pertama $2 \text{ } \varnothing 10 \text{ mm}$ dipasang 50 mm dari muka kolom di ujung balok dan seterusnya untuk sepanjang $2h = 1200 \text{ mm}$.

➤ Perhitungan penulangan geser pada daerah sendi plastis (diluar $2h$)

V_u akibat beban mati

$$V_u = 63573.750 \text{ N (pada jarak } 1200\text{mm)}$$

$$V_s = \frac{V_n}{\phi} - V_c$$
$$= \frac{63573.750}{0,55} - 196814.972 = 81226.336 \text{ N}$$

Direncanakan tulangan sengkang $\varnothing 10$ (2 kaki)

$$S = \frac{Av.fy.d}{V_s}$$

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240.539}{81226.336} = 250 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang 2Ø10 – 250

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{Av.fy.d}{S}$$

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240.539}{250} = 81238.080 \text{ N}$$

Syarat ;

$$\frac{V_u}{\phi} - V_c < V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$155640.556 \text{ N} < 196814.972 + 81238.080 \text{ N}$$

$$154835,720 \text{ N} < 204938.052 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

- Pemasangan sengkang praktis di luar sendi plastis

$$\frac{1939850.540 - (V_c \cdot \phi)}{x} = \frac{82507.425 - 0}{2650}$$

$$1939850.540 - (196814.972 \times 0,55) = \frac{1939850.540 - 0}{2650} \times x$$

$$1831602.305 = 732.019 x$$

$$x = 2502.124 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan sengkang Praktis Ø10

Syarat jarak spasi sengkang maksimum pada daerah luar sendi plastis

menurut SNI-2847 pasal 23.3(3(4)):

- $\frac{d}{2} = \frac{539}{2} = 269,5 \text{ mm}$

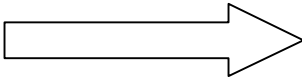
- Diambil $S = 260 \text{ mm}$

Maka diluar jarak x dipasang sengkang praktis $\emptyset 10-260$

Dari hasil perhitungan dan ketentuan-ketentuan diatasmaka dipasang tulangan sengkang sebagai berikut:

- Joint kiri = joint kanan
 - Daerah sendi plastis sejarak 1200 mm = 2 $\emptyset 10 - 130$
 - Daerah luar sendi plastis diluar jarak 1200 mm = 2 $\emptyset 10 - 250$
 - Daerah luar sendi plastis diluar jarak 2502.124 mm = 2 $\emptyset 10 - 260$

PERHITUNGAN EXCEL



4.2 Perhitungan Penulangan Kolom

4.2.1 Perhitungan Penulangan Lentur Kolom

➤ Perhitungan Diagram Interaksi Kolom

Diketahui :

$$b = 800 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

Tulangan sengkang $\varnothing 12$

Tulangan utama dipakai D28

Tebal selimut beton 40 mm

Tinggi kolom = h kolom – h balok

$$= 5000 - 600 = 4400 \text{ mm}$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$d' = h - \text{Selimut beton} - \varnothing \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul. Pokok}$

$$= 600 - 40 - 12 - (0,5 \cdot 28)$$

$$= 66 \text{ mm}$$

$$d = h - d'$$

$$= 800 - 66 = 734 \text{ mm}$$

- Luas penampang kolom (A_g)

$$A_g = b \cdot h$$

$$= 800 \cdot 600 = 480000 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pada kolom menurut SNI pasal 23.4(3(1)) 1 % - 6 % ,

maka dicoba dengan jumlah tulangan 1,5 % , $\rho = 0,015$

$$\begin{aligned}
A_{S_{perlu}} &= \rho \cdot A_g \\
&= 0,01 \cdot 480000 \\
&= 4800 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan 12 D 28, $A_s \text{ ada} = 6154.4 \text{ mm}^2$

Luas tulangan tarik = tulangan tekan

$$A_s = A_{s'} = 6154.4 / 2 = 3077.2$$

- Beban sentries (SNI pasal 12.3(5(2)))

$$\begin{aligned}
P_o &= 0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \\
&= \{0,85 \cdot 30 (480000 - 6154.4) + 390 \cdot 6154.4\} \cdot 10^{-3} \\
&= 14483.279 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
P_n &= 0,80 \cdot P_o \\
&= 0,80 \cdot 14483.279 \\
&= 11586.623 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi P_n &= 0,65 \cdot 115686.623 \\
&= 75196.3 \text{ kN}
\end{aligned}$$

➤ Kondisi Seimbang

$$X_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \cdot 734}{600 + 390} = 444.848 \text{ mm}$$

$$a_b = \beta_1 \cdot X_b = 0,85 \cdot 444.848 = 378.121 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a_b \\
&= 0,85 \cdot 30 \cdot 600 \cdot 378.121 \cdot 10^{-3} \\
&= 5785.255 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$f_s' = \frac{600(X_b - d')}{X_b} = \frac{600(444.848 - 66)}{444.848} = 510.981 \text{ Mpa}$$

$f_s' = 510.981 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$...maka kondisi tulangan tekan leleh

Dipakai tegangan tulangan tekan $f_s' = 390 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} C_s &= A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 3077.2 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30) \cdot 10^{-3} \\ &= 1121.6394 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= A_s \cdot f_y \\ &= 3077.2 \cdot 390 \cdot 10^{-3} \\ &= 1200.108 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{nb} &= C_c + C_s - T_s \\ &= 5785.255 + 1121.6394 - 1200.108 \\ &= 5706.786 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= h/2 \\ &= 800/2 \\ &= 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nb} &= \{ C_c \cdot (y - ab/2) + C_s \cdot (y - d') + T_s \cdot (d - y) \} / 1000 \\ &= \{ 5785.255 \cdot (400 - 378.121 / 2) + 1121.6394 \cdot (400 - 66) + 1200.108 \cdot (734 - 400) \} / 1000 \\ &= 1995.801 \text{ kNm} = 1995.801 \cdot 10^3 \text{ kNmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_b &= M_{nb} / P_{nb} \\ &= 1995.801 \cdot 1000 / 5706.786 \\ &= 349.725 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Kondisi Patah Desak (terjadi jika nilai $x > x_b$)
- Diambil nilai $x = 500 \text{ mm} > x_b = 444.848 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot X = 0,85 \cdot 500 = 425\text{mm}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 600 \cdot 425$$

$$= 6502500 \text{ N}$$

$$f_s' = \frac{600(d - x)}{X} = \frac{600(734 - 300)}{300} = 280,8 \text{ Mpa}$$

$f_s' = 280,8 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$...maka kondisi tulangan tarik belum leleh

Dipakai tegangan tulangan tekan $f_s' = 280,8 \text{ Mpa}$

$$C_s = A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$= 3077,2 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30)$$

$$= 1121639,4 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \cdot f_s$$

$$= 3077,2 \cdot 280,8$$

$$= 864077,76 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s$$

$$= (6502500 + 1121639,4 - 864077,76) \cdot 10^{-3}$$

$$= 6760,062 \text{ kN}$$

$$y = h/2$$

$$= 800/2$$

$$= 400 \text{ mm}$$

$$M_n = C_c (y - a/2) + C_s (y - d') + T_s (d - y)$$

$$= \{6502500 \cdot (400 - 425/2) + 1121639,4 (400 - 66) + 864077,76 (734 - 400)\} / 1000$$

$$= 1882,448 \text{ kNm} = 1882,448 \cdot 10^3 \text{ kNmm}$$

$$\begin{aligned}
 e &= M_{nb}/P_{nb} \\
 &= 1882.448 \cdot 10^3 / 6760.062 \\
 &= 278.466 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Diambil nilai $x = 550 \text{ mm} > x_b = 444.848 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot X = 0,85 \cdot 550 = 467.5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \\
 &= 0,85 \cdot 30 \cdot 600 \cdot 467.5 \\
 &= 7152750 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$f_s' = \frac{600(d - x)}{X} = \frac{600(734 - 550)}{550} = 200.727 \text{ Mpa}$$

$f_s' = 200.727 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$, maka kondisi tulangan tarik belum leleh

Dipakai tegangan tulangan tekan $f_s' = 200.727 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\
 &= 3077.2 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30) \\
 &= 1121639.4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= A_s \cdot f_s \\
 &= 3077.2 \cdot 200.727 \\
 &= 617677.964 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= C_c + C_s - T_s \\
 &= (7152750 + 1121639.4 - 617677.964) \cdot 10^{-3} \\
 &= 7656.711 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y &= h/2 \\
 &= 800/2 \\
 &= 400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) \\
&= \{7152750.(400-467.5/2)+ 1121639.4 (400-66)+ 617677.964 \\
&\quad (734-400)\}/1000 \\
&= 1770.077 \text{ kNm} = 1770.077 \cdot 10^3 \text{ kNmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
e &= M_{nb}/P_{nb} \\
&= 1770.077 \cdot 10^3 / 7656.711 \\
&= 231.170 \text{ mm}
\end{aligned}$$

- Diambil nilai $x = 600 \text{ mm} > x_b = 444.848 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot X = 0,85 \cdot 600 = 510 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \\
&= 0,85 \cdot 30 \cdot 600 \cdot 510 \\
&= 7803000 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$f_s' = \frac{600(d-x)}{X} = \frac{600(734-600)}{600} = 134 \text{ Mpa}$$

$f_s' = 134 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$, maka kondisi tulangan tarik belum leleh

Dipakai tegangan tulangan tekan $f_s' 134 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned}
C_s &= A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\
&= 3077.2 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30) \\
&= 1121639.4 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_s &= A_s \cdot f_s \\
&= 3077.2 \cdot 134 \\
&= 412344.8 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= C_c + C_s - T_s \\
 &= (7803000 + 1121639.4 - 412344.8) \cdot 10^{-3} \\
 &= 8512.295 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y &= h/2 \\
 &= 800/2 \\
 &= 400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) \\
 &= \{7803000 \cdot (400-510/2) + 1121639.4 (250-66) + 412344.8 (734-400)\} / 1000 \\
 &= 1643.786 \text{ kNm} = 1643.786 \cdot 10^3 \text{ kNmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= M_{nb} / P_{nb} \\
 &= 1643.786 \cdot 10^3 / 8512.295 \\
 &= 193.107 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

➤ Kondisi Patah Tarik (terjadi jika nilai $x < x_b$)

- Diambil nilai $x = 400 \text{ mm} < x_b = 444.848 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot X = 0,85 \cdot 400 = 340 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 600 \cdot 340$$

$$= 5202000 \text{ N}$$

$$f_s = \frac{600(d-x)}{X} = \frac{600(734-400)}{400} = 501 \text{ Mpa}$$

$f_s' = 501 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$...maka kondisi tulangan tarik belum leleh

Dipakai tegangan tulangan tekan $f_s = 390 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\
 &= 3077,2 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30) \\
 &= 1121639,4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= A_s \cdot f_s \\
 &= 3077,2 \cdot 390 \\
 &= 1200108 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= C_c + C_s - T_s \\
 &= (5202000 + 1121639,4 - 1200108) \cdot 10^{-3} \\
 &= 5123,531 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y &= h/2 \\
 &= 800/2 \\
 &= 400 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c (y - a/2) + C_s (y - d') + T_s (d - y) \\
 &= \{5202000 \cdot (400 - 340/2) + 1121639,4 (400 - 66) + 1200108 (439 - 400)\} / 1000 \\
 &= 1971,926 \text{ kNm} = 1971,926 \cdot 10^3 \text{ kNmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= M_n / P_n \\
 &= 1971,926 \cdot 10^3 / 5123,531 \\
 &= 384,876 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Diambil nilai $x = 350 \text{ mm} < x_b = 444,848 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot X = 0,85 \cdot 350 = 297,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \\
 &= 0,85 \cdot 30 \cdot 600 \cdot 297,5 \\
 &= 4551750 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$f_s = \frac{600(d-x)}{X} = \frac{600(734-350)}{350} = 658.286 \text{ Mpa}$$

$f_s' = 658.286 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$...maka kondisi tulangan tarik belum leleh

Dipakai tegangan tulangan tekan $f_s = 390 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} C_s &= A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 3077.2 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30) \\ &= 1121639.4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= A_s \cdot f_s \\ &= 3077.2 \cdot 390 \\ &= 1200108 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= C_c + C_s - T_s \\ &= (4551750 + 1121639.4 - 1200108) \cdot 10^{-3} \\ &= 4473.281 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= h/2 \\ &= 800/2 \\ &= 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) \\ &= \{4551750 \cdot (400-297.5/2) + 1121639.4 (400-66) + 1200108 (734-400)\} / 1000 \\ &= 1919.091 \text{ kNm} = 1919.091 \cdot 10^3 \text{ kNmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &= M_n / P_n \\ &= 1919.091 \cdot 10^3 / 4473.281 \\ &= 429.012 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Diambil nilai $x = 300 \text{ mm} < x_b = 444.848 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot X = 0,85 \cdot 300 = 255 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 600 \cdot 255$$

$$= 3901500 \text{ N}$$

$$f_s = \frac{600(d - x)}{X} = \frac{600(734 - 300)}{300} = 868 \text{ Mpa}$$

$f_s' = 868 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$...maka kondisi tulangan tarik belum leleh

Dipakai tegangan tulangan tekan $f_s = 390 \text{ Mpa}$

$$C_s = A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$= 3077.2 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30)$$

$$= 1121639.4 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \cdot f_s$$

$$= 3077.2 \cdot 390$$

$$= 1200180 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s$$

$$= (3901500 + 1121639.4 - 1200180) \cdot 10^{-3}$$

$$= 3823.0314 \text{ kN}$$

$$y = h/2$$

$$= 800/2$$

$$= 400 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) \\
&= \{3901500.(400-255/2) + 1121639.4 (400-66) + 1200180 (734-400)\}/1000 \\
&= 1838.622 \text{ kNm} = 1838.622 \cdot 10^3 \text{ kNmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
e &= M_{nb}/P_{nb} \\
&= 1838.622 \cdot 10^3 / 3823.0314 \\
&= 480.933 \text{ mm}
\end{aligned}$$

➤ Kondisi Lentur Murni

Mencari garis netral dengan dimisalkan $X > d'$, maka bisa dihitung dengan persamaan berikut:

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

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

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' (c - d') 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai: } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s' (c - d') 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 \cdot A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = 0$$

$$\begin{aligned}
(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 600) \cdot c^2 + (600 \cdot 3077,2 - 3077,2 \cdot 390) \cdot c - 600 \cdot 3077,2 \cdot 66 &= 0
\end{aligned}$$

$$13005 \cdot c^2 + 567743,4 \cdot c - 121857120 = 0$$

Didapat nilai $c = 71,40$ dan $c = -121,057$

Maka nilai x dipakai 71.40 mm

$$a = \beta_1 \cdot x = 0,85 \cdot 71,40 = 65,791$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= d - \frac{a}{2} \\ &= 734 - \frac{65,791}{2} \\ &= 701,104 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_2 &= d - d' \\ &= 734 - 66 \\ &= 668 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$f_s = \frac{600(x - d)}{X} = \frac{600(77,40 - 66)}{77,40} = 88,382 \text{ Mpa}$$

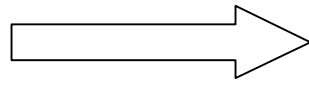
$$\begin{aligned} C_s &= A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 3077,2 \cdot (88,382 - 0,85 \cdot 30) \\ &= 193501,111 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 600 \cdot 0,85 \cdot 66 \\ &= 1006606,889 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2 \\ &= (1006606,889 \cdot 701,104 - 193501,111 \cdot 668) \cdot 10^{-6} \\ &= 834,995 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan diagram interaksi dengan tulangan 12 D 28 dan 16 D 28 ditabelkan dengan cara yang sama, berikut hasil perhitungan dan gambar diagram interaksi :

PERHITUNGAN EXCEL



Tabel. 4.1 Diagram Interaksi (10 D 28)

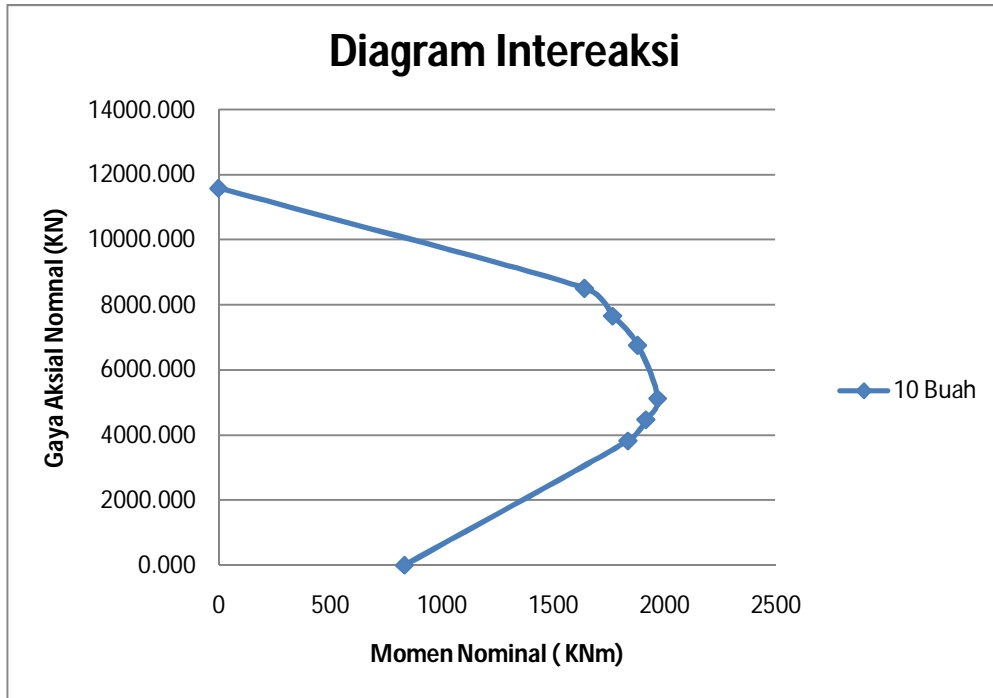
Diagram Intereaksi (10 D 28)		
x	Mn	Pn
0	0	11586.623
600.000	1643.786	8512.295
550.000	1770.077	7656.711
500.000	1882.448	6760.062
400.000	1971.924	5123.531
350.000	1919.091	4473.281
300.000	1838.622	3823.031
0	834.995	0

Tabel. 4.2 Diagram Interaksi (12 D 28)

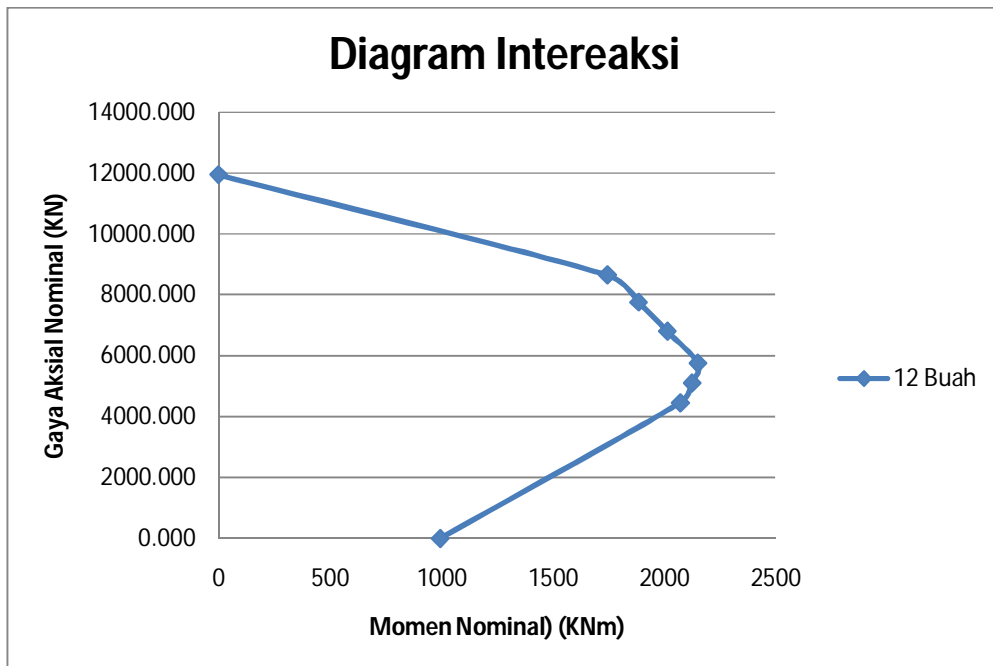
Diagram Intereaksi (12 D 28)		
x	Mn	Pn
0	0	11945.548
600.000	1746.256	8654.154
550.000	1886.263	7757.504
500.000	2015.094	6811.574
450.000	2152.214	5758.088
400.000	2127.016	5107.838
350.000	2074.184	4457.588
0	995.170	0

Tabel. 4.3 Diagram Interaksi (16 D 28)

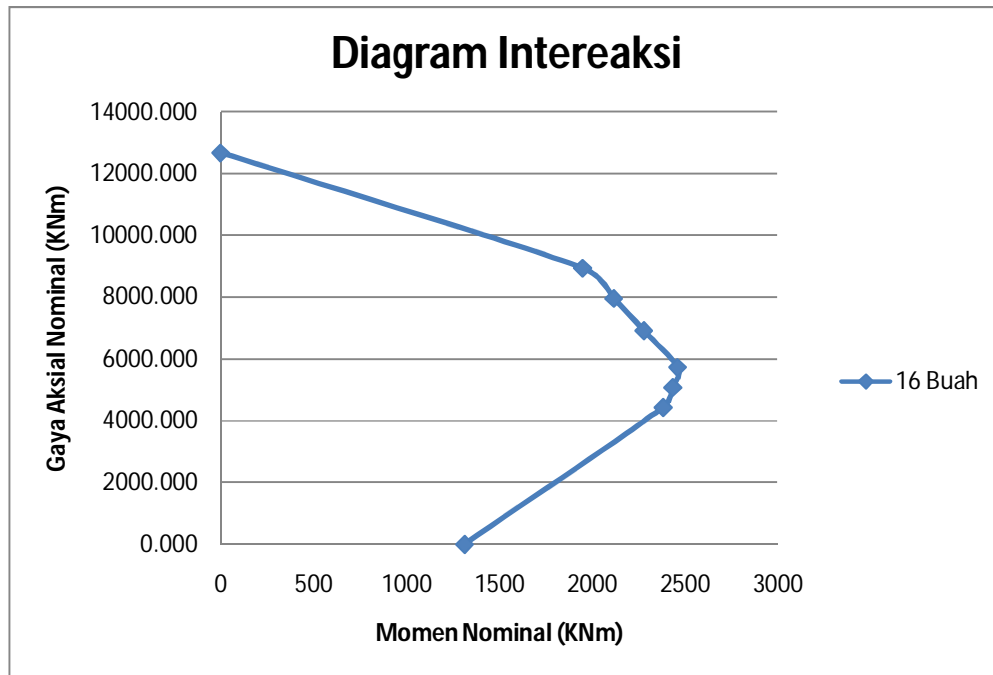
Diagram Intereaksi (16 D 28)		
x	Mn	Pn
0	0	12663.397
600.000	1951.196	8937.871
550.000	2118.636	7959.088
500.000	2280.386	6914.599
450.000	2462.399	5726.700
400.000	2437.202	5076.450
350.000	2384.369	4426.200
0	1314.796	0



Gambar. 4.3 Diagram Interaksi (10 D 28)



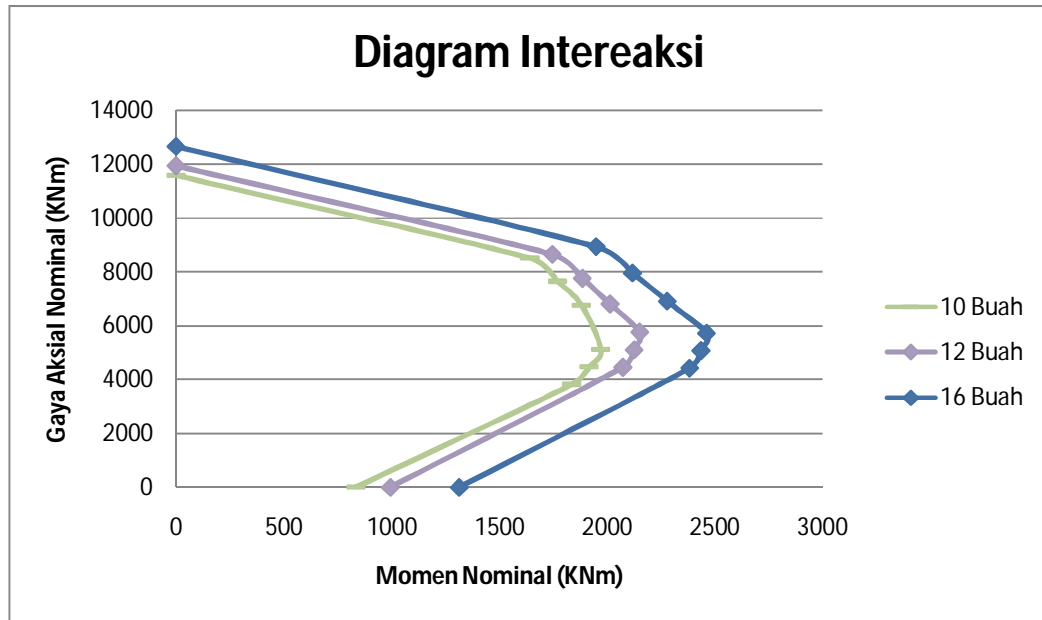
Gambar. 4.4 Diagram Interaksi (12 D 28)



Gambar. 4.5 Diagram Interaksi (16 D 28)

Tabel 4.4 Momen Nominal, Gaya Aksial & Jumlah Tulangan Kolom

No	Kolom	Mu	Pu	Mn = Mu/Ø	Pn = Pu/Ø	Tulangan
1	1	153.818	902.734	236.643	1388.822	10 D 28
2	5	87.103	509.762	134.004	784.250	10 D 28
3	7	80.189	482.145	123.367	741.762	10 D 28
4	2	144.829	820.479	222.813	1262.275	10 D 28
5	3378	47.785	433.696	73.515	667.225	10 D 28
6	3382	52.053	541.791	80.082	833.524	10 D 28
7	3384	58.792	513.441	90.450	789.909	10 D 28
8	3379	48.562	292.458	74.711	449.935	10 D 28



Gambar. 4.6 Diagram Interaksi

4.2.2 Perhitungan penulangan geser kolom

Penulangan geser kolom no. 1

Diketahui :

h	=	800 mm	f_c'	=	30 Mpa
b	=	600 mm	f_y	=	390 Mpa
d	=	734 mm			
ϕ	=	0,55			

Tinggi bersih $l_n = 4400 \text{ mm} = 4.4 \text{ m}$

Tulangan sengkang = $\varnothing 12 \text{ mm}$

$N_u = 902.734 \text{ kN}$

$M_n = 236643000 \text{ Nmm}$

$$V_u = \frac{2 \times M_n}{l_n} = \frac{2 \times 236643000}{4400} = 107565 \text{ N}$$

➤ Tulangan geser didalam sendi plastis

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang lo (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang lo tidak boleh kurang dari :

- $1/6 l_n = 1/6 \cdot 4400 = 733.33 \text{ mm}$
- Dimensi terbesar penampang kolom = 800 mm

Jadi daerah yang berpotensi sendi pastis sejauh 733.33 mm dari muka kolom.

$$V_c = \left(1 + \frac{Nu}{14.Ag}\right) \times \left(\frac{\sqrt{fc'}}{6}\right) \times bw \times d$$

$$= \left(1 + \frac{902.734}{14 \times 480000}\right) \times \left(\frac{\sqrt{30}}{6}\right) \times 600 \times 734$$

$$= 55006.647 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,55 \cdot 55006.647 = 30253.66 \text{ kN}$$

$V_u > \phi \cdot V_c$, maka harus dipasang tulangan geser sesuai dengan

(SNI-2847- pasal 13.5.(6.(1)))

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$= \frac{107565}{0,55} - 55.007 = 195517.72 \text{ kN} = 195517720.6 \text{ N}$$

Direncanakan tulangan sengkang 2 Ø 12

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

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \cdot 240.734}{195517.721} = 203.69 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempu (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1), spasi maksimum tidak boleh melebihi :

- $\frac{1}{2} \times$ dimensi terkecil komponen struktur = $\frac{1}{2} \times 600 = 300$ mm
- 8 . diameter tulangan longitudinal = $8 \cdot 28 = 224$ mm
- 24 x diameter sengkang ikat = $24 \cdot 12 = 240$ mm

Jadi dipakai sengkang ϕ 12 – 200 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \cdot 240 \cdot 734}{200} = 199131.264 \text{ N}$$

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

$$= 55006.647 + 199131.264$$

$$= 254137.911 \text{ N}$$

$$\Phi V_n = 0,55 \cdot 254137.911$$

$$= 139775.851 \text{ N} > V_u = 107565 \text{ N}, \dots, (\text{Aman})$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI-2847 pasal 23.5.(6.(9)

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$199131.264 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 600 \cdot 734$$

$$199131.264 \text{ N} < 1608113.429 \text{ N}, \dots, (\text{OK})$$

Jadi, untuk penulangan geser didaerah yang terjadi sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 200

- Tulangan geser diluar daerah sendi plastis

Persyaratan maksimum untuk daerah diluar sendi plastis menurut SNI-2847 pasal 23.10.(5.(4)), spasi maksimum tidak boleh melebihi:

$$\blacksquare 2 S_0 = 2 \cdot 200 = 400 \text{ mm}$$

Dipakai sengkang 2 ϕ 12 dengan spasi 300 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \cdot 390 \cdot 734}{300} = 132754.176 \text{ N}$$

Kontrol geser nominal menurut SNI-2847 pasal 13.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$132754.176 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 600 \cdot 746$$

$$132754.176 \text{ N} < 1608113.429 \text{ N}, \dots, \dots, (\text{OK})$$

$$\Phi (V_s + V_c) = 0,55 (132754.176 + 55006.647)$$

$$= 103268.4526 \text{ N} > V_c = 55006.657 \text{ N}, \dots, \dots, (\text{OK})$$

Jadi, untuk penulangan geser diluar sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 12 – 300

4.2.3 Sambungan Tulangan Vertikal Kolom

Sesuai dengan pasal 14.2.(3), panjang sambungan lewatan tulangan

10 D 22 dari kolom no 1 dihitung dengan rumus :

$$\frac{ld}{db} = \frac{9 \cdot fy}{10 \sqrt{fc'}} \cdot \frac{\alpha \beta \gamma \lambda}{\left(\frac{c + Kw}{db} \right)}$$

Dimana:

$$\alpha = 1,0$$

$$\beta = 1,0$$

$$\gamma = 1,0$$

$$\lambda = 1,0$$

$$c = 40 + 10 + \frac{22}{2} = 61mm$$

$$c = \frac{800 - 2(40 + 10)}{3 \times 2} = 116.6mm$$

$$Ktr = 0$$

$$\frac{C + Ktr}{db} = \frac{61 + 0}{22} = 2,77mm \text{ diambil } 2,5 \text{ mm (maksimum)}$$

Jadi,

$$\frac{ld}{db} = \frac{9 \cdot fy}{10 \sqrt{fc'}} \times \frac{\alpha \beta \gamma \lambda}{\left(\frac{c + Kw}{db} \right)} = \frac{9 \times 240}{10 \sqrt{30}} \times \frac{1 \times 1 \times 1 \times 1}{2,5} = 15.774$$

$$ld = 15.774 \times 22 = 347.037mm$$

Sesuai Pasal 23.4(3(2)) sambungan lewatan harus diletakkan ditengah panjang kolom dan harus dihitung sebagai sambungan tarik. sambungan lewatan ini termasuk kelas B (Pasal 14.17(2(3))) yang panjangnya harus 1,3 $ld = 1.3 \times 347.037mm = 451.14mm$

4.3 Perhitungna Tulangan *X-Bracing*

Karena asumsi desain *X-Bracing* sama dengan analisa desain kolom maka perhitungan maka analisa *X-Bracing* sama seperti perhitungan analisa kolom.dicoba menganalisa pada batang 17671

4.3.1 Perhitungan Penulangan *X-Bracing*

4.3.1.1 Perhitungan Penulangan Lentur *X-Bracing*

➤ Perhitungan Diagram Interaksi *X-Bracing*

Diketahui :

$$b = 500 \text{ mm}$$

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

Tulangan sengkang $\varnothing 10$

Tulangan utama dipakai D16

Tebal selimut beton 40 mm

Tinggi kolom = h kolom – h balok

$$= 3640 - 600 = 3040 \text{ mm}$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$d' = h - \text{Selimut beton} - \varnothing \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tul. Pokok}$

$$= 500 - 40 - 10 - (0,5 \cdot 16)$$

$$= 58 \text{ mm}$$

$d = h - d'$

$$= 500 - 58 = 442 \text{ mm}$$

- Luas penampang kolom (A_g)

$$\begin{aligned} A_g &= b \cdot h \\ &= 400 \cdot 500 = 200000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pada kolom menurut SNI pasal 23.4(3(1)) 1 % - 6 %,
maka dicoba dengan jumlah tulangan 1,5 %, $\rho = 0,015$

$$\begin{aligned} A_{S_{perlu}} &= \rho \cdot A_g \\ &= 0,01 \cdot 200000 \\ &= 2000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan 10 D 16, $A_s \text{ ada} = 2009.6 \text{ mm}^2$

Luas tulangan tarik = tulangan tekan

$$A_s = A_s' = 2009.6 / 2 = 1004.8$$

▪ Beban sentries (SNI pasal 12.3(5(2)))

$$\begin{aligned} P_o &= 0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \\ &= \{0,85 \cdot 30 (200000 - 2009.6) + 390 \cdot 2009.6\} \cdot 10^{-3} \\ &= 5832.4992 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= 0,80 \cdot P_o \\ &= 0,80 \cdot 5832.4992 \\ &= 4665.999 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,65 \cdot 4665.999 \\ &= 3032.8994 \text{ kN} \end{aligned}$$

➤ Kondisi Seimbang

$$X_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \cdot 442}{600 + 390} = 267.879 \text{ mm}$$

$$a_b = \beta_1 \cdot X_b = 0,85 \cdot 267.879 = 227.697 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a_b \\
 &= 0,85 \cdot 30 \cdot 400 \cdot 227.697 \cdot 10^{-3} \\
 &= 2322.509 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$f_s' = \frac{600(Xb - d')}{Xb} = \frac{600(267.879 - 58)}{267.879} = 470.09 \text{ Mpa}$$

$f_s' = 475.135 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$...maka kondisi tulangan tekan leleh

Dipakai tegangan tulangan tekan $f_s' = 390 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c') \\
 &= 1004.8 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30) \cdot 10^{-3} \\
 &= 366.240 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= A_s \cdot f_y \\
 &= 1004.8 \cdot 390 \cdot 10^{-3} \\
 &= 391.872 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{nb} &= C_c + C_s - T_s \\
 &= 2322.509 + 366.240 - 391.872 \\
 &= 2307.396 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y &= h/2 \\
 &= 500/2 \\
 &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nb} &= \{C_c \cdot (y - a_b/2) + C_s \cdot (y - d') + T_s \cdot (d - y)\} / 1000 \\
 &= \{2322.509 \cdot (250 - 227.697/2) + 366.240 \cdot (250 - 58) + 391.872 \cdot (442 - 250)\} / 1000 \\
 &= 461.773 \text{ kNm} = 461.773 \cdot 10^3 \text{ kNmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e_b &= M_{nb}/P_{nb} \\
 &= 461.773 \cdot 1000/2296.887 \\
 &= 201.043 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

➤ Kondisi Patah Desak (terjadi jika nilai $x > x_b$)

- Diambil nilai $x = 300 \text{ mm} > x_b = 267.878 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot X = 0,85 \cdot 300 = 255 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 400 \cdot 255$$

$$= 2601000 \text{ N}$$

$$f_s' = \frac{600(d - x)}{X} = \frac{600(442 - 300)}{300} = 284 \text{ Mpa}$$

$f_s' = 284 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$...maka kondisi tulangan tarik belum

leleh

Dipakai tegangan tulangan tekan $f_s' 284 \text{ Mpa}$

$$C_s = A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$= 1004,8 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30)$$

$$= 366249,6 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \cdot f_s$$

$$= 1004,8 \cdot 284$$

$$= 285363,2 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s$$

$$= (2601000 + 366249,6 - 285363,2) \cdot 10^{-3}$$

$$= 2681.8864 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 y &= h/2 \\
 &= 500/2 \\
 &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) \\
 &= \{2601000.(250-255/2)+ 366249.6 (250-58)+ 285363.2(442- \\
 &\quad 250)\}/1000 \\
 &= 443.732 \text{ kNm} = 443.732 \cdot 10^3 \text{ kNmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= M_{nb}/P_{nb} \\
 &= 443.732 \cdot 10^3 / 2681.8864 \\
 &= 165.455 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Diambil nilai $x = 350 \text{ mm} > x_b = 267.879 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot X = 0,85 \cdot 350 = 297.5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \\
 &= 0,85 \cdot 30 \cdot 400 \cdot 297.5 \\
 &= 3034500 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$f_s' = \frac{600(d-x)}{X} = \frac{600(442-350)}{350} = 157.714 \text{ Mpa}$$

$f_s' = 157.714 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$, maka kondisi tulangan tarik belum leleh

Dipakai tegangan tulangan tekan $f_s' = 157.714 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\
 &= 1004.8 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30) \\
 &= 366249.6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= A_s \cdot f_s \\
 &= 1004.8 \cdot 157.714 \\
 &= 158471.314 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= C_c + C_s - T_s \\
 &= (3034500 + 366249.6 - 158471.314) \cdot 10^{-3} \\
 &= 3242.278 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y &= h/2 \\
 &= 500/2 \\
 &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) \\
 &= \{3034500 \cdot (250-297.5/2) + 366249.6 (250-58) + 158471.314 \\
 &\quad (442-250)\} / 1000 \\
 &= 407.980 \text{ kNm} = 407.980 \cdot 10^3 \text{ kNmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= M_n / P_n \\
 &= 407.980 \cdot 10^3 / 3242.278 \\
 &= 125.834 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Diambil nilai $x = 400 \text{ mm} > x_b = 267.879 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot X = 0,85 \cdot 400 = 340 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \\
 &= 0,85 \cdot 30 \cdot 400 \cdot 340 \\
 &= 3468000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$f_s' = \frac{600(d-x)}{X} = \frac{600(442-400)}{400} = 63 \text{ Mpa}$$

$f_s' = 63 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$, maka kondisi tulangan tarik belum leleh

Dipakai tegangan tulangan tekan $f_s' = 63 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\
 &= 1004,8 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30) \\
 &= 366249,6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= A_s \cdot f_s \\
 &= 1004,8 \cdot 63 \\
 &= 63302,4 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= C_c + C_s - T_s \\
 &= (3468000 + 366249,6 - 63302,4) \cdot 10^{-3} \\
 &= 3770,947 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y &= h/2 \\
 &= 500/2 \\
 &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c (y - a/2) + C_s (y - d') + T_s (d - y) \\
 &= \{3468000 \cdot (250 - 340/2) + 366249,6 (250 - 63) + 63302,4 (442 - 250)\} / 1000 \\
 &= 359,914 \text{ kNm} = 359,914 \cdot 10^3 \text{ kNmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= M_n / P_n \\
 &= 359,914 \cdot 10^3 / 3770,947 \\
 &= 95,4439 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

➤ Kondisi Patah Tarik (terjadi jika nilai $x < x_b$)

- Diambil nilai $x = 250 \text{ mm} < x_b = 267,879 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot X = 0,85 \cdot 250 = 212,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \\
 &= 0,85 \cdot 30 \cdot 400 \cdot 212,5 \\
 &= 2167500 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$f_s = \frac{600(d-x)}{X} = \frac{600(442-250)}{250} = 460,8 \text{ Mpa}$$

$f_s' = 460,8 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$...maka kondisi tulangan tarik belum leleh

Dipakai tegangan tulangan tekan $f_s = 390 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\
 &= 1004,8 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30) \\
 &= 366249,6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= A_s \cdot f_s \\
 &= 1004,8 \cdot 390 \\
 &= 391872 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= C_c + C_s - T_s \\
 &= (2167500 + 366249,6 - 391872) \cdot 10^{-3} \\
 &= 2141,878 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y &= h/2 \\
 &= 500/2 \\
 &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) \\
 &= \{2167500 (250-212,5/2) + 366249,6 (250-58) + 391872 (442-250)\} / 1000 \\
 &= 457,1375 \text{ kNm} = 457,1375 \cdot 10^3 \text{ kNmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= M_{nb}/P_{nb} \\
 &= 431.669 \cdot 10^3 / 1708.378 \\
 &= 252.700 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Diambil nilai $x = 200 \text{ mm} < x_b = 267.879 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot X = 0,85 \cdot 200 = 170 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 400 \cdot 170$$

$$= 1734000 \text{ N}$$

$$f_s = \frac{600(d - x)}{X} = \frac{600(442 - 200)}{200} = 726 \text{ Mpa}$$

$f_s' = 726 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$...maka kondisi tulangan tarik belum leleh

Dipakai tegangan tulangan tekan $f_s = 390 \text{ Mpa}$

$$C_s = A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c')$$

$$= 1004,8 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30)$$

$$= 366249,6 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \cdot f_s$$

$$= 1004,8 \cdot 390$$

$$= 391872 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s$$

$$= (1734000 + 366249,6 - 391872) \cdot 10^{-3}$$

$$= 1708.378 \text{ kN}$$

$$y = h/2$$

$$= 500/2$$

$$= 250 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) \\
 &= \{1734000.(250-170/2)+ 366249.6 (250-58)+ 1200180 (442- \\
 &\quad 250)\}/1000 \\
 &= 431.669 \text{ kNm} = 431.669 \cdot 10^3 \text{ kNmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= M_{nb}/P_{nb} \\
 &= 431.669 \cdot 10^3 / 1708.378 \\
 &= 252.678 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Diambil nilai $x = 150 \text{ mm} < x_b = 267.879 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot X = 0,85 \cdot 150 = 127.5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a \\
 &= 0,85 \cdot 30 \cdot 400 \cdot 127.5 \\
 &= 1300500 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$f_s = \frac{600(d-x)}{X} = \frac{600(442-150)}{150} = 1168 \text{ Mpa}$$

$f_s' = 1168 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$...maka kondisi tulangan tarik belum leleh

Dipakai tegangan tulangan tekan $f_s = 390 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\
 &= 1004.8 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30) \\
 &= 366249.6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= A_s \cdot f_s \\
 &= 1004.8 \cdot 390 \\
 &= 391872 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= C_c + C_s - T_s \\
 &= (1300500 + 366249.6 - 391872) \cdot 10^{-3} \\
 &= 1274.878 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y &= h/2 \\
 &= 500/2 \\
 &= 250 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) \\
 &= \{1300500 \cdot (250-127.5/2) + 366249.6 (250-58) + 1200180 (442-250)\} / 1000 \\
 &= 387.778 \text{ kNm} = 387.778 \cdot 10^3 \text{ kNmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 e &= M_n / P_n \\
 &= 387.778 \cdot 10^3 / 1274.878 \\
 &= 304.168 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

➤ Kondisi Lentur Murni

Mencari garis netral dengan dimisalkan $X > d'$, maka bisa dihitung

dengan persamaan berikut:

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c-d')}{c} \times 600$$

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

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c-d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai: } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c-d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 \cdot A_s' \cdot c - 600 \cdot A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

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

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

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 400) \cdot c^2 + (600 \cdot 1004,8 - 1004,8 \cdot 390) \cdot c - 600 \cdot 1004,8 \cdot$$

$$58 = 0$$

$$8670 \cdot c^2 + 185385,6 \cdot c - 34967040 = 0$$

Didapat nilai $c = 53.709$ dan $c = -75.092$

Maka nilai x dipakai 53.709 mm

$$a = \beta 1 \cdot x = 0,85 \cdot 53.709 = 45.653$$

$$Z1 = d - \frac{a}{2}$$

$$= 442 - \frac{45.653}{2}$$

$$= 419.174 \text{ mm}$$

$$Z2 = d - d'$$

$$= 442 - 58$$

$$= 384 \text{ mm}$$

$$f_s = \frac{600(x - d)}{X} = \frac{600(53.71 - 58)}{53.71} = -47.934 \text{ Mpa}$$

$$C_s = A_s' \cdot (f_s - 0,85 \cdot f'c')$$

$$= 1004,8 \cdot (-47.934 - 0,85 \cdot 30)$$

$$= -73786,52 \text{ N}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f'c' \cdot b \cdot \beta 1 \cdot x$$

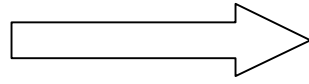
$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 400 \cdot 0,85 \cdot 53.71$$

$$= 465658,516 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}M_n &= C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2 \\ &= (465658.516 \cdot 419.174 - 73786.52 \cdot 384) \cdot 10^{-6} \\ &= 166.858 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Untuk perhitungan diagram interaksi dengan tulangan 10 D 16 ditabelkan dengan cara yang sama, berikut hasil perhitungan dan gambar diagram interaksi :

PERHITUNGAN EXCEL



Tabel. 4.7 Diagram Interaksi (10 D 16)

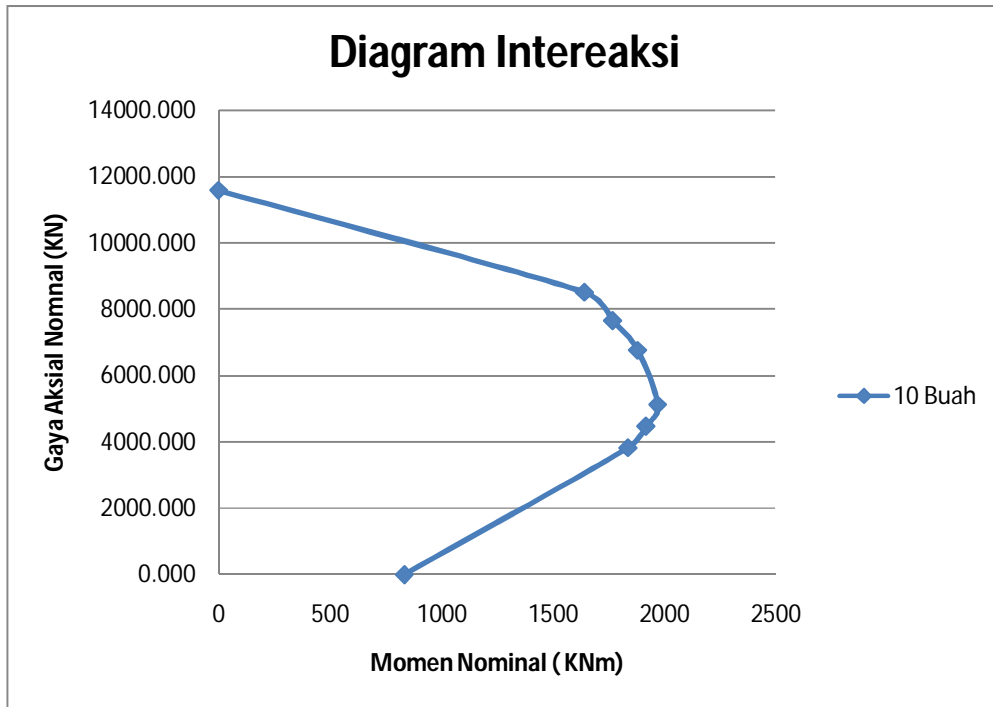
Diagram Intereaksi 1		
x	Mn	Pn
0	0	4665.999
400.000	361.358	3767.933
350.000	409.707	3238.833
300.000	445.815	2677.867
250.000	458.654	2141.878
200.000	433.186	1708.378
150.000	389.294	1274.878
0	167.392	0

Tabel. 4.8 Diagram Interaksi (12 D 16)

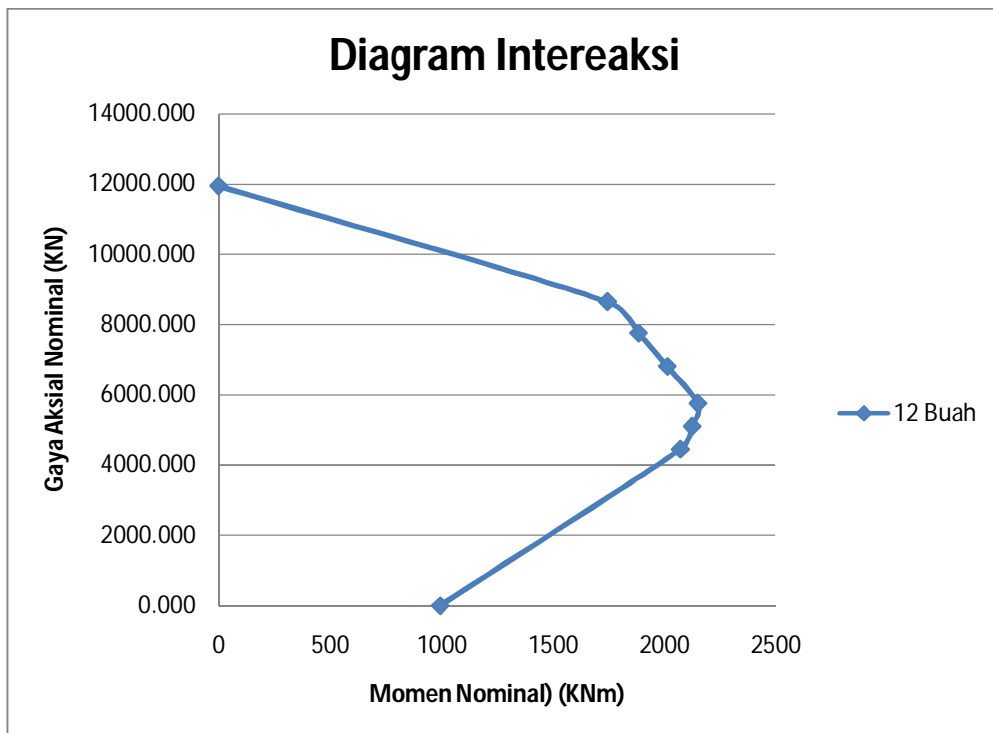
Diagram Intereaksi 2		
x	Mn	Pn
0	0	4783.199
400.000	378.141	3827.919
350.000	430.200	3279.700
300.000	471.254	2693.241
250.000	488.069	2136.753
200.000	462.601	1703.253
150.000	418.709	1269.753
0	198.140	0

Tabel. 4.9 Diagram Interaksi (16 D 16)

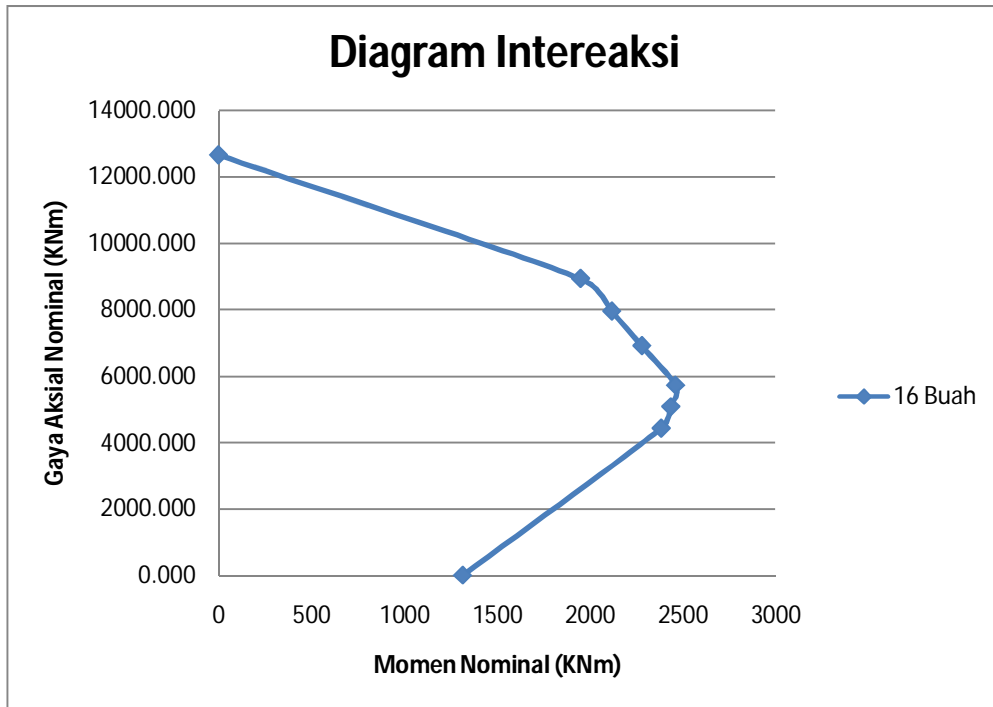
Diagram Intereaksi 3		
x	Mn	Pn
0	0	5017.599
400.000	411.709	3947.892
350.000	471.186	3361.433
300.000	522.131	2723.988
250.000	546.899	2126.504
200.000	521.431	1693.004
150.000	477.539	1259.504
0	259.250	0



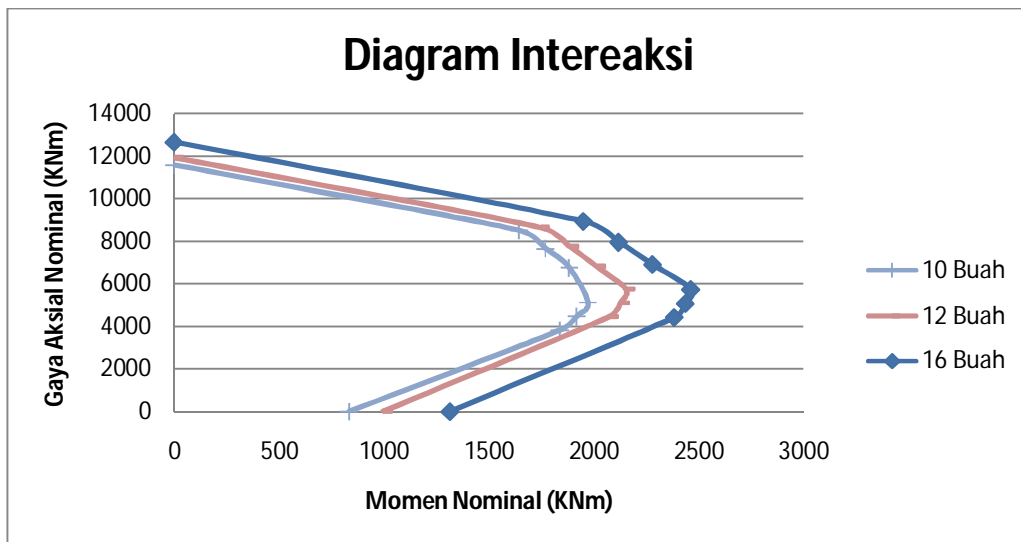
Gambar. 4.7 Diagram Interaksi (10 D 16)



Gambar. 4.8 Diagram Interaksi (12 D 16)



Gambar. 4.9 Diagram Interaksi (16 D 16)



Gambar. 4.10 Diagram Interaksi

4.3.2 Perhitungan Penulangan Geser X-Bracing

Penulangan geser brasing pada batang no. 17671, 17683

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } h &= 500 \text{ mm} & f_c' &= 30 \text{ Mpa} \\ b &= 400 \text{ mm} & f_y &= 390 \text{ Mpa} \\ & & d &= 439 \text{ mm} \\ & & \phi &= 0,55 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi bersih } l_n = 6010 \text{ mm} = 6.01 \text{ m}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = \emptyset 10 \text{ mm}$$

$$N_u = 1788.853 \text{ kN}$$

$$M_n = 139845000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = \frac{2 \times M_n}{l_n} = \frac{2 \times 139845000}{6010} = 46537.4376 \text{ N}$$

➤ Tulangan geser didalam sendi plastis

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang l_o (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang l_o tidak boleh kurang dari :

- $1/6 l_n = 1/6 \cdot 6010 = 1001.7 \text{ mm}$
- Dimensi terbesar penampang kolom = 500 mm

Jadi daerah yang berpotensi sendi pastis sejauh 500 mm dari muka kolom.

$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \times \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d \\ &= \left(1 + \frac{1788.853}{14 \times 200000} \right) \times \left(\frac{\sqrt{30}}{6} \right) \times 400 \times 442 \\ &= 104111.7743 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,55 \cdot 104111,7743 = 57261,48 \text{ kN}$$

$V_u > \phi \cdot V_c$, maka harus dipasang tulangan geser sesuai dengan

(SNI-2847- pasal 13.5.(6.(1)))

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{46537,4376}{0,55} - 104,118 = 84509,4 \text{ kN} = 84509411,13 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang 2 \emptyset 10

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240,442}{84509,4111} = 197,0734 \text{ mm} \end{aligned}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1), spasi maksimum tidak boleh melebihi dan batas min (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 9.6.2), :

- $\frac{1}{2} \times$ dimensi terkecil komponen struktur = $\frac{1}{2} \times 400 = 200 \text{ mm}$
- 8 . diameter tulangan longitudinal = $8 \cdot 16 = 128 \text{ mm}$
- 24 x diameter sengkang ikat = $24 \cdot 10 = 240 \text{ mm}$

Jadi dipakai sengkang \emptyset 10 – 190 mm

$$\begin{aligned} V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \\ &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240,442}{190} = 87655,579 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= V_c + V_s \text{ terpasang} \\
 &= 104111.774 + 87655.579 \\
 &= 191767.3532 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi V_n &= 0,55 \cdot 191767.3532 \\
 &= 105472.0443 \text{ N} > V_u = 50303.9568 \text{ N},,,,,,(Aman)
 \end{aligned}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI-2847 pasal 23.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$87655.579 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$87655.579 \text{ N} < 645582.321 \text{ N},,,,,,(OK)$$

Jadi, untuk penulangan geser didaerah yang terjadi sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 190 mm

➤ Tulangan geser diluar daerah sendi plastis

Persyaratan maksimum untuk daerah diluar sendi plastis menurut SNI-2847 pasal 23.10.(5.(4)), spasi maksimum tidak boleh melebihi:

- $2 S_0 = 2 \cdot 190 = 380 \text{ mm}$

Dipakai sengkang 2 ϕ 10 dengan spasi 300 mm

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \\
 &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{300} = 55515.2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol geser nominal menurut SNI-2847 pasal 13.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$55515.2 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$55515.2 \text{ N} < 645582.321 \text{ N},,,,,,(OK)$$

$$\Phi (V_s+V_c)= 0,55 (55515.2 + 104111.7743)$$

$$= 87794.836 \text{ N} > V_c = 104111.774 \text{ N},,,,,,(OK)$$

Jadi, untuk penulangan geser diluar sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 300 mm

4.3.3 Perhitungan Penulangan Geser X-Bracing

Penulangan geser brasing pada batang no. 17684, 17672

Diketahui :

h	=	500 mm	fc'	=	30 Mpa
b	=	400 mm	fy	=	390 Mpa
d	=	439 mm			
ϕ	=	0,55			

Tinggi bersih $l_n = 6010 \text{ mm} = 6.01 \text{ m}$

Tulangan sengkang = $\emptyset 10 \text{ mm}$

$N_u = 1522.846 \text{ kN}$

$M_n = 150835000 \text{ Nmm}$

$$V_u = \frac{2 \times M_n}{l_n} = \frac{2 \times 150835000}{6010} = 50194.675 \text{ N}$$

➤ Tulangan geser didalam sendi plastis

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang l_o (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang l_o tidak boleh kurang dari :

- $1/6 l_n = 1/6 \cdot 6010 = 1001.7 \text{ mm}$
- Dimensi terbesar penampang kolom = 500 mm

Jadi daerah yang berpotensi sendi pastis sejauh 500 mm dari muka kolom.

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(1 + \frac{Nu}{14.Ag}\right) \times \left(\frac{\sqrt{fc'}}{6}\right) \times bw \times d \\
 &= \left(1 + \frac{1522.846}{14 \times 200000}\right) \times \left(\frac{\sqrt{30}}{6}\right) \times 400 \times 442 \\
 &= 88778.7907 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,55 \cdot 88778.7907 = 48828.33 \text{ kN}$$

$V_u > \phi \cdot V_c$, maka harus dipasang tulangan geser sesuai dengan

(SNI-2847- pasal 13.5.(6.(1)))

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\
 &= \frac{50194.675}{0,55} - 88.779 = 91174.268 \text{ kN} = 91174267.65 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang 2 \emptyset 10

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\
 &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240.442}{91174.2676} = 182.667 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1), spasi maksimum tidak boleh melebihi dan batas min (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 9.6.2), :

- $\frac{1}{2} \times$ dimensi terkecil komponen struktur = $\frac{1}{2} \times 400 = 200$ mm
- 8 . diameter tulangan longitudinal = 8 . 16 = 128 mm
- 24 x diameter sengkang ikat = 24 . 10 = 240 mm

Jadi dipakai sengkang ϕ 10 – 180 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{180} = 92525.333 \text{ N}$$

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

$$= 88778.791 + 92525.333$$

$$= 181304.124 \text{ N}$$

$$\Phi V_n = 0,55 \cdot 181304.124$$

$$= 99717.268 \text{ N} > V_u = 54257.19424 \text{ N},,,,,,(Aman)$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI-2847 pasal 23.5.(6.(9)

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$92525.333 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$92525.333 \text{ N} < 645582.321 \text{ N},,,,,,(OK)$$

Jadi, untuk penulangan geser didaerah yang terjadi sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 180 mm

➤ Tulangan geser diluar daerah sendi plastis

Persyaratan maksimum untuk daerah diluar sendi plastis menurut SNI-2847 pasal 23.10.(5.(4)), spasi maksimum tidak boleh melebihi:

- $2 S_0 = 2 \cdot 180 = 360$ mm

Dipakai sengkang 2 ϕ 10 dengan spasi 300 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$
$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{300} = 55515.2 \text{ N}$$

Kontrol geser nominal menurut SNI-2847 pasal 13.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$55515.2 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$55515.2 \text{ N} < 645582.321 \text{ N}, \dots, (\text{OK})$$

$$\Phi (V_s + V_c) = 0,55 (55515.2 + 88778.7907)$$

$$= 79361.695 \text{ N} > V_c = 88778.791 \text{ N}, \dots, (\text{OK})$$

Jadi, untuk penulangan geser diluar sendi plastis dipasang

tulangan geser ϕ 10 – 300 mm

4.3.4 Perhitungan Penulangan Geser X-Bracing

Penulangan geser bracing pada batang no. 17673, 17685

Diketahui : $h = 500 \text{ mm}$ $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$b = 400 \text{ mm}$ $f_y = 390 \text{ Mpa}$

$d = 439 \text{ mm}$

$\phi = 0,55$

Tinggi bersih $l_n = 5560 \text{ mm} = 5.56 \text{ m}$

Tulangan sengkang = $\emptyset 10 \text{ mm}$

$N_u = 1699.81 \text{ kN}$

$M_n = 150835000 \text{ Nmm}$

$$V_u = \frac{2 \times Mn}{ln} = \frac{2 \times 150835000}{5560} = 54257.194N$$

➤ Tulangan geser didalam sendi plastis

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang l_0 (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang l_0 tidak boleh kurang dari :

- $1/6 l_n = 1/6 \cdot 5560 = 926.67 \text{ mm}$
- Dimensi terbesar penampang kolom = 500 mm

Jadi daerah yang berpotensi sendi pastis sejauh 500 mm dari muka kolom.

$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag} \right) \times \left(\frac{\sqrt{fc'}}{6} \right) \times bw \times d \\ &= \left(1 + \frac{1699.81}{14 \times 200000} \right) \times \left(\frac{\sqrt{30}}{6} \right) \times 400 \times 442 \\ &= 98979.222 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,55 \cdot 98979.222 = 54438.57 \text{ kN}$$

$V_u > \phi \cdot V_c$, maka harus dipasang tulangan geser sesuai dengan

(SNI-2847- pasal 13.5.(6.(1)))

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{54257.194}{0,55} - 98.979 = 98550.465 \text{ kN} = 98550464.86N \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang 2 \emptyset 10

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

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{98550.4649} = 168.995 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1), spasi maksimum tidak boleh melebihi dan batas min (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 9.6.2), :

- $\frac{1}{2} \times$ dimensi terkecil komponen struktur = $\frac{1}{2} \times 400 = 200$

mm

- 8 . diameter tulangan longitudinal = 8 . 16 = 128 mm

- 24 x diameter sengkang ikat = 24 . 10 = 240 mm

Jadi dipakai sengkang ϕ 10 – 160 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{160} = 104091 \text{ N}$$

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

$$= 98979.2219 + 104091$$

$$= 203070.2219 \text{ N}$$

$$\Phi V_n = 0,55 \cdot 203070.2219$$

$$= 111688.622 \text{ N} > V_u = 54257.19424 \text{ N},,,,,,(Aman)$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI-2847 pasal 23.5.(6).(9)

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$104091 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$104091 \text{ N} < 645582.321 \text{ N},,,,,,(OK)$$

Jadi, untuk penulangan geser didaerah yang terjadi sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 160 mm

➤ Tulangan geser diluar daerah sendi plastis

Persyaratan maksimum untuk daerah diluar sendi plastis menurut SNI-2847 pasal 23.10.(5.(4)), spasi maksimum tidak boleh melebihi:

$$\blacksquare 2 S_0 = 2 \cdot 160 = 320 \text{ mm}$$

Dipakai sengkang 2 ϕ 10 dengan spasi 300 mm

$$\begin{aligned} V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \\ &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{300} = 55515.2 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol geser nominal menurut SNI-2847 pasal 13.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$55515.2 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$55515.2 \text{ N} < 645582.321 \text{ N},,,,,,(OK)$$

$$\Phi (V_s + V_c) = 0,55 (55515.2 + 98979.222)$$

$$= 84971.932 \text{ N} > V_c = 98979.222 \text{ N},,,,,,(OK)$$

Jadi, untuk penulangan geser diluar sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 300 mm

4.3.5 Perhitungan Penulangan Geser X-Bracing

Penulangan geser brasing pada batang no. 17686, 17674

Diketahui :

$$\begin{aligned}h &= 500 \text{ mm} & f_c' &= 30 \text{ Mpa} \\b &= 400 \text{ mm} & f_y &= 390 \text{ Mpa} \\d &= 439 \text{ mm} \\ \phi &= 0,55\end{aligned}$$

$$\text{Tinggi bersih } l_n = 5560 \text{ mm} = 5.56 \text{ m}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = \varnothing 10 \text{ mm}$$

$$N_u = 1696.876 \text{ kN}$$

$$M_n = 137599000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = \frac{2 \times M_n}{l_n} = \frac{2 \times 137599000}{5560} = 49496.043 \text{ N}$$

➤ Tulangan geser didalam sendi plastis

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang l_0 (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang l_0 tidak boleh kurang dari :

- $1/6 l_n = 1/6 \cdot 5560 = 926.67 \text{ mm}$
- Dimensi terbesar penampang kolom = 500 mm

Jadi daerah yang berpotensi sendi pastis sejauh 500 mm dari muka kolom.

$$\begin{aligned}V_c &= \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g}\right) \times \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6}\right) \times b_w \times d \\ &= \left(1 + \frac{1696.876}{14 \times 200000}\right) \times \left(\frac{\sqrt{30}}{6}\right) \times 400 \times 442 \\ &= 98810.102 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,55 \cdot 98810,102 = 54345,56 \text{ kN}$$

$V_u > \phi \cdot V_c$, maka harus dipasang tulangan geser sesuai dengan

(SNI-2847- pasal 13.5.(6.(1)))

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{49496,043}{0,55} - 98,81 = 89893,996 \text{ kN} = 89893995,65 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang $2 \text{ } \varnothing 10$

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240,442}{89893,9957} = 180,27 \text{ mm} \end{aligned}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1), spasi maksimum tidak boleh melebihi dan batas min (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 9.6.2), :

- $\frac{1}{2} \times$ dimensi terkecil komponen struktur = $\frac{1}{2} \times 400 = 200 \text{ mm}$
- $8 \cdot$ diameter tulangan longitudinal = $8 \cdot 16 = 128 \text{ mm}$
- $24 \times$ diameter sengkang ikat = $24 \cdot 10 = 240 \text{ mm}$

Jadi dipakai sengkang $\varnothing 10 - 180 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \\ &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240,442}{180} = 92525,33 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= V_c + V_s \text{ terpasang} \\
 &= 98810.102 + 92525.33 \\
 &= 191335.436 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Phi V_n &= 0,55 \cdot 191335.436 \\
 &= 105234.480 \text{ N} > V_u = 49496.043 \text{ N},,,,,,(Aman)
 \end{aligned}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI-2847 pasal 23.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$92525.33 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$92525.33 \text{ N} < 645582.321 \text{ N},,,,,,(OK)$$

Jadi, untuk penulangan geser didaerah yang terjadi sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 180 mm

- Tulangan geser diluar daerah sendi plastis

Persyaratan maksimum untuk daerah diluar sendi plastis menurut SNI-2847 pasal 23.10.(5.(4)), spasi maksimum tidak boleh melebihi:

- $2 S_0 = 2 \cdot 180 = 360 \text{ mm}$

Dipakai sengkang 2 ϕ 10 dengan spasi 300 mm

$$\begin{aligned}
 V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \\
 &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{300} = 55515.2 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol geser nominal menurut SNI-2847 pasal 13.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$55515.2 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$55515.2 \text{ N} < 645582.321 \text{ N},,,,,,(OK)$$

$$\Phi (V_s+V_c)= 0,55 (55515.2 + 98810.102)$$

$$= 84878.916 \text{ N} > V_c = 98810.102 \text{ N},,,,,,(OK)$$

Jadi, untuk penulangan geser diluar sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 300 mm

4.3.6 Perhitungan Penulangan Geser X-Bracing

Penulangan geser brasing pada batang no. 17675, 17687

Diketahui :

h	=	500 mm	fc'	=	30 Mpa
b	=	400 mm	fy	=	390 Mpa
d	=	439 mm			
ϕ	=	0,55			

Tinggi bersih $l_n = 6010 \text{ mm} = 6010 \text{ m}$

Tulangan sengkang = $\emptyset 10 \text{ mm}$

$N_u = 1507.627 \text{ kN}$

$M_n = 144028000 \text{ Nmm}$

$$V_u = \frac{2 \times M_n}{l_n} = \frac{2 \times 144028000}{6010} = 47929.451 \text{ N}$$

➤ Tulangan geser didalam sendi plastis

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang l_o (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang l_o tidak boleh kurang dari :

- $1/6 l_n = 1/6 \cdot 6010 = 1001.7 \text{ mm}$
- Dimensi terbesar penampang kolom = 500 mm

Jadi daerah yang berpotensi sendi pastis sejauh 500 mm dari muka kolom.

$$V_c = \left(1 + \frac{Nu}{14.Ag}\right) \times \left(\frac{\sqrt{fc'}}{6}\right) \times bw \times d$$

$$= \left(1 + \frac{1507.627}{14 \times 200000}\right) \times \left(\frac{\sqrt{30}}{6}\right) \times 400 \times 442$$

$$= 87901.548 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,55 \cdot 87901.548 = 48345.85 \text{ kN}$$

$V_u > \phi \cdot V_c$, maka harus dipasang tulangan geser sesuai dengan

(SNI-2847- pasal 13.5.(6.(1)))

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$= \frac{47929.451}{0,55} - 87.9015 = 87056.555 \text{ kN} = 87056554.7 \text{ N}$$

Direncanakan tulangan sengkang 2 \emptyset 10

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

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{87056.555} = 191.307 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1), spasi maksimum tidak boleh melebihi dan batas min (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 9.6.2), :

- $\frac{1}{2} \times$ dimensi terkecil komponen struktur = $\frac{1}{2} \times 400 = 200 \text{ mm}$
- 8 . diameter tulangan longitudinal = 8 . 16 = 128 mm
- 24 x diameter sengkang ikat = 24 . 10 = 240 mm

Jadi dipakai sengkang ϕ 10 – 190 mm

$$\begin{aligned} V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \\ &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{190} = 87655.579 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= V_c + V_s \text{ terpasang} \\ &= 87901.558 + 87655.579 \\ &= 175557.127 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi V_n &= 0,55 \cdot 175557.127 \\ &= 96556.410 \text{ N} > V_u = 46537.4376 \text{ N}, \dots, (\text{Aman}) \end{aligned}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI-2847 pasal 23.5.(6).(9)

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$87655.579 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$87655.579 \text{ N} < 645582.321 \text{ N}, \dots, (\text{OK})$$

Jadi, untuk penulangan geser didaerah yang terjadi sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 190 mm

➤ Tulangan geser diluar daerah sendi plastis

Persyaratan maksimum untuk daerah diluar sendi plastis menurut SNI-2847 pasal 23.10.(5).(4), spasi maksimum tidak boleh melebihi:

$$\blacksquare 2 S_0 = 2 \cdot 190 = 380 \text{ mm}$$

Dipakai sengkang 2 ϕ 10 dengan spasi 300 mm

$$\begin{aligned} V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \\ &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{300} = 55515.2 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol geser nominal menurut SNI-2847 pasal 13.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$55515.2 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$55515.2 \text{ N} < 645582.321 \text{ N}, \dots, (\text{OK})$$

$$\Phi (V_s + V_c) = 0,55 (55515.2 + 87901.548)$$

$$= 78879.2114 \text{ N} > V_c = 87901.548 \text{ N}, \dots, (\text{OK})$$

Jadi, untuk penulangan geser diluar sendi plastis dipasang

tulangan geser ϕ 10 – 300 mm

4.3.7 Perhitungan Penulangan Geser X-Bracing

Penulangan geser brasing pada batang no. 17688, 17676

Diketahui : $h = 500 \text{ mm}$ $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$$b = 400 \text{ mm} \quad f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$d = 439 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,55$$

$$\text{Tinggi bersih } l_n = 6010 \text{ mm} = 6.01 \text{ m}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = \emptyset 10 \text{ mm}$$

$$N_u = 1719.94 \text{ kN}$$

$$M_n = 135900000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = \frac{2 \times M_n}{l_n} = \frac{2 \times 135900000}{6010} = 45224.626 \text{ N}$$

➤ Tulangan geser didalam sendi plastis

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang lo (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang lo tidak boleh kurang dari :

- $1/6 l_n = 1/6 \cdot 6010 = 1001.7 \text{ mm}$
- Dimensi terbesar penampang kolom = 500 mm

Jadi daerah yang berpotensi sendi pastis sejauh 500 mm dari muka kolom.

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag}\right) \times \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6}\right) \times b_w \times d \\
 &= \left(1 + \frac{1719.94}{14 \times 200000}\right) \times \left(\frac{\sqrt{30}}{6}\right) \times 400 \times 442 \\
 &= 100139.541 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,55 \cdot 100139.541 = 48828.33 \text{ kN}$$

$V_u > \phi \cdot V_c$, maka harus dipasang tulangan geser sesuai dengan

(SNI-2847- pasal 13.5.(6.(1)))

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\
 &= \frac{45224.626}{0,55} - 100.130 = 82126.45 \text{ kN} = 82126452.5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang $2 \text{ } \emptyset 10$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\
 &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{82126.453} = 202.792 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1), spasi maksimum tidak boleh melebihi dan batas min (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 9.6.2), :

- $\frac{1}{2} \times$ dimensi terkecil komponen struktur = $\frac{1}{2} \times 400 = 200$ mm
- 8 . diameter tulangan longitudinal = 8 . 16 = 128 mm
- 24 x diameter sengkang ikat = 24 . 10 = 240 mm

Jadi dipakai sengkang ϕ 10 – 200 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{200} = 83272.8 \text{ N}$$

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

$$= 100139.541 + 83272.8$$

$$= 183412.341 \text{ N}$$

$$\Phi V_n = 0,55 \cdot 183412.341$$

$$= 100876.788 \text{ N} > V_u = 45224.626 \text{ N},,,,,,(Aman)$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI-2847 pasal 23.5.(6.(9)

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$83272.8 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$83272.8 \text{ N} < 645582.321 \text{ N},,,,,,(OK)$$

Jadi, untuk penulangan geser didaerah yang terjadi sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 200 mm

- Tulangan geser diluar daerah sendi plastis

Persyaratan maksimum untuk daerah diluar sendi plastis menurut SNI-2847 pasal 23.10.(5.(4)), spasi maksimum tidak boleh melebihi:

- $2 S_0 = 2 \cdot 200 = 400 \text{ mm}$

Dipakai sengkang $2 \phi 10$ dengan spasi 300 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{300} = 55515.2 \text{ N}$$

Kontrol geser nominal menurut SNI-2847 pasal 13.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$55515.2 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$55515.2 \text{ N} < 645582.321 \text{ N}, \dots, \text{(OK)}$$

$$\Phi (V_s + V_c) = 0,55 (55515.2 + 100139.541)$$

$$= 85610.108 \text{ N} > V_c = 100139.541 \text{ N}, \dots, \text{(OK)}$$

Jadi, untuk penulangan geser diluar sendi plastis dipasang tulangan geser $\phi 10 - 300 \text{ mm}$

4.3.8 Perhitungan Penulangan Geser X-Bracing

Penulangan geser brasing pada batang no. 17681, 17693

Diketahui : $h = 500 \text{ mm}$ $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$b = 400 \text{ mm}$ $f_y = 390 \text{ Mpa}$

$d = 439 \text{ mm}$

$\phi = 0,55$

Tinggi bersih $l_n = 4780 \text{ mm} = 4.48 \text{ m}$

Tulangan sengkang = $\varnothing 10 \text{ mm}$

$N_u = 1327.978 \text{ kN}$

$M_n = 168701400 \text{ Nmm}$

$$V_u = \frac{2 \times M_n}{l_n} = \frac{2 \times 168701400}{6010} = 56140.233 \text{ N}$$

➤ Tulangan geser didalam sendi plastis

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang l_o (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang l_o tidak boleh kurang dari :

- $1/6 l_n = 1/6 \cdot 4780 = 796.7 \text{ mm}$
- Dimensi terbesar penampang kolom = 500 mm

Jadi daerah yang berpotensi sendi pastis sejauh 500 mm dari muka kolom.

$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \times \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d \\ &= \left(1 + \frac{1327.978}{14 \times 200000} \right) \times \left(\frac{\sqrt{30}}{6} \right) \times 400 \times 442 \\ &= 77546.340 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,55 \cdot 77546.340 = 42650.49 \text{ kN}$$

$V_u > \phi \cdot V_c$, maka harus dipasang tulangan geser sesuai dengan

(SNI-2847- pasal 13.5.(6.(1)))

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$= \frac{56140.233}{0,55} - 77.546 = 101995.6 \text{ kN} = 101995604.5 \text{ N}$$

Direncanakan tulangan sengkang 2 Ø 10

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

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240.442}{101995.605} = 163.287 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1), spasi maksimum tidak boleh melebihi dan batas min (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 9.6.2), :

- $\frac{1}{2} \times$ dimensi terkecil komponen struktur = $\frac{1}{2} \times 400 = 200 \text{ mm}$
- 8 . diameter tulangan longitudinal = 8 . 16 = 128 mm
- 24 x diameter sengkang ikat = 24 . 10 = 240 mm

Jadi dipakai sengkang ϕ 10 – 160 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240.442}{160} = 104091 \text{ N}$$

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

$$= 77546.35 + 104091$$

$$= 181637.35 \text{ N}$$

$$\Phi V_n = 0,55 \cdot 181637.35$$

$$= 99900.543 \text{ N} > V_u = 70586.350 \text{ N}, \dots, (\text{Aman})$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI-2847 pasal 23.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$104091 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30.400.442}$$

$$104091 \text{ N} < 645582.321 \text{ N},,,,,,(OK)$$

Jadi, untuk penulangan geser didaerah yang terjadi sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 160 mm

➤ Tulangan geser diluar daerah sendi plastis

Persyaratan maksimum untuk daerah diluar sendi plastis menurut SNI-2847 pasal 23.10.(5.(4)), spasi maksimum tidak boleh melebihi:

$$\blacksquare 2 S_0 = 2 \cdot 160 = 320 \text{ mm}$$

Dipakai sengkang 2 ϕ 10 dengan spasi 300 mm

$$\begin{aligned} V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \\ &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{300} = 55515.2 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol geser nominal menurut SNI-2847 pasal 13.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$55515.2 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30.400.442}$$

$$55515.2 \text{ N} < 645582.321 \text{ N},,,,,,(OK)$$

$$\Phi (V_s + V_c) = 0,55 (55515.2 + 77546.35)$$

$$= 73183.852 \text{ N} > V_c = 77546.35 \text{ N},,,,,,(OK)$$

Jadi, untuk penulangan geser diluar sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 300 mm

4.3.9 Perhitungan Penulangan Geser X-Bracing

Penulangan geser brasing pada batang no. 17694, 17682

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } h &= 500 \text{ mm} & f_c' &= 30 \text{ Mpa} \\ b &= 400 \text{ mm} & f_y &= 390 \text{ Mpa} \\ & & d &= 439 \text{ mm} \\ & & \phi &= 0,55 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi bersih } l_n = 4780 \text{ mm} = 4.78 \text{ m}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = \varnothing 10 \text{ mm}$$

$$N_u = 969.067 \text{ kN}$$

$$M_n = 157013200 \text{ Nmm}$$

$$V_u = \frac{2 \times M_n}{l_n} = \frac{2 \times 157013200}{4780} = 65695.80 \text{ N}$$

➤ Tulangan geser didalam sendi plastis

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang l_0 (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang l_0 tidak boleh kurang dari :

- $1/6 l_n = 1/6 \cdot 4780 = 796.7 \text{ mm}$
- Dimensi terbesar penampang kolom = 500 mm

Jadi daerah yang berpotensi sendi pastis sejauh 500 mm dari muka kolom.

$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \times \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d \\ &= \left(1 + \frac{969.067}{14 \times 200000} \right) \times \left(\frac{\sqrt{30}}{6} \right) \times 400 \times 442 \\ &= 56858.261 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,55 \cdot 56858,261 = 31272,04 \text{ kN}$$

$V_u > \phi \cdot V_c$, maka harus dipasang tulangan geser sesuai dengan

(SNI-2847- pasal 13.5.(6.(1)))

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{65695,890}{0,55} - 56,858 = 119390,23 \text{ kN} = 119390231,9 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang 2 \emptyset 10

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240,442}{119390,232} = 139,497 \text{ mm} \end{aligned}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1), spasi maksimum tidak boleh melebihi dan batas min (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 9.6.2), :

- $\frac{1}{2} \times$ dimensi terkecil komponen struktur = $\frac{1}{2} \times 400 = 200 \text{ mm}$
- 8 . diameter tulangan longitudinal = 8 . 16 = 128 mm
- 24 x diameter sengkang ikat = 24 . 10 = 240 mm

Jadi dipakai sengkang \emptyset 10 – 140 mm

$$\begin{aligned} V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \\ &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240,442}{140} = 118961,143 \text{ N} \end{aligned}$$

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

$$= 56858.261 + 118961.143$$

$$= 175819.404 \text{ N}$$

$$\Phi V_n = 0,55 \cdot 175819.404$$

$$= 96700.672 \text{ N} > V_u = 65695.8996 \text{ N},,,,,,(Aman)$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI-2847 pasal 23.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$118961.143 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$118961.143 \text{ N} < 645582.321 \text{ N},,,,,,(OK)$$

Jadi, untuk penulangan geser didaerah yang terjadi sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 140 mm

➤ Tulangan geser diluar daerah sendi plastis

Persyaratan maksimum untuk daerah diluar sendi plastis menurut SNI-2847 pasal 23.10.(5.(4)), spasi maksimum tidak boleh melebihi:

$$\blacksquare 2 S_0 = 2 \cdot 140 = 280 \text{ mm}$$

Dipakai sengkang 2 ϕ 8 dengan spasi 280 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{280} = 59480.57 \text{ N}$$

Kontrol geser nominal menurut SNI-2847 pasal 13.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$59480.57 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$59480.57 \text{ N} < 645582.321 \text{ N},,,,,,(OK)$$

$$\Phi (V_s+V_c)= 0,55 (59480.57 + 56858.261)$$

$$= 63986.357 \text{ N} > V_c = 56858.261 \text{ N},,,,,,(OK)$$

Jadi, untuk penulangan geser diluar sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 280 mm

4.3.10 Perhitungan Penulangan Geser X-Bracing

Penulangan geser brasing pada batang no. 17679, 176891

Diketahui : $h = 500 \text{ mm}$ $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$$b = 400 \text{ mm} \quad f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$d = 439 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,55$$

$$\text{Tinggi bersih } l_n = 4370 \text{ mm} = 4.37 \text{ m}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = \emptyset 10 \text{ mm}$$

$$N_u = 1563.663 \text{ kN}$$

$$M_n = 174996400 \text{ Nmm}$$

$$V_u = \frac{2 \times M_n}{l_n} = \frac{2 \times 174996400}{4370} = 80089.886 \text{ N}$$

➤ Tulangan geser didalam sendi plastis

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang l_o (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang l_o tidak boleh kurang dari :

- $1/6 l_n = 1/6 \cdot 4370 = 728.33 \text{ mm}$

- Dimensi terbesar penampang kolom = 500 mm

Jadi daerah yang berpotensi sendi pastis sejauh 500 mm dari muka kolom.

$$V_c = \left(1 + \frac{Nu}{14.Ag}\right) \times \left(\frac{\sqrt{fc'}}{6}\right) \times bw \times d$$

$$= \left(1 + \frac{1563.663}{14 \times 200000}\right) \times \left(\frac{\sqrt{30}}{6}\right) \times 400 \times 442$$

$$= 91131.535 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,55 \cdot 91131.535 = 50122.34 \text{ kN}$$

$V_u > \phi \cdot V_c$, maka harus dipasang tulangan geser sesuai dengan

(SNI-2847- pasal 13.5.(6.(1)))

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$= \frac{80089.886}{0,55} - 91.132 = 145526.84 \text{ kN} = 145526842.3 \text{ N}$$

Direncanakan tulangan sengkang 2 \emptyset 10

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

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240.442}{145526.842} = 166545.6 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1), spasi maksimum tidak boleh melebihi dan batas min (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 9.6.2), :

- $\frac{1}{2} \times$ dimensi terkecil komponen struktur = $\frac{1}{2} \times 400 = 200 \text{ mm}$
- 8 . diameter tulangan longitudinal = $8 \cdot 16 = 128 \text{ mm}$
- 24 x diameter sengkang ikat = $24 \cdot 10 = 240 \text{ mm}$

Jadi dipakai sengkang ϕ 10 – 100 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$
$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{100} = 166545.6 \text{ N}$$

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

$$= 91131.535 + 166545.6$$

$$= 257677.1347 \text{ N}$$

$\Phi V_n = 0,55 \cdot 257677.1347$

$$= 141722.424 \text{ N} > V_u = 80089.886 \text{ N}, \dots, (\text{Aman})$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI-2847 pasal 23.5.(6).(9)

$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$

$$166545.6 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$166545.6 \text{ N} < 645582.321 \text{ N}, \dots, (\text{OK})$$

Jadi, untuk penulangan geser didaerah yang terjadi sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 100 mm

➤ Tulangan geser diluar daerah sendi plastis

Persyaratan maksimum untuk daerah diluar sendi plastis menurut SNI-2847 pasal 23.10.(5).(4), spasi maksimum tidak boleh melebihi:

$$\blacksquare 2 S_0 = 2 \cdot 100 = 200 \text{ mm}$$

Dipakai sengkang 2 ϕ 10 dengan spasi 200 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$
$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{200} = 83272.8 \text{ N}$$

Kontrol geser nominal menurut SNI-2847 pasal 13.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$83272.8 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$83272.8 \text{ N} < 645582.321 \text{ N}, \dots, \text{(OK)}$$

$$\Phi (V_s + V_c) = 0,55 (83272.8 + 91131.5347)$$

$$= 95922.3841 \text{ N} > V_c = 91131.5347 \text{ N}, \dots, \text{(OK)}$$

Jadi, untuk penulangan geser diluar sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 200 mm

4.3.11 Perhitungan Penulangan Geser X-Bracing

Penulangan geser brasing pada batang no. 17692, 17680

Diketahui :

h	=	500 mm	fc'	=	30 Mpa
b	=	400 mm	fy	=	390 Mpa
d	=	439 mm			
ϕ	=	0,55			

$$\text{Tinggi bersih } l_n = 4370 \text{ mm} = 4.37 \text{ m}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = \emptyset 10 \text{ mm}$$

$$N_u = 1489.081 \text{ kN}$$

$$M_n = 174593700 \text{ Nmm}$$

$$V_u = \frac{2 \times M_n}{l_n} = \frac{2 \times 174593700}{4370} = 79905.584 \text{ N}$$

➤ Tulangan geser didalam sendi plastis

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang lo (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang lo tidak boleh kurang dari :

- $1/6 l_n = 1/6 \cdot 4370 = 728.3 \text{ mm}$
- Dimensi terbesar penampang kolom = 500 mm

Jadi daerah yang berpotensi sendi pastis sejauh 500 mm dari muka kolom.

$$V_c = \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag}\right) \times \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6}\right) \times b_w \times d$$

$$= \left(1 + \frac{1489.081}{14 \times 200000}\right) \times \left(\frac{\sqrt{30}}{6}\right) \times 400 \times 442$$

$$= 86832.533 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,55 \cdot 86832.533 = 47757.89 \text{ kN}$$

$V_u > \phi \cdot V_c$, maka harus dipasang tulangan geser sesuai dengan

(SNI-2847- pasal 13.5.(6.(1)))

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$= \frac{79905.584}{0,55} - 86.833 = 145196.05 \text{ kN} = 145196046.6 \text{ N}$$

Direncanakan tulangan sengkang $2 \text{ } \varnothing 10$

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

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{145196046.6} = 114.7 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1), spasi maksimum tidak boleh melebihi dan batas min (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 9.6.2), :

- $\frac{1}{2} \times$ dimensi terkecil komponen struktur = $\frac{1}{2} \times 400 = 200$ mm
- 8 . diameter tulangan longitudinal = 8 . 16 = 128 mm
- 24 x diameter sengkang ikat = 24 . 10 = 240 mm

Jadi dipakai sengkang ϕ 10 – 100 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{100} = 166545.6 \text{ N}$$

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

$$= 86832.533 + 166545.6$$

$$= 253378.133 \text{ N}$$

$$\Phi V_n = 0,55 \cdot 253378.133$$

$$= 139357.973 \text{ N} > V_u = 79905.584 \text{ N},,,,,,(Aman)$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI-2847 pasal 23.5.(6).(9)

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$166545.6 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$166545.6 \text{ N} < 645582.321 \text{ N},,,,,,(OK)$$

Jadi, untuk penulangan geser didaerah yang terjadi sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 100 mm

➤ Tulangan geser diluar daerah sendi plastis

Persyaratan maksimum untuk daerah diluar sendi plastis menurut SNI-2847 pasal 23.10.(5.(4)), spasi maksimum tidak boleh melebihi:

$$\blacksquare 2 S_0 = 2 \cdot 100 = 200 \text{ mm}$$

Dipakai sengkang 2 ϕ 10 dengan spasi 200 mm

$$\begin{aligned} V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \\ &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{200} = 83272.8 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol geser nominal menurut SNI-2847 pasal 13.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$83272.8 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$83272.8 \text{ N} < 645582.321 \text{ N}, \dots, (\text{OK})$$

$$\Phi (V_s + V_c) = 0,55 (83272.8 + 83272.8)$$

$$= 93557.933 \text{ N} > V_c = 83272.8 \text{ N}, \dots, (\text{OK})$$

Jadi, untuk penulangan geser diluar sendi plastis dipasang

tulangan geser ϕ 10 – 200 mm

4.3.12 Perhitungan Penulangan Geser X-Bracing

Penulangan geser brasing pada batang no. 17677, 17689

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } h &= 500 \text{ mm} & f_c' &= 30 \text{ Mpa} \\ b &= 400 \text{ mm} & f_y &= 390 \text{ Mpa} \\ & & d &= 439 \text{ mm} \\ & & \phi &= 0,55 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi bersih } l_n = 4870 \text{ mm} = 4.78 \text{ m}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = \varnothing 10 \text{ mm}$$

$$N_u = 1006.494 \text{ kN}$$

$$M_n = 150062300 \text{ Nmm}$$

$$V_u = \frac{2 \times M_n}{l_n} = \frac{2 \times 150062300}{4780} = 61627.228 \text{ N}$$

➤ Tulangan geser didalam sendi plastis

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang l_0 (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang l_0 tidak boleh kurang dari :

- $1/6 l_n = 1/6 \cdot 4870 = 811.7 \text{ mm}$
- Dimensi terbesar penampang kolom = 500 mm

Jadi daerah yang berpotensi sendi pastis sejauh 500 mm dari muka kolom.

$$\begin{aligned} V_c &= \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \times \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d \\ &= \left(1 + \frac{1006.494}{14 \times 200000} \right) \times \left(\frac{\sqrt{30}}{6} \right) \times 400 \times 442 \\ &= 59015.061 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,55 \cdot 59015,061 = 32458,58 \text{ kN}$$

$V_u > \phi \cdot V_c$, maka harus dipasang tulangan geser sesuai dengan

(SNI-2847- pasal 13.5.(6.(1)))

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\ &= \frac{61627,228}{0,55} - 59,016 = 111990,48 \text{ kN} = 111990489,7 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang 2 \emptyset 10

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240,442}{111990,48} = 148,71 \text{ mm} \end{aligned}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1), spasi maksimum tidak boleh melebihi dan batas min (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 9.6.2), :

- $\frac{1}{2} \times$ dimensi terkecil komponen struktur = $\frac{1}{2} \times 400 = 200 \text{ mm}$
- 8 . diameter tulangan longitudinal = $8 \cdot 16 = 128 \text{ mm}$
- 24 x diameter sengkang ikat = $24 \cdot 10 = 240 \text{ mm}$

Jadi dipakai sengkang ϕ 10 – 140 mm

$$\begin{aligned} V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \\ &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240,442}{140} = 118961,143 \text{ N} \end{aligned}$$

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

$$= 59015.601 + 118961.143$$

$$= 177976.744 \text{ N}$$

$$\Phi V_n = 0,55 \cdot 177976.744$$

$$= 97887.209 \text{ N} > V_u = 61627.228 \text{ N},,,,,,(Aman)$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI-2847 pasal 23.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$118961.143 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$118961.143 \text{ N} < 645582.321 \text{ N},,,,,,(OK)$$

Jadi, untuk penulangan geser didaerah yang terjadi sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 140 mm

➤ Tulangan geser diluar daerah sendi plastis

Persyaratan maksimum untuk daerah diluar sendi plastis menurut SNI-2847 pasal 23.10.(5.(4)), spasi maksimum tidak boleh melebihi:

$$\blacksquare 2 S_0 = 2 \cdot 140 = 280 \text{ mm}$$

Dipakai sengkang 2 ϕ 10 dengan spasi 280 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{280} = 59480.571 \text{ N}$$

Kontrol geser nominal menurut SNI-2847 pasal 13.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$59480.571 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$59480.571 \text{ N} < 645582.321 \text{ N},,,,,,(OK)$$

$$\Phi (V_s+V_c)= 0,55 (59480.571 + 59015.601)$$

$$= 65172.895 \text{ N} > V_c = 59015.601 \text{ N},,,,,,(OK)$$

Jadi, untuk penulangan geser diluar sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 280 mm

4.3.13 Perhitungan Penulangan Geser X-Bracing

Penulangan geser brasing pada batang no. 17690, 17678

Diketahui :

h	=	500 mm	fc'	=	30 Mpa
b	=	400 mm	fy	=	390 Mpa
d	=	439 mm			
ϕ	=	0,55			

Tinggi bersih ln = 4870 mm = 4.87 m

Tulangan sengkang = \emptyset 10 mm

Nu = 1237.364 kN

Mn = 162466300 Nmm

$$V_u = \frac{2 \times Mn}{ln} = \frac{2 \times 162466300}{4870} = 66721.273 \text{ N}$$

➤ Tulangan geser didalam sendi plastis

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang lo (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang lo tidak boleh kurang dari :

- $1/6 \text{ ln} = 1/6 \cdot 4870 = 811.7 \text{ mm}$
- Dimensi terbesar penampang kolom = 500 mm

Jadi daerah yang berpotensi sendi pastis sejauh 500 mm dari muka kolom.

$$V_c = \left(1 + \frac{Nu}{14.Ag}\right) \times \left(\frac{\sqrt{fc'}}{6}\right) \times bw \times d$$

$$= \left(1 + \frac{1237.364}{14 \times 200000}\right) \times \left(\frac{\sqrt{30}}{6}\right) \times 400 \times 442$$

$$= 72323.243 \text{ N}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,55 \cdot 72323.243 = 39777.78 \text{ kN}$$

$V_u > \phi \cdot V_c$, maka harus dipasang tulangan geser sesuai dengan

(SNI-2847- pasal 13.5.(6.(1)))

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$= \frac{66721.273}{0,55} - 72.323 = 121239.08 \text{ kN} = 121239082.4 \text{ N}$$

Direncanakan tulangan sengkang 2 \emptyset 10

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

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{121239.0824} = 137.37 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1), spasi maksimum tidak boleh melebihi dan batas min (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 9.6.2), :

- $\frac{1}{2} \times$ dimensi terkecil komponen struktur = $\frac{1}{2} \times 400 = 200 \text{ mm}$
- 8 . diameter tulangan longitudinal = 8 . 16 = 128 mm
- 24 x diameter sengkang ikat = 24 . 10 = 240 mm

Jadi dipakai sengkang ϕ 10 – 130 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$
$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{130} = 128112 \text{ N}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$
$$= 72323.2431 + 128112$$
$$= 200435.243 \text{ N}$$

$$\Phi V_n = 0,55 \cdot 200435.243$$
$$= 110239.384 \text{ N} > V_u = 66721.273 \text{ N}, \dots, (\text{Aman})$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI-2847 pasal 23.5.(6).(9)

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$128112 \text{ N} < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$128112 \text{ N} < 645582.321 \text{ N}, \dots, (\text{OK})$$

Jadi, untuk penulangan geser didaerah yang terjadi sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 130 mm

➤ Tulangan geser diluar daerah sendi plastis

Persyaratan maksimum untuk daerah diluar sendi plastis menurut SNI-2847 pasal 23.10.(5).(4), spasi maksimum tidak boleh melebihi:

$$\blacksquare 2 S_0 = 2 \cdot 130 = 260 \text{ mm}$$

Dipakai sengkang 2 ϕ 10 dengan spasi 260 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$
$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240 \cdot 442}{260} = 64056 \text{ N}$$

Kontrol geser nominal menurut SNI-2847 pasal 13.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$64056 \quad \text{N} \quad < (2/3) \sqrt{30} \cdot 400 \cdot 442$$

$$64056 \quad \text{N} \quad < 645582.321 \text{ N},,,,,,(OK)$$

$$\Phi (V_s + V_c) = 0,55 (64056 + 72323.2431)$$

$$= 75008.584 \text{ N} > V_c = 72323.2431 \text{ N},,,,,,(OK)$$

Jadi, untuk penulangan geser diluar sendi plastis dipasang tulangan geser ϕ 10 – 260 mm

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan dan analisa penerapan sistem pengaku pengaku dengan menggunakan *X-Bracing* sebagai alternatif sistem struktur untuk menahan gaya lateral gempa (Gempa Dinamik) maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan pada sampel portal line 1 didapat

NO.Batang Bracing		Diameter Tulangan Pokok	Diameter Tulangan Senggang	Jarak Tulangan Sendi Plastis (mm)	Jarak Tulangan Sendi Plastis (mm)
17671	17683	10 D 16	Ø 10	190	300
17684	17672	10 D 16	Ø 10	180	300
17673	17685	10 D 16	Ø 10	160	300
17686	17674	10 D 16	Ø 10	180	300
17675	17687	10 D 16	Ø 10	190	300
17688	17676	10 D 16	Ø 10	200	300
17681	17693	10 D 16	Ø 10	160	300
17694	17682	10 D 16	Ø 10	140	280
17679	17691	10 D 16	Ø 10	100	200
17692	17680	10 D 16	Ø 10	100	200
17677	17689	10 D 16	Ø 10	140	280
17690	17678	10 D 16	Ø 10	130	260

2. Pada analisa drift dengan bantuan program bantu Staad Pro menggunakan pengaku *X-Bracing* didapat :

Elevasi	Simpangan X	Simpangan Z
54.00	0.587	2.871
48.46	0.603	2.835
48.17	0.596	2.845
42.62	0.557	2.365
42.33	0.560	2.365
36.79	0.489	1.935
36.50	0.479	1.894
30.96	0.440	1.668
30.67	0.432	1.670
25.12	0.362	1.144
24.83	0.361	1.137
19.29	0.269	0.847
19.00	0.261	0.802
13.46	0.198	0.573
13.17	0.191	0.574
7.62	0.126	0.240
7.33	0.124	0.207
0.42	0.109	0.206

3. Pada desain gambar tulangan ditampilkan pada lampiran halaman berikutnya

5.2. Saran

Untuk merencanakan suatu struktur tahan gempa hendaknya mempertimbangkan aplikasi sistem yang akan diterapkan, agar mampu mengantisipasi semua beban- beban yang bekerja termasuk beban gempa dinamik yang sangat berbahaya untuk perencanaan struktur gedung bertingkat tinggi.

Daftar Pustaka

Standar Nasional Indonesia, 2002, SNI 03 – 2847 - 2002 : *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-2847-2002). Bandung : Badan Standarisasi Nasional.

Standar Nasional Indonesia ,2002, SNI 03 – 1726 - 2002 : *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-2847-2002). Bandung : Badan Standarisasi Nasional.

Amrinsyah, Nasution, 2009, *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang*
Bandung Penerbit : ITB

Stafford Smith, Bryan, 1991, *Tall Building Structure : Analysis and Desing /*
Bryan Stafford Smith, Alex Coull, Singapore

Purwono, R, 2005, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Edisi
Kedua. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk
Rumah dan Gedung*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU