

SKRIPSI

PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL PADA GEDUNG LOMBOK CITY CENTER MATARAM DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEMN KHUSUS (SRPMK)



DI SUSUN OLEH :
NAMA : HAMZAN WADI
NIM : 12.21.019

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2016

1012

ИЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОНОМИКИ
ВНЕШНЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО СЛУЖБЫ
ПРОСВЕЩЕНИЯ ИЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО

ИЗДАНИЕ

ИЗДАНИЕ

ИЗДАНИЕ

ИЗДАНИЕ

ИЗДАНИЕ

ИЗДАНИЕ

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL PADA GEDUNG LOMBOK CITY CENTER
MATARAN DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
KHUSUS (SRPMK)**

*Disusun dan Diajukan Sebagai salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana program
Studi Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang*

**Disusun Oleh :
HAMZANWADI**

NIM 12.21.019

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Ir.A.Agus Santosa, M.T.)

(Ir. H. Sudirman Indra Msc)

Ketua

Program Studi Teknik Sipil S-1



(Ir.A.Agus Santosa, M.T.)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2016**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL PADA GEDUNG LOMBOK CITY CENTER
MATARAM DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
KHUSUS (SRPMK)**

*Disusun dan Diajukan Sebagai salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana program
Studi Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang*

**Disusun Oleh :
HAMZANWADI**

NIM 12.21.019

Disahkan Oleh :

Ketua

Sekretaris



Ir. A Agus Santosa , M.T.



Ir. Munasih, M.T.

Anggota penguji :



Ir. Ester Priskasari, M.T.

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2016**



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

Jalan bendungan sigura – gura No. 2 telp (0341) 51431 Malang

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : HAMZANWADI
NIM : 12.21.019
Jurusan : Teknik Sipil S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwasanya Skripsi saya yang berjudul :

**PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL PADA GEDUNG LOMBOK
CITY CENTER MATARAM DENGAN METODE SISTEM RANGKA
PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)**

Adalah benar – benar hasil karya saya sendiri bukan duplikat, serta tidak mengutip atau menyalin seluruhnya karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa tugas akhir ini merupakan hasil duplikasi atau pengambilan hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 09 September 2016

Yang membuat Pernyataan,


**METERAI
TEMPEL**
TGL. 20
1E24AADF823839104
6000
ENAM RIBU RUPIAH

HAMZANWADI

“Perencanaan Struktur Portal Pada Gedung Lombok City Center Mataram Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)”, Oleh : Hamzan Wadi , (12. 21.019), Pembimbing : Ir. A. Agus Santosa, MT, Ir. H. Sudirman Indra, MSc.

ABSTRAKSI

Kondisi Indonesia jika di lihat dari geografisnya merupakan daerah yang rawan terhadap kejadian gempa, maka dipandang perlu untuk melakukan perencanaan gedung diIndonesia yang tahan gempa. Karena pengaruh perilaku struktur yang diakibatkan oleh gempa sangat berpengaruh dan rawan terjadinya kegagalan struktur. Dan dalam tugas akhir ini dilakukan pada gedung Lombok City Center Mataram NTB yang terdapat pada wilayah gempa 6, maka dilakukan perencanaan pada studi ini menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Dalam studi perencanaan ini, langkah pertama yang dilakukan dengan mencari data perencanaan. Setelah didapat data tersebut dilakukan perencanaan gedung tersebut dengan langkah pertama merencanakan dimensi penampang balok, kolom dan pelat, kemudian dilakukan perhitungan dengan bantuan program bantu Etabs. Setelah didapatkan gaya-gaya dari hasil perhitungan Program ,kemudian dilakukan perhitungan penulangan. Dan dalam perhitungan penulangan dilakukan perhitungan pada portal line 5.

Setelah dilakukan beberapa tahapan studi perencanaan sesuai dengan alur diatas, didapatkan hasil perhitungan balok B13 pada lantai 2 line 5 (pada tumpuan) dengan dimensi balok 40/70 dengan dengan tulangan transversal 6 D 22 (atas) dan 3 D 22 (bawah) dengan sengkang pada sendi plastis 2 (kaki) Ø 10-90, diluar sendi plastis 2 (kaki) Ø10-150. Kemudian hasil pada daerah lapangan atau didapat dimensi balok 40/70 dengan dengan tulangan transversal 3 D 22 (atas) dan 6 D 22 (bawah).

Kemudian untuk hasil perhitungan kolom pada kolom C25 didapat dimensi penampang 70/70 dengan tulangan transversal 16 D 22 dengan spesifikasi tulangan geser pada daerah sendi plastis didapat 4 kaki Ø12-70 dan pada daerah luar sendi plastis 4 kaki Ø12-130.

Kata Kunci : Striktur Portal, Tahan Gempa, SRPMK, Mataram.

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 “PERENCANAAN STRUKTUR PORTAL PADA GEDUNG LOMBOK CITY CENTER MATARAM DENGAN METODE SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN KHUSUS (SRPMK)” 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. Kedua orang tua saya yang senantiasa memberikan dukungan moril, materi , dan do'nya selama studi saya di ITN Malang.
2. Bapak Dr. Ir. Lalu Mulyadi MT selaku rektor ITN Malang
3. Bapak Ir. Sudirman Indra ., Msc. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
4. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
5. Ibu Ir. Munasih MT. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.

6. Bapak Ir. A. Agus Santosa , MT dan Bapak Ir. Sudirman Indra Msc, selaku dosen pembimbing dalam penyusunan skripsi ini.
7. Rekan- rekan Teknik Sipil S-1 ITN Malang yang selalu menemani dan membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Keluarga besar HMI cabang Malang komisariat madani ITN malang yang telah mensupport dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. 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 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

COVER

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERNYATAAAN

ABSTRAKSI

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

DAFTAR NOTASI

BAB I. PENDAHULUAN

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

BAB II. DASAR TEORI

2.1. Pendahuluan.....	4
2.2. Beton Bertulang	4
2.3. Ketentuan Perencanaan Pembebanan	7
2.3.1. Pembebanan	7
2.3.2 Deskripsi Pembebanan	8
2.3.2.1 Beban Mati (DL).....	8
2.3.2.2 Beban Hidup (LL).....	9

2.3.2.3 Gempa (E).....	10
2.4 Kombinasi Pembebanan	11
2.5 Balok T	12
2.6 Perencanaan Balok dengan Tulangan Tekan dan Tarik (Rangkap). 12	
2.6.1 Balok T Tulangan Rangkap.....	12
2.6.2 Perencanaan Balok Terhadap Geser.....	18
2.7 Perencanaan penulangan kolom portal terhadap lentur dan aksial... 22	
2.7.1 Kolom Eksentrisitas Kecil.....	25
2.7.2 Kolom Eksentrisitas Besar	26
2.8 Kolom Kuat Balok Lemah.....	27

BAB III. DATA PERENCANAAN

3.1. Data Bangunan	39
3.2. Mutu Bahan yang Digunakan	39
3.3. Diagram Alir Pengerjaan	41
3.4. Perencanaan Dimensi Pelat, Balok, dan Kolom	42
3.4.1 Perencanaan Dimensi Pelat.....	42
3.4.2 Perencanaan Dimensi Balok	42
3.4.3 Perencanaan Dimensi Kolom.....	42
3.5 Perhitungan Pembebanan.....	41
3.5.1 Beban Mati (Dead Load)	41
3.5.2 Beban Hidup (Live Load)	42
3.6 Beban Gempa	43
3.7 Kombinasi Beban	52
3.8 Perhitungan Statika.....	53

BAB IV PERHITUNGAN

4.1 Pembebanan	46
4.1.1 Perhitungan Beban Mati	46
4.1.2 Perhitungan Beban Hidup.....	47

4.2 Beban Gempa	48
4.2.1 Perhitungan Beban Gempa Dengan Statik Ekvivalen	48
4.3 Gaya Lateral Gempa.....	63
4.3.1 Kinerja Batas Layan.....	68
4.3.1 Kinerja Batas Ultimate.....	71

BAB V PENULANGAN STRUKTUR

5.1 Perhitungan Penulangan Balok	74
5.2 Perhitungan Penulangan Kolom.....	104

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan	131
6.2 Saran.....	131

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Struktur Rangka Terbuka.....	6
Gambar 2.2 : Gaya Lintang Rencana Untuk SRPMM.....	13
Gambar 2.3 : Diagram Tegangan Balok T.....	15
Gambar 2.4 : Diagram Gaya Geser dan Daerah Penempatan Tulangan Geser	21
Gambar 2.5 : Tegangan Gaya-Gaya Pada Kolom.....	23
Gambar 3.1 : Potongan Melintang (Zona C)	38
Gambar 3.2 : Potongan Memanjang (Zona C).....	38
Gambar 3.3 : Diagram Alir	41
Gambar 3.4 : Lay Out Balok Zona C.....	42
Gambar 4.1 : Struktur Gedung Lombok City Center.....	45
Gambar 4.2 : Diafragma Lantai 2-6.....	49
Gambar 4.3 : Diafragma Atap.....	50
Gambar 4.4 : Waktu Getar Struktur Mode 1 (Arah X).....	51
Gambar 4.5 : Waktu Getar Struktur Mode 2 (Arah Y).....	52
Gambar 4.6 : Kinerja Batas Layan Akibat Simpangan Gempa Statik X.....	69
Gambar 4.7 : Kinerja Batas Layan Akibat Simpangan Gempa Statik Y.....	70
Gambar 5.2 : Portal Memanjang Line C dan Letak Blok yang Di Rencanakan....	74
Gambar 5.3 : Penampang Balok T.....	74
Gambar 5.4 : Diagram Tegangan Tumpuan Kiri.....	77
Gambar 5.5 : Design Tulangan longitudinal dan Transversal Balok.....	102
Gambar 5.6 : Diagram Interaksi Kolom	118
Gambar 5.7: Detail Penulangan Pada Kolom	126
Gambar 5.8: Hubungan Balok Kolom	130

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 : Hasil Perhitungan Pusat Masa dan Berat Tiap Lantai	44
Tabel 3.2 : Faktor Keutamaan Struktur.....	46
Tabel 3.3 : Parameter Daktilitas Struktur Gedung.....	47
Tabel 3.4 : Berat Total Struktur.....	47
Tabel 3.5 : Gaya Geser Masing-Masing Lantai (F_i).....	49
Tabel 3.6 : Hasil Pembacaan Momen Pada Balok.....	54
Tabel 3.7 : Hasil Pembacaan Momen Pada Kolom	55
Tabel 4.1 : Hasil Perhitungan Diagram Interaksi.....	113
Tabel 4.2 : Tabel M_n , P_n , dan Jumlah Tulangan.....	114

DAFTAR NOTASI

Notasi	Penjelasan
a	= tinggi blok tegangan persegi ekuivalen, mm
A_g	= luas bruto penampang, mm ²
A_s	= luas tulangan tarik non-prategang, mm ²
A'_s	= luas tulangan tekan, mm ²
A_{s, min}	= luas minimum tulangan lentur, mm ²
A_v	= luas tulangan sengkang ikat dalam daerah sejarak s, mm ²
b_E	= Lebar efektif dari potongan flens, mm
b_w	= lebar badan balok, atau diameter dari penampang bulat, mm
c	= jarak dari serat tekan terluar ke garis netral, mm
d	= jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm
d'	= jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan, mm
D	= beban mati, atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan beban mati
E	= pengaruh beban gempa, atau momen dan gaya dalam yang berhubungan dengan gempa
f'_c	= kuat tekan beton, Mpa
f'_s	= tegangan pada tulangan baja tekan, Mpa
f_y	= tegangan leleh baja tulangan yang diisyaratkan, Mpa
h	= tebal atau tinggi total komponen struktur, mm
l_d	= panjang penyaluran, mm

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

y_t = jarak dari sumbu pusat penampang bruto, dengan mengabaikan tulangan,
keserat tarik terluar, mm

ρ = rasio tulangan tarik non-prategang

ρ_g = rasio tulangan total terhadap luas penampang kolom

ϕ = faktor reduksi kekuatan

μ = koefisien friksi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Lombok merupakan pusat perhatian banyak orang baik local (Indonesia) maupun orang luar (Luar negri) memaksa pemerintah NTB khususnya Lombok untuk mengadakan fasilitas penginapan, maupun pusat pembelanjaan dan hiburan. Oleh karena itu Gubernur Nusa Tenggara Barat (NTB) membangun pusat pembelanjaan dan hiburan Mega Mall Lombok City Center untuk memfasilitasi masyarakat maupun touris.

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

Dalam SNI 03-1726-2002, Indonesia terbagi dalam 6 wilayah gempa, dimana wilayah gempa 1 adalah wilayah dengan kegempaan paling rendah sedangkan wilayah gempa 6 dengan kegempaan paling tinggi. Mega mall Lombok city center berada di zona 6, dan termasuk dalam kategori wilayah gempa tinggi.

Dalam Tugas Akhir ini Gedung Lombok City Center akan di rencanakan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), dimana

Sistem Rangka Pemikul momen adalah system rangka ruang yang mana komponen-komponen struktur dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial.

1.2 RUMUSAN MASALAH

1. Berapa besar beban Gravitasi dan Beban gempa yang bekerja pada struktur gedung Lombok City Center ?
2. Berapa dimensi kolom dan balok yang mampu menahan beban gempa rencana pada wilayah gempa tinggi?
3. Berapa jumlah tulangan longitudinal dan tulangan transfersal pada kolom dan balok?
4. Bagaimanakah gambar detail penulangan balok dan kolom dari hasil perencanaan?
5. Berapa luas tulangan yang di butuhkan pada hubungan kolom dan balok pada bangunan Lombok City Center?

1.3 MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dan tujuan dari penulis tugas akhir ini adalah :

1. Untuk mengetahui berapa besar beban Gravitasi dan Beban gempa yang bekerja pada struktur gedung Lombok City Center.

2. Untuk mengetahui dimensi kolom dan balok yang mampu menahan beban gempa rencana pada wilayah gempa tinggi
3. Untuk jumlah tulangan longitudinal dan tulangan transfersal pada kolom dan balok.
4. Untuk mengetahui gambar detail penulangan balok dan kolom dari hasil perencanaan.
5. Untuk mengetahui hubungan kolom dan balok pada bangunan Lombok City Center.

1.4 BATASAN MASALAH

Agar penulisan skripsi ini bias terarah dan terencana, penulis memberikan batasan-batasan penulisan sebagai berikut :

1. Mendapatkan berapa besar beban Gravitasi dan Beban gempa yang bekerja pada struktur gedung Lombok City Center.
2. Mendapatkan dimensi kolom dan balok yang mampu menahan beban gempa rencana pada wilayah gempa tinggi.
3. Mendapatkan jumlah tulangan longitudinal dan tulangan transfersal pada kolom dan balok .
4. Mendapatkan gambar detail penulangan balok dan kolom dari hasil perencanaan.
5. Mendapatkan luas tulangan yang di butuhkan pada hubungan kolom dan balok pada bangunan Lombok City Center.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pendahuluan

Filosofi dasar dari perencanaan bangunan tahan gempa adalah terdapatnya. Komponen struktur yang diperbolehkan untuk mengalami kelelahan. Komponen struktur yang leleh tersebut merupakan komponen yang menyerap energi gempa selama bencana gempa terjadi. Agar memenuhi konsep perencanaan struktur bangunan tahan gempa tersebut, maka pada saat gempa kelelahan yang terjadi hanya pada balok. Oleh karena itu kolom dan sambungan harus dirancang sedemikian rupa agar kedua komponen struktur tidak mengalami kelelahan ketika gempa terjadi.

2.2 Beton Bertulang

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu *massa* mirip batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas dan waktu pengerasan. (Mc Cormac, 2004:1).

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung (Dipohusodo, 1999:1).

Beton bertulang adalah merupakan gabungan logis dari dua jenis bahan: beton polos yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi kekuatan tarik yang rendah dan batang-batang baja yang ditanamkan didalam beton dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan. (Wang, 1993:1)

Beton tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu tanpa mengalami retak-retak. Untuk itu, agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberinya perkuatan penulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang bakal timbul didalam sistem (Dipohusodo, 1999:12).

Menurut Mc Cormac (2004), ada banyak kelebihan dari beton sebagai struktur bangunan diantaranya adalah:

1. Beton memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan kebanyakan bahan lain;
2. Beton bertulang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap api dan air, bahkan merupakan bahan struktur terbaik untuk bangunan yang banyak bersentuhan dengan air. Pada peristiwa kebakaran dengan intensitas rata-rata, batang-batang struktur dengan ketebalan penutup beton yang memadai sebagai pelindung tulangan hanya mengalami kerusakan pada permukaannya saja tanpa mengalami keruntuhan;
3. Beton bertulang tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi;
4. Beton biasanya merupakan satu-satunya bahan yang ekonomis untuk pondasi telapak, dinding *basement*, dan tiang tumpuan jembatan;

5. Salah satu ciri khas beton adalah kemampuannya untuk dicetak menjadi bentuk yang beragam, mulai dari pelat, balok, kolom yang sederhana sampai atap kubah dan cangkang besar;

6. Di bagian besar daerah, beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang murah (pasir, kerikil, dan air) dan relatif hanya membutuhkan sedikit semen dan tulangan baja, yang mungkin saja harus didatangkan dari daerah lain.

Lebih lanjut, Mc Cormac (2004), juga menyatakan kekurangan dari penggunaan beton sebagai suatu bahan struktur yaitu:

1. Beton memiliki kuat tarik yang sangat rendah, sehingga memerlukan penggunaan tulangan tarik;
2. Beton bertulang memerlukan bekisting untuk menahan beton tetap ditempatnya sampai beton tersebut mengeras;
3. Rendahnya kekuatan per satuan berat dari beton mengakibatkan beton bertulang menjadi berat. Ini akan sangat berpengaruh pada struktur bentang panjang dimana berat beban mati beton yang besar akan sangat mempengaruhi momen lentur;
4. Rendahnya kekuatan per satuan volume mengakibatkan beton akan berukuran relatif besar, hal penting yang harus dipertimbangkan untuk bangunan-bangunan tinggi dan struktur-struktur berbentang panjang;

5. Sifat-sifat beton sangat bervariasi karena bervariasinya proporsi campuran dan pengadukannya. Selain itu, penuangan dan perawatan beton tidak bisa ditangani setelah seperti yang dilakukan pada proses produksi material lain seperti baja dan kayu lapis.

Dalam perencanaan struktur beton bertulang, beton diasumsikan tidak memiliki kekuatan tarik sehingga diperlukan material lain untuk menanggung gaya tarik yang bekerja. Material yang digunakan umumnya berupa batang-batang baja yang disebut tulangan.

Untuk meningkatkan kekuatan lekat antara tulangan dengan beton di sekelilingnya telah dikembangkan jenis tulangan uliran pada permukaan tulangan, yang selanjutnya disebut sebagai baja tulangan *deform* atau ulir.

2.3 Ketentuan Perencanaan Pembebanan

Perencanaan pembebanan ini digunakan beberapa acuan standar sebagai berikut:

- 1) Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002);
- 2) Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726-2002);
- 3) Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (SKBI-1987);

2.3.1 Pembebanan

Berdasarkan peraturan-peraturan diatas, struktur sebuah gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap bebab-beban berikut:

1. Beban Mati (*Dead Load*), dinyatakan dengan lambang DL;
2. Beban Hidup (*Live Load*), dinyatakan dengan lambang LL;
3. Beban Gempa (*Earthquake Load*), dinyatakan dengan lambang E;
4. Beban Angin (*Wind Load*), dinyatakan dengan lambang W.

2.3.2 Deskripsi Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan ini adalah sebagai berikut:

2.3.2.1 Beban Mati (DL)

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

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

Beban mati yang diperhitungkan dalam struktur gedung bertingkat ini merupakan berat sendiri elemen struktur bangunan yang memiliki fungsi structural menahan beban. Beban dari berat sendiri elemen-elemen tersebut diantaranya sebagai berikut:

- Beton = 2400 kg/m³
- Tegel (24 kg/m²) + Spesi (21 kg/m²) = 45 kg/m³
- Plumbing = 10 kg/m³
- Plafond + Penggantung = 18 kg/m³
- Dinding ½ bata = 250 kg/m²

Beban tersebut harus disesuaikan dengan volume elemen struktur yang akan digunakan. Karena analisis dilakukan dengan program SAP2000, maka berat sendiri akan dihitung secara langsung.

2.3.2.2 Beban Hidup (LL)

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

Beban hidup yang diperhitungkan adalah beban hidup selama masa layan. Beban hidup selama masa konstruksi tidak diperhitungkan karena diperkirakan beban hidup masa layan lebih besar daripada beban hidup pada masa konstruksi. Beban hidup yang direncanakan adalah sebagai berikut:

a) Beban Hidup pada Lantai Gedung

Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada, yaitu sebesar 250 kg/m².

b) Beban Hidup pada Atap Gedung

Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada, yaitu sebesar 100 kg/m².

2.3.2.3 Beban Gempa (E)

Beban gempa adalah beban yang timbul akibat percepatan getaran tanah pada saat gempa terjadi. Untuk merencanakan struktur bangunantahan gempa, perlu diketahui percepatan yang terjadi pada batuan dasar. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, wilayah Indonesia dapat dibagi ke dalam 6 wilayah zona gempa.

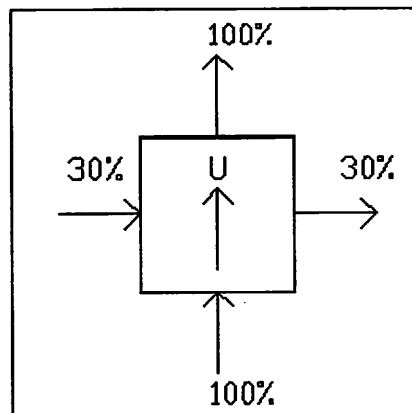
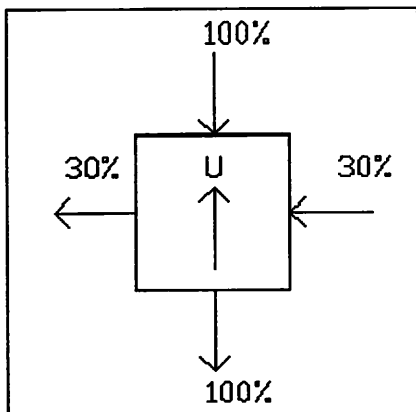
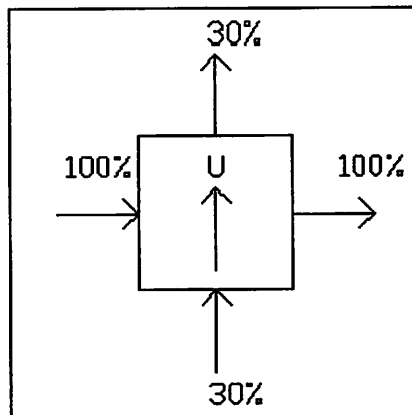
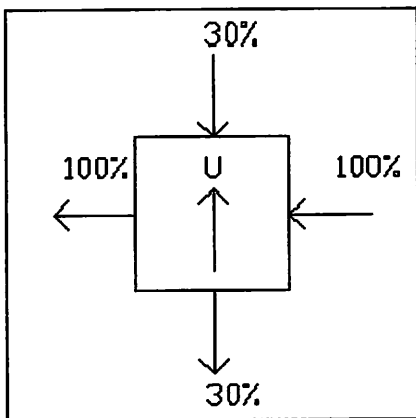
Arah Pembebanan Gempa

Dalam perencanaan struktur gedung, arah utama pengaruh Gempa Rencana harus ditentukan sedemikian rupa, sehingga pengaruh terbesar terhadap unsur-unsur subsistem dan system struktur secara keseluruhan.

Untuk menstimulasikan arah pengaruh Gempa Rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama yang ditentukan harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tadi, tetapi

dengan efektifitasnya hanya 30%. Hal ini telah ditetapkan pada SNI 1726-2002 pasal 5.8.2.

Berikut adalah kombinasi gempa



2.4 Kombinasi Pembebanan

Sesuai dengan ketentuan yang tertera dalam SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 11, agar struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi dan gaya terfaktor.

2.5 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 disisi 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 menentukan dimensi tebal dan lebar flens. Lebar dan tinggi efektif badan balok, dan luas tulangan baja tarik. Balok T juga didefinisikan sebagai balok yang menyatu dengan 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 :

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

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

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

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

Dimana :

M_D = Momen lentur komponen portal akibat beban mati tak terfaktor

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

M_{E_b} = 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 menerima beban lentur murni harus bertulang lemah (under reinforced) SNI-03-2847-2002 hal 70 memberikan batasan tulangan tarik maksimum sebesar 75% dari yang diperlukan 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 ETABS)

Dimana kombinasi untuk M_u balok :

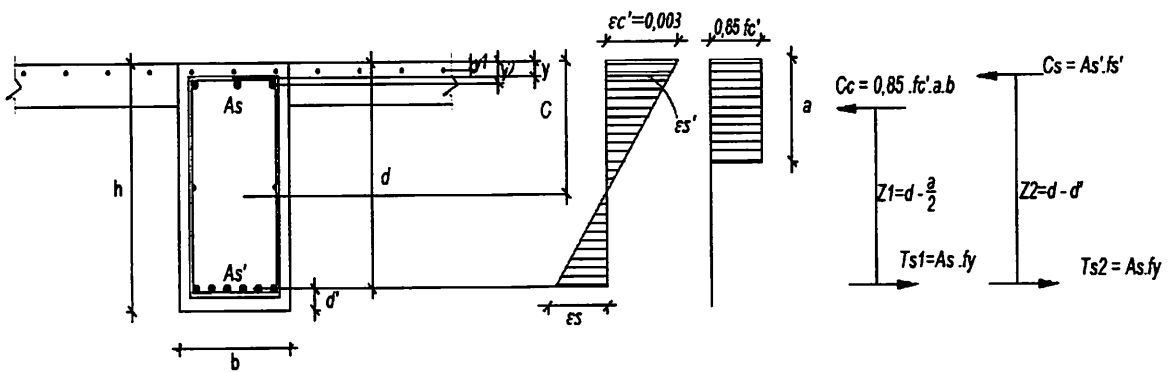
$$= 1,4 M_{D_b}$$

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

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

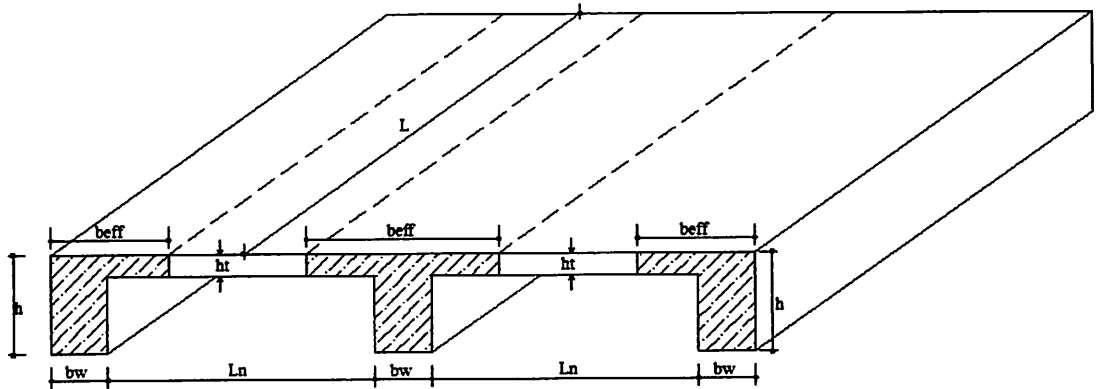
$$= 0,9M_{D_b} \pm 1,0 M_{E_b}$$

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



Gambar 2.3 : Gambar 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 :

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

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

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

b. Jika balok hanya mempunyai plat satu sisi.

Lebar efektif diambil nilai terkecil dari :

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

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

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

3. mencari letak garis netral

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

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

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

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

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

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

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

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

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.

$$\text{Ini terjadi jika nilai } \epsilon'_s > \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

Untuk itu dicari nilai a dengan persamaan sebagai berikut :

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

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

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

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

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

Maka $0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot \quad \cdot 600 = A_s \cdot f_y$

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

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 penampangsejarak (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 $V_u > 1/2 \emptyset V_c$, maka harus dipasang tulangan geser minimum

dengan luas tulangan :

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

Dan bila $V_u > \emptyset V_c$, 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 :

$$S \leq 1/2 d$$

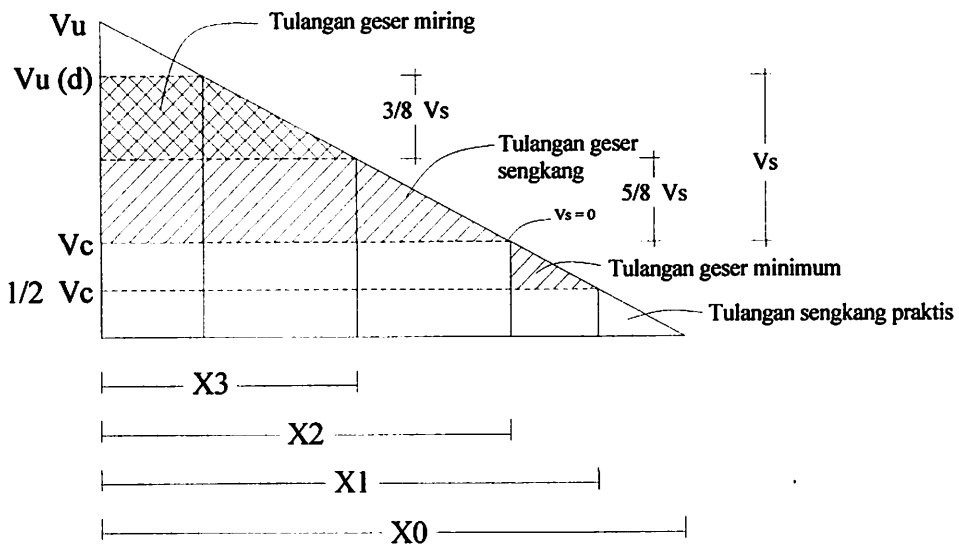
$$S \leq 600 \text{ mm}$$

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 2.4. Diagram Gaya Geser dan Daerah penempatan Tulangan Geser

Keterangan gambar :

$X_0 = \frac{1}{2}$ bentang atau jarak dari perletakan ke suatu titik dimana $V_u=0$

X1 = 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 : $(V_c + V_{s_{maks}}) = (1/6 + 2/3) \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d = 5/6 \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d$

2.7 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.

- Menurut SNI-2847-2002 pasal 12.6(7), 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 untuk komponen yang dibebani kombinasi lentur dan aksial tekan menurut SNI-2847-2002 12.3(3) :

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

ρ_b = rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang

Maka dapat dihitung luas tulangan

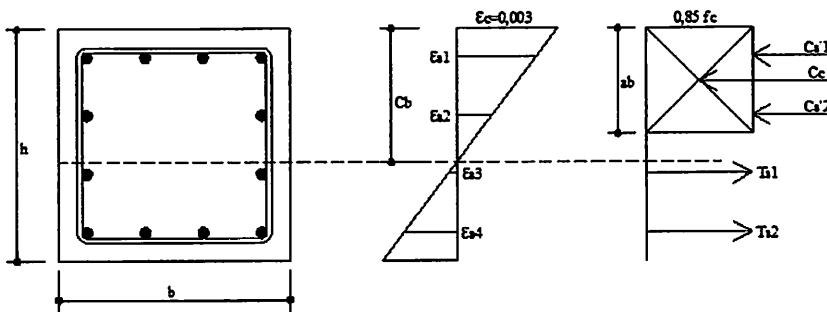
$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

Dimana :

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

b = lebar kolom (mm)

A_s = luas tulangan tarik (mm^2)



Gambar 2.5 Tegangan dan Gaya-gaya Pada Kolom

Tinggi blok tegangan tekan keadaan berimbang

$$ab = \beta_1 \cdot c_b$$

Dimana :

β_1 = faktor reduksi tinggi blok tegangan tekan ekivalen

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

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

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

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

- 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:

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

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

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

2.7.1 Kolom Eksentrisitas Kecil

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

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

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

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g}$$

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

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

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

2.7.2 Kolom Eksentrisitas Besar

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

Dengan definisi :

P_b = Kuat beban aksial nominal pada keadaan seimbang

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

Maka berdasarkan diagram diagram regangan tegangan keadaan seimbang dapat diperoleh:

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

$$a_b = \beta_1 \cdot c_b$$

$$P_b = D_1 + D_2 - T$$

$$M_{nb} = P_b e_b$$

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

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

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

$$P_n = \phi \left[\frac{A_s' \cdot f_y}{d - d'} + 0,5 + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{3he + 1,18d^2} \right]$$

2.8 Kolom Kuat Balok Lemah

Berdasarkan prinsip kolom kuat balok lemah dimana kolom harus diberi cukup kekuatan, sehingga kolom tidak leleh lebih runtuh sebelum balok. Goyangan lateral memungkinkan terjadinya sendi plastis di ujung-ujung kolom akan menyebabkan kerusakan berat, karena itu harus dihindarkan. Oleh sebab itu kolom-kolom selalu didesain 20% lebih kuat dari balok-balok di suatu hubungan balok kolom (HBK).

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

Kuat lentur komponen strukturnya dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$\sum Me \geq \left(\frac{6}{5}\right) \sum Mg$$

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

Dimana :

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

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

M_{nt} = Momen kolom nominal top (atas)

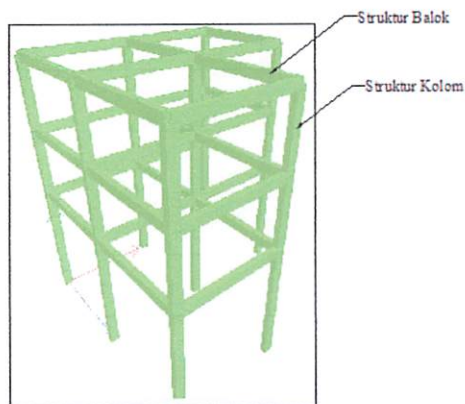
M_{nb} = Momen nominal kolom bawah

M_{nki} = Momen nominal balok kiri

M_{nka} = Momen nominal balok kanan

2.9 Struktur Rangka Terbuka

Untuk konsep rangka terbuka, adalah yang menjadi elemen struktur adalah struktur balok dan struktur kolom. Jadi pada struktur rangka terbuka ini hanya kolom yang menahan beban lateral. Pada struktur rangka terbuka, terdapat rangka ruang lengkap yang memikul beban gravitasi, sedangkan beban lateral dipikul oleh dinding struktural. Berikut contoh gambar struktur rangka terbuka :



Gambar 2.1 Struktur Rangka Terbuka

2.9.1 Struktur Balok

Balok adalah komponen struktur yang bertugas meneruskan bebanyang disangga sendiri maupun dari plat kepada kolom penyangga. Balok menahan gaya-gaya yang bekerja dalam arah transversal terhadap sumbunya yang mengakibatkan terjadinya lenturan (Dipohusodo,1994).

MenurutNawy (1990),berdasarkan jenis keruntuhannya,keruntuhan yang terjadi pada balok dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu :

a. Penampang*balanced*.

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

b. Penampang *over-reinforced*.

Keruntuhan ditandai dengan hancurnya beton yang tertekan.

Pada awal keruntuhan, regangan baja ϵ_s yang terjadi masih lebih kecil daripada regangan lelehnya ϵ_y . Dengan demikian tegangan baja f_s juga lebih kecil dari pada tegangan lelehnya f_y . Kondisi ini terjadi apabila tulangan yang digunakan lebih banyak daripada yang diperlukan dalam keadaan *balanced*.

c. Penampang *under-reinforced*.

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

2.9.2 Struktur Kolom

Definisi kolom menurut SNI 03-2847-2002 adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial desak vertikal dengan tinggi yang ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengan kolom. Umumnya, kegagalan atau keruntuhan komponen desak bersifat mendadak, tanpa diawali dengan tanda peringatan yang jelas. Oleh karena itu, merencanakan struktur kolom harus diperhitungkan secara cermat cadangan kekuatan yang lebih tinggi dari pada komponen struktur lainnya. Kolom tidak hanya menerima beban aksial vertikal, tetapi momen lentur, sehingga analisis kolom diperhitungkan untuk menyangga beban aksial desak dengan eksentrisitas tertentu. Berikut ketentuan-ketentuan yang harus diperhatikan dalam merencanakan kolom

menurut SNI 03-2847-2002 pasal 10.8 :

- 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 maksimum dari momen terhadap beban aksial juga harus diperhitungkan.
- Pada konstruksi rangka atau struktur menerus, pengaruh dari adanya beban yang tak seimbang pada lantai atau atap terhadap kolom luar atau pun dalam harus diperhitungkan. Demikian pula pengaruh dari beban eksentris karena sebab lainnya juga harus diperhitungkan.
- Dalam menghitung momen akibat beban gravitasi yang bekerja pada kolom, ujung-ujung terjauh kolom dapat dianggap terjepit, selama ujung-ujung tersebut menyatu (monolit) dengan komponen struktur lainnya.
- Momen-momen yang bekerja pada setiap level lantai atau atap harus didistribusikan pada kolom diatas dan dibawah lantai tersebut berdasarkan kekakuan relative kolom dengan juga memperhatikan kondisi kekangan pada ujung kolom.

2.9.3 Sistem Rangka Pemikul Momen

Yang dimaksud dengan Sistem Rangka Pemikul Momen menurut buku “Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa”

oleh Prof. Ir. Rachmat Purwono, M.Sc adalah suatu sistem rangka dimana komponen-komponen struktur dan joint – jointnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial. Ada 3 jenis Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM) yaitu :

- a. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB).
- b. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM).
- c. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Indonesia ditetapkan terbagi dalam 6 wilayah gempa seperti ditunjukkan pada gambar 1 SNI 03-1726-2002, yang dapat diterapkan dalam perencanaan suatu struktur gedung yang ditinjau dari Wilayah Gempa (WG) dan Resiko Gempa (RG) struktur tersebut, pembagiannya adalah sebagai berikut :

- a. WG 1 dan 2 atau RG rendah

Suatu struktur yang berada di WG 1 dan 2 dapat direncanakan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) dan harus memenuhi persyaratan desain SNI-2847-2002 Pasal 3 s/d 4, yaitu persyaratan umum desain konstruksi beton bertulang dan tidak ada syarat khusus pendetailan.

- b. WG 3 dan 4 atau RG menengah

Untuk memikul gaya-gaya akibat gempa didaerah dengan resiko gempa menengah, yaitu Wilayah Gempa (WG) 3 dan 4 menurut SNI-2847-2002 Pasal 23.2 (1(3)), harus digunakan :

- Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)
- Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
- Sistem Dinding Struktur Biasa (SDSB) atau Sistem Dinding Struktur Khusus (SDSK)

c. WG 5 dan 6 atau RG tinggi

Daerah dengan resiko gempa tinggi yaitu WG 5 dan 6, sesuai SNI-2847-2002 Pasal 23.2 (1(4)) untuk memikul gaya akibat gempa harus menggunakan :

- Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
- Sistem Dinding Struktur Khusus (SDSK) dan diafragma serta rangka batang sesuai Pasal 23.2 sampai dengan Pasal 23.8

2.10 Persyaratan Untuk Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

2.10.1 Komponen Struktur Lentur pada SRPMK (SNI 03-2847-2002 pasal 23.3)

2.10.1.1 Ruang Lingkup

Komponen struktur lentur pada SRPMK harus memenuhi syarat-syarat dibawah ini:

- 1) Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak boleh melebihi $0,1A_gf_c$.
- 2) Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.

3) Perbandingan lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari 0,3.

4) Lebarnya tidak boleh:

a. Kurang dari 250 mm

b. Lebih lebar dari lebar komponen struktur pendukung (diukur pada bidang tegak lurus terhadap sumbu longitudinal komponen struktur lentur) ditambah jarak pada tiap sisi komponen struktur pendukung yang tidak melebihi tiga perempat tinggi komponen struktur lentur.

2.10.1.2 Tulangan Longitudinal

1) Pada setiap irisan penampang komponen struktur lentur:

Jumlah tulangan atas dan bawah tidak boleh kurang dari

$(2.4) \min \left\{ 4, \frac{w}{f_c} \frac{A_s}{b d} \frac{f_y}{f_y} \right\}$

Tidak boleh kurang dari $1,4 \frac{b w d}{f_y}$

Rasio tulangan ρ tidak boleh melebihi **0,025**.

Sekurang-kurangnya harus ada 2 batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah yang dipasang secara menerus.

2) Kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat lentur negatifnya pada muka tersebut. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak

boleh kurang dari seperempat kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut.

3) Sambungan lewatan pada tulangan lentur hanya diizinkan jika ada tulangan spiral atau sengkang tertutup yang mengikat bagian sambungan lewatan tersebut. Spasi sengkang yang mengikat daerah sambungan lewatan tersebut tidak melebihi $d/4$ atau 100 mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan pada:

- a. Daerah hubungan balok kolom;
- b. Daerah hingga jarak dua kali tinggi balok dari muka kolom;
- c. Tempat-tempat yang berdasarkan analisis, memperlihatkan kemungkinan terjadinya leleh lentur akibat perpindahan lateral inelastik struktur rangka.

2.10.1.3 Tulangan Transversal

1) Sengkang tertutup harus dipasang pada komponen struktur pada daerah-daerah dibawah ini:

- a. Pada daerah hingga dua kali tinggi balok diukur dari muka tumpuan ke arah tengah bentang, di kedua ujung komponen struktur lentur.
- b. Disepanjang daerah dua kali tinggi balok pada kedua sisi dari suatu penampang dimana leleh lentur diharapkan dapat terjadi sehubungan dengan terjadinya deformasi inelastik struktur rangka.

2) Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak melebihi 50 mm dari muka tumpuan.

Jarak maksimum antara sengkang tertutup tidak boleh melebihi:

- $d/4$;
- delapan kali diameter terkecil tulangan memanjang;
- 24 kali diameter batang tulangan sengkang tertutup;
- 300 mm.

3) Pada daerah yang memerlukan sengkang tertutup, tulangan memanjang pada perimeter harus mempunyai pendukung lateral.

4) Pada daerah yang tidak memerlukan sengkang tertutup, sengkang dengan kait gempu pada kedua ujungnya harus dipasang dengan spasi tidak lebih dari $d/2$ di sepanjang bentang komponen struktur.

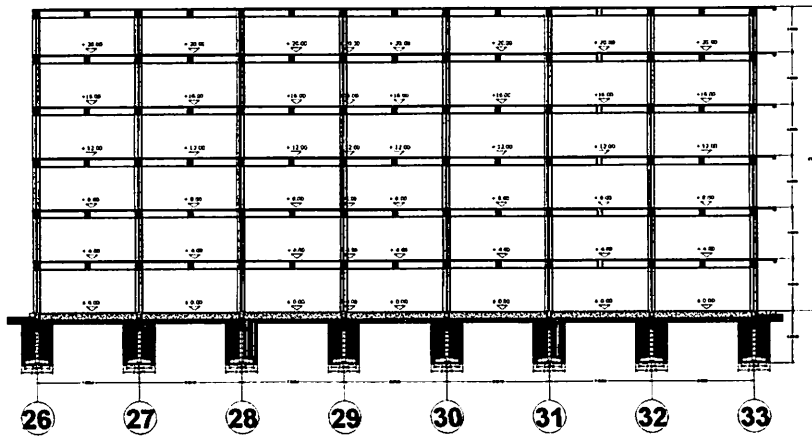
5) Sengkang atau sengkang ikat yang diperlukan untuk memikul geser harus dipasang di sepanjang komponen struktur.

6) Sengkang tertutup dalam komponen struktur lentur diperbolehkan terdiri dari dua unit tulangan, yaitu: sebuah sengkang dengan kait gempu pada kedua ujung dan ditutup oleh pengikat silang. Pada pengikat silang yang berurutan yang mengikat tulangan memanjang yang sama, kait 90 derajat harus dipasang secara berselang-seling. Jika tulangan memanjang yang diberi pengikat silang dikekang oleh pelat

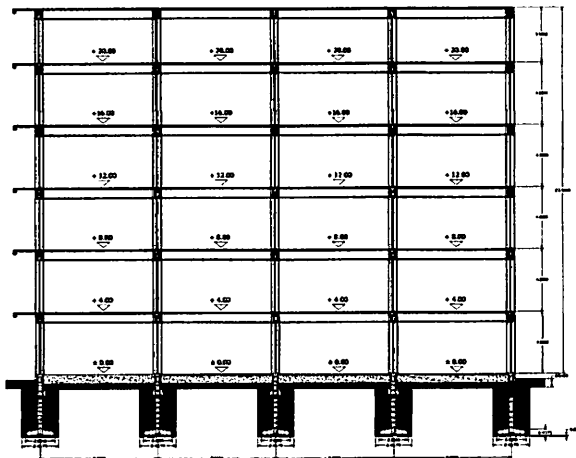
lantai hanya pada satu sisi saja maka kait 90 derajatnya harus dipasang pada sisi yang dikekang.

BAB III

DATA PERENCANAAN



POTONGAN MELINTANG (ZONA C)



POTONGAN MELINTANG (ZONA C)

3.1 Data Bangunan

Data umum pembangunan Lombok City Center Mataram adalah sebagai berikut :

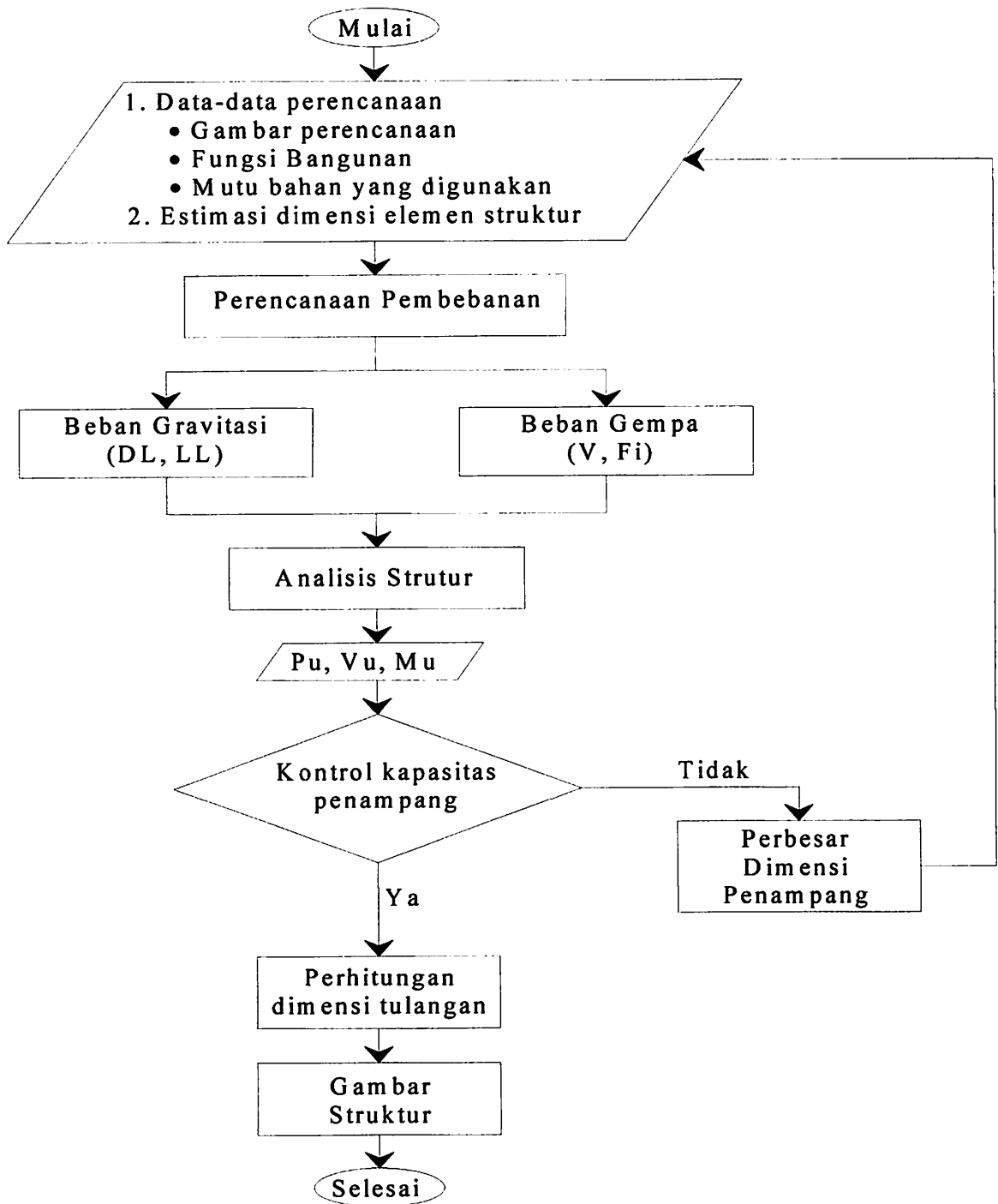
Nama gedung	: Lombok City Center
Lokasi bangunan	: Jln. Ahmad Yani, Narmada NTB
Fungsi	: Hotel
Daerah gempa	: Wilayah 6
Tinggi bangunan	: 23,5 m
Jumlah lantai	: 6 lantai
Struktur bangunan	: Beton bertulang

3.2 Mutu Bahan Yang Digunakan

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

3.3 Diagram Alir Pengerjaan

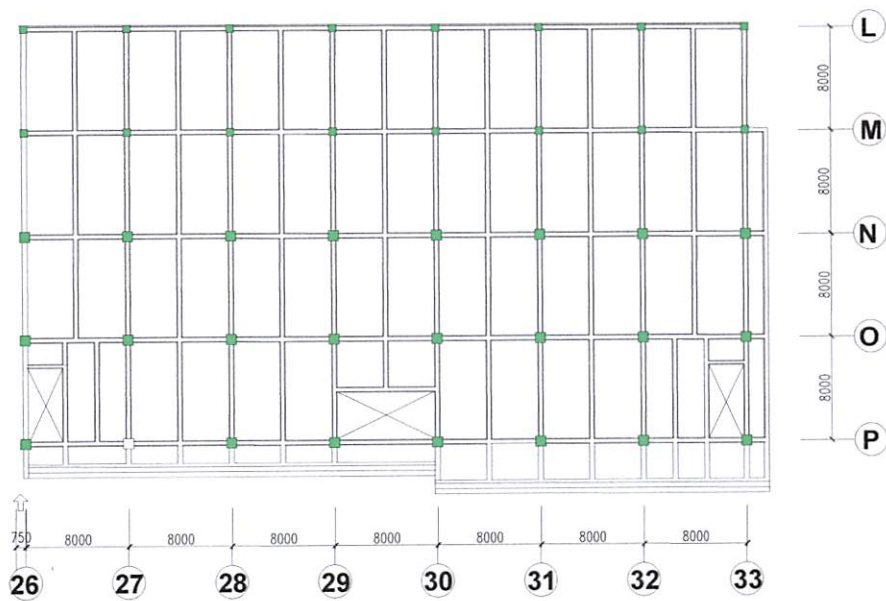
Alur metodologi untuk perencanaan struktur gedung Lombok city center sebagaimana disebutkan secara urut diatas, jika digambarkan dalam sebuah Diagram Metodologi adalah sebagai berikut :



3.4 Perencanaan Dimensi Plat, Balok dan Kolom

3.4.1 Perencanaan Dimensi Plat

Untuk perencanaan struktur Lombok City Center Mataram ini dimensi plat lantai menggunakan 12 cm / 120 mm.



Layout Balok (Zona C)

3.4.2 Perencanaan Dimensi Balok

Berikut perhitungan rencana dimensi balok sesuai dengan ketentuan diatas:

- Untuk balok bentang 8 m balok induk (B1)

$$h = \frac{1}{10}L - \frac{1}{15}L = \frac{1}{10}800 - \frac{1}{15}800$$

$$= 80 \text{ cm} - 53.333 \text{ cm} \dots \text{ Dipakai dimensi } 70 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{2}h - \frac{2}{3}h = \frac{1}{2}70 - \frac{2}{3}70$$

$$= 35 \text{ cm} - 46,6 \text{ cm} \dots \text{ Dipakai dimensi } 40 \text{ cm}$$

Jadi, untuk bentang 8 m dipakai dimensi balok 40/70 cm

- Balok bentang 8 m balok anak (B2)

$$h = \frac{1}{10}L - \frac{1}{15}L = \frac{1}{10}800 - \frac{1}{15}800$$

$$= 80 \text{ cm} - 53.333 \text{ cm} \dots \text{ Dipakai dimensi } 60 \text{ cm}$$

$$b = \frac{1}{2}h - \frac{2}{3}h = \frac{1}{2}60 - \frac{2}{3}60$$

$$= 30 \text{ cm} - 40 \text{ cm} \dots \text{ Dipakai dimensi } 30 \text{ cm}$$

Jadi, untuk bentang 8 m dipakai dimensi balok 30/60 cm

- Balok bentang 8 m balok anak (B2)

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

$$= 40 \text{ cm} - 26,6 \text{ cm} \dots \text{ Dipakai dimensi } 40 \text{ cm}$$

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

= 20 cm – 26,6cm Dipakai dimensi 30 cm

Jadi, untuk bentang 8 m dipakai dimensi balok 30/40 cm

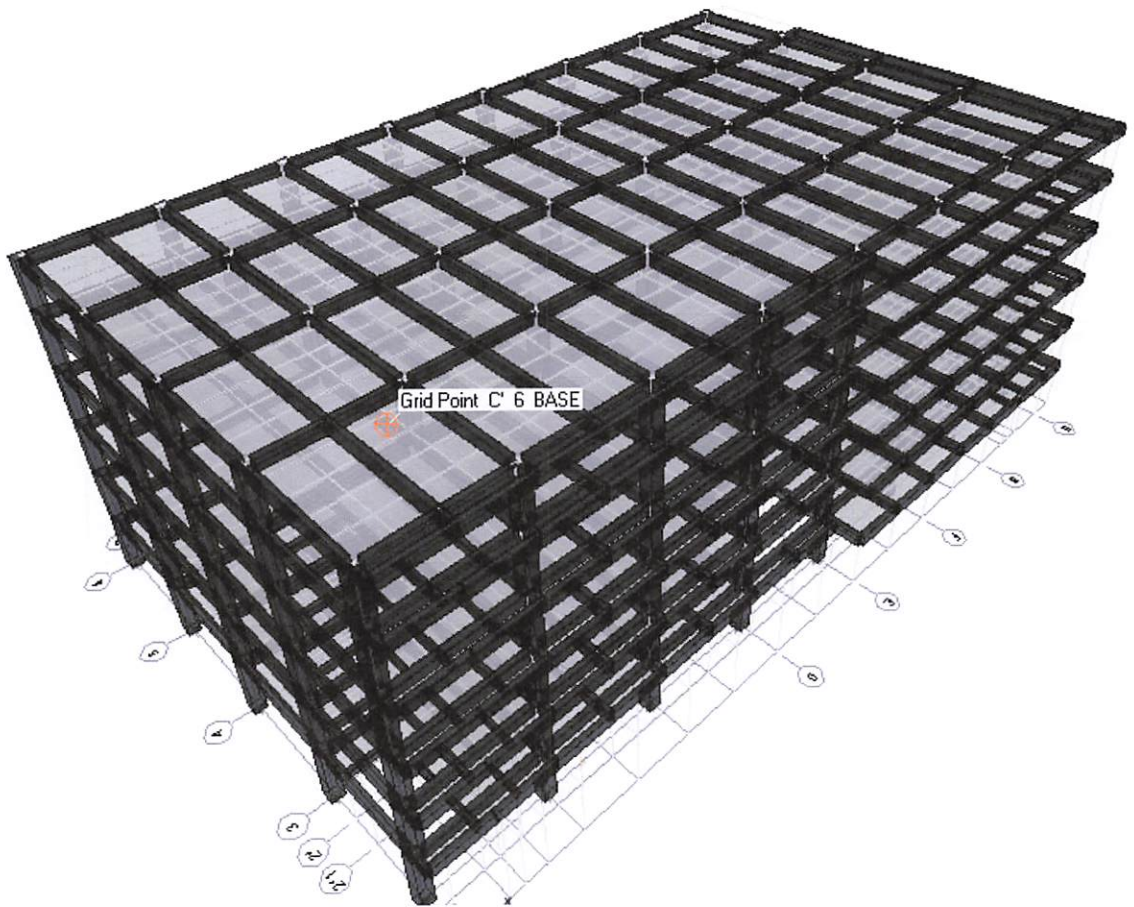
3.4.3 Perencanaan Dimensi Kolom.

Direncanakan kolom berukuran 70/70 cm.

BAB IV

PERHITUNGAN

Gambar 4.1 Struktur Gedung Lombok City Center



4.1 Pembebanan

Jenis beban yang bekerja pada gedung meliputi :

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

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

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

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

c. Beban hidup (*live load*)

Berupa beban luasan yang ditinjau berdasarkan fungsi bangunan.

d. Beban gempa (*earthquake load*)

Ditinjau terhadap beban gempa static dan dinamik.

4.1.1 Perhitungan Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah beban dari semua elemen gedung yang bersifat permanen termasuk peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung.

Tinjauan dari peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung 1987 maka beban mati diatur sebagai berikut :

1. Beban matipada plat lantai

Beban mati yang bekerja pada plat lantai gedung meliputi :

$$\text{Beban pasir setebal 1 cm} = 0,01 \times 16 = 0,16 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban spesi setebal 3 cm} = 0,03 \times 22 = 0,66 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban keramik setebal 1 cm} = 0,01 \times 22 = 0,22 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban plafon penggantung} = 0,2 \text{ kN/m}^2$$

Beban instalasi ME = 0.25 kN/m^2

Total beban mati pada plat lantai = $1,49 \text{ kN/m}^2$

2. Beban matipada plat roof

Beban mati yang bekerja pada plat lantai gedung meliputi :

Berat waterproofing dengan aspal tebal 2 cm = $0,28 \text{ N/m}^2$

Beban plafon penggantung = $0,2 \text{ kN/m}^2$

Beban instalasi ME = 0.25 kN/m^2

Total beban mati pada plat lantai = $0,73 \text{ kN/m}^2$

1. Beban mati pada balok

Beban bata ringan = 2.5 kN/m^2

4.1.2 Perhitungan Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban yang bekerja pada lantai bangunan tergantung dari fungsi ruang yang digunakan. Besarnya beban hidup pada lantai bangunan menurut tata cara perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung PPUG 1987 ditunjukkan pada tabel berikut :

BEBAN HIDUP UNTUK GEDUNG			
NO	JENIS BEBAN HIDUP	BEBAN	SATUAN
1	DAK ATAP BANGUNAN	1	kN/m ²
2	RUMAH TINGGAL	2	kN/m ²
3	KANTOR, SEKOLAH, HOTEL, PASAR, RUMAH SAKIT	2.5	kN/m ²
4	HALL, TANGGA, CORIDOR, BALKONY	3	kN/m ²
5	RUANG OLAHRAGA, PABRIK, BIOSKOP, BENGKEL, PERPUSTAKAAN, TEMPAT IBADAH, PARKIR, AULA	4	kN/m ²
6	PANGGUNG PENONTON	5	kN/m ²

Tabel 4.1 Beban Hidup untuk gedung

Reduksi beban dapat dilakukan dengan cara mengalikan beban hidup dengan koefisien reduksi yang nilainya tergantung pada penggunaan bangunan.

Besarnya koefisien reduksi beban hidup untuk perencanaan portal dan gempa ditentukan sebagai berikut :

NO	FUNGSI BANGUNAN	FAKTOR REDUKSI UNTUK PORTAL	FAKTOR REDUKSI UNTUK GEMPA
1	PERUMAHAN : RUMAH TINGGAL, ASRAMA HOTEL, RUMAH SAKIT	0.75	0.3
2	GEDUNG PENDIDIKAN : SEKOLAH RUANG KULIAH	0.9	0.5
3	TEMPAT PERTEMUAN UMUM, TEMPAT IBADAH, BIOSKOP, RESTORAN, RUANG DANCE, RUANG	0.9	0.5
4	KANTOR, BANK	0.6	0.3
5	GEDUNG PERDAGANGAN DAN RUANG PENYIMPANAN ; TOKO, TOSERBA, PASAR, GUDANG,	0.8	0.8
6	TEMPA KENDARAAN : GARASI, TEMPAT PARKIR	0.9	0.5
7	PABRIK, BENGKEL	1	0.9

Tabel 4.2 Faktor Reduksi Beban Hidup untuk Gedung

Dari tabel 4.2, beban hidup yang bekerja untuk perkantoran adalah sebagai berikut :

- Beban hidup ruang = 2.5 kN/m²
- Beban hidup lantai atap = 1 kN/m²

4.2 Beban Gempa

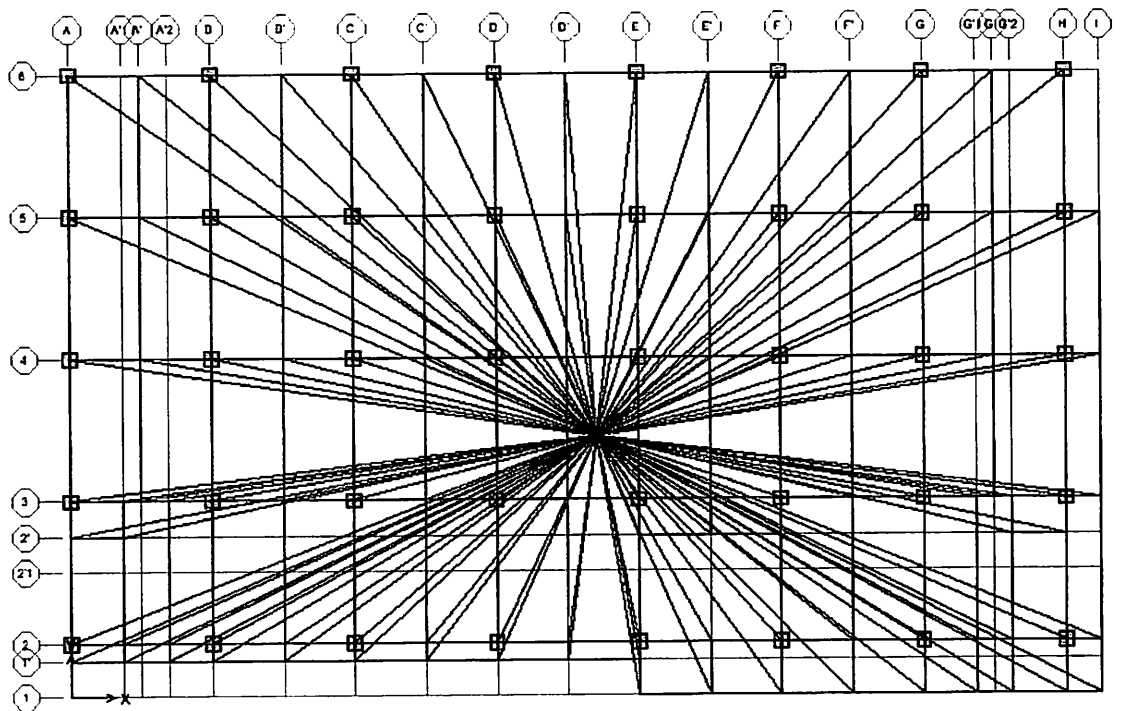
Analisa beban gempa dilakukan dengan 2 cara yaitu static ekuivalen dan dinamik respons spektrum.

4.3.1 Perhitungan Beban Gempa dengan Statik Ekuivalen

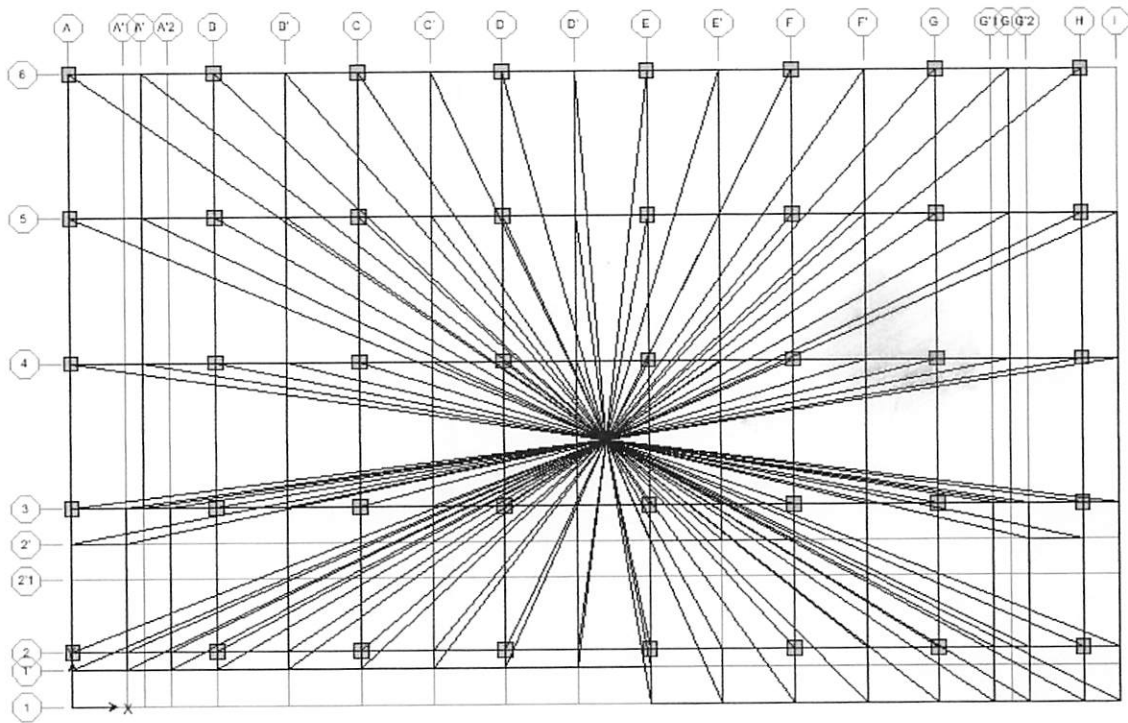
a. Plat Lantai Sebagai Penyalur Beban Lateral/Gempa (Lantai Tingkat sebagai Diafragma)

lantai tingkat, atap beton dan sistem lantai dengan ikatan suatu struktur gedung dapat dianggap sangat kaku dalam bidangnya dan dianggap bekerja sebagai diafragma terhadap beban gempa horizontal. Maka, masing-masing lantai tingkat didefinisikan sebagai diafragma kaku seperti gambar dibawah ini :

Gambar 4.2 Diafragma lantai 2-6

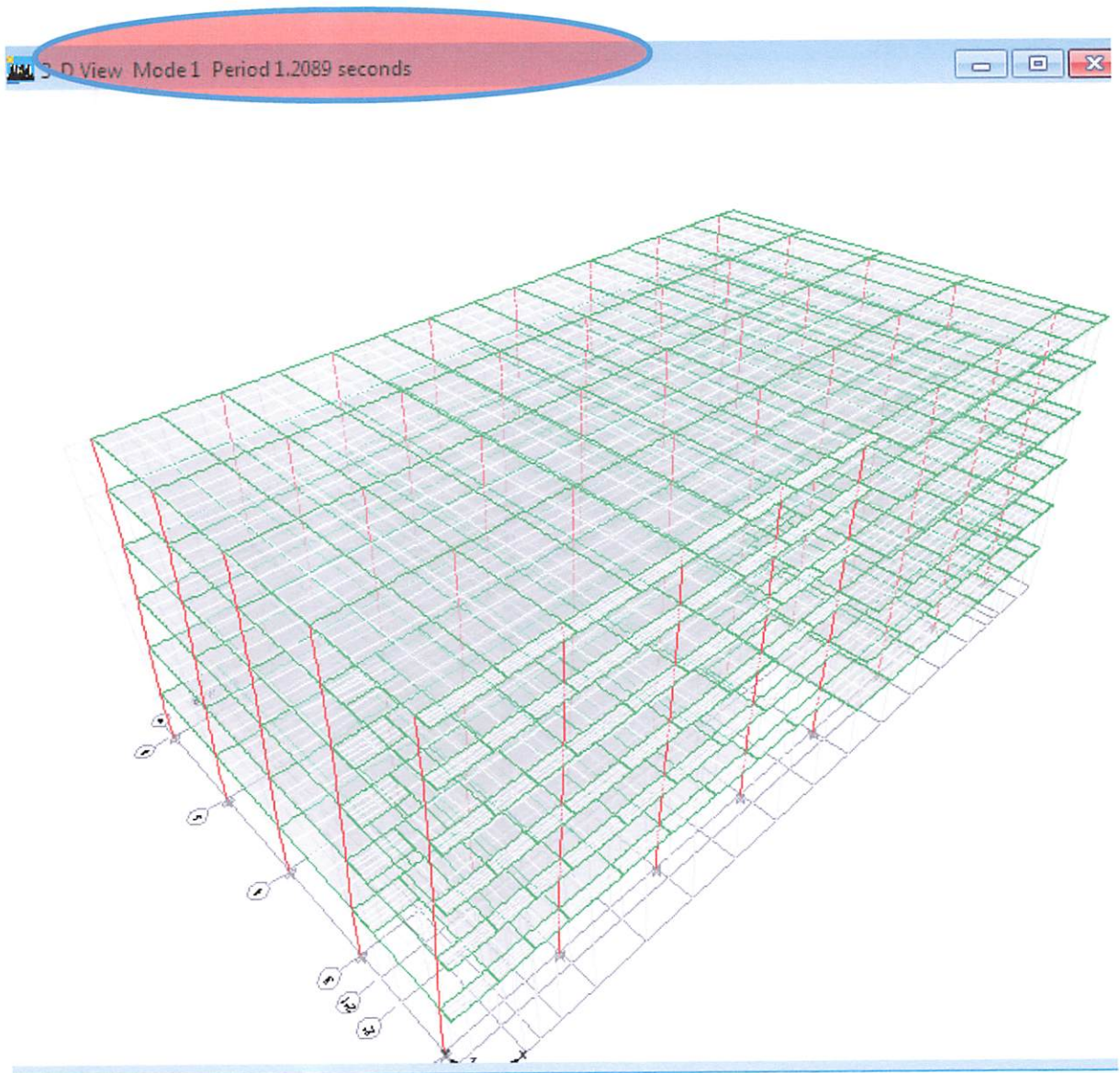


Gambar 4.3 Diafragma atap



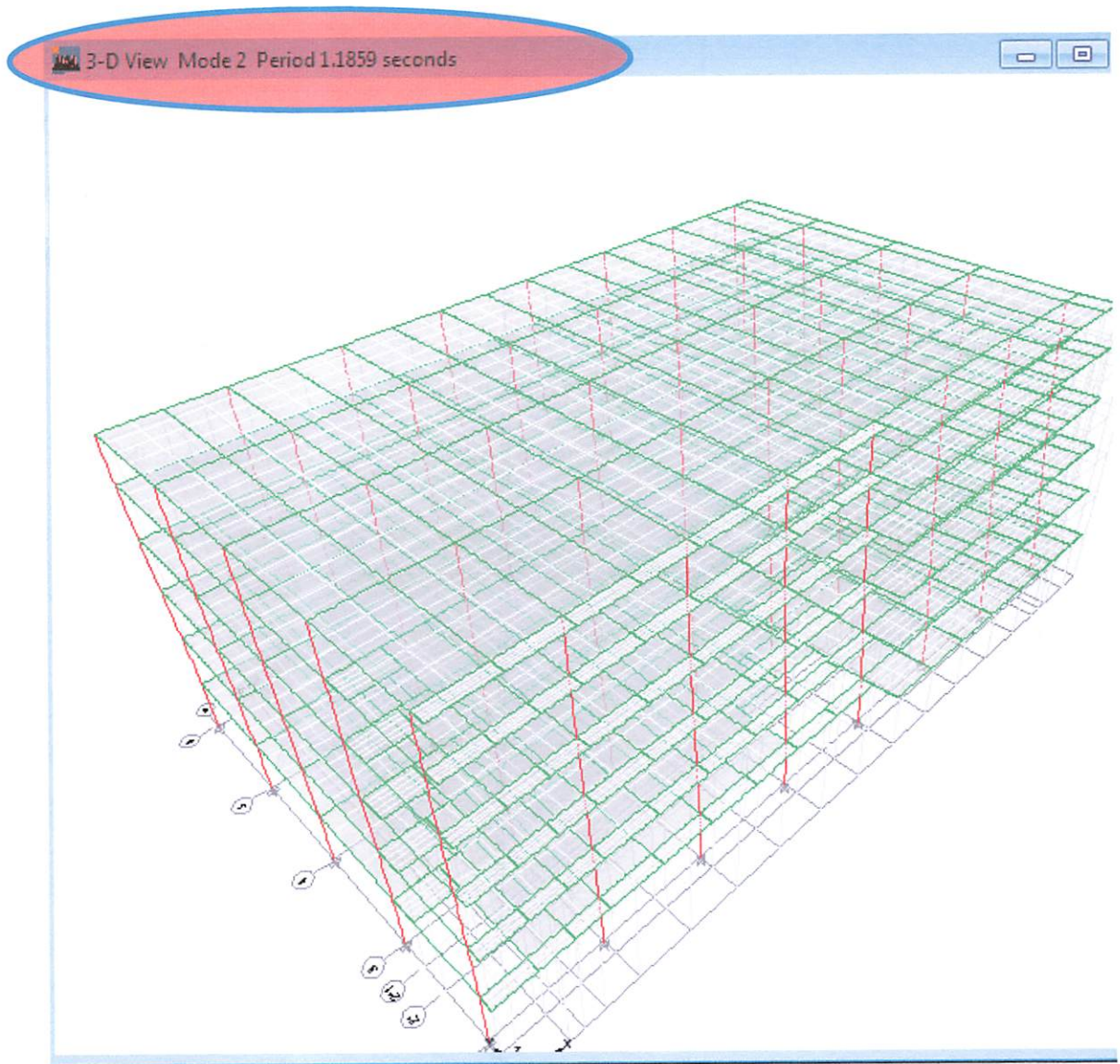
b. Waktu Getar Alami (T)

Pada ETABS waktu getar alami dapat diketahui secara otomatis dari hasil ragam getar atau *modal analysis* dengan cara *Run*, kemudian *Display – Show Mode Shapes*. Waktu getar analisis ETABS untuk mode 1 dan mode 2 ditunjukkan sebagai berikut :



Gambar 4.9. Waktu Getar Struktur Mode 1 (arah x)

Waktu getar sktruktur *Mode 1* (T_1) pada arah X adalah sebesar 1.2089 detik, berarti struktur gedung kemungkinan akan mengalami gerakan dengan tipe pada gambar 4.9 setiap 1.2089 detik.



Gambar 4.10 waktu getar struktur *Mode 2* (arah Y)

Waktu getar sktruktur *Mode 2* (T_2) pada arah Y adalah sebesar 1.1859 detik, berarti struktur gedung kemungkinan akan mengalami gerakan dengan tipe pada gambar 4.10 setiap 1.1859 detik.

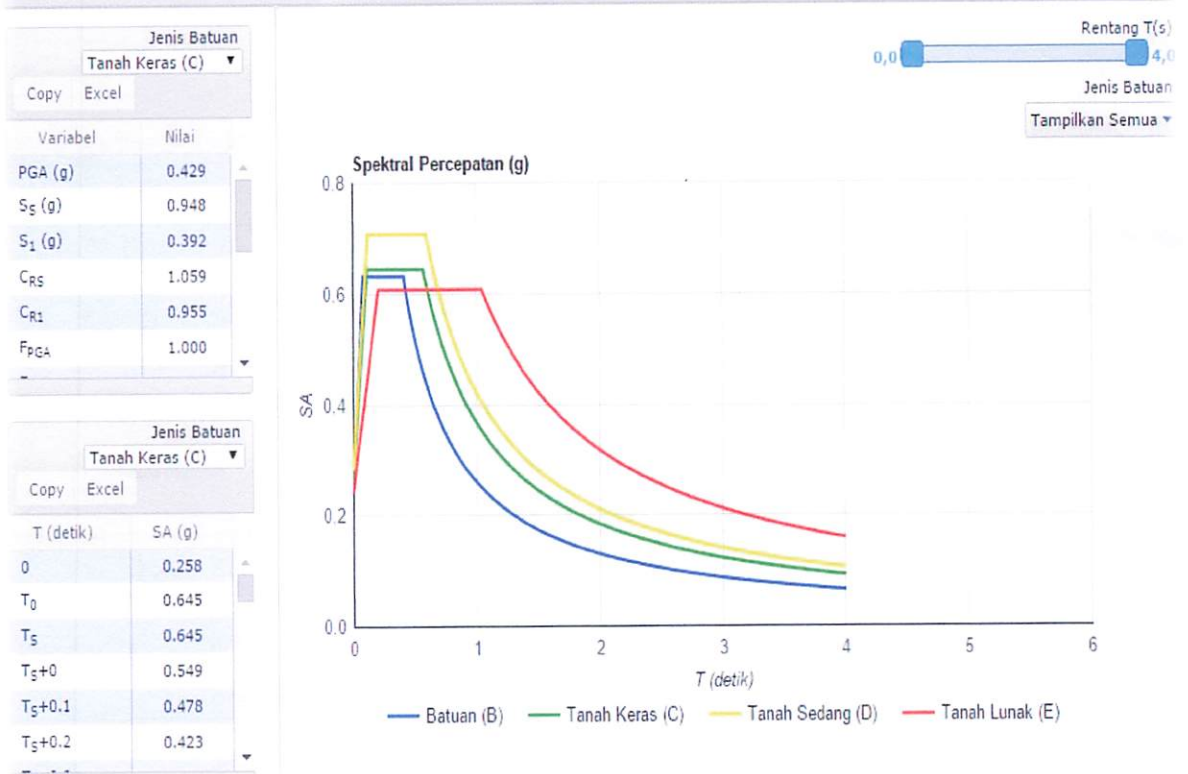
c. Penentuan Jenis Tanah

Gedung Lombok City Center Mataram ini terletak di Jl.A. Yani Grimax Narmada , Nusa Tenggara Barat , Indonesia.

1. Menentukan nilai S_s (Respon spectra 0,2 detik) dan S_1 (respon spectra percepatan 0.1 detik).

- Lokasi gedung : Jalan Ahmad Yani Narmada NTB
- Data di dapatkan dari : puskim.pu.go.id

Nilai Spektral Percepatan Di Permukaan Dari Gempa Risk-Targeted Maximum Consider Earthquake Dengan Probabilitas Keruntuhan Bangunan 1% dalam 50 Tahun
 Lokasi: Lombok (Lat: -8.650979 , Long: 116.32494380000003)



Maka di dapat :

- S_s (g) = 0.948
- S_1 (g) = 0.392

2. Menentukan Kategori Resiko Bangunan dan Faktor

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none">- Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan- Fasilitas sementara- Gudang penyimpanan- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none">- Perumahan ; rumah toko dan rumah kantor- Pasar- Gedung perkantoran- Gedung apartemen/ rumah susun- Pusat perbelanjaan/ mall- Bangunan industri- Fasilitas manufaktur- Balok	II

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Tabel 4.1 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban

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

Tabel 4.2 Faktor keutamaan gempa

3. Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS)

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	N atau \bar{N}_{da}	\bar{s}_v (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

Tabel 4.3 klasifikasi situs

4. Menentukan Koefisien Situs F_a dan F_v

Untuk di Lombok = Tanah Keras (SC)

Koefisien situs F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

CATATAN:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_s dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 4.4 koefisien situs F_a

$$0,948 S_s = F_a$$

$$1,0 S_s = 1,0$$

$$0,75 S_s = 1,1$$

Maka untuk mencari nilai F_a menggunakan interpolasi

$$F_a = \frac{1,0-1,1}{1,0-0,75} x(0,948 - 0,75) + 1,1 = 1,0208$$

Untuk nilai $S_s = 0,948$ g maka didapat $F_a = 1,0208$

Koefisien situs F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_1 , dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 4.5 koefisien situs F_v

- $0.392 S_1 = F_v$
- $0.4 S_1 = 1.4$
- $0.3 S_1 = 1.5$

Maka untuk mencari nilai F_v menggunakan cara interpolasi

$$F_v = \frac{1.4-1.6}{0.4-0.3} \times (0.392 - 0.3) + 1.5 = 1.408$$

Untuk nilai $S_1 = 0.392 \text{ g}$

maka didapat $F_v = 1.408$

Menentukan factor R , C_d dan Ω_0

Menurut pasal 7.2.2 SNI 1726 :2012 untuk bresing konsentris khusus dengan

SRMPM didapat faktor faktor antara lain

- R (Koefisien modifikasi Respons) = 6
- Ω_0 (Faktor Kuat lebih sistem) = 2,5
- C_d (Faktor kuat lebih sistem) = 5

5. Menentukan Nilai S_{DS} (kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek) dan S_{D1} (kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik)

$$\begin{aligned}
 S_{DS} &= 2/3F_a \cdot S_s & S_{D1} &= 2/3F_v \cdot S_1 \\
 &= 2/3 \cdot 1.0208 \cdot 0.948 & &= 2/3 \cdot 1.408 \cdot 0.392 \\
 &= 0.64515 \text{ g} & &= 0.36796 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

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

Untuk nilai $S_{DS} = 0.64515$ maka termasuk kategori desain seismic **D**

Kategori desain seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

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

Untuk nilai $S_{D1} = 0.36796$ maka termasuk kategori desain seismic **D**.

d. Perhitungan Beban Gempa Nominal

$$V = C_s \cdot W$$

dimana : C_s = koefisien respon seismic

W = Berat seismic efektif

R = factor modifikasi respon, untuk wilayah gempa 6 di pakai 8,5

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0.64515}{\left(\frac{8.5}{1}\right)} = 0,0759$$

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

$$C_{s x} = \frac{0.64515}{1.1186 \left(\frac{8.5}{1}\right)} = 0.06785$$

$$C_{s y} = \frac{0.64515}{1.1186 \left(\frac{8.5}{1}\right)} = 0.06785$$

Digunakan nilai C_s yang memenuhi yakni C yang dipakai 0.06785

$$\begin{aligned} C_{s \min} &= 0,0687 \cdot S_{DS} \cdot I_e && \geq 0.01 \\ &= 0.06785 \times 0.64515 \times 1 && \geq 0.01 \\ &= 0.04377 && \geq 0.01 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Berat Bangunan Setiap Lantai

Berat bangunan setiap lantai dihitung menggunakan program bantu ETABS, maka diperoleh :

BERAT DAN MASSA BANGUNAN TIAP LANT (ETABS)

LANTAI	MASSA	BERAT (KN)	TOTAL MASSA X	TOTAL MASSA Y	TOTAL MASSA Z
2	1371.403	13456.999	1371.403	1371.403	0
3	1371.403	13456.999	1371.403	1371.403	0
4	1371.403	13456.999	1371.403	1371.403	0
5	1371.403	13456.999	1371.403	1371.403	0
6	1371.403	13456.999	1371.403	1371.403	0
ATAP	1247.989	12245.989	1247.989	1247.989	0

a. Beban mati tambahan

- Beban mati tambahan pada plat lantai 1 -6 (L = 1792 m²) :

$$\text{Pasir setebal 1 cm} = 0,01 \times 0,16 \times L = 286,72 \text{ KN}$$

$$\text{Spesi setebal 3 cm} = 0,03 \times 22 \times L = 1182,72 \text{ KN}$$

$$\text{Keramik setebal 1 cm} = 0,01 \times 22 \times L = 394,24 \text{ KN}$$

$$\text{Instalasi ME} = 0,25 \times L = 448 \text{ KN}$$

$$\text{Dinding bata ringan dengan tinggi 4 m} = 2,5 \times 4 \times L = 17920 \text{ KN}$$

$$\text{Total beban mati tambahan} = 20231,68 \text{ KN}$$

- Beban mati tambahan pada plat latap / roof (luas = 1792 m²) :

$$\text{Pasir setebal 1 cm} = 0,01 \times 0,16 \times L = 286,72 \text{ KN}$$

$$\text{Spesi setebal 3 cm} = 0,03 \times 22 \times L = 1182,72 \text{ KN}$$

$$\text{Instalasi ME} = 0,25 \times L = 448 \text{ KN}$$

$$\text{Total beban mati tambahan} = 1917,44 \text{ KN}$$

b. Beban hidup tambahan

➤ Bebanhidup tambahan pada plat lantai 1 -6 (luas = 1792 m²) :

$$\text{Beban hidup untuk hotel} = \text{KN/m}^2$$

$$\text{Factor reduksi} = 0.3 \text{ KN}$$

$$\text{Total beban hidup} = 2,5 \times 0,3 \times 1792 = 1344 \text{ KN}$$

Dimana L = Luas bangunan

➤ Beban hidup tambahan pada plat lantai atap / roof (luas = 1792 m²) :

$$\text{Beban hidup untuk hotel} = 2,5 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Factor reduksi} = 0.3$$

$$\text{Total beban hidup} = 1344 \text{ KN}$$

PERHITUNGAN BEBAN MATI DAN BEBAN HIDUP TAMBAHAN

LANTAI	BEBAN MATI TAMBAHAN (KN)	BEBAN SENDIRI (KN)	BEBAN TOTAL (KN)
2	22149.12	13456.999	35606.119
3	22149.12	13456.999	35606.119
4	22149.12	13456.999	35606.119
5	22149.12	13456.999	35606.119
6	1917.44	13456.999	15374.439
ATAP	1917.44	12245.989	14163.429

TOTAL BEBAN	171962.344
--------------------	-------------------

Maka nilai, $V_x = 0.06785 \cdot W$
 $= 0.06785 \times 171962.344$
 $= 1167.645 \text{ kN}$

$V_y = 0.06785 \cdot W_s$
 $= 0.06785 \times 171962.344$
 $= 1167.645 \text{ kN}$

4.3 Gaya Lateral Gempa

Menghitung Gaya gempa Lateral

$T_x = 1.1186 \text{ detik}$

$T_y = 1.1186 \text{ detik}$

$V_x = 1167.645 \text{ kN}$

$V_y = 1167.645 \text{ kN}$

GAYA GEMPA LATERAL

AT	W (kN)	hi (m)	W x hi ^{kx} (KnM)	W x hi ^{ky} (KnM)	Cvx	Cvy	Fx (kN)	Fy (kN)
	13456.999	4	104381.4793	78242.61925	0.02509	0.033784	143.8782	193.730
	13456.999	8	290710.7294	188664.8352	0.069879	0.081462	400.7121	467.139
	13456.999	12	529266.4726	315712.2701	0.12722	0.136319	729.5345	781.712
	13456.999	16	809652.5245	454923.6771	0.194617	0.196429	1116.015	1126.40
	13456.999	20	1125911.875	603941.3649	0.270637	0.260772	1551.943	1495.37
	12245.989	23.5	1300308.198	674488.3181	0.312557	0.291233	1792.329	1670.09
	79530.984		4160231.279	2315973.085	1	1	5734.412	5734.412

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

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

Tingkat	Perhitungan Gaya Gempa 100% arah yang ditinjau dan 30% arah tegak lurus			
	Fx (kN)	30% Fy (kN)	Fy (kN)	30% Fx (kN)
lt2	143.8782	43.16344936	193.7309	58.11925569
lt3	400.7121	120.2136426	467.1393	140.1417783
lt4	729.5345	218.8603452	781.7122	234.5136491
lt5	1116.015	334.8045648	1126.403	337.9210175
lt6	1551.943	465.5829804	1495.375	448.6125712
Roof	1792.329	537.6987128	1670.051	501.0154235

e. Eksentrisitas Rencana (e_d)

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

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

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

tabel nilai pusat rotas (XCR dan YCR) tiap lantai *input dari ETABS*

Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX	CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
LANTAI 2	LANTAI2	1371.4	1371.4	29.374	17.874	1371.403	1371.403	29.374	17.874	28.186	18.711
LANTAI 3	LANTAI3	1371.4	1371.4	29.374	17.874	1371.403	1371.403	29.374	17.874	28.36	18.435
LANTAI 4	LANTAI4	1371.4	1371.4	29.374	17.874	1371.403	1371.403	29.374	17.874	28.466	18.262
LANTAI 5	LANTAI5	1371.4	1371.4	29.374	17.874	1371.403	1371.403	29.374	17.874	28.536	18.147
LANTAI 7	LANTAI6	1356.04	1356.04	29.39	17.861	1356.0366	1356.0366	29.39	17.861	28.589	18.06
LANTAI 6	ATAP	1140.42	1140.42	29.504	17.686	1140.4241	1140.4241	29.504	17.686	28.644	17.985

Lantai	Pusat Massa		Pusat Rotasi		Eksentrisitas (e)		ed = 1.5e + 0.05 b		ed = e - 0.05 b		Koordinat Pusat Massa	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y		
2	29.374	17.874	28.186	18.711	1.188	-0.837	3.162	1.7145	-0.192	-3.807	25.024	16.9965
3	29.374	17.874	28.36	18.435	1.014	-0.561	2.901	2.1285	-0.366	-3.531	25.459	16.3065
4	29.374	17.874	28.466	18.262	0.908	-0.388	2.832	2.388	-0.562	-3.358	25.634	15.874
5	29.374	17.874	28.536	18.147	0.838	-0.273	2.157	2.5605	-0.062	-3.243	26.379	15.5865
6	29.39	17.861	28.589	18.06	0.801	-0.199	2.1015	2.6715	-0.099	-3.169	26.4875	15.3885
ATAP	29.504	17.686	28.644	17.985	0.86	-0.299	2.19	2.5215	-0.04	-3.269	26.454	15.4635

1.3 Kinerja Struktur Gedung

4.3.1 Kinerja Batas Layan

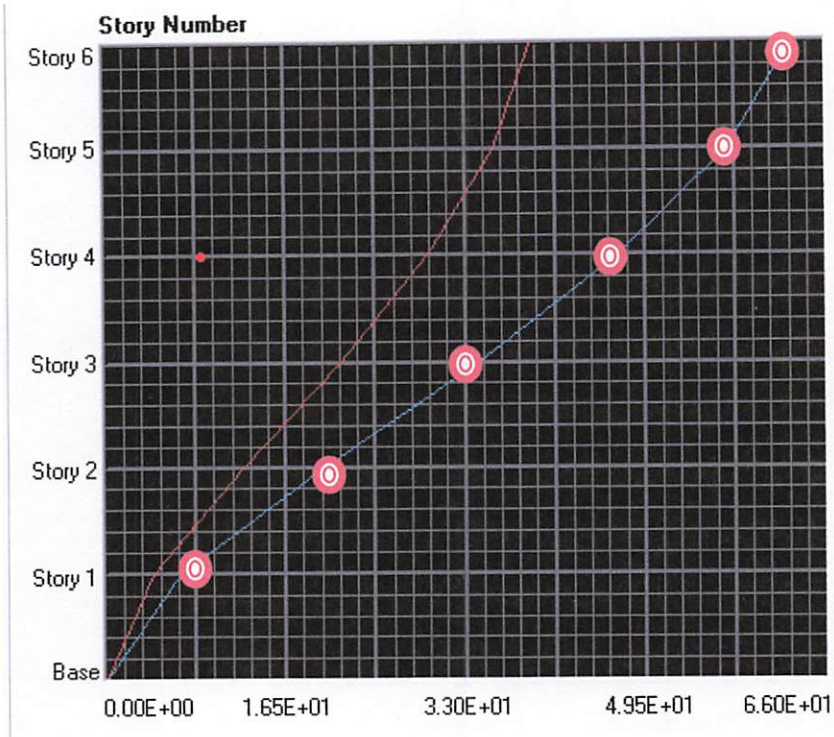
Kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya peretakan beton yang berlebihan, mencegah kerusakan non struktur dan ketidaknyaman penghuni.

Simpangan antar tingkat yang diizinkan tidak boleh melampui $0.03/R \times$ tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm. diambil yang terkecil. Besarnya simpangan yang terjadi dapat diketahui melalui program ETABS.

Perhitungan kinerja batas layan akibat simpangan arah X dan Y dapat dibaca dari grafik dan dihitung sebagai berikut :

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

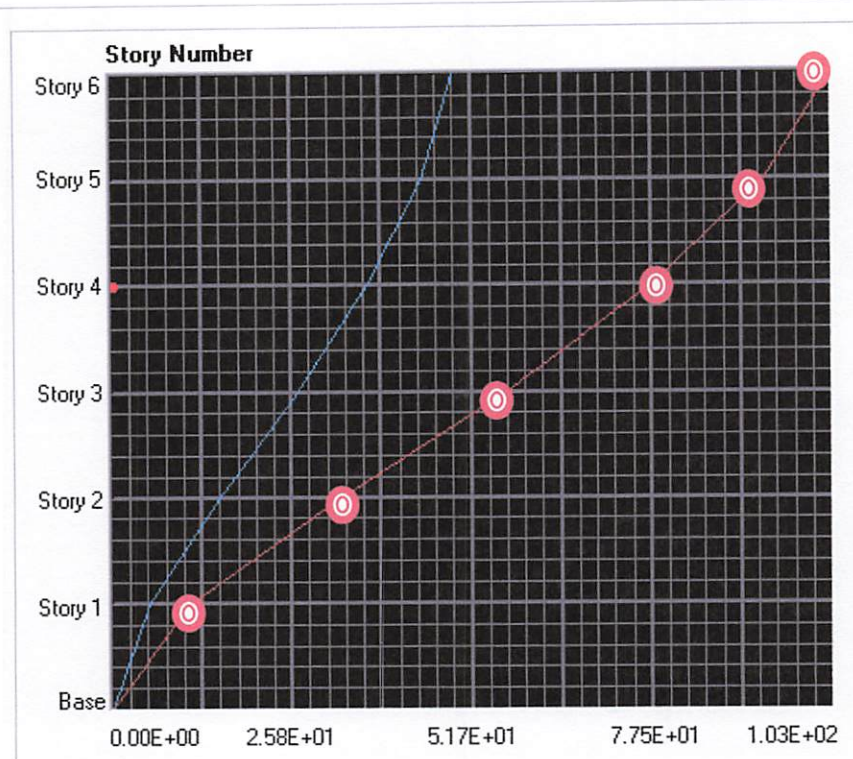
Gambar 4.16 Simpangan Struktur Akibat Beban Lateral X



Tabel 4.16 Kinerja Batas Layan Akibat Simpangan Gempa Statik X

No	Lantai	Tingkat Lantai (mm)	Simpangan (mm)	ΔS (mm)	Diizinkan (mm)	Ket
1	Lantai 2	4000	6.98	0.7	20	ok
2	Lantai 3	4000	19.89	12.91	20	Ok
3	Lantai 4	4000	34.7	14.81	20	Ok
4	Lantai 5	4000	47.04	12.34	20	Ok
5	Lantai 6	4000	57.24	10.2	20	Ok
6	Atap	3500	63.14	5.9	17.5	Ok

Gambar 4.17 Simpangan Struktur Akibat Beban Lateral Y



Tabel 4.17 Kinerja Batas Layan Akibat Simpangan Gempa Statik Y

No	Lantai	Tingkat Lantai (mm)	Simpangan (mm)	ΔS (mm)	Diizinkan (mm)	Ket
1	Lantai 2	4000	7.32	7.32	20	ok
2	Lantai 3	4000	20.32	13	20	ok
3	Lantai 4	4000	35.21	14.89	20	ok
4	Lantai 5	4000	48.24	13.03	20	ok
5	Lantai 6	4000	57.55	9.31	20	ok
6	Atap	3500	71.28	13.73	17.5	ok

4.3.2 Kinerja Batas Ultimit

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

Simpangan dan simpangan antar tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pembebana gempa nominal, dikalikan dengan suatu factor pengali

$$\xi = 0.7 \times R.$$

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

Tabel 4.16 Simpangan Antar Lantai Izin

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

^a h_{sx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x .

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

Perhitungan simpangan untuk kinerja batas ultimit ditunjukkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Factor pengali, } \xi &= 0.7 \times R \\ &= 0.7 \times 6 \\ &= \\ \checkmark \text{ Simpangan yang diizinkan, } (\Delta_a) &= 0.020 h_x \\ \checkmark & \end{aligned}$$

Tabel 4.17 Kinerja Batas Ultimate Akibat Simpangan Gempa Statik X

No	Lantai	Tingkat Lantai (mm)	Simpangan (mm)	$\Delta S \times \xi$ (mm)	Diizinkan (mm)	Ket
1	Lantai 2	4000	6.98	2.94	40	Ok
2	Lantai 3	4000	11.89	20.622	40	Ok
3	Lantai 4	4000	19.71	32.844	40	Ok
4	Lantai 5	4000	27.04	30.786	40	Ok
5	Lantai 6	4000	29.24	9.24	40	Ok
6	Atap	3500	33.14	16.38	35	Ok

Tabel 4.18 Kinerja Batas Ultimate Akibat Simpangan Gempa Statik Y

No	Lantai	Tingkat Lantai (mm)	Simpangan (mm)	ΔS (mm)	Diizinkan (mm)	Ket
1	Lantai 2	4000	7.32	30.744	40	Ok
2	Lantai 3	4000	12.32	21	40	Ok
3	Lantai 4	4000	18.21	24.738	40	Ok
4	Lantai 5	4000	22.24	16.926	40	Ok
5	Lantai 6	4000	26.55	18.102	40	Ok
6	Atap	3500	31.28	19.866	35	Ok

BAB 5 PENULANGAN STRUKTUR

5.1 Perhitungan Penulangan Balok melintang (Line 5)

Tebal plat lantai	=	120	mm	Mutu Beton	=	40	Mpa
Tinggi Balok	=	700	mm	Mutu Tulangan tarik	=	400	Mpa
Lebar Balok	=	400	mm	Dia. Tul.Sengkang	=	10	mm
Dia. Tul. Tarik	=	22	mm	Mutu Tul. Sengkang	=	240	Mpa
Tebal selimut	=	40	mm	β_1	=	0,77	
Tebal plat atap	=	120	mm	Panjang Bentang	=	8000	mm

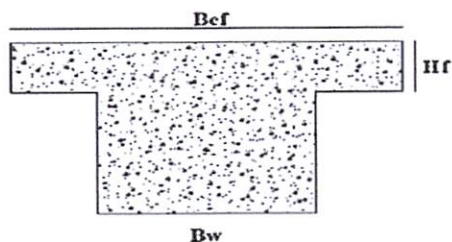
5.1.7 Perhitungan Penulangan Balok B13 Line 5



Gambar 5.1.7.1 Portal Memanjang Line C dan Letak Balok yg Direncanakan

- Penulangan Lentur balok T

$$\begin{aligned}
 d' &= \text{Tebal Sel. Beton} + \text{diameter sengkang} + 1/2 \text{ dia. Tul. Tarik} \\
 &= 40 + 10 + 1/2 \times 22 = 61,0 \text{ mm} \\
 d &= h - d' \\
 &= 700 - 61 \\
 &= 639 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.1.7.2 Penampang Balok T

$$\begin{aligned}
 b_w &= 400 & \text{mm} \\
 h_f &= 120 & \text{mm} \\
 h &= 700 & \text{mm} \\
 L &= 8000 & \text{mm}
 \end{aligned}$$

Menentukan lebar manfaat balok T yang mempunyai flens dua sisi.

$$\begin{aligned}
 b_e &< 1/4 \text{ dari bentang balok (panjang balok)} \\
 &< 1/4 \times 8000 = 2000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_e &< b_w + 8h_{f_{kr}} + 8h_{f_{kn}} \\
 &< 400 + 8(120) + 8(120) = 2320 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b_e &< b_w + 1/2 L_{n_{kr}} + 1/2 L_{n_{kn}} \\
 &< 400 + 1/2(7300) + 1/2(7300) = 7700 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai Nilai terkecil} = 2000 \text{ mm}$$

Tulangan minimal sedikitnya harus dihitung menurut SNI 2847- 2013

Pasal 10.5.1 :

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,25\sqrt{f_c}}{f_y} b_w d = \frac{0,25 \sqrt{40}}{400} \times 400 \times 639 = 1010,348 \text{ mm}^2$$

dan

$$A_{s_{\min}} = \frac{1,4}{f_y} b_w \times d = \frac{1,4 \times 400 \times 639}{400} = 894,6 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan minimal 3 D 22 ($A_s = 1139,82 \text{ mm}^2 > 1010,35 \text{ mm}^2$ dan $A_s = 1139,82 \text{ mm}^2 > 894,60 \text{ mm}^2$)

A. Perhitungan penulangan tumpuan kiri

$$\begin{aligned}
 M_u^+ &= 199,195 & \text{kNm} \\
 &= 199195000 & \text{Nmm} \\
 M_u^- &= 440,395 & \text{kNm} \\
 &= 440395000 & \text{Nmm}
 \end{aligned}$$

Phi(Bending): 0,900
Phi(Shear): 0,750
Phi(Seis Shear): 0,600
Phi(Torsion): 0,750

Fluxural Reinforcement For Major Axis Horizontal

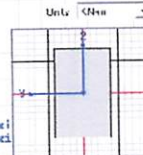
End 1		Middle		End 2	
Rebar Area	Rebar %	Rebar Area	Rebar %	Rebar Area	Rebar %
0,002	0,602	4,44AF-04	0,237	0,002	0,738
0,001	0,301	0,002	0,044	0,001	0,317
Design No	Station Loc	Design No	Station Loc	Design No	Station Loc
-400,995	0,350	-117,112	5,500	-804,447	7,050
199,195	0,350	411,178	4,000	224,223	7,050
Controlling Combo KOMBINASI9		Controlling Combo KOMBINASI2		Controlling Combo KOMBINASI8	
				Top (+Z Axis)	
				Bot (-Z Axis)	

Shear Reinforcement for Major Shear (U2)

End-1		Middle		End-2	
Rebar No/	Station Loc	Rebar No/	Station Loc	Rebar No/	Station Loc
0,001	0,350	7,361L 04	5,500	0,001	7,050
Design No	Station Loc	Design No	Station Loc	Design No	Station Loc
356,924	0,350	295,407	5,500	304,356	7,050
Controlling Combo KOMBINASI7		Controlling Combo KOMBINASI7		Controlling Combo KOMBINASI7	

Torsion Reinforcement

Shear		Longitudinal	
Rebar No/	Station Loc	Rebar No	Station Loc
0,002	0,350	0,002	0,350
Design No	Station Loc	Design No	Station Loc
92,297	7,050	92,297	7,050



Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 6 D 22 (As = 2279,64 mm²)
- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 3 D 22 (As' = 1139,82 mm²)
- Tulangan plat terpasang di sepanjang beff 10 Ø 12 (As_{plat} = 1130,40 mm²)

Kontrol Momen Negatif

Tulangan tarik As_{plat} = 10 Ø 12 = 1130,40 mm²
As balok = 6 D 22 = 2279,64 mm²
As Tarik = 3410,04 mm²

Tulangan tekan As' = 3 D 22 = 1139,82 mm²

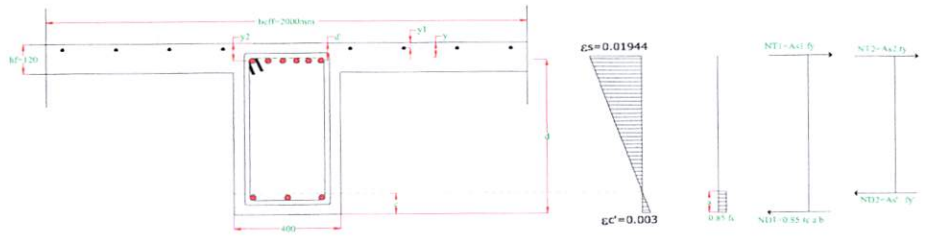
y1 = tebal selimut beton plat + 1/2 tul plat
= 40 + 1/2 x 12 = 46 mm

y2 = tebal selimut beton + dia tul sengkang + 1/2 D tul. tarik
y2 = 40 + 10 + 1/2 x 22 = 61,0 mm

$$y = \frac{As_{plat} \times y1 + As_{Balok} \times y2}{As_{Tarik}} = \frac{1130,40 \times 46 + 2279,64 \times 61}{3410,04} = 56,028 \text{ mm}$$

d = 700 - 61,000 = 639,000 mm

d' = 40 + 10 + 1/2 x 22 = 61,00 mm



Gambar 5.1.7.3 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan Kiri

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$(0,85 \cdot 40 \cdot 0,77 \cdot 400) \cdot c^2 + (600 \cdot 1139,82 - 1130,4 \cdot 240 - 2279,64 \cdot 400) \cdot c - 600 \cdot 1139,82 \cdot 61$$

$$11560,00 \cdot c^2 - 499260 \cdot c - 41717412 = 0$$

$$c = 85,43069 \text{ mm} > d' = 61,00 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$a = \beta_1 \cdot c = 0,85 \times 85,431 = 72,616 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{85,431 - 61,00}{85,431} \times 0,003 = 0,00086$$

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \times \epsilon_c = \frac{639,000 - 85,43}{85,431} \times 0,003 = 0,01944$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

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

$$f_s = \epsilon_s' \times E_s = 0,00086 \times 200000 = 171,58 < 400 \text{ Mpa} \dots\dots \text{OK}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned} ND_1 &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \quad \times \quad 40 \quad \times \quad 72,616 \quad \times \quad 400 \\ &= 987578,792 \quad \text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ND_2 &= A_{s'} \quad \times \quad f_s \\ &= 1139,82 \quad \times \quad 171,58 \\ &= 195573,208 \quad \text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NT_1 &= A_{s_{plat}} \quad \times \quad f_{y_{polos}} \\ &= 1130,40 \quad \times \quad 240 \\ &= 271296 \quad \text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NT_2 &= A_{s_{balok}} \quad \times \quad f_{y_{ulir}} \\ &= 2279,64 \quad \times \quad 400 \\ &= 911856 \quad \text{N} \end{aligned}$$

Resultan gaya tarik :

$$\begin{aligned} NT &= NT_1 \quad + \quad NT_2 \\ &= 271296 \quad + \quad 911856 \\ &= 1183152,00 \quad \text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ND_1 + ND_2 &= NT_1 + NT_2 \\ 987578,79 \quad + \quad 195573,208 &= 271296 \quad + \quad 911856 \\ 1183152 &= 1183152 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak dari NT1 ke NT2} &= y_2 - y_1 \\ &= 61,0 - 46,0 \\ &= 15,0 \quad \text{mm} \end{aligned}$$



Perhitungan letak NT yakni :

Dimisalkan NT terletak disebelah bawah NT1

$$\begin{aligned} \sum M_{(gaya)} &= \sum M_{(Resultan)} \\ NT_1 (0) \quad + \quad NT_2 (\quad 15,00 \quad) &= NT (x) \\ 271296 \quad (0) + \quad 911856 \quad (\quad 15,00 \quad) &= 1183152,00 \quad (x) \\ - \quad 0 - \quad 13677840 &= 1183152,00 \quad x \\ \frac{13677840}{1183152} &= x \\ 11,56 \text{ mm} &= x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z1 &= \text{Jarak dari ND1 ke NT} \\
 &= h - a/2 - y1 - x \\
 &= 700,00 - \frac{72,62}{2} - 46,0 - 11,5605 \\
 &= 606,131 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z2 &= \text{Jarak dari ND2 ke NT} \\
 &= h - d' - y1 - x \\
 &= 700,0 - 61,0 - 46,0 - 11,5605 \\
 &= 581,439 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= (ND_1 \cdot Z_1) + (ND_2 \cdot Z_2) \\
 &= 987578,792 \times 606,131 + 195573,208 \times 581,439 \\
 &= 712316548,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mr &= \phi \times Mn \\
 &= 0,8 \times 712316548,3 \\
 &= 569853238,6 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi Mn &> Mu \\
 569853238,6 \text{ Nmm} &> 440395000 \text{ Nmm} \quad (\text{Aman})
 \end{aligned}$$

Kontrol Momen Positif

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 6 D 22 ($A_s = 2279,64 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 3 D 22 ($A_s' = 1139,82 \text{ mm}^2$)
- Tulangan plat terpasang di sepanjang beff 10 Ø 12 ($A_{s \text{ plat}} = 1130,40 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tekan } A_{s' \text{ plat}} &= 10 \text{ Ø } 12 = 1130,40 \text{ mm}^2 \\ A_{s' \text{ balok}} &= 3 \text{ D } 22 = 1139,82 \text{ mm}^2 \\ A_{s'} &= 3410,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

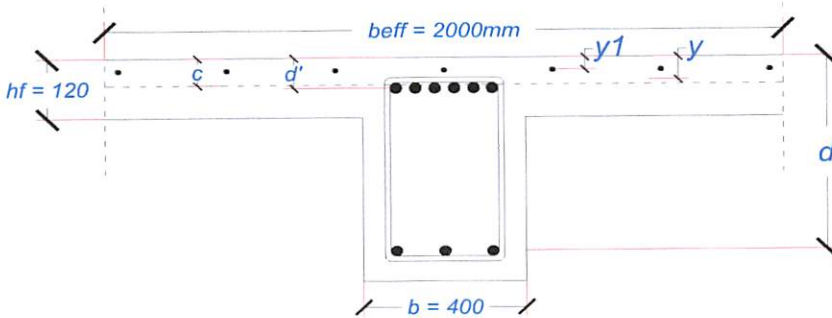
$$\text{Tulangan tarik } A_s = 3 \text{ D } 22 = 1139,82 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} y_1 &= 20 + \frac{1}{2} \times 10 = 25 \text{ mm} \\ y_2 &= 40 + 10 + \frac{1}{2} \times 22 = 61 \text{ mm} \\ d' &= y_2 = 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$y = \frac{A_{s \text{ plat}} \times y_1 + A_{s \text{ Balok}} \times y_2}{A_s}$$

$$y = \frac{1130,40 \times 25 + 2279,64 \times 61}{3410,04} = 49,0663 \text{ mm}$$

$$d = 700 - 61,00 = 639,000 \text{ mm}$$



Gambar 5.1.7.4 Penampang Balok tumpuan kiri dan letak Garis Netral dimana $c < d'$

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

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_{s'} \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

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

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

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

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

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_{s'} \cdot (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

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

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

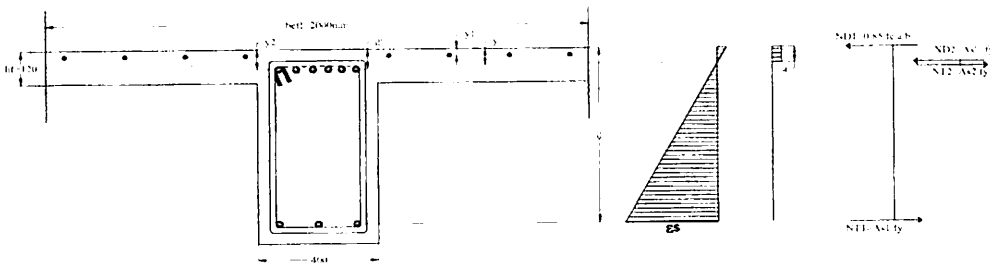
$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta 1 \cdot b)c^2 + (600As' - As \cdot fy) \cdot c - 600As' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 40 \cdot 0,77 \cdot 400)c^2 + (600 \cdot 3410,04 - 1139,82 \cdot 400)c - 600 \cdot 3410,04 \cdot 61 = 0$$

$$11560,00 \quad c^2 \quad + \quad 1590096 \quad c \quad - \quad 124807464 \quad = \quad 0$$

$$c = 55,830 \quad \text{mm} \quad < \quad d' = 61,000 \quad \text{mm} \quad \dots \quad \text{Tidak aman}$$

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



Gambar 5.1.7.5 Penampang Balok dan diagram tegangan momen positif tumpuan kiri yang sudah dihitung ulang

Dimisalkan garis netral diantara $y1$ dan d' maka perhitungan garis netral dicari

$$0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot beff + As_{plat}' \cdot fs' = As1 \cdot fs + As2 \cdot fy_{ulir}$$

$$\text{Substitusi nilai : } fs' = \frac{(c - y1)}{c} \times 600 \quad \text{dan} \quad fs = fy_{ulir}$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot beff) + As_{plat}' \cdot \frac{(c - y1)}{c} \times 600 = As1 \cdot fy_{ulir} + As2 \cdot fy_{ulir}$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot beff) \cdot c + As_{plat}' \cdot (c - y1) \cdot 600 = As1 \cdot fy_{ulir} \cdot c + As2 \cdot fy_{ulir} \cdot c$$

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

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta 1 \cdot c \cdot beff) \cdot c + As_{plat}' \cdot (c - y1) \cdot 600 = As1 \cdot fy_{ulir} \cdot c + As2 \cdot fy_{ulir} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta 1 \cdot beff) \cdot c^2 + 600 \cdot As_{plat}' \cdot c - 600 \cdot As_{plat}' \cdot y1 = As1 \cdot fy_{ulir} \cdot c + As2 \cdot fy_{ulir} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'c \cdot \beta 1 \cdot beff) \cdot c^2 + (600 \cdot As_{plat}' - As1 \cdot fy_{ulir} - As2 \cdot fy_{ulir}) \cdot c - 600 \cdot As_{plat}' \cdot y1 = 0$$

$$(0,85 \cdot 40 \cdot 0,77 \cdot 2000)c^2 + (600 \cdot 1130,4 - 2279,64 \cdot 400 - 1139,82 \cdot 400)c - 600 \cdot 1130,4 \cdot 25 = 0$$

$$52360 \quad c^2 \quad - \quad 689544 \quad c \quad - \quad 16956000 \quad = \quad 0$$

$$c = 25,74691 \text{ mm} < y1 = 25,0 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$> d' = 61,0 \text{ mm}$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,77 \times 25,74691 = 19,825 \text{ mm}$$

$$f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s$$

$$= \frac{(c - y1)}{c} \times \epsilon_c \times E_s$$

$$= \frac{25,74691 - 25}{25,75} \times 0,003 \times 200000 = 17,41 \text{ Mpa}$$

$$f_s = f_{y_{ulir}} = 400 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$ND_1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}$$

$$= 0,85 \times 40 \times 19,825 \times 2000$$

$$= 1348108,38 \text{ N}$$

$$ND_2 = A_s' \times f_s$$

$$= 1130,40 \times 17,41$$

$$= 19675,61972 \text{ N}$$

Resultan gaya tekan :

$$ND = ND_1 + ND_2$$

$$= 1348108,38 + 19675,62$$

$$= 1367784,00 \text{ N}$$

$$NT_1 = A_{s1} \times f_y$$

$$= 2279,64 \times 400$$

$$= 911856 \text{ N}$$

$$NT_2 = A_{s2} \times f_y$$

$$= 1139,82 \times 400$$

$$= 455928 \text{ N}$$

$$ND_1 + ND_2 = NT_1 + NT_2$$

$$1348108,4 + 19675,61972 = 911856 + 455928$$

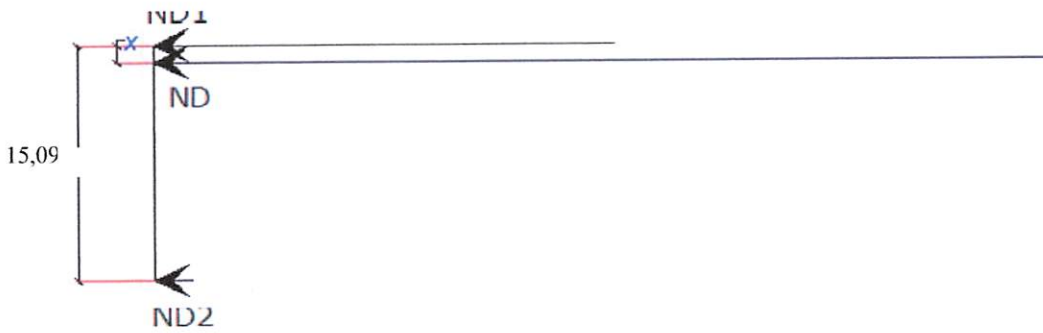
$$1367784 = 1367784$$

Jarak dari ND1 ke ND2

$$= y1 - \frac{a}{2}$$

$$= 25 - \frac{19,825}{2}$$

$$= 15,09 \text{ mm}$$



Perhitungan letak ND yakni :

Dimisalkan ND terletak disebelah atas ND1

$$\begin{aligned} \sum M_{(gaya)} &= \sum M_{(Resultan)} \\ -ND1 (0) - ND2 (15,09) &= -ND (x) \\ 1348108,4 (0) + 19675,61972 (15,09) &= -1367784,00 (x) \\ -0 - 296854,7002 &= -1367784,00 x \\ \frac{-296855}{-1367784} &= x \\ 0,217 \text{ mm} &= x \end{aligned}$$

Z1 = Jarak dari NT1 ke ND

$$\begin{aligned} &= d - a/2 - x \\ &= 639,00 - \frac{19,83}{2} - 0,2170 \\ &= 628,8704051 \text{ mm} \end{aligned}$$

Z2 = Jarak dari NT2 ke ND

$$\begin{aligned} &= d' - a/2 - x \\ &= 61,00 - \frac{19,83}{2} - 0,2170 \\ &= 50,87040506 \text{ mm} \end{aligned}$$

Mn = (NT₁ · Z₁) + (NT₂ · Z₂)

$$\begin{aligned} &= 911856 \times 628,870 + 455928 \times 50,870 \\ &= 596632494,1 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Mr = φ × Mn

$$\begin{aligned} &= 0,8 \times 596632494,1 \\ &= 477305995,3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

φMn > Mu

$$477305995,3 \text{ Nmm} > 199195000 \text{ Nmm} \quad (\text{Aman})$$

Syarat kuat momen yang terpasang menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.2.2 :

$$Mn^+ \geq 1/2 Mn^-$$

$$596632494,1 \text{ Nmm} \geq 1/2 \cdot 712316548,3 \text{ Nmm}$$

$$596632494,1 \text{ Nmm} \geq 356158274,1 \text{ Nmm}$$

B. Perhitungan penulangan lapangan

$$Mu^+ = 411,178 \text{ kNm}$$

$$= 411178000 \text{ Nmm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 3 D 22 (As = 1139,82 mm²)
- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 6 D 22 (As' = 2279,64 mm²)
- Tulangan plat terpasang di sepanjang beff 10 Ø 12 (As_{plat} = 1130,40 mm²)

Kontrol Momen Positif

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tekan } As'_{\text{plat}} &= 10 \text{ Ø } 12 = 1130,40 \text{ mm}^2 \\ As'_{\text{balok}} &= 3 \text{ D } 22 = 1139,82 \text{ mm}^2 \\ As' &= 2270,22 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan tarik } As = 6 \text{ D } 22 = 2279,64 \text{ mm}^2$$

$$y1 = 20 + 1/2 \times 10 = 25,0 \text{ mm}$$

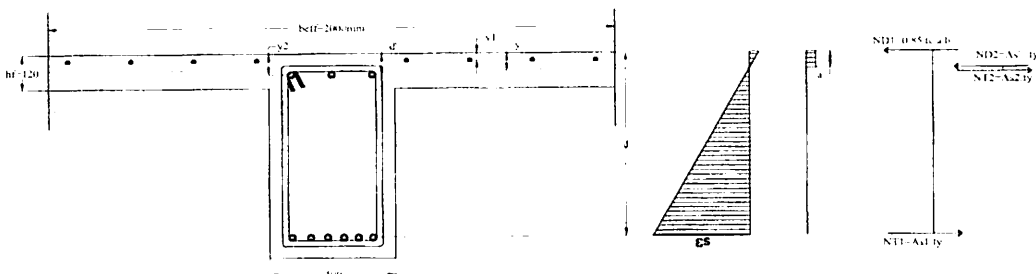
$$y2 = 40 + 10 + 1/2 \times 22 = 61,0 \text{ mm}$$

$$d' = 61,0 \text{ mm}$$

$$y = \frac{As_{\text{plat}} \times y1 + As_{\text{Balok}} \times y2}{As'}$$

$$y = \frac{1130,40 \times 25 + 1139,82 \times 61}{2270,22} = 43,075 \text{ mm}$$

$$d = 700 - 61,000 = 639,000 \text{ mm}$$



Gambar 5.1.7.6 Penampang Balok lapangan dan letak Garis Netral dimana $c < d'$

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

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + As' \cdot fs' = As \cdot fy$$

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

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

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + As'(c-d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

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

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + As'(c-d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' - As \cdot fy \cdot c = 0$$

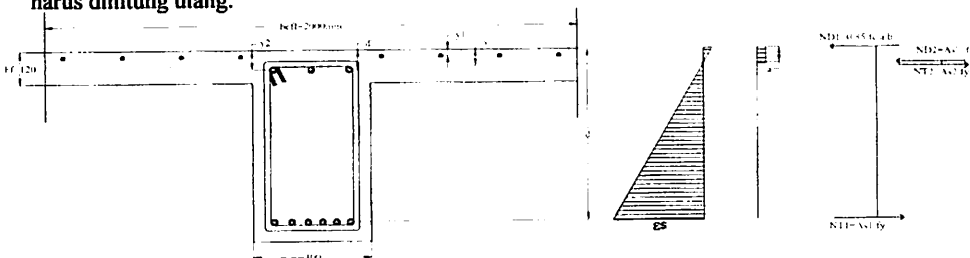
$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + (600As' - As \cdot fy) \cdot c - 600As' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 40 \cdot 0,77 \cdot 400) \cdot c^2 + (600 \cdot 2270,22 - 2279,64 \cdot 400) \cdot c - 600 \cdot 2270,22 \cdot 61 = 0$$

$$11560,00 \cdot c^2 + 450276 \cdot c - 83090052 = 0$$

$$c = 67,513 \text{ mm} > d' = 61,0 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

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



Gambar 5.1.7.7 Penampang Balok dan diagram tegangan momen positif lapangan yang sudah dihitung ulang

Dimisalkan garis netral diantara y_1 dan d' maka perhitungan garis netral dicari

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff + As_{plat}' \cdot fs' = As1 \cdot fs + As2 \cdot fy_{ulir}$$

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

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) + As_{plat}' \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 = As1 \cdot fy_{ulir} + As2 \cdot fy_{ulir}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) \cdot c + As_{plat}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = As1 \cdot fy_{ulir} \cdot c + As2 \cdot fy_{ulir} \cdot c$$

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

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot beff) \cdot c + As_{plat}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = As1 \cdot fy_{ulir} \cdot c + As2 \cdot fy_{ulir} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot beff) \cdot c^2 + 600 \cdot As_{plat}' \cdot c - 600 \cdot As_{plat}' \cdot y_1 = As1 \cdot fy_{ulir} \cdot c + As2 \cdot fy_{ulir} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot beff) \cdot c^2 + (600 \cdot As_{plat}' - As1 \cdot fy_{ulir} - As2 \cdot fy_{ulir}) \cdot c - 600 \cdot As_{plat}' \cdot y_1 = 0$$

$$(0.85 \cdot 40 \cdot 0.77 \cdot 2000)c^2 + (600 \cdot 1130,4 - 2279,64 \cdot 400 - 1139,82 \cdot 400)c - 600 \cdot 1130,4 \cdot 25$$

$$52360 c^2 - 689544 c - 16956000 = 0$$

$$c = 25,74691 \text{ mm} > y1 = 25,0 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$< d' = 61,0 \text{ mm}$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,77 \times 25,74691 = 19,825 \text{ mm}$$

$$f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s$$

$$= \frac{(c - y1)}{c} \times \epsilon_c \times E_s$$

$$= \frac{25,74691 - 25}{25,75} \times 0,003 \times 200000 = 17,41 \text{ Mpa}$$

$$f_s = f_{y_{ulir}} = 400 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$ND_1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}$$

$$= 0,85 \times 40 \times 19,825 \times 2000$$

$$= 1348108,38 \text{ N}$$

$$ND_2 = A_s' \times f_s$$

$$= 1130,40 \times 17,41$$

$$= 19675,61972 \text{ N}$$

Resultan gaya tekan :

$$ND = ND_1 + ND_2$$

$$= 1348108,38 + 19675,62$$

$$= 1367784,00 \text{ N}$$

$$NT_1 = A_{s1} \times f_y$$

$$= 2279,64 \times 400$$

$$= 911856 \text{ N}$$

$$NT_2 = A_{s2} \times f_y$$

$$= 1139,82 \times 400$$

$$= 455928 \text{ N}$$

$$ND_1 + ND_2 = NT_1 + NT_2$$

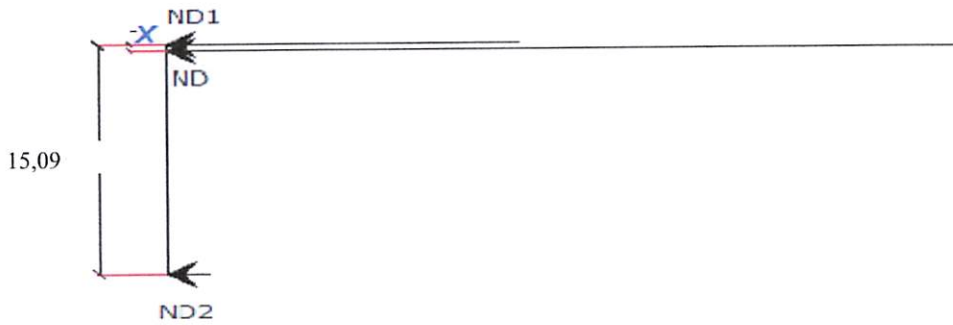
$$1348108,4 + 19675,61972 = 911856 + 455928$$

$$1367784 = 1367784$$

$$\text{Jarak dari ND1 ke ND2} = y1 - \frac{a}{2}$$

$$= 25 - \frac{19,825}{2}$$

$$= 15,09 \text{ mm}$$



Perhitungan letak ND yakni :

Dimisalkan ND terletak disebelah atas ND1

$$\sum M_{(gaya)} = \sum M_{(Resultan)}$$

$$- ND1 (0) - ND2 (15,09) = - ND (x)$$

$$1348108,4 (0) + 19675,61972 (15,09) = -1367784,00 (x)$$

$$- 0 - 296854,7002 = -1367784,00 x$$

$$\frac{-296854,7}{-1367784,0} = x$$

$$0,217 \text{ mm} = x$$

Z1 = Jarak dari NT1 ke ND

$$= d - a/2 - x$$

$$= 639,00 - \frac{19,83}{2} - 0,2170$$

$$= 628,8704051 \text{ mm}$$

Z2 = Jarak dari NT2 ke ND

$$= d' - a/2 - x$$

$$= 61,00 - \frac{19,83}{2} - 0,2170$$

$$= 50,87040506 \text{ mm}$$

Mn = (NT1 · Z1) + (NT2 · Z2)

$$= 911856 x 628,870 + 455928 x 50,870$$

$$= 596632494,1 \text{ Nmm}$$

Mr = φ x Mn

$$= 0,8 x 596632494,1$$

$$= 477305995,3 \text{ Nmm}$$

φMn > Mu

$$477305995,3 \text{ Nmm} > 411178000 \text{ Nmm} \quad (\text{Aman})$$

C. Perhitungan penulangan tumpuan kanan

$$\begin{aligned} \text{Mu}^+ &= 234,223 \text{ kNm} \\ &= 234223000 \text{ Nmm} \\ \text{Mu}^- &= 468,447 \text{ kNm} \\ &= 468447000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik $6 \text{ D } 22 \text{ (} A_s = 2279,64 \text{ mm}^2 \text{)}$
- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan $3 \text{ D } 22 \text{ (} A_s' = 1139,82 \text{ mm}^2 \text{)}$
- Tulangan plat terpasang di sepanjang beff $10 \text{ } \emptyset \text{ 12 (} A_{s \text{ plat}} = 1130,40 \text{ mm}^2 \text{)}$

Kontrol Momen Negatif

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tarik } A_{s \text{ plat}} &= 10 \text{ } \emptyset \text{ 12} = 1130,40 \text{ mm}^2 \\ A_{s \text{ balok}} &= 6 \text{ D } 22 = 2279,64 \text{ mm}^2 \\ A_s \text{ Tarik} &= 3410,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

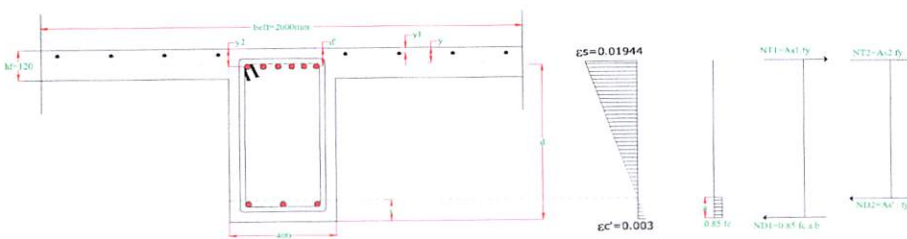
$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 3 \text{ D } 22 = 1139,82 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} y_1 &= 20 + 1/2 \times 10 = 25 \text{ mm} \\ y_2 &= 40 + 10 + 1/2 \times 22 = 61 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$y = \frac{A_{s \text{ plat}} \times y_1 + A_{s \text{ Balok}} \times y_2}{10,00} = \frac{1130,40 \times 25 + 2279,64 \times 61}{3410,04} = 49,066 \text{ mm}$$

$$d = 700 - 61 = 639,000 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + 1/2 \times 22 = 61,00 \text{ mm}$$



Gambar 5.1.7.8 Penampang Balok dan Diagram Tegangan Momen Negatif Tumpuan kanan

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$(0,85 \cdot 40 \cdot 0,77 \cdot 400) \cdot c^2 + (600 \cdot 1139,82 - 1130,4 \cdot 240 - 2279,64 \cdot 400) \cdot c - 600 \cdot 1139,82 \cdot 61$$

$$11560,00 \quad c^2 \quad - \quad 499260 \quad c \quad - \quad 41717412 \quad = \quad 0$$

$$c = 85,431 \quad \text{mm} \quad > \quad d' = 61,00 \quad \text{mm} \quad \dots\dots\dots \quad \text{OK}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$= 0,85 \quad \times \quad 85,431 \quad = \quad 72,616 \quad \text{mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c-d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{85,431 - 61,00}{85,431} \times 0,003 = 0,00086$$

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \times \epsilon_c = \frac{639,000 - 85,43}{85,431} \times 0,003 = 0,01944$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

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

$$f_s = \epsilon_s' \times E_s$$

$$= 0,00086 \times 200000$$

$$= 171,58 < 400 \quad \text{Mpa} \quad \dots\dots\dots \quad \text{OK}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$ND_1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \quad \times \quad 40 \quad \times \quad 72,62 \quad \times \quad 400$$

$$= 987578,792 \quad \text{N}$$

$$ND_2 = A_s' \times f_s$$

$$= 1139,82 \quad \times \quad 171,58$$

$$= 195573,208 \quad \text{N}$$

$$\begin{aligned}
 NT_1 &= A_{S_{plat}} \times f_{y_{polos}} \\
 &= 1130,40 \times 240 \\
 &= 271296 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NT_2 &= A_{S_{balok}} \times f_{y_{ulir}} \\
 &= 2279,64 \times 400 \\
 &= 911856 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Resultan gaya tarik :

$$\begin{aligned}
 NT &= NT_1 + NT_2 \\
 &= 271296 + 911856 \\
 &= 1183152,00 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ND_1 + ND_2 &= NT_1 + NT_2 \\
 987578,79 + 195573,208 &= 271296 + 911856 \\
 1183152 &= 1183152 \dots\dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak dari NT1 ke NT2} &= y_2 - y_1 \\
 &= 61,0 - 25,0 \\
 &= 36,0 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Perhitungan letak NT yakni :

Dimisalkan NT terletak disebelah bawah NT1

$$\begin{aligned}
 \sum M_{(gaya)} &= \sum M_{(Resultan)} \\
 NT_1 (0) + NT_2 (36,0) &= NT (x) \\
 271296 (0) + 911856 (36,0) &= 1183152,00 (x) \\
 - 0 - 32826816 &= 1183152,00 x \\
 \frac{32826816}{1183152} &= x \\
 27,75 \text{ mm} &= x
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z1 &= \text{Jarak dari ND1 ke NT} \\
 &= h - a/2 - y_1 - x \\
 &= 700,00 - \frac{72,62}{2} - 25,0 - 27,7452 \\
 &= 610,947 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z2 &= \text{Jarak dari ND2 ke NT} \\
 &= h - d' - y_1 - x \\
 &= 700,0 - 61,0 - 25,0 - 27,7452
 \end{aligned}$$

$$= 586,255 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= (N D_1 \cdot Z_1) + (N D_2 \cdot Z_2) \\ &= 987578,792 \times 610,947 + 195573,208 \times 586,255 \\ &= 718013764,3 \text{ Nmm} \\ M_r &= \phi \times M_n \\ &= 0,8 \times 718013764,3 \\ &= 574411011,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$574411011,4 \text{ Nmm} > 468447000 \text{ Nmm} \quad \text{(Aman)}$$

Kontrol Momen Positif

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 6 D 22 (As = 2279,64 mm²)
- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 3 D 22 (As' = 1139,82 mm²)
- Tulangan plat terpasang di sepanjang beff 10 Ø 12 (As_{plat} = 1130,40 mm²)

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tekan } As'_{\text{plat}} &= 10 \text{ Ø } 12 = 1130,40 \text{ mm}^2 \\ As'_{\text{balok}} &= 3 \text{ D } 22 = 1139,82 \text{ mm}^2 \\ As' &= 3410,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan tarik } As = 3 \text{ D } 22 = 1139,82 \text{ mm}^2$$

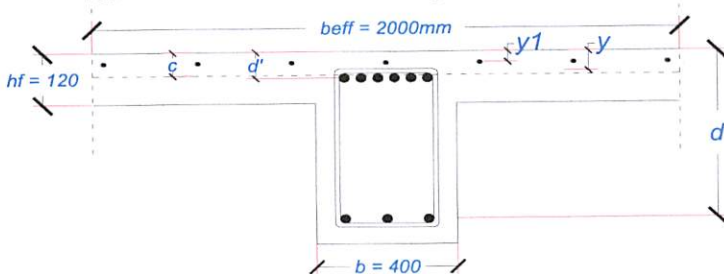
$$y_1 = 20 + 1/2 \times 10 = 25 \text{ mm}$$

$$y_2 = 40 + 10 + 1/2 \times 22 = 61 \text{ mm}$$

$$d' = y_2 = 61 \text{ mm}$$

$$y = \frac{1130,40 \times 25 + 2279,64 \times 61}{3410,04} = 49,066 \text{ mm}$$

$$d = 700 - 61 = 639,000 \text{ mm}$$



Gambar 5.1.7.9 Penampang Balok lapangan dan letak Garis Netral dimana $c < d'$

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

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + As' \cdot fs' = As \cdot fy$$

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

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

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + As'(c - d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

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

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + As'(c - d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' - As \cdot fy \cdot c = 0$$

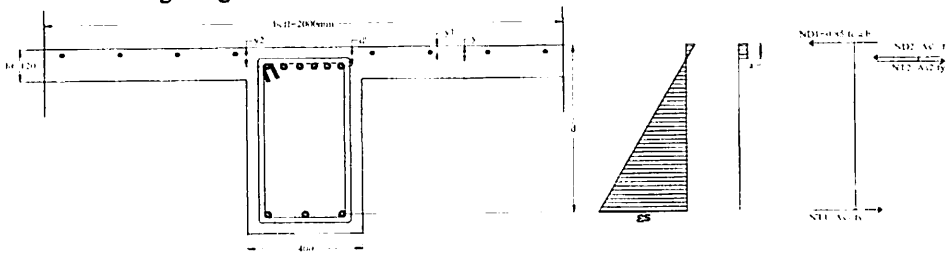
$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + (600As' - As \cdot fy) \cdot c - 600As' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 40 \cdot 0,77 \cdot 400) c^2 + (600 \cdot 3410,04 - 1139,82 \cdot 400) c - 600 \cdot 3410,04 \cdot 61 = 0$$

$$11560,00 \quad c^2 \quad + \quad 1590096 \quad c \quad - \quad 124807464 \quad = \quad 0$$

$$c = 55,830 \quad \text{mm} < d' = 61 \quad \text{mm} \quad \dots \quad \text{Tidak Aman}$$

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



Gambar 5.1.7.10 Penampang Balok dan diagram tegangan momen positif Tumpuan kanan yang sudah dihitung ulang

Dimisalkan garis netral diantara y_1 dan y_2 maka perhitungan garis netral dicari

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff + As_{plat}' \cdot fs' = As_1 \cdot fs + As_2 \cdot fy_{ulir}$$

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

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) + As_{plat}' \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 = As_1 \cdot fy_{ulir} + As_2 \cdot fy_{ulir}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) \cdot c + As_{plat}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = As_1 \cdot fy_{ulir} \cdot c + As_2 \cdot fy_{ulir} \cdot c$$

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

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot beff) \cdot c + As_{plat}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = As_1 \cdot fy_{ulir} \cdot c + As_2 \cdot fy_{ulir} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot beff) \cdot c^2 + 600 \cdot As_{plat}' \cdot c - 600 \cdot As_{plat}' \cdot y_1 = As_1 \cdot fy_{ulir} \cdot c + As_2 \cdot fy_{ulir} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot \text{beff}) \cdot c^2 + (600 \cdot A_{s_{\text{plat}}}' - A_{s1} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} - A_{s2} \cdot f_{y_{\text{ulir}}}) \cdot c - 600 \cdot A_{s_{\text{plat}}}' \cdot y_1 = 0$$

$$(0,85 \cdot 40 \cdot 0,77 \cdot 2000)c^2 + (600 \cdot 1130,4 - 1139,82 \cdot 400 - 2279,64 \cdot 400)c - 600 \cdot 1130,4 \cdot 25$$

$$52360 c^2 - 689544 c - 16956000 = 0$$

$$c = 25,74691 \text{ mm} > y_1 = 25 \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$< d' = 61$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,77 \times 25,74691 = 19,825 \text{ mm}$$

$$f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s$$

$$= \frac{(c - y_1)}{c} \times \epsilon_c \times E_s$$

$$= \frac{25,74691 - 25}{25,75} \times 0,003 \times 200000 = 17,41 \text{ Mpa}$$

$$f_s = f_{y_{\text{ulir}}} = 400 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$ND_1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot \text{beff}$$

$$= 0,85 \times 40 \times 19,825 \times 2000$$

$$= 1348108,38 \text{ N}$$

$$ND_2 = A_{s'} \times f_s$$

$$= 1130,40 \times 17,41$$

$$= 19675,61972 \text{ N}$$

Resultan gaya tekan :

$$ND = ND_1 + ND_2$$

$$= 1348108,38 + 19675,62$$

$$= 1367784,00 \text{ N}$$

$$NT_1 = A_{s1} \times f_y$$

$$= 2279,64 \times 400$$

$$= 911856 \text{ N}$$

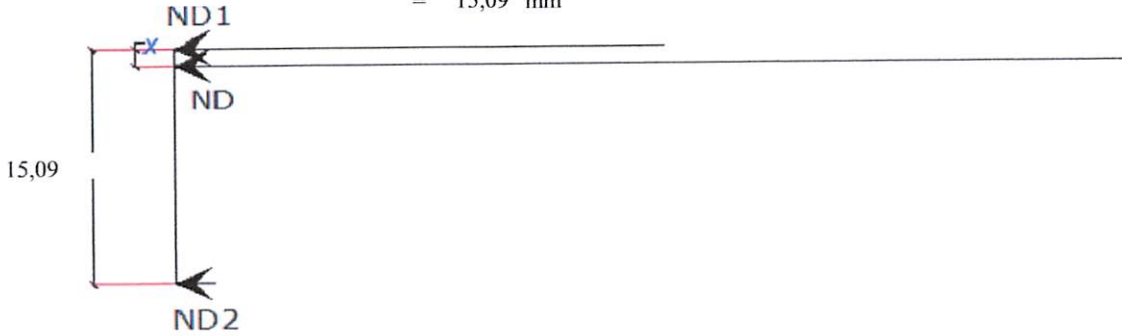
$$NT_2 = A_{s2} \times f_y$$

$$= 1139,82 \times 400$$

$$= 455928 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 ND_1 + ND_2 &= NT_1 + NT_2 \\
 1348108,4 + 19675,61972 &= 911856 + 455928 \\
 1367784 &= 1367784
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak dari ND1 ke ND2} &= y1 - \frac{a}{2} \\
 &= 25 - \frac{19,825}{2} \\
 &= 15,09 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Perhitungan letak ND yakni :

Dimisalkan ND terletak disebelah atas ND1

$$\begin{aligned}
 \sum M_{(gaya)} &= \sum M_{(Resultan)} \\
 -ND1(0) - ND2(15,09) &= -ND(x) \\
 1348108,4(0) + 19675,61972(15,09) &= -1367784,00(x) \\
 -0 - 296854,7002 &= -1367784,00x \\
 \frac{-296855}{-1367784} &= x \\
 0,217 \text{ mm} &= x
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z1 &= \text{Jarak dari NT1 ke ND} \\
 &= d - \frac{a}{2} - x \\
 &= 639,00 - \frac{19,83}{2} - 0,2170 \\
 &= 628,8704051 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z2 &= \text{Jarak dari NT2 ke ND} \\
 &= d' - \frac{a}{2} - x \\
 &= 61,00 - \frac{19,83}{2} - 0,2170 \\
 &= 50,87040506 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= (NT_1 \cdot Z_1) + (NT_2 \cdot Z_2) \\
 &= 911856 \times 628,870 + 455928 \times 50,870 \\
 &= 596632494,1 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mr &= \phi \times Mn \\
 &= 0,8 \times 596632494,1 \\
 &= 477305995,3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$477305995,3 \text{ Nmm} > 234223000 \text{ Nmm} \quad (\text{Aman})$$

Syarat kuat momen yang terpasang menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.2.2 :

$$M_n^+ \geq 1/2 M_n^-$$

$$596632494,1 \text{ Nmm} \geq 1/2 \cdot 718013764,3 \text{ Nmm}$$

$$596632494,1 \text{ Nmm} \geq 359006882,1 \text{ Nmm}$$

● Penulangan Geser

$$b = 400 \text{ mm} \quad 1000$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$d = 639 \text{ mm}$$

$$L = 8000 \text{ mm}$$

$$L_n = 8000 - (\frac{1}{2} \cdot 400 + \frac{1}{2} \cdot 400)$$

$$= 7300 \text{ mm}$$

$$f_c = 40 \text{ Mpa}$$

$$f_{y_{ulir}} = 400 \text{ Mpa}$$

$$f_{y_{pasas}} = 240 \text{ Mpa}$$

- Menghitung Mpr (Moment Probable Capacities)

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

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

Kondisi 1 (searah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1139,82 \cdot 400}{0,85 \cdot 40 \cdot 400} = 41,91 \text{ mm}$$

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

$$M_{pr+} = 1,25 \cdot 1139,82 \cdot 400 \left(639 - \frac{41,905147}{2} \right) \cdot 10^{-6}$$

$$= 352,231 \text{ kN-m}$$

Kondisi 2 (berlawanan arah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{1,25 \times 2279,64 \times 400}{0,85 \times 40 \times 400} = 83,81 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned} Mpr- &= 1,25 \times 2279,64 \times 400 \left(639 - \frac{83,810294}{2} \right) \times 10^{-6} \\ &= 680,581 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

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

Kondisi 3 (Searah Jarum Jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot As' \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{1,25 \times 1139,82 \times 400}{0,85 \times 40 \times 400} = 41,91 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned} Mpr+ &= 1,25 \times 1139,82 \times 400 \left(639 - \frac{41,905147}{2} \right) \times 10^{-6} \\ &= 352,231 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

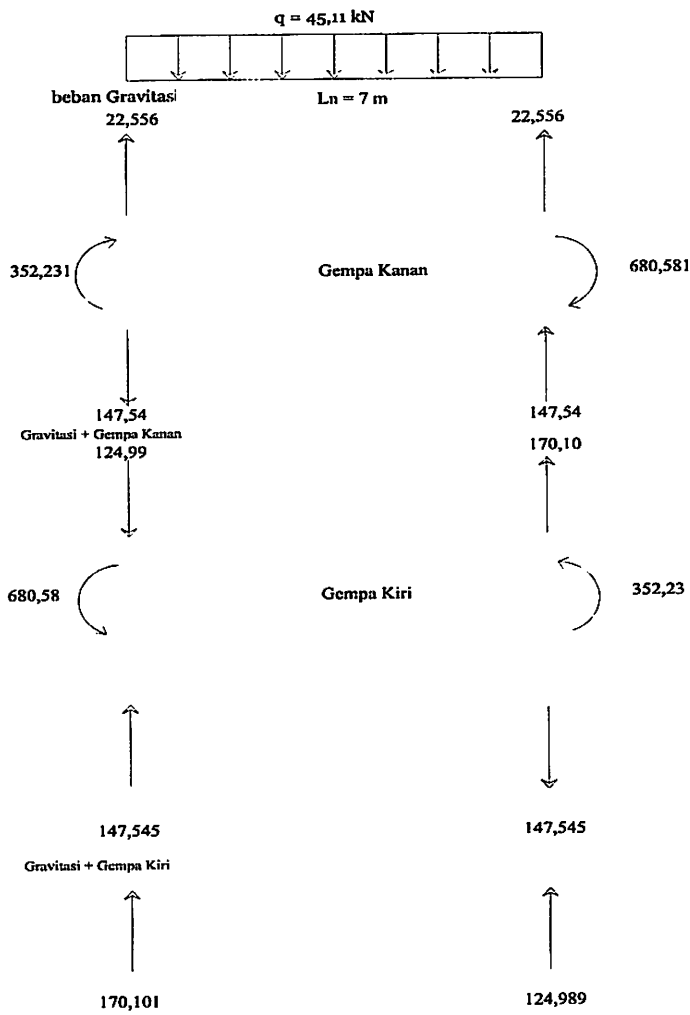
Kondisi 4 (berlawanan arah jarum jam)

$$a = \frac{1,25 \cdot As' \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{1,25 \times 2279,64 \times 400}{0,85 \times 40 \times 400} = 83,81 \text{ mm}$$

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

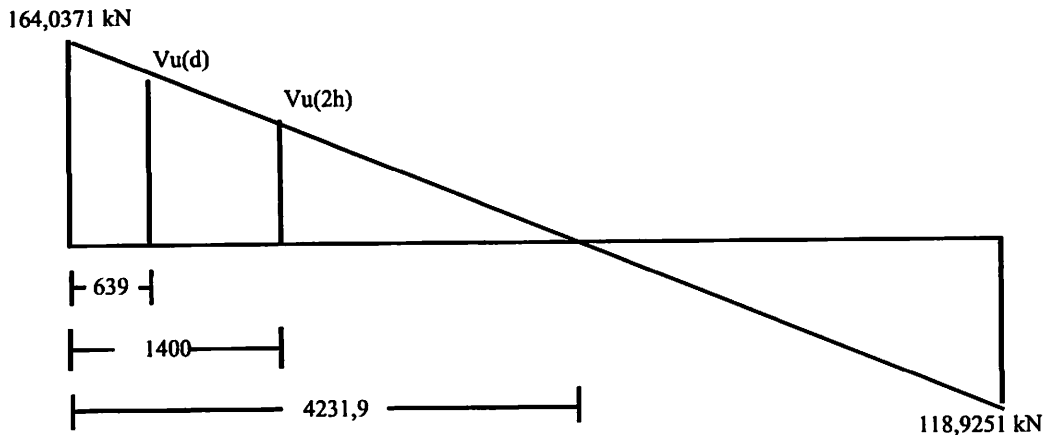
$$\begin{aligned} Mpr- &= 1,25 \times 2279,64 \times 400 \left(639 - \frac{83,810294}{2} \right) \times 10^{-6} \\ &= 680,581 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan pada ETABS dengan kombinasi 3 yaitu 1,2 D + L, di dapat nilai gaya geser pada balok yang ditinjau sebesar :



Gambar 5.1.7.11 Desain gaya geser balok

Perhitungan Vu akibat beban gravitasi + gempa :



Gambar 5.1.7.12 Gaya geser balok

$$\frac{164,037}{x} = \frac{118,925}{7,3 - x}$$

$$118,9251 x = 1197,471 - 164,037 x$$

$$x = \frac{1197,471}{282,962} = 4,232 \text{ m} = 4231,91 \text{ mm}$$

• Tulangan geser pada daerah sendi plastis

$$V_u(d) = 164,037 - \frac{4232 - 639,0}{4232} = 139,268 \text{ kN}$$

$V_c = 0$ apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 Pasal 21.5.4.2 berikut :

- Gaya geser akibat gempa $> 0,5$ total geser (akibat Mpr + beban gravitasi)

$$141,48 > 0,5 \times 164,037 = 82,019 \dots\dots\dots$$

OK

Pada daerah sendi plastis, $V_c = 0$

$$V_s = \frac{V_u(d)}{\phi} - V_c = \frac{139,268}{0,75} - 0 = 185,691 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang ϕ 10 (2 kaki)

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

$$= \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 240 \cdot 639,0 \cdot 10^{-3}}{185,691} = 129,664 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa SNI 2847-2013 pasal

21.5.3.2, S_{maks} sepanjang sendi plastis diujung balok hingga 2h = 2 . 700

= 1400 mm, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

$$- \frac{d}{4} = \frac{639,0}{4} = 159,75$$

$$- 6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \cdot 22 = 132 \text{ mm}$$

- 150 mm

Jadi dipakai sengkang \emptyset 10 - 90 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$\frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 240 \cdot 639,0 \cdot 10^{-3}}{90} = 267,528 \text{ kN}$$

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

$$= 0 + 267,528$$

$$= 267,528 \text{ kN}$$

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

$$= 0,75 \cdot 267,528$$

$$= 200,646 \text{ kN} > V_u (d) = 139,268 \text{ kN} \dots\dots (\text{aman})$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2002 pasal 23.3 (3(3)) dan SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3 :

$$V_s \leq 0,66667 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d \quad \text{dan}$$

$$V_s \leq 0,66667 \times 40^{\frac{1}{2}} \times 400 \times 639,0 \times 10^{-3}$$

$$185,691 \text{ kN} < 1077,704 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}$$

• Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis

$$V_u (2h) = 164,037 - \frac{4232 \cdot 1400}{4232} = 109,770 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,1666667 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$$

$$= 0,1666667 \times 40^{\frac{1}{2}} \times 400 \times 639,0 \times 10^{-3}$$

$$= 269,426 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u (2h)}{\phi} = \frac{109,770}{0,75} = 146,361 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang ϕ 10 (2 kaki)

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

$$= \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 240 \cdot 639,0 \cdot 10^{-3}}{146,361} = 164,5 \text{ mm}$$

Syarat jarak spasi sengkang maksimum pada daerah luar sendi plastis menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3 yakni bila $V_s > 0.33 \sqrt{f_c'} b_w d$ maka spasi maksimum yang diberikan dalam 11.5.4.1 dan 11.5.4.2 harus dikurangi dengan setengahnya.

$$V_s \leq 0,33333 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$$

$$\leq 0,33333 \times 40^{1/2} \times 400 \times 639,0 \times 10^{-3}$$

$$146,36 \text{ kN} < 538,852 \text{ kN}$$

Karena nilai $V_s < 0.333 \sqrt{f_c'}$ maka spasi maksimum yang digunakan yakni sesuai SNI 2847 - 2013 pasal 11.5.4.1 :

$$\frac{d}{2} = \frac{639,0}{2} = 319,500 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang $\emptyset 10 - 150 \text{ mm}$

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$\frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 240 \cdot 639,0 \cdot 10^{-3}}{150} = 267,528 \text{ kN}$$

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

$$= 269,426 + 267,528$$

$$= 536,954 \text{ kN}$$

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

$$= 0,75 \cdot 536,954$$

$$= 402,716 \text{ kN} > V_u(2h) = 109,770 \text{ kN} \dots\dots (\text{aman})$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2002 pasal 23.3 (3(3)) yakni :

$$V_s \leq 0,66 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d \text{ dan}$$

$$V_s \leq 0,66 \times 40^{1/2} \times 400 \times 639,0 \times 10^{-3}$$

$$146,361 \text{ kN} < 1066,927 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}$$

• Tulangan geser pada daerah sendi plastis

$$V_u(d) = 164,037 - \frac{4232 \cdot 639,0}{4232} = 139,268 \text{ kN}$$

$V_c = 0$ apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 Pasal 21.5.4.2 berikut :

Gaya aksial tekan terfaktor $< A_g \cdot f_c' / 20$

Pada daerah sendi plastis, $V_c = 0$

$$V_s = \frac{V_u(d)}{\phi} - V_c = \frac{139,268}{0,75} - 0 = 185,691 \text{ kN}$$

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

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

$$= \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 240 \cdot 639,0 \cdot 10^{-3}}{185,691} = 129,664 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa SNI 2847-2013 pasal

$$21.5.3.2, S_{maks} \text{ sepanjang sendi plastis diujung balok } 2h = 2 \cdot 700$$

= 1400 mm, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

$$\bullet \frac{d}{4} = \frac{639,0}{4} = 159,75$$

$$\bullet 6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \cdot 25 = 150 \text{ mm}$$

$$\bullet 150 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang **D 10 - 90 mm**

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \\ \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 240 \cdot 639,0 \cdot 10^{-3}}{90} = 267,528 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang} \\ = 0,000 + 267,528 \\ = 267,528 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \cdot V_n \\ = 0,75 \cdot 267,528 \\ = 200,646 \text{ kN} > V_u(d) = 139,268 \text{ kN} \dots\dots (\text{Aman})$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_s \leq 0,66667 \sqrt{f_c'} h_w \cdot d \\ V_s \leq 0,66667 \sqrt{f_c'} \times 400 \times 639,0 \times 10^{-3} \\ 185,691 \text{ kN} < 1077,704 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}$$

Dari hasil perhitungan dan ketentuan-ketentuan di atas maka dipasang tulangan sengkang sebagai berikut :

- Daerah sendi plastis = 2 kaki ϕ 10 - 90
- Daerah luar sendi plastis = 2 kaki ϕ 10 - 150

Dengan demikian, penulangan longitudinal balok B1 adalah sebagai berikut

Tabel 5.1.7.1 Desain tulangan longitudinal balok B13

Lokasi	Mu (Nmm)	Tulangan Tarik	As terpasang (mm ²)	Tulangan Tekan	As terpasang (mm ²)	ϕ Mn (Nmm)
Tmp.Kiri	M	6 D 22	2279,64	3 D 22	1139,82	569853238,6
	M ⁺	3 D 22	1139,82	6 D 22	2279,64	477305995,3
Lapangan	M ⁺	6 D 22	2279,64	3 D 22	1139,82	477305995,3
Tmp. Kanan	M	6 D 22	2279,64	3 D 22	1139,82	574411011,4
	M ⁺	3 D 22	1139,82	6 D 22	2279,64	477305995,3

Penulangan transversal balok 13 adalah sebagai berikut :

Tabel 5.1.7.2 Desain tulangan transversal balok B3

Lokasi	Tulangan
Daerah sendi plastis	2 kaki ϕ 10 - 90
Daerah luar sendi plastis	2 kaki ϕ 10 - 150

• Pendetailan tulangan tumpuan tarik

- Untuk pemberhentian tulangan tumpu tarik ke dalam balok adalah sejauh

$$\frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \times 8000 = 2000 \text{ mm}$$

- Ditambah dengan panjang penyaluran (ℓ_{dh}) untuk batang tulangan pembengkokan 90° menurut SNI 2847-2013 pasal 21.7.5.1, panjang penyaluran (ke kolom) tidak boleh kurang dari yang terbesar dari :

a) $8 \text{ db} = 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$

b) $\ell_{dh} = \frac{f_y \times db}{5,4 \sqrt{f_c'}} = \frac{400 \times 22}{5,4 \times \sqrt{35}} = 275,5 \text{ mm}$

c) 150 mm

Maka digunakan panjang penyaluran = 280 mm

- Panjang pembengkokan (menurut SNI 2847 - 2013 pasal 12.5.1) tumpuan kiri

$12 \times db = 12 \times 22 = 264 \text{ mm}$

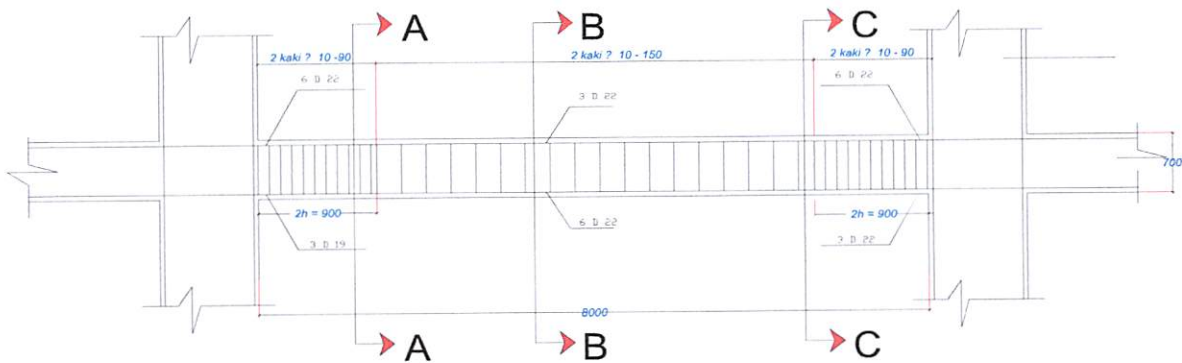
Digunakan panjang pembengkokan sebesar : 270 mm

- Panjang pembengkokan tumpuan kanan :

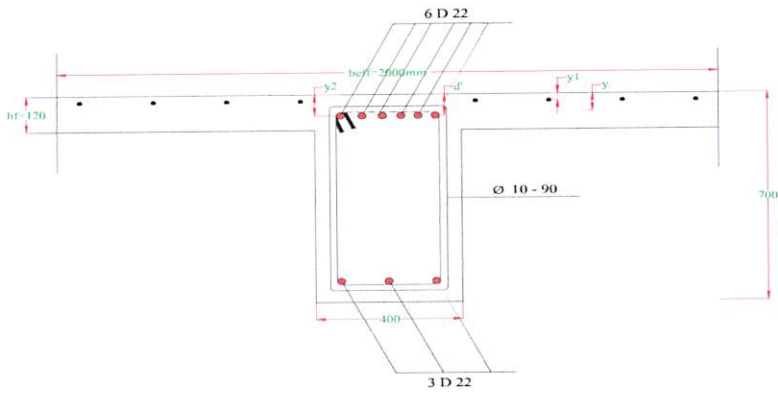
$40 \times db = 40 \times 22 = 880 \text{ mm}$

Digunakan panjang pembengkokan sebesar : 880 mm

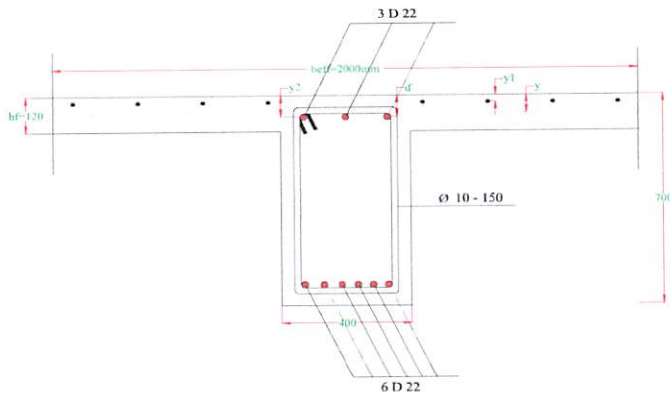
Berikut, gambar penulangan balok B39 :



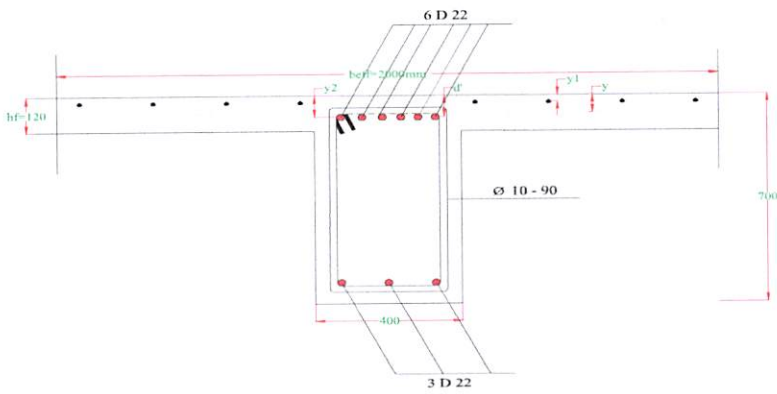
Gambar 5.1.7.13 Desain Tulangan longitudinal dan Transversal balok B39



Gambar 5.1.7.14 Potongan A - A



Gambar 5.1.7.15 Potongan B - B



Gambar 5.1.7.16 Potongan C - C

5.5 Perhitungan Penulangan Kolom

Diketahui :

- Lebar kolom (b) = 700 mm
- Tinggi kolom (h) = 700 mm
- Tulangan sengkang (Ø) = 12 mm
- Tulangan utama dipakai (D) = 22 mm
- Tebal selimut beton = 40 mm
- Tinggi kolom = h lantai - h balok
= 4000 - 700 = 3300 mm
- Kuat tekan beton (f'c) = 40 MPa
- Kuat leleh baja (fy) = 400 MPa
- β1 = 0,85

5.5.1 Perhitungan Penulangan Lentur Kolom

Penulangan kolom yang dihitung adalah pada kolom yang berada pada struktur dengan no kolom lantai I dengan nomor

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

$$= 700 - 40 - 12 - \frac{1}{2} 22$$

$$= 637,0 \text{ mm}$$

$$d' = 700 - 637,0$$

$$= 63,0 \text{ mm}$$

Perhitungan Luas tulangan yang diperlukan (As Perlu)

$$A_g = b \cdot h$$

$$= 700 \cdot 700$$

$$= 490000 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pada kolom 1% - 6% dicoba dengan jumlah tulangan 1,15 %

$$\rho = 0,0115$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot A_g$$

$$= 0,0115 \cdot 490000$$

$$= 5635 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 16 D 22 ,As ada = 6079,04 mm² >

As perlu = 5635,00 mm² **OK**

Perhitungan Beban Sentris

- Beban Sentris

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

$$= (0,85 \cdot 40 (490000 - 6079,04) + 400 \cdot 6079,04) \cdot 10^{-3}$$

$$\begin{aligned}
 &= 18884,929 \text{ kN} \\
 P_n &= 0,80 \cdot P_o \\
 &= 0,80 \cdot 18884,929 \\
 &= 15107,943 \text{ kN} \\
 \phi P_n &= 0,65 \cdot 15107,943 \\
 &= 9820,163 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Gaya yang bekerja

• Kondisi Seimbang

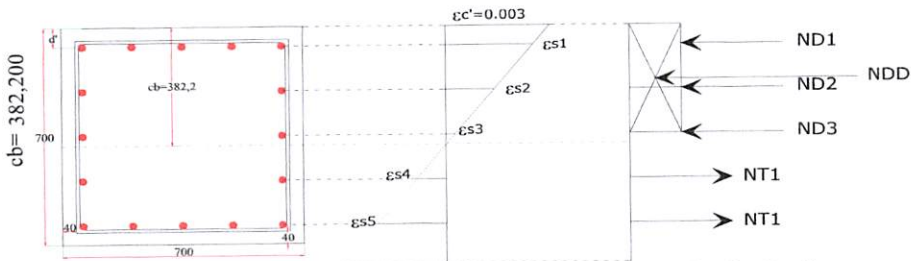
$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \cdot 637,0}{600 + 400} = 382,200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 a_b &= c_b \cdot \beta \\
 &= 382,200 \cdot 0,85 \\
 &= 324,870 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

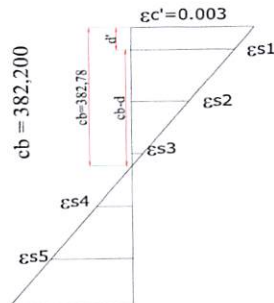
Jarak antar tulangan (x)

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{\text{Jarang antar tulangan tepi}}{\text{jumlah interval tulangan}} \\
 &= \frac{700 - (2 \cdot 63)}{4,000} \\
 &= 143,500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{D_D} &= 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b \\
 &= 0,85 \cdot 40 \cdot 324,870 \cdot 700 \cdot 10^{-3} \\
 &= 7731,906 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.2.1.1 Diagram Tegangan dan Regangan Kolom Kondisi Seimbang



Gambar 5.2.1.2 Diagram Tegangan Kolom (untuk menghitung ND1)

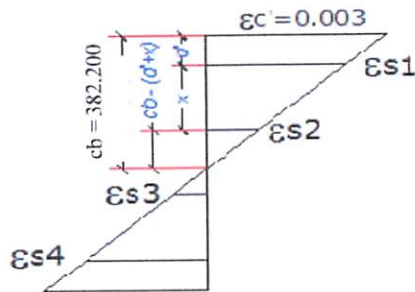
$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

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

$$= \frac{382,200 - 63}{382,200} \times 0,003$$

$$= 0,00251 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$ND_1 = 1899,700 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 759,88 \text{ kN}$$



Gambar 5.2.1.3 Diagram Tegangan Kolom (untuk menghitung ND2)

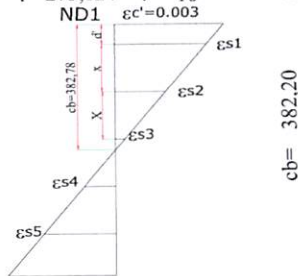
$$\epsilon_{s2} = \frac{cb - (d' + x)}{cb} \times \epsilon_c'$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{382,200 - 206,50}{382,200} \times 0,003$$

$$= 0,00138 < \epsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = 0,00138 \cdot 200000 = 275,824 \text{ MPa}$$

$$ND_2 = 759,88 \cdot 275,824 \cdot 10^{-3} = 209,59 \text{ kN}$$



Gambar 5.2.1.4 Diagram Tegangan Kolom (untuk menghitung NT2)

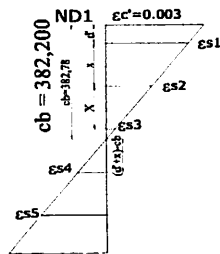
$$\epsilon_{s3} = \frac{(d' + 2x) - cb}{cb} \times \epsilon_c'$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{350,000 - 382,20}{382,200} \times 0,003$$

$$= -0,0003 < \epsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = -0,0003 \cdot 200000 = -50,55 \text{ MPa}$$

$$ND_3 = 759,880 \cdot -50,55 \cdot 10^{-3} = -38,41 \text{ kN}$$



Gambar 5.2.1.5 Diagram Tegangan Kolom (untuk menghitung NT1)

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

$$\epsilon_{s4} = \frac{493,50 - 382,200}{382,200} \times 0,003$$

$$= 0,001 > \epsilon_y;$$

$$\text{maka } f_s = f_y = 400,00 \text{ MPa}$$

$$NT_2 = 759,88 \cdot 400,00 \cdot 10^{-3} = 303,952 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s5} = \frac{(d' + 4x) - cb}{cb} \times \epsilon_{c'}$$

$$\epsilon_{s5} = \frac{637,00 - 382,200}{382,200} \times 0,003$$

$$= 0,002 > \epsilon_y;$$

$$\text{maka } f_s = f_y = 400,00 \text{ MPa}$$

$$NT_1 = 1899,70 \cdot 400,00 \cdot 10^{-3} = 759,880 \text{ kN}$$

$$P_{nb} = ND_D + ND_1 + ND_2 + ND_3 - NT_2 - NT_1$$

$$= 7731,906 + 759,88 + 209,593 - -38,41 - 303,952 - 759,880$$

$$= 7599,14 \text{ kN}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \cdot 7599,136$$

$$= 4939,438243 \text{ kN}$$

$$M_{nb} = NDD(h/2 - ab/2) + \{(ND_1 + NT_1) \cdot (h/2 - d')\} + \{(ND_2 + NT_2)(h/2 - (d' + x)) + ND_3 (h/2 - (2d' + x))\}$$

$$= [7731,906(700/2 - 324,87/2) + \{(759,88 + 303,952) \cdot$$

$$(700/2 - 63)\} + \{(209,593274725275 + -38,4115164835165) \cdot$$

$$(700/2 - (63 + 143,5))\} \times 10^{-3}$$

$$= 1780,119315 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}\phi M_{nb} &= 0,65 \cdot 1780,119 \\ &= 1157,078 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$c_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{1780,11932}{7599,136} = 0,2343 \text{ m} = 234,253 \text{ mm}$$

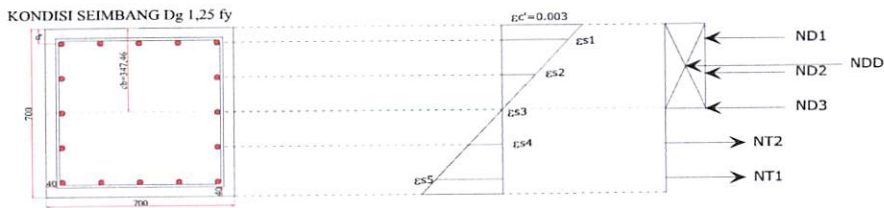
• **Kondisi Seimbang dengan 1,25 f_y**

$$f_y = 1,25 \cdot 400 = 500,00 \text{ MPa}$$

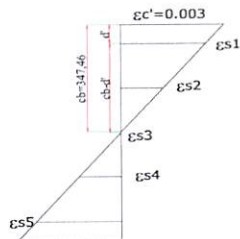
$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \cdot 637,0}{600 + 500,00} = 347,455 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}a_b &= c_b \cdot \beta \\ &= 347,455 \cdot 0,85 \\ &= 295,336 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}ND_D &= 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 40 \cdot 295,336 \cdot 700 \cdot 10^{-3} \\ &= 7029,005455 \text{ kN}\end{aligned}$$



**Gambar 5.2 Diagram tegangan dan regangan kolom
kondisi seimbang 1,25 f_y**



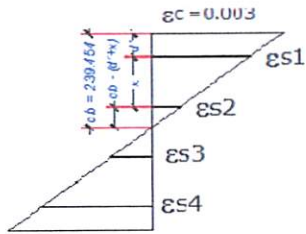
$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{500,00}{200000} = 0,00250$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{c_b - d'}{c_b} \times \epsilon_{c'}$$

$$\begin{aligned}\epsilon_{s1} &= \frac{347,455 - 63,0}{347,455} \times 0,003 \\ &= 0,00246 < \epsilon_y\end{aligned}$$

$$\text{maka } f_s = 0,00246 \cdot 200000 = 491,209 \text{ MPa}$$

$$ND_1 = 1899,700 \cdot 491,21 \cdot 10^{-3} = 933,15 \text{ kN}$$



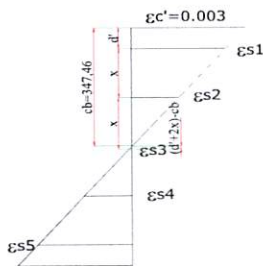
$$\epsilon_{s2} = \frac{cb - (d' + x)}{cb} \times \epsilon_c'$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{347,455 - 206,50}{347,455} \times 0,003$$

$$= 0,00122 < \epsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = 0,00122 \cdot 200000 = 243,407 \text{ MPa}$$

$$ND_2 = 759,880 \cdot 243,407 \cdot 10^{-3} = 184,960 \text{ kN}$$



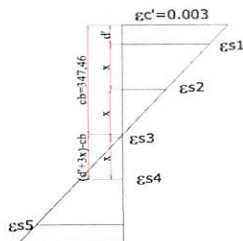
$$\epsilon_{s3} = \frac{(d' + 2x) - cb}{cb} \times \epsilon_c'$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{350,000 - 347,45}{347,455} \times 0,003$$

$$= 0,00002 < \epsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = 0,00002 \cdot 200000 = 4,396 \text{ MPa}$$

$$ND_3 = 759,880 \cdot 4,396 \cdot 10^{-3} = 3,340 \text{ kN}$$



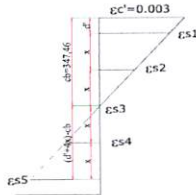
$$\epsilon_{s4} = \frac{(d' + 3x) - cb}{cb} \times \epsilon_c'$$

$$\epsilon_{s4} = \frac{494 - 347,455}{347,455} \times 0,003$$

$$= 0,00126 = \epsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = 500,000 \text{ MPa}$$

$$NT2 = 759,9 \cdot 500,000 \cdot 10^{-3} = 379,940 \text{ kN}$$



$$\epsilon_{s5} = \frac{(d' + 4x) - cb}{cb} \times \epsilon_{c'}$$

$$\epsilon_{s5} = \frac{637 - 347,455}{347,455} \times 0,003$$

$$= 0,00250 = \epsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = 500,000 \text{ MPa}$$

$$NT1 = 1899,7 \cdot 500,000 \cdot 10^{-3} = 949,850 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} P_{nb} &= ND_D + ND_1 + ND_2 + ND_3 - NT_2 - NT_1 \\ &= 7029,005455 + 933,15 + 3,340 + 379,94 - 379,940 - 949,850 \\ &= 6255,7649 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_{nb} &= 0,7 \cdot 6255,765 \\ &= 4379,035 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nb} &= NDD(h/2 - ab/2) + \{(ND_1 + NT_1) \cdot (h/2 - d')\} + \{(ND_2 + NT_2)(h/2 - (d' + x) + ND_3)\} + \{(ND_3)(2d' + x)\} \\ &= 7029,00545[(700/2 - 295,336/2)] + \{(933,15 + 949,850)(700/2 - 63) + 184,96 + 379,940\} \\ &\quad (700/2 - (63 + 143,5) + (3,340)(2(63) + 143,5)) \\ &\quad [(184,959802197802 + 3,34013186813189)(700/2 - (63 + 143,5))] \quad \times 10^{-3} \\ &= 1826,069135 \text{ kNm} \end{aligned}$$

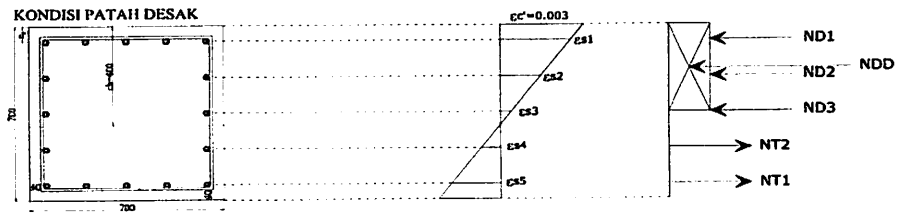
$$\begin{aligned} \phi M_{nb} &= 0,7 \cdot 1826,069 \\ &= 1278,248 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$cb = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{1826,06913}{6255,765} = 0,2919 \text{ m} = 291,902 \text{ mm}$$

- **Kondisi Patah Desak** ($c > cb$)

$$\text{Dipakai nilai } c = 400 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 a &= c \cdot \beta \\
 &= 400,000 \cdot 0,85 \\
 &= 340,00 \text{ mm} \\
 ND_D &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\
 &= 0,85 \cdot 40 \cdot 340,00 \cdot 700 \cdot 10^{-3} \\
 &= 8092,000 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.3 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi patah desak

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

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

$$\epsilon_{s1} = \frac{400 - 63}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00253 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$ND_1 = 1899,700 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 759,88 \text{ kN}$$

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

$$\epsilon_{s2} = \frac{400 - 206,50}{400} \times 0,003$$

$$= 0,00145 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$ND_2 = 759,880 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 303,952 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{(d' + 2x) - c}{c} \times \epsilon_{c'}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{350,00 - 400,00}{350} \times 0,003$$

$$= -0,00043 < \epsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = -0,00043 \cdot 200000 = -85,71 \text{ MPa}$$

$$\text{ND}_3 = 759,9 \cdot -85,71 \cdot 10^{-3} = -65,133 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s_4} = \frac{(d' + 3x) - c}{c} \cdot \epsilon_c'$$

$$\epsilon_{s_4} = \frac{494 - 400}{400} \cdot 0,003$$

$$= 0,00070 < \epsilon_y;$$

$$\text{maka } f_s = 0,00070 \cdot 200000 = 140 \text{ MPa}$$

$$\text{NT}_2 = 759,88 \cdot 140 \cdot 10^{-3} = 106,57 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s_5} = \frac{(d' + 4x) - c}{c} \cdot \epsilon_c'$$

$$\epsilon_{s_5} = \frac{637 - 400}{400} \cdot 0,003$$

$$= 0,00178 < \epsilon_y;$$

$$\text{maka } f_s = 0,00178 \cdot 200000 = 356 \text{ MPa}$$

$$\text{NT}_1 = 1899,70 \cdot 356 \cdot 10^{-3} = 675,34 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} P_n &= \text{ND}_D + \text{ND}_1 + \text{ND}_2 + \text{ND}_3 - \text{NT}_2 - \text{NT}_1 \\ &= 8092,000 + 759,88 + 303,952 - 65,133 - 106,57 - 675,34 \\ &= 8652,194 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,65 \cdot 8652,194 \\ &= 5623,926354 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \text{NDD}(h/2 - ab/2) + \{(\text{ND}_1 + \text{NT}_1)(h/2 - d')\} + \{(\text{ND}_2 + \text{NT}_2)(h/2 - (d'+x)) + \text{ND}_3 (h/2 - (2d'+x))\} \\ &= [8092(700/2 - 340/2)] + [(759,88 + 106,57317)(700/2 - 63)] \\ &\quad [(303,952 + -65,1325714285714)(700/2 - (63 + 143,5))] \quad \times 10^{-3} \\ &= 1739,502648 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,65 \cdot 1739,503 \\ &= 1130,677 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_n}{P_n} = \frac{1739,50265}{8652,194} = 0,2010 \text{ m} = \mathbf{201,048 \text{ mm}}$$

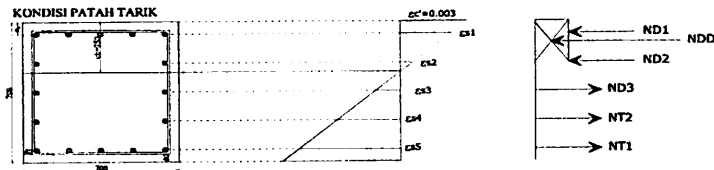
• **Kondisi Patah Tarik** (c < c_b)

$$\text{Dipakai nilai } c = 250 \text{ mm}$$

$$a = c \cdot \beta$$

$$= 250 \cdot 0,85$$

$$\begin{aligned}
 &= 212,5 \text{ mm} \\
 ND_D &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\
 &= 0,85 \cdot 40 \cdot 212,5 \cdot 700 \cdot 10^{-3} \\
 &= 5057,500 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.4 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi patah tarik

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

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

$$\epsilon_{s1} = \frac{250 - 63}{250} \times 0,003$$

$$= 0,0022 > \epsilon_y$$

$$\text{maka } f_s = 0,00224 \cdot 200000 = 448,8 \text{ MPa}$$

$$ND_1 = 1899,700 \cdot 449 \cdot 10^{-3} = 852,59 \text{ kN}$$

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

$$\epsilon_{s2} = \frac{207 - 250,00}{250} \times 0,003$$

$$= -0,0005 < \epsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = -0,00052 \cdot 200000 = -104,4 \text{ MPa}$$

$$ND_2 = 759,880 \cdot -104,4 \cdot 10^{-3} = -79,3 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{(d' + 2x) - cb}{cb} \times \epsilon_c'$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{350 - 250}{250} \times 0,003$$

$$= 0,0012 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$NT_3 = 759,880 \cdot 400,00 \cdot 10^{-3} = 303,95 \text{ kN}$$

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

$$\epsilon_{s4} = \frac{494 - 250}{250,000} \times 0,003$$

$$= 0,0029 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$NT2 = 759,88 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 303,952 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s5} = \frac{(d' + 4x) - c}{c} \times \epsilon_c'$$

$$\epsilon_{s5} = \frac{637 - 250}{250,000} \times 0,003$$

$$= 0,0046 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$NT1 = 1899,70 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 759,880 \text{ kN}$$

$$P_n = ND_D + ND_i + ND2 - NT3 - NT2 - NT1$$

$$= 5057,500 + 852,59 - 79,33 - 303,95 - 303,952 - 759,880$$

$$= 4462,970 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,65 \cdot 4462,970$$

$$= 2900,930427 \text{ kN}$$

$$M_n = NDD(h/2 - ab/2) + \{(ND1+NT1).(h/2 - d')\} + \{(NT2-NT3).(h/2 - (d'+x))\}$$

$$= [5057,5(700/2 - 212,5/2)] + [(852,58536+303,952)(700/2-63)]$$

$$[(303,952-79,331472)(700/2-(63+143,5))] \times 10^{-3}$$

$$= 1619,693026 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,65 \cdot 1619,693$$

$$= 1052,80 \text{ kNm}$$

$$e_b = \frac{M_n}{P_n} = \frac{1619,69303}{4462,970} = 0,3629 \text{ m} = 362,9 \text{ mm}$$

• Kondisi Lentur Murni

Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 6 \text{ D } 22 = 2279,640 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 6 \text{ D } 22 = 2279,640 \text{ mm}^2$$

$$A_s'1 = 4 \text{ D } 22 = 1519,760 \text{ mm}^2$$

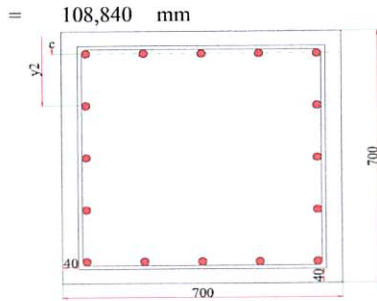
$$A_s'2 = 2 \text{ D } 22 = 759,880 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = 40 + 10 + 1/2 \times 22 = 61 \text{ mm}$$

$$y_2 = 61 + 143,500 = 205 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{As'1 \times y1 + As'2 \times y2}{As \text{ tekan}}$$

$$= \frac{1519,760 \times 61 + 759,88 \times 205}{2279,640}$$



Gambar 5.5 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi 1 lentur murni

Dimisalkan garis netral (c) $>$ $y2$ maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

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

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

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

$$(0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b) \cdot c + As' \cdot (c - d') \times 600 = As \cdot fy \cdot c$$

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

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

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

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

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

$$(0,85 \cdot 40 \cdot 0,85 \cdot 700) \cdot c^2 + (600 \cdot 2279,64 - 2279,64 \cdot 400) \cdot c - 600 \cdot 2279,64 \cdot 63 = 0$$

$$20230 \cdot c^2 + 455928,000 \cdot c - 83434824,0 = 0$$

$$c = 53,9333308 \text{ mm} < y2 = 205 \text{ mm} \dots\dots\dots \textbf{Tidak Aman}$$

Karena nilai $c < y2$ maka dihitung nilai c sebenarnya berdasarkan $d' < c < y2$

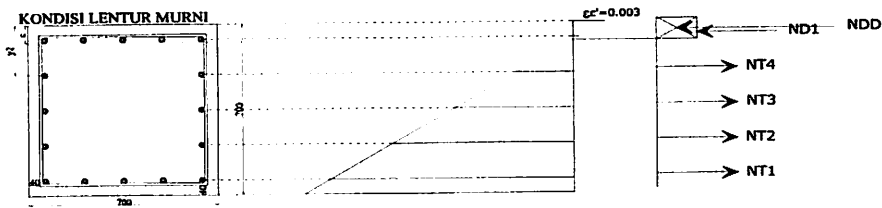
Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tarik } As = -4 \text{ D } 22 = -1519,760 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } As' = 4 \text{ D } 22 = 1519,760 \text{ mm}^2$$

$$d' = 40 + 10 + 1/2 \cdot 22 = 61 \text{ mm}$$

$$d = 700 - 61 = 639 \text{ mm}$$



Gambar 5.6 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi 2 lentur murni

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$(0,85 \cdot 40 \cdot 0,85 \cdot 700) c^2 + (600 \cdot 1519,76 - 1519,76 \cdot 400) \cdot c - 600 \cdot 1519,76 \cdot 61 = 0$$

$$20230 \cdot c^2 - 1519760,000 \cdot c - 55623216,000 = 0$$

$$c = 26,939 \text{ mm} > d' = 61 \text{ mm} \quad \dots \quad \text{OK}$$

$$c < y_2 = 205 \text{ mm}$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,85 \times 26,939 = 22,899 \text{ mm}$$

$$N_{D_D} = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \times 40 \times 22,899 \times 700$$

$$= 544,986 \text{ kN}$$

$$N_{D_1} = f_s' \cdot A_s'$$

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

$$= \frac{26,9 - 61,000}{26,939} \times 600 \times 1519,760 \times 10^{-3}$$

$$= -1152,89 \text{ kN}$$

$$N_{T_1} = A_s l \times f_y$$

$$= 1899,700 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 759,880 \text{ kN}$$

$$N_{T_2} = A_s l \times f_y$$

$$\begin{aligned}
&= 759,880 \times 400 \times 10^{-3} \\
&= 303,952 \text{ kN} \\
NT_3 &= Asl \times fy \\
&= 759,880 \times 400 \times 10^{-3} \\
&= 303,952 \text{ kN} \\
NT_4 &= Asl \times fy \\
&= 759,880 \times 400 \times 10^{-3} \\
&= 303,952 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$NDD + ND1 = NT1 + NT2 + NT3 + NT4$$

$$\begin{aligned}
544,986 + -1152,890 &= 759,88 + 303,952 + 303,952 = 303,952 \\
-607,904 &= 1671,736
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ZD_D &= c - a/2 \\
&= 26,939 - \frac{22,899}{2} \\
&= 15,49021004 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ZD_1 &= c - y1 \\
&= 26,939 - 61 \\
&= -34,061 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ZT4 &= y2 - c \\
&= 205 - 26,939 \\
&= 177,561 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ZT3 &= y3 - c \\
&= 348 - 26,939 \\
&= 321,061 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ZT2 &= y4 - c \\
&= 492 - 26,939 \\
&= 464,561 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ZT1 &= y5 - c \\
&= 635 - 26,939 \\
&= 608,061 \text{ mm}
\end{aligned}$$

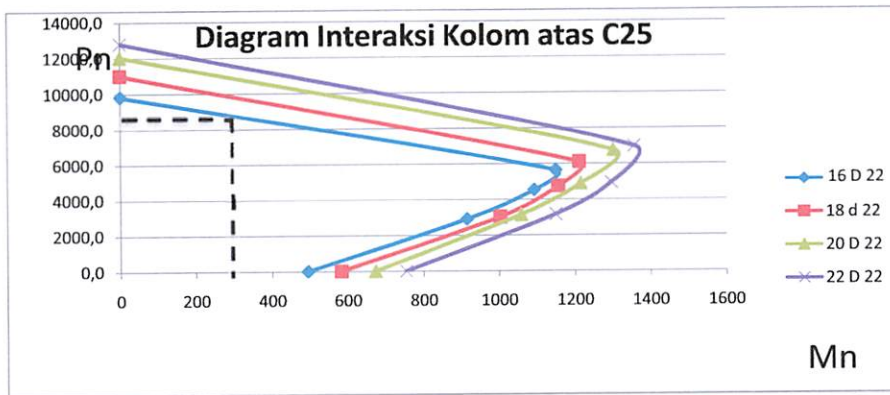
$$\begin{aligned}
Mn &= \{(ND_D \cdot ZD_D) + (ND_1 \cdot ZD_1) + (NT_1 \cdot ZT_1) + (NT_2 \cdot ZT_2) + (NT_3 \cdot ZT_3)\} + (NT_4 \cdot ZT_4) \\
&= \{(544,986 \cdot 15,4902) + (-1152,89 \cdot -34,061) + (759,880 \\
&\quad \cdot 608,061) + (303,952 \cdot 464,561) + (303,952 \cdot 321,1) \\
&\quad \times 10^{-3} \\
&= 748,554 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi Mn &= 0,65 \cdot 748,55 \\
&= 486,560 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

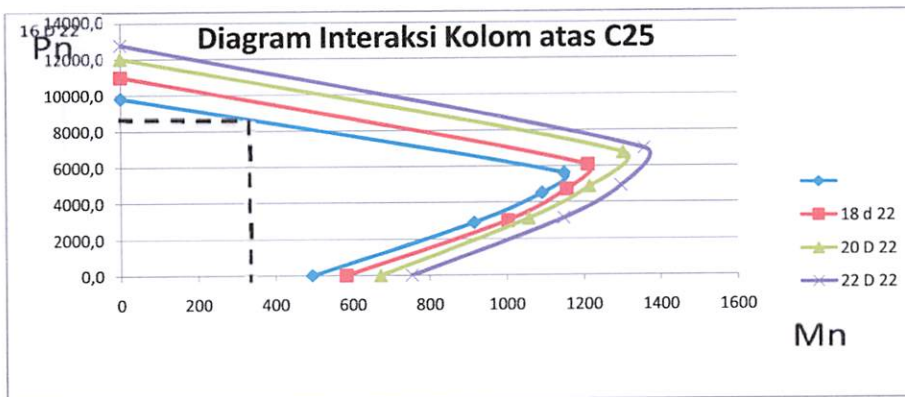
Koordinat diagram

Kondisi	12 D 22	
	ϕ Pn (kN)	ϕ Mn (kNm)
Sentris	9820,163	0
Patah Desak	5623,926	1130,677
Balance	4939,438	1157,078
Patah Tarik	2900,930	1052,800
Lentur	0	486,560

ϕ Pn Kolom atas (kN)	8365 kN
ϕ Pn Kolom desain (kN)	8409 kN



Gambar 5.7 Diagram Interaksi Kolom Atas



Gambar 5.8 Diagram Interaksi Kolom Bawah

Dari hasil pembacaan ketiga diagram interaksi kolom diatas, maka didapat nilai momen nominal terfaktor untuk kolom yang ditinjau sebesar:

ϕ Mn Kolom atas C 25 (kNm)	300
ϕ Mn Kolom bawah C 25 (kNm)	350

5.2.2 Perhitungan Penulangan Geser Kolom

Penulangan geser kolom C25, pada portal memanjang

Diketahui :

h	$=$	700 mm	f_c	$=$	40 MPa
b	$=$	700 mm	$f_{y_{ulir}}$	$=$	400 MPa
d	$=$	637,0 mm	$f_{y_{ polos}}$	$=$	240 MPa
Tinggi bersih l_n	$=$	3300 mm			
Tulangan sengkang	$=$	D 12 mm			

a. Pengekangan Kolom

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang l_0 (SNI 2847-2013 Pasal 21.6.

4.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang l_0 tidak boleh kurang dari :

- $h = 700$ mm
- $l_n = 3300 = 550,000$ mm
- 450 mm

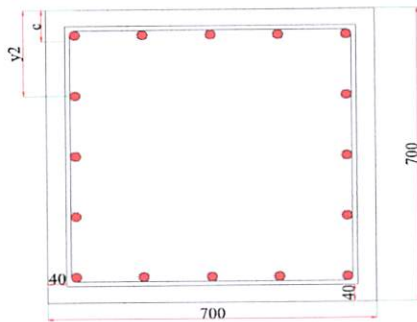
Jadi daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis (l_0) sejauh 700 mm dari muka kolom.

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.3),

spasi maksimum tidak boleh melebihi :

- $\frac{1}{4}$ x dimensi terkecil komponen struktur = $\frac{1}{4}$ x 700 = 175 mm
- 6 x diameter terkecil tul longitudinal = 6 x 22 = 132 mm
- $S_o = 100 + \frac{350 - h_x}{3}$, dimana $100\text{mm} < S_o < 150\text{mm}$

Apabila dipasang tulangan geser 4 kaki D 12 mm, maka nilai S_o yakni :



- Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.4.3 h_x diperoleh dari nilai x terbesar

$x_1 = 126$ mm	}	$x_{\max} = 158$ mm < 350 mm	(OK)
$x_2 = 158$ mm			
$x_3 = 126$ mm			
$x_4 = 126$ mm			
$x_5 = 158$ mm			
$x_6 = 126$ mm			

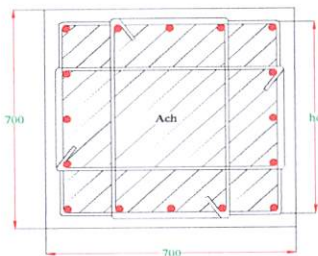
- $S_o = 100 + \frac{350 - 158}{3} = 164$ mm

Karena nilai $S_o = 164$ mm > 150 maka dipakai nilai $S_o = 150$ mm

Dengan demikian digunakan spasi maksimum sebesar 70 mm

Perhitungan luas penampang total tulangan sengkang minimum dipasang tulangan geser

4 kaki D 12 mm dengan jarak 70 mm



$$A_s = 4 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 12^2$$

$$= 452,571 \text{ mm}^2$$

h_c = Jarak antara tepi luar tulangan transversal

$$= 700 - 40 - 40 = 620 \text{ mm}$$

A_{ch} = Luas penampang komponen strktur yang diukur dari tepi luar tul transversal

$$= [700 - 2 \times 40]^2 = 384400 \text{ mm}^2$$

A_{sh} minimum harus memenuhi persyaratan sesuai SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.4.(b)

dan diambil nilai yang terbesar dari hasil rumus berikut ini :

- $A_{sh} = 0,3 \left(\frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_{yh}} \right) \left(\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right)$
- $A_{sh} = 0,3 \left(\frac{70 \times 620 \times 40}{400} \right) \left(\left(\frac{490000}{384400} \right) - 1 \right)$
- $A_{sh} = 0,3 \times 4340,0 \times 0,275$
- $A_{sh} = 345,75 \text{ mm}^2$

atau

- $A_{sh} = 0,09 \left(\frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_{yh}} \right)$
- $A_{sh} = 0,09 \left(\frac{70 \times 620 \times 40}{400} \right)$
- $A_{sh} = 0,09 \times 4340$
- $A_{sh} = 390,6 \text{ mm}^2$

$A_s = 452,57 \text{ mm}^2 > A_{sh \text{ maks}} = 390,6 \text{ mm}^2$ OK

Jadi dipasang tulangan geser sepanjang l_0 yakni : $4 \text{ } \emptyset \text{ 12} - 70 \text{ mm}$

b. Perhitungan Tulangan Transversal Kolom Akibat Ve

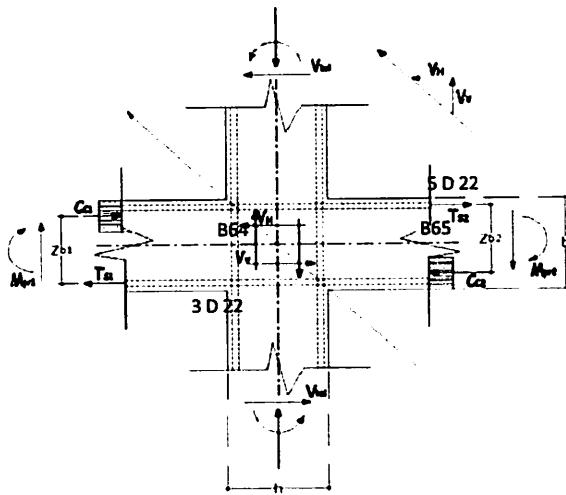
Diketahui :	h	=	700 mm	$f_{y \text{ polos}}$	=	240 MPa
	b	=	700 mm	Tinggi bersih h_n	=	3300 mm
	d	=	637 mm	Tulangan sengkang	=	D 12 mm
	f_c	=	40 MPa	$N_{u, k}$	=	8409000,000 N
	$f_{y \text{ ulir}}$	=	400 MPa			

Perhitungan Momen Probabilitas (Mpr)

$M_{pr} = M_{nb} = 1826069134,936 \text{ Nmm}$

Karena tulangan longitudinal sepanjang kolom sama, maka M_{pr3} dan M_{pr4} diambil

= $1826069134,936 \text{ Nmm}$, sehingga :



$$V_{c \text{ kolom}} = \frac{M_{pr3} + M_{pr4}}{h_n}$$

$$= \frac{1826069134,936 + 1826069134,936}{3300}$$

$$= 1106708,57 \text{ N}$$

$$V_{e \text{ balok}} = \frac{M_{Pr1} + M_{Pr2}}{h_n}$$

$$= \frac{203499056,773 + 318947391,036}{4700}$$

$$= 111158,819 \text{ N} < 50\% V_{e \text{ kolom}} = 553354,283 \text{ N} \quad \text{.....OK}$$

$V_c = 0$, apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 Pasal 21.5.4.2

sebagai berikut :

Gaya aksial $< A_g \cdot f_c / 20$

$$\text{Gaya aksial} \quad N < \frac{700 \times 700 \times 40}{20}$$

$$8409000,00 \quad N > 980000 \quad N \quad . \quad \text{Karena gaya aksial} > A_g \cdot f_c / 20 ,$$

maka dipakai V_c sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$= 0,17 \left(1 + \frac{8409000}{14 \times 490000} \right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 700 \times 637,0$$

$$= 1067094,469 \text{ N}$$

• **Tulangan geser di dalam daerah sendi plastis**

Digunakan tulangan sengkang di dalam daerah sendi plastis yakni : 4 kaki Ø 12 - 70

Sesuai SNI 2847 : 2013 pasal 11.4.7.2 Diperoleh V_s sebagai berikut :

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{452,57 \times 400 \times 637,0}{70} = 1647360,000 \text{ N}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 Pasal 11.4.7.9, yakni :

$$V_s \leq 0,66 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$1647360,000 \text{ N} < 1880079,478 \text{ N} \quad \text{.....OK}$$

Maka :

$$\phi (V_s + V_c) = 0,75 [1647360,000 + 1067094,469] = 2035840,852 \text{ N} > V_u = 111158,819 \text{ N} \quad \text{.....OK}$$

Jadi untuk penulangan geser di daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis sejauh

$l_o = 700 \text{ mm}$ dipasang tulangan geser 4 kaki Ø 12 - 70. 110

• **Tulangan geser di luar daerah sendi plastis**

Persyaratan spasi maksimum untuk daerah luar sendi plastis menurut SNI 2847-2013

Pasal 21.6.4.5, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

- 6 x diameter tulangan utama = 6 x 22 = 132 mm
- 150 mm

Dipakai sengkang 4 D 12 dengan spasi 130 mm

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{452,57 \times 400 \times 637,0}{130} = 887040,000 \text{ N}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 Pasal 11.4.7.9

$$V_s \leq 0,66 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$887040,000 \text{ N} < 1861278,683 \text{ N} \quad \text{.....OK}$$

Maka :

$$\phi (V_s + V_c) = 0,75 [887040,000 + 1067094,469] = 1465600,852 \text{ N} > V_u = 111158,819 \text{ N} \quad \text{.....OK}$$

Jadi untuk penulangan geser di luar sendi plastis dipasang tulangan geser

4 kaki D 12 - 130 mm

4.3 Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 12.15.1 panjang sambungan lewatan harus l_d dihitung sesuai pasal 12.2 tetapi tanpa minimum 300mm dan tanpa faktor modifikasi

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1\lambda \sqrt{f_c'}} \cdot \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

Menurut SNI 2847 : 2013

pasal 12.2.4 (a) nilai Ψ_t diperoleh	=	1,0
pasal 12.2.4 (b) nilai Ψ_e diperoleh	=	1,0
pasal 12.2.4 (b) nilai Ψ_s diperoleh	=	0,8
pasal 12.2.4 (b) nilai λ diperoleh	=	1,0

Dimana c_b (menurut SNI 2847 : 2013 pasal 2.1 adalah yang terkecil dari (a) jarak dari pusat batang tulangan atau kawat ke permukaan beton terdekat, dan (b) setengah spasi pusat ke pusat batang tulangan atau kawat yang disalurkan (dalam satuan mm)

(a) $c_b = \text{selimut beton} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \text{ diameter kolom}$

$$= 40 + 12 + \left[\frac{1}{2} \cdot 22 \right]$$

$$= 63,0 \text{ mm}$$

(b) $c_b = \frac{x}{2}$ dimana x adalah jarak antar tulangan longitudinal (sub bab 5.2.1)

$$= \frac{144}{2}$$

$$= 71,8 \text{ mm}$$

dengan demikian diambil nilai c_b sebesar : 63,0 mm Dengan nilai , $K_{tr} = 0$

$$\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right) = \frac{63,0 + 0}{22} = 2,864 \quad \text{Menurut SNI 2847-2013 pasal 12.2.3}$$

nilai $(c_b + K_{tr})/d_b$ tidak lebih besar dari : 2,5 Hasil perhitungan tersebut didapat :

$$(c_b + K_{tr})/d_b = 2,86 > 2,5 \quad \text{Maka digunakan nilai } (c_b + K_{tr})/d_b = 2,5$$

$$\text{Sehingga : } l_d = \frac{400}{1,1 \times 1} \sqrt{40} \times \frac{1 \times 1 \times 0,8}{2,500} \cdot 22$$

$$= 404,772 \text{ mm}$$

Sambungan lewatan ini termasuk kelas B, maka panjangnya harus = 1,3 l_d , sehingga digunakan $l_d = 1,3 \times 404,772 = 526,203 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$.

Sesuai SNI 2847 : 2013 pasal 21.6.3.3, sambungan lewatan harus diletakan ditengah panjang kolom dan dilingkupi tulangan transversal sesuai pasal 21.6.4.3.

Sehingga digunakan tulangan transversal sepanjang l_d yakni **4 D 12 - 70 mm &** sambungan lewatan kolom dihitung sebagai sambungan tarik.

4.4 Kontrol Desain Kapasitas

Kontrol desain kapasitas untuk joint 44

a. Momen pada kolom

$$\begin{aligned}\Sigma M_{nc} &= \phi M_n \text{ atas} \\ &= 350000000 \quad \text{Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma M_{nc} &= \phi M_n \text{ dsain} \\ &= 300000000 \quad \text{Nmm}\end{aligned}$$

b. Momen pada balok

$$M_{pr}^- = 203499056,773 \quad \text{Nmm}$$

$$M_{pr}^+ = 318947391,036 \quad \text{Nmm}$$

$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$$

$$\begin{aligned}\bullet \Sigma M_{nc} &= 350000000 + 300000000 \\ &= 650000000,000 \quad \text{Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\bullet 1,2 \Sigma M_{nb} &= 1,2 \times 203499056,773 + 318947391,036 \\ &= 626935737,371 \quad \text{Nmm}\end{aligned}$$

Maka :

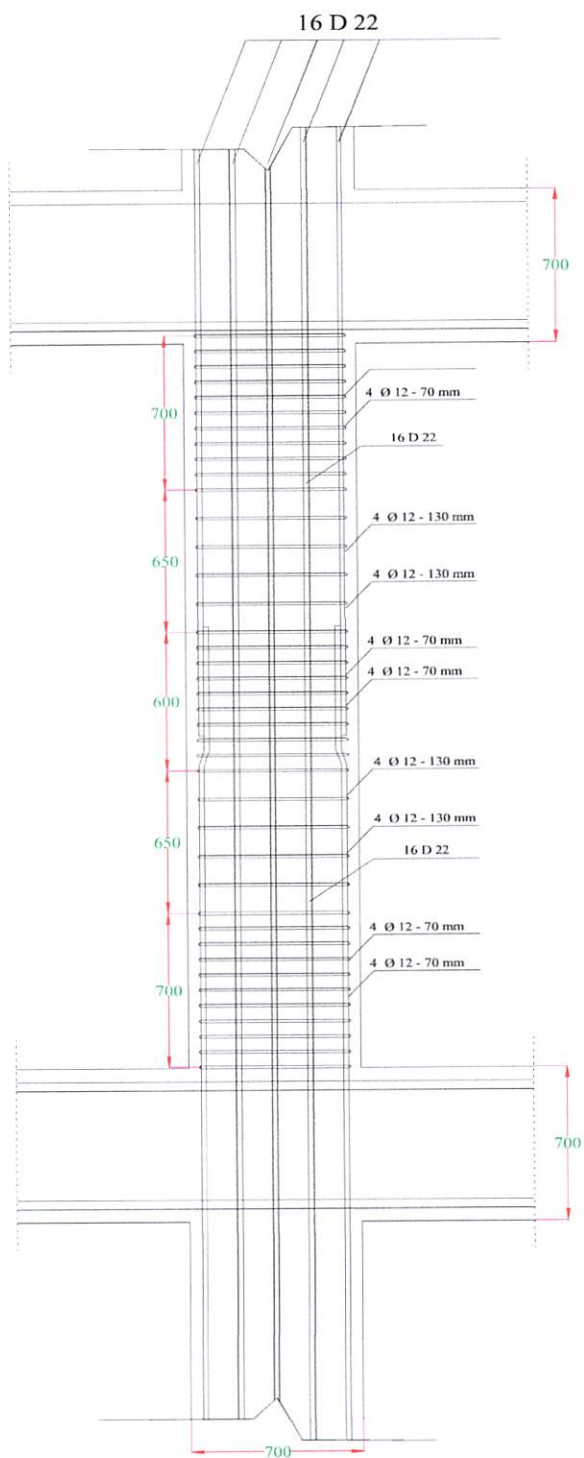
$$\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$$

$$650.000.000 \text{ Nmm} > 626.935.737 \text{ Nmm}$$

..... OK

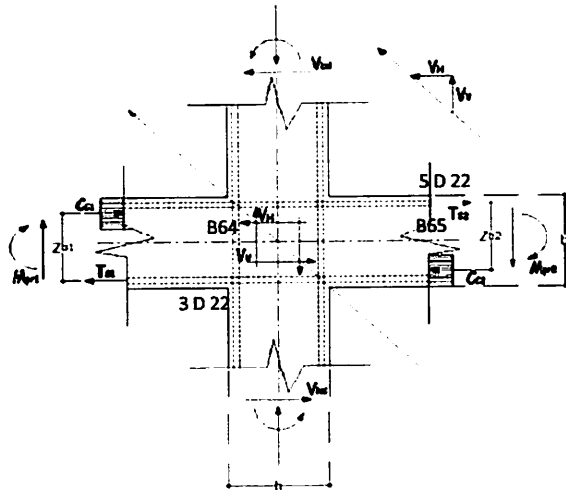
Dari hasil perencanaan balok dan kolom dapat disimpulkan bahwa : persyaratan

"Strong Column Weak Beam" terpenuhi.



Gambar 5.9 Penulangan Longitudinal dan Transversal Kolom C25

4.5 Perhitungan Pertemuan Balok-Kolom



Gambar Analisa geser dari hubungan balok kolom (Joint 44)

Data perencanaan :

- $f_c = 40 \text{ MPa}$
- $f_y = 400 \text{ MPa}$
- $M_{pr, b} = 203499056,773 \text{ Nmm}$
- $M_{pr, b} = 318947391,036 \text{ Nmm}$
- $h_n, a = 3300 \text{ mm}$
- $h_n, b = 3300 \text{ mm}$

Tulangan yang terpasang pada balok :

- balok kiri = 6 D 22
- balok kanan = 6 D 22

Pemeriksaan kuat geser nominal pada joint :

Gaya geser yang terjadi

$$\begin{aligned}
 A_{s1} &= 6 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 2279,64 \text{ mm}^2 \\
 A_{s2} &= 6 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 2279,64 \text{ mm}^2 \\
 T &= A_s \cdot 1,25 \cdot f_y \\
 T_1 &= 2279,64 \cdot 1,25 \cdot 400 = 1139820,000 \text{ N} \\
 T_2 &= 2279,64 \cdot 1,25 \cdot 400 = 1139820,000 \text{ N} \\
 \mu &= \frac{M_{pr, b \text{ kanan}} + M_{pr, b \text{ kiri}}}{2} \\
 &= \frac{203499056,773 + 318947391,036}{2} \\
 &= 261223223,905 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{2 \times 261223223,905}{3300 / 2}$$

$$= 316634,211 \text{ N}$$

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

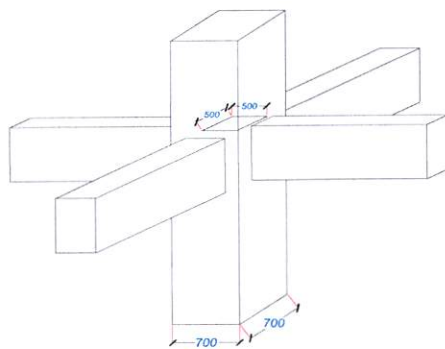
$$= 1139820,000 + 1139820,000 - 316634,211$$

$$= 1963005,789 \text{ N}$$

Kuat geser nominal untuk HBK yang terkekang keempat sisinya maka

berlaku :

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



Gambar 5.10 Luas efektif (A_j) untuk HBK

Maka :

$$V_{jh} < \phi \times 1,7 \times \sqrt{f_c'} \times A_j$$

$$1963005,789 < 0,75 \times 1,7 \times \sqrt{40} \times 300 \times 300$$

$$1963005,789 \text{ N} < 3951265,936 \text{ N}$$

.....OK

• Penulangan geser horisontal

$$N_u = 8409000 \text{ N}$$

$$\frac{N_u}{A_g} = \frac{8.409.000}{700 \times 700}$$

$$= 21,452 \text{ N/mm}^2 > 0,1 \cdot f_c = 0,1 \times 40 = 4,0 \text{ N/mm}^2$$

Jadi $V_{c,h}$ dihitung menurut persamaan

$$V_{c,h} = \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{N_u, k}{A_g} - 0,1 \times f_c' \right) \times b_j \times h_c}$$

$$= \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{8409000}{490000} - 0,1 \times 40 \right) \times 450 \times 700}$$

$$= 2343857,143 \text{ N}$$

$$V_{s,h} + V_{c,h} = V_{j,h}$$

$$V_{s,h} = V_{j,h} - V_{c,h}$$

$$= 1963005,789 - 2343857,143$$

$$= -380851,354 \text{ N}$$

$$A_{j,h} = \frac{V_{s,h}}{f_y}$$

$$= \frac{-380851,354}{400}$$

$$= -952,1283841 \text{ mm}^2$$

Coba dipasang 7 lapis tulangan sengkang :

$$\text{Maka } A_s \text{ ada} = 7 \cdot 792,00$$

$$= 5544,000 \text{ mm}^2 > A_{j,h} = -952,128384 \text{ mm}^2 \quad \dots \text{ Aman}$$

• Penulangan geser vertikal

$$V_{j,v} = \frac{hc}{bj} V_{j,h}$$

$$= \frac{700}{700} \times 1963005,789$$

$$= 1963005,789 \text{ N}$$

$$V_{c,v} = \frac{A_s' \cdot V_{j,h}}{A_s} \times \left(0,6 + \frac{Nu, k}{Ag \cdot f'c} \right)$$

$$= \frac{2279,6 \times 1963005,789}{2279,64} \times \left(0,6 + \frac{8409000}{490000 \times 40} \right)$$

$$= 2019993,049 \text{ N}$$

$$V_{s,v} = V_{c,v} - V_{j,v}$$

$$= 2019993,049 - 1963005,789$$

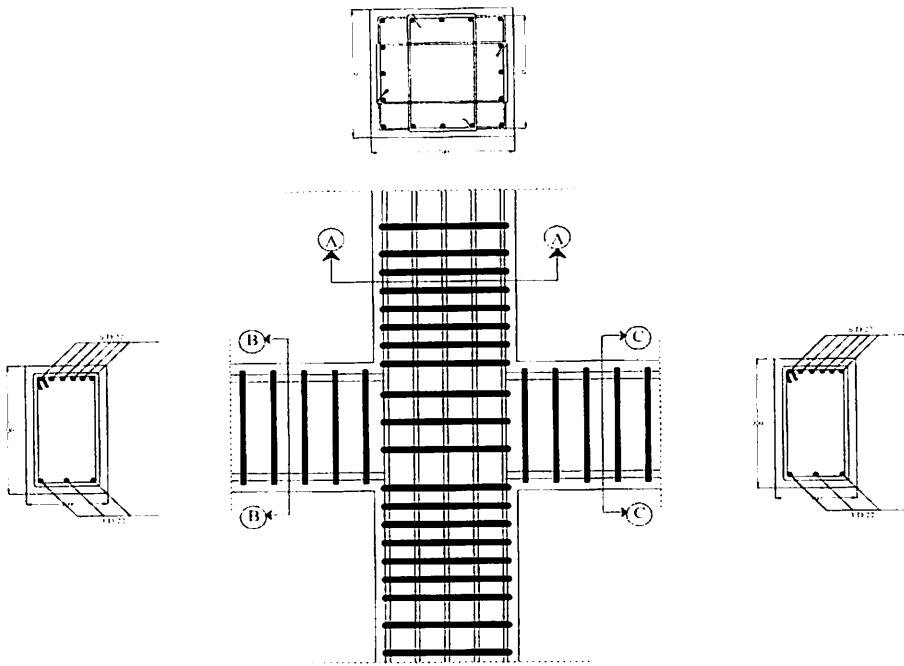
$$= 3982998,838 \text{ N}$$

$$A_{j,v} = \frac{V_{s,v}}{f_y}$$

$$= \frac{3982998,838}{400}$$

$$= 9262,788 \text{ mm}^2$$

Tulangan kolom yang terpasang 16 D 22, dimana luas tulangan (A_s ada = $6079,04 \text{ mm}^2$) $> 9262,788 \text{ mm}^2$. Maka tidak diperlukan lagi tulangan geser vertikal karena sudah ditahan oleh tulangan kolom yang terpasang.



Gambar 4.11 Hubungan Balok Kolom

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan beberapa tahap dalam Perencanaan Struktur Portal Pada Gedung Lombok City Center Mataram didapatkan hasil perhitungan dimensi penampang dan tulangan balok, kolom, dan hubungan balok kolom., dan dalam perhitungan ini diambil sampel pada portal line 5. Kemudian dari perencanaan tersebut didapat hasil sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan pada balok 13 lantai 2 line 5 yaitu:

- Dimensi Balok : 40/70
- Tulangan Tumpuan Kiri : 6 D 22 (atas), 3 D 22 (bawah)
- Tulangan Lapangan : 3 D 22 (atas), 6 D 22 (bawah)
- Tulangan Tumpuan Kanan : 6 D 22 (atas), 3 D 22 (bawah)

Tulangan Geser :

Joint Kiri = joint kanan

- Daerah sendi plastis : 2 (kaki) Ø 10-90
- Daerah Luar Sendi Plastis : 2 (kaki) Ø10-150

2. Kolom pada portal ini direncanakan dengan menggunakan dimensi 70/70 dengan jumlah tulangan pada kolom C 25 didapat tulangan lentur 16 D 22, dengan spesifikasi tulangan geser:

Daerah sendi plastis : 4 kaki Ø12-70

Daerah luar sendi plastis : 4 kaki Ø12-130

□ Untuk hasil perhitungan tulangan pada joint lainnya dan hasil gambar terlampir pada lampiran.

6.2. Saran

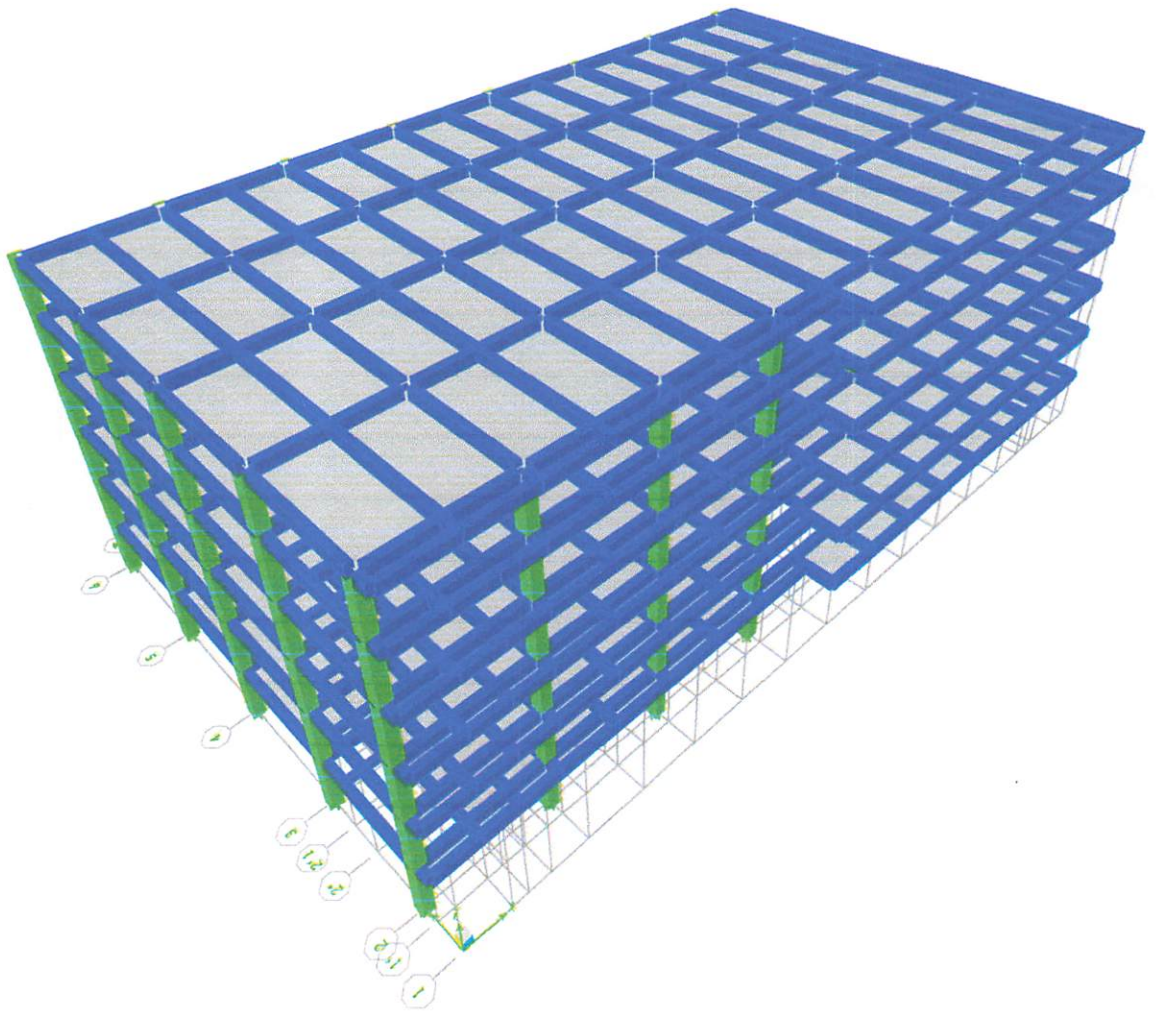
- a. Sebelum melakukan perencanaan dan perancangan struktur harus sudah memahami terlebih dahulu terkait aturan aturan yang berlaku dalam merencanakan sebuah bangunan khususnya SNI baik mengenai Tata cara perhiungan struktur maupun mengenai tata cara prencanaan ketahanan gempa untuk bangunan Gedung.

- b. Sebelum Perencanaan Struktur sebaiknya di lakukan estimasi awal pada ukuran elemen struktur , sehingg tidak terjadi penentuan struktur berulang ulang.
- c. Selain itu, ketelitian dalam melakukan perencanaan juga harus diperhatikan, jadi dalam melakukan perencanaan harus disertai kehati-hatian.

DAFTAR PUSTAKA

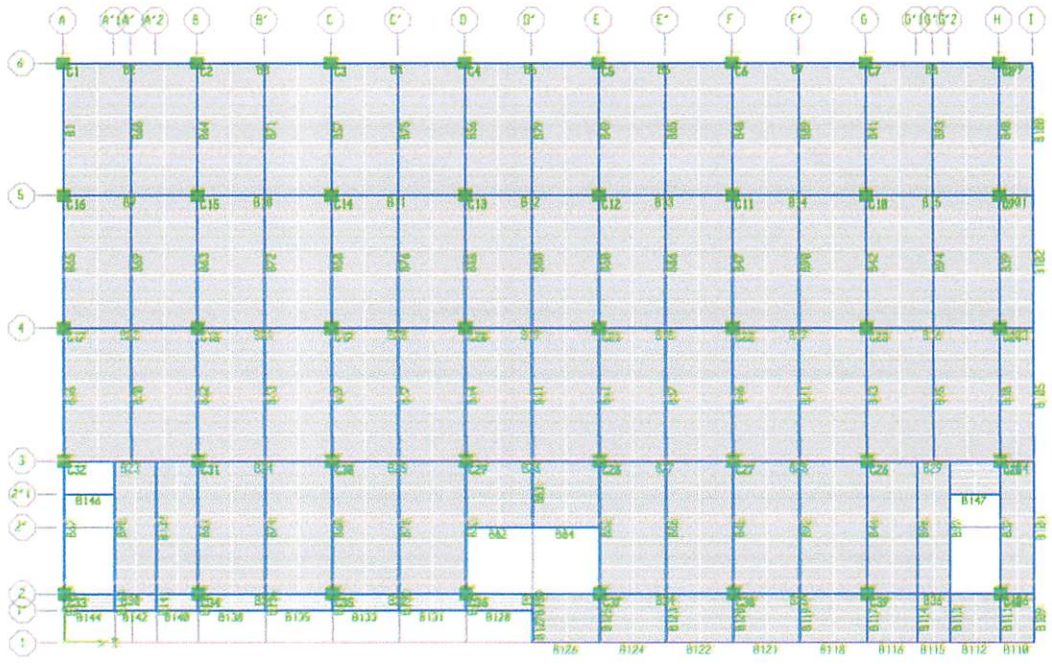
- Nasution Amrinsyah, 2009, *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang*, Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Standar Nasional Indonesia, 2002, *SNI 03 – 2847 - 2013 : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)*, Bandung : Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia, 2002, *SNI 03 – 1726 - 2012 : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2012)*, Bandung : Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*. Bandung : Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan Gedung.
- Purwono, R, 2005, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Edisi Kedua. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Vis, W. C. ; Kusuma, Gideon, H, 1997, *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Edisi : Kedua. Erlangga.
- Purwono R, 2005. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya : ITS Press.
- Tavio, Benny Kusuma, 2009. *Desain Sistem Rangka Pemikul Momen dan Dinding Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya : ITS Press.
- Wang, Ciu Kwa, dan Salmon Charles G, 1990. *Disain Beton Bertulang*. Jakarta : Erlangga, Edisi ke 4

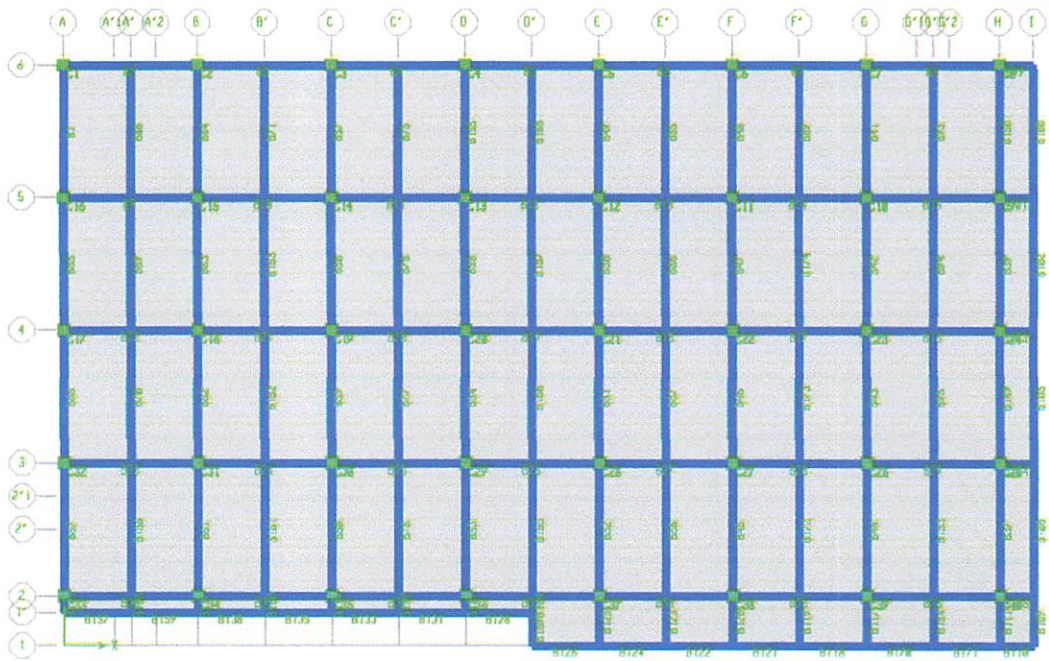
LAMPIRAN

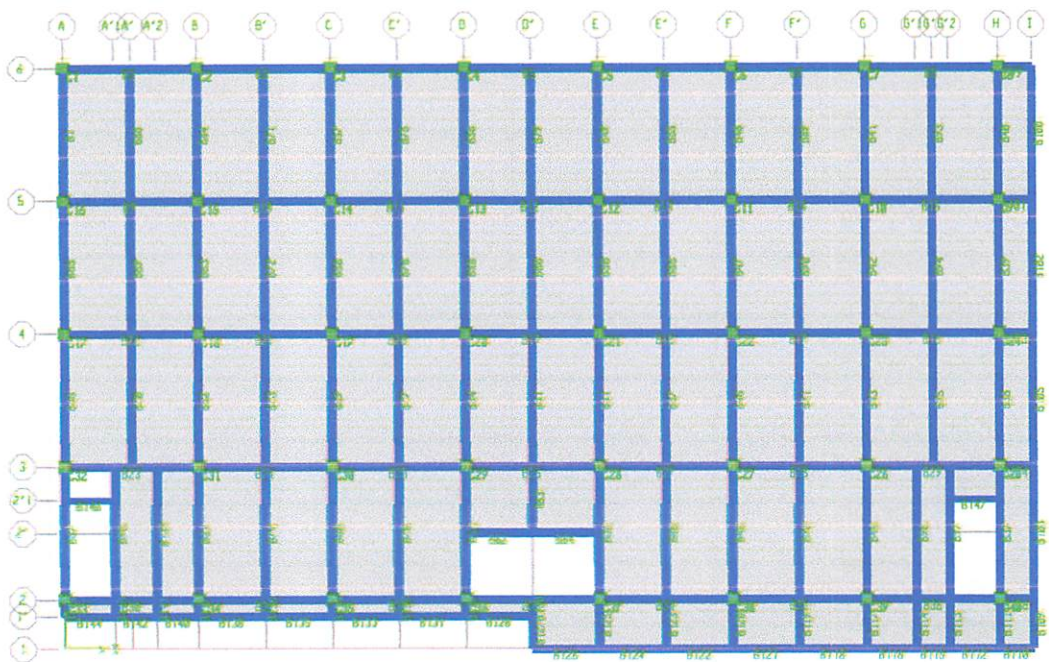


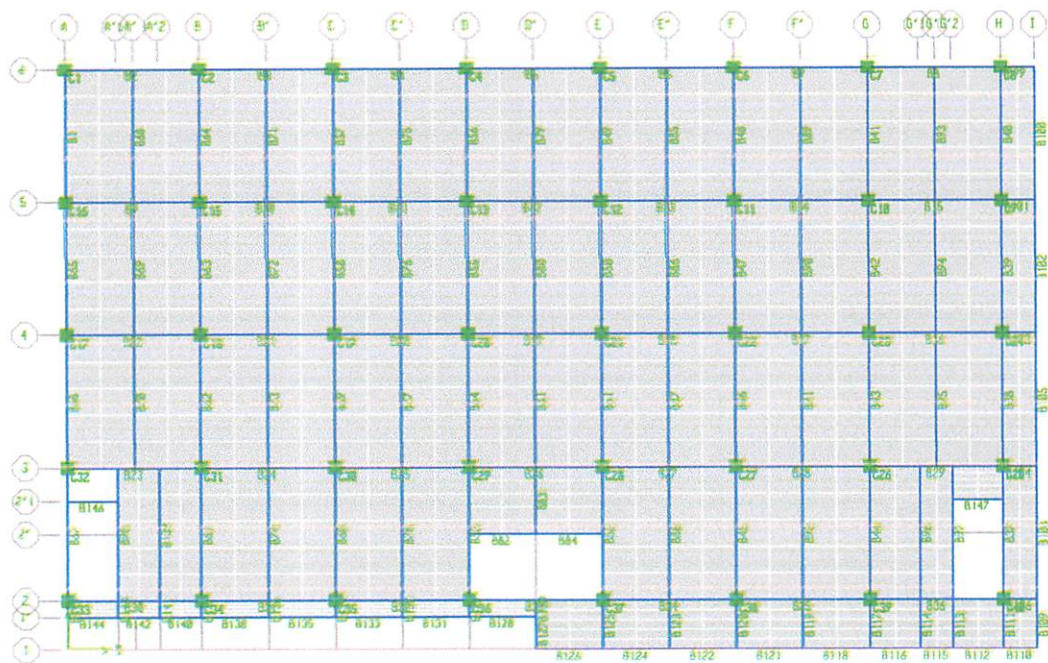






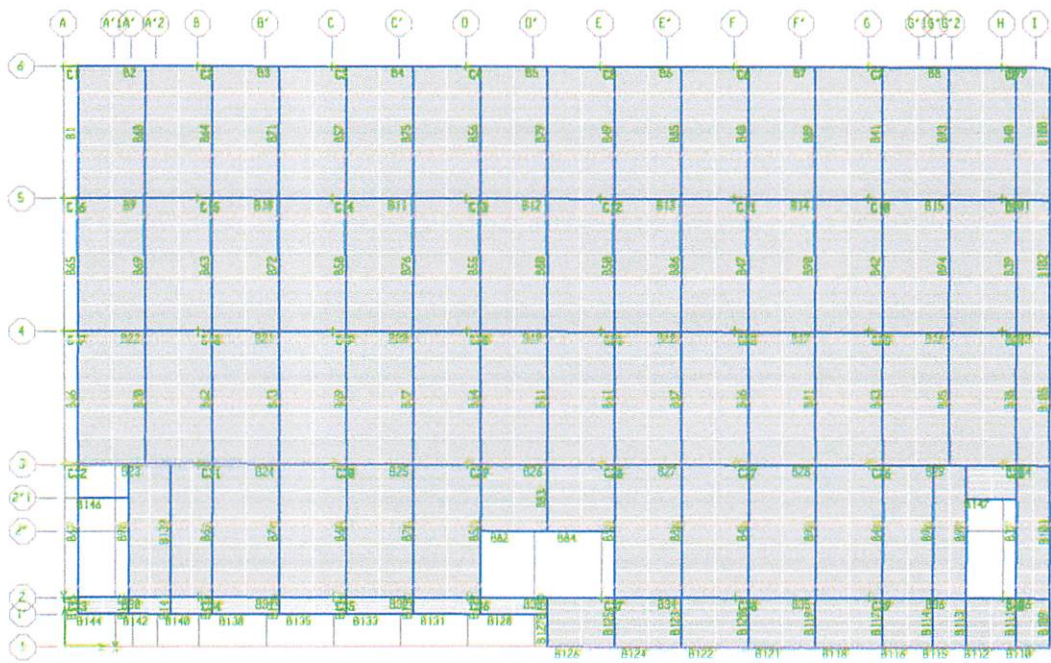




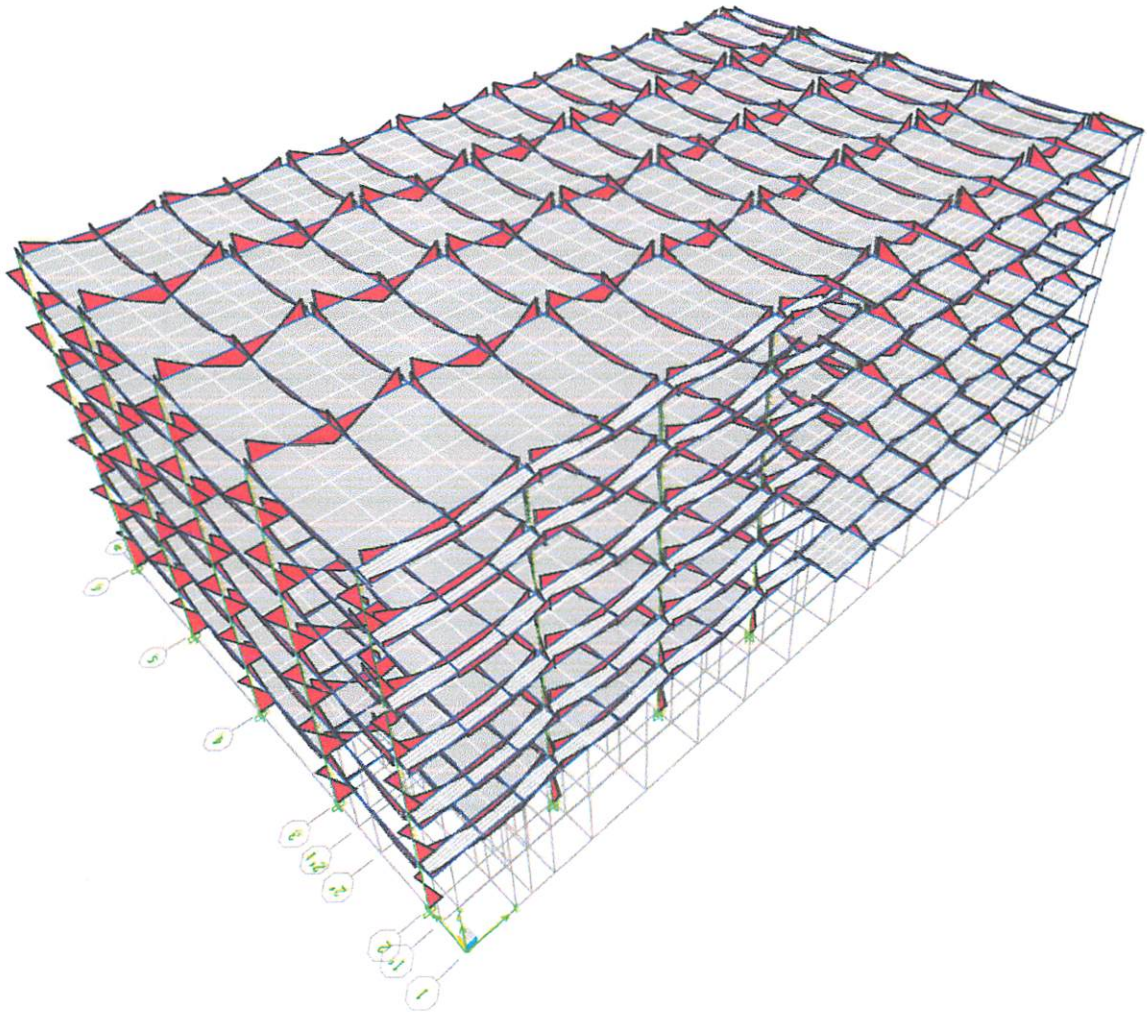


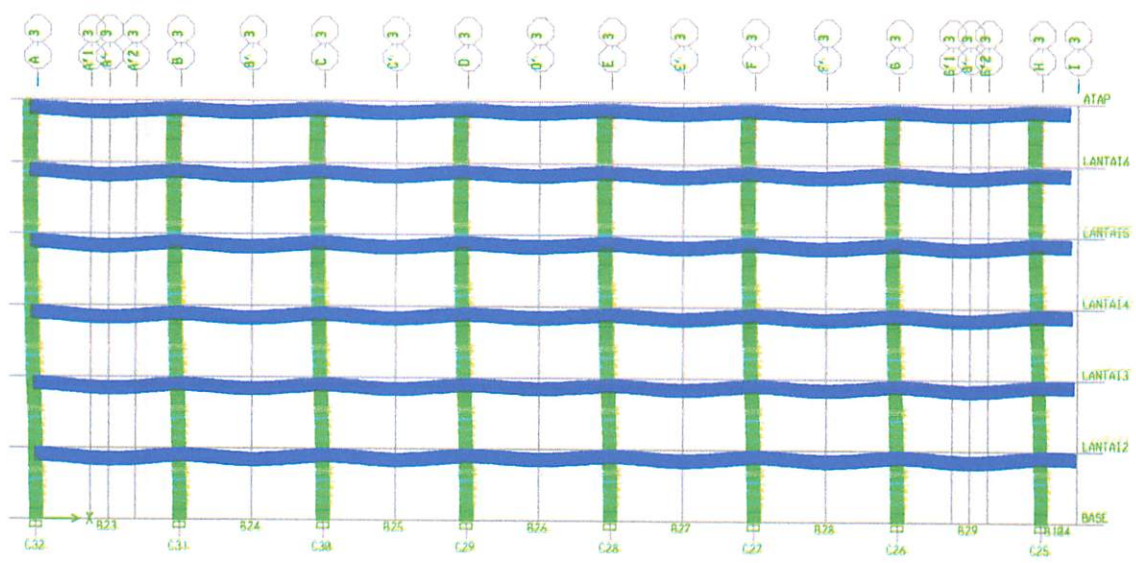


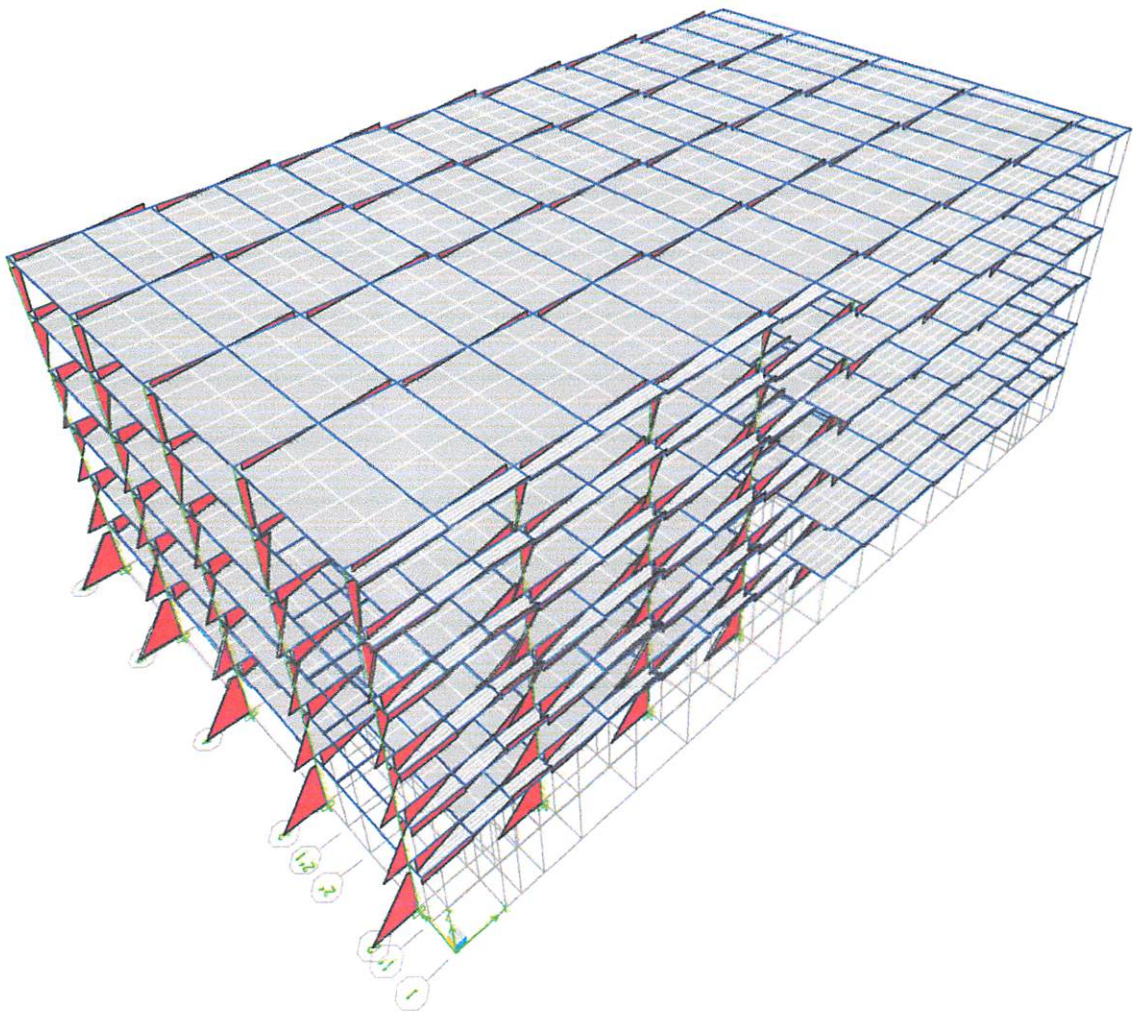


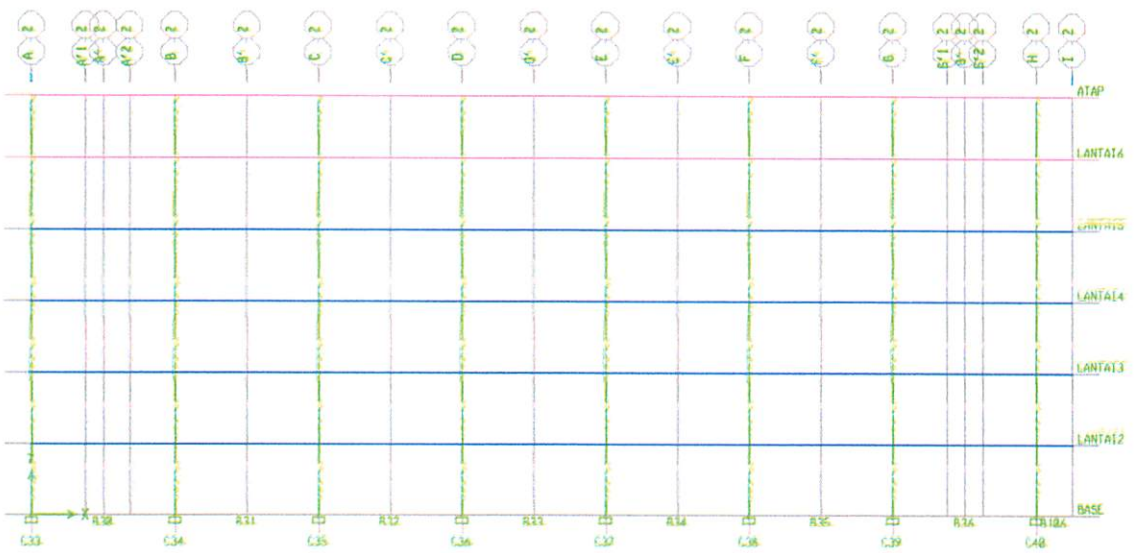


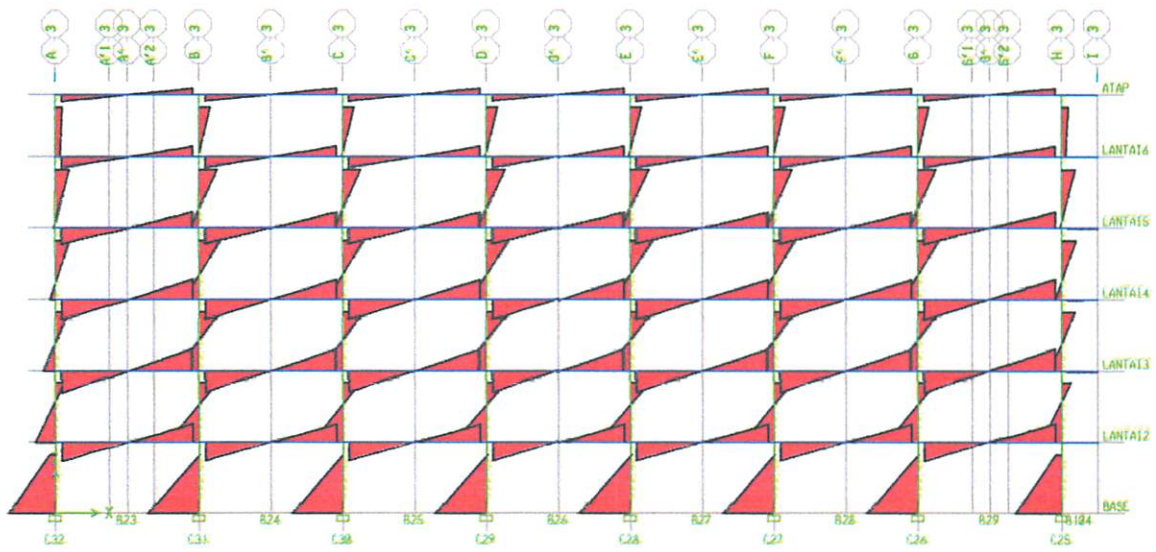


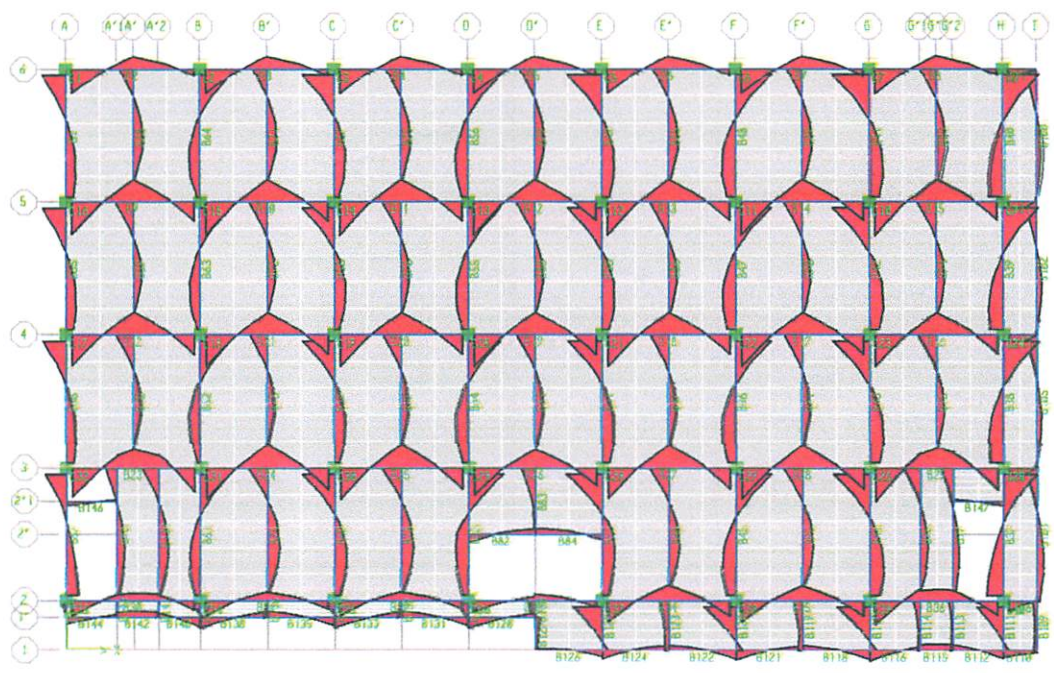


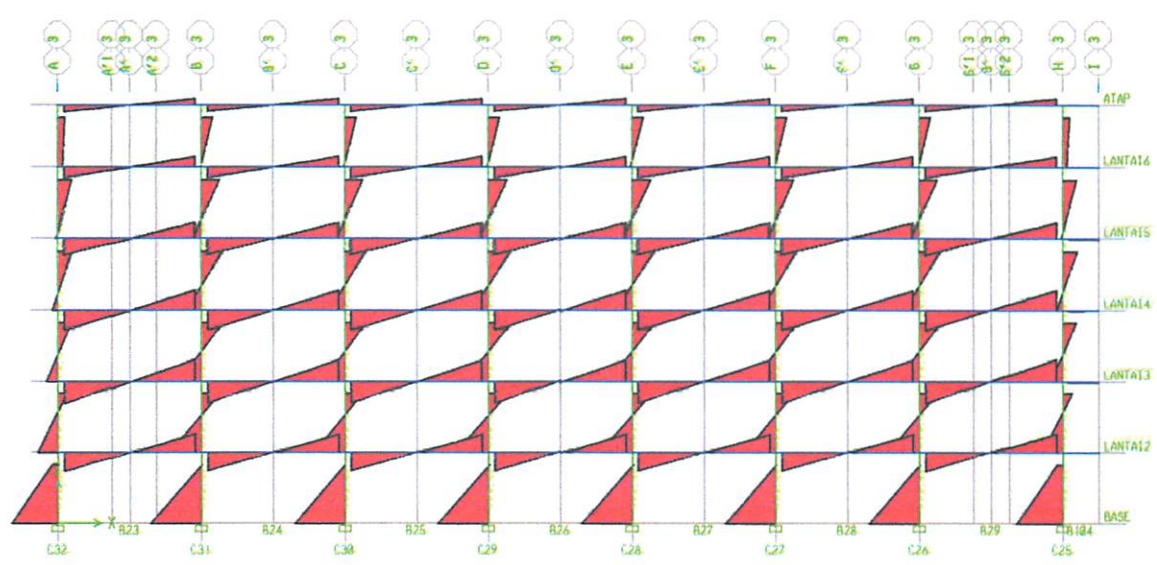


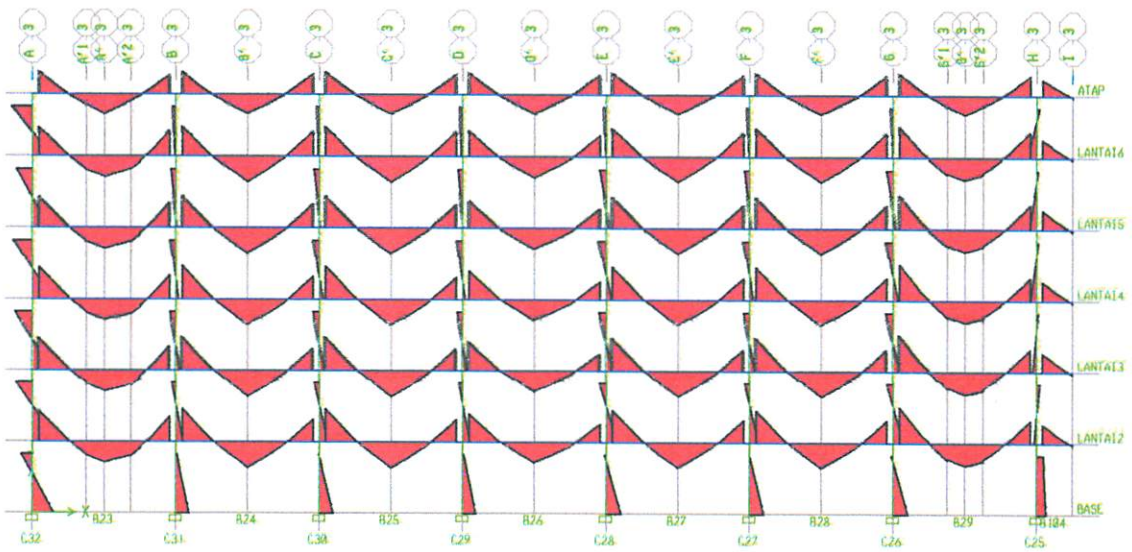


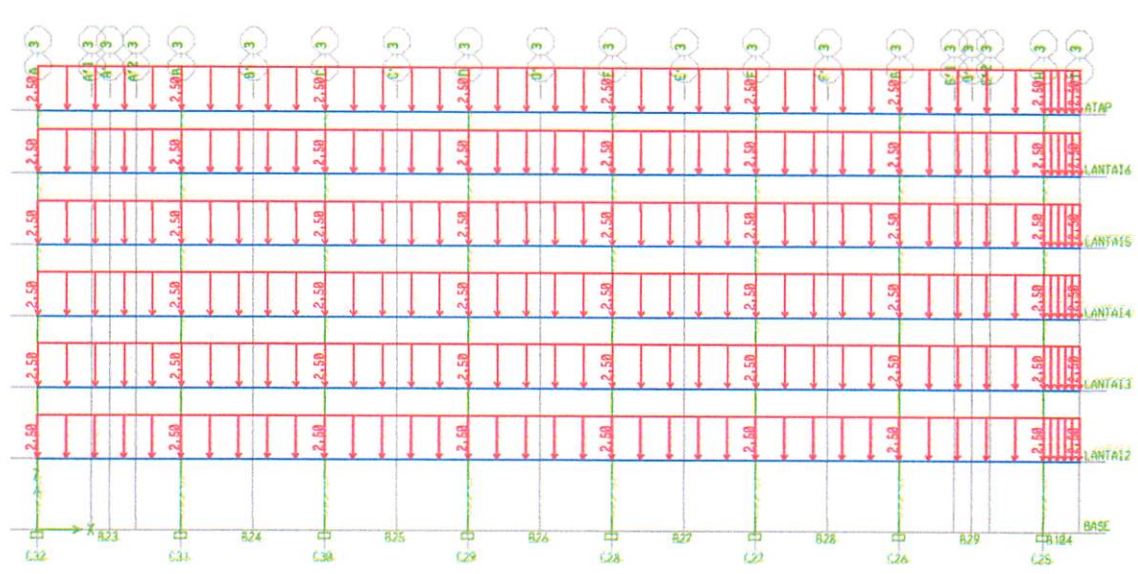














INSTITUT
TEKNOLOGI
NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-gura
2
Jl. Raya Karanglo Km. 2
Malang

SEMINAR HASIL SKRIPSI I PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG Struktur

Nama : Hamza Wadi
 NIM : 12.21.019
 Hari / tanggal : Rabu , 01 Juni 2016

Perbaikan materi Seminar Hasil Skripsi I meliputi :

- cek beban mati plat lantai
- cek nilai TA !
- cek beban dead load pada balok dan pd hit. malar bangunan!

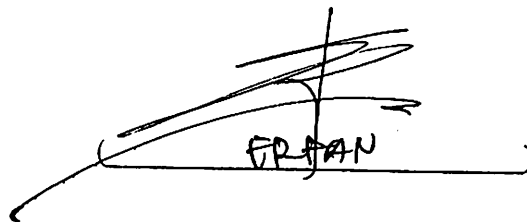
revisi Aed

06 2016

06

Malang, 01 Juni 2016

Dosen Pembahas


FRAN



INSTITUT
TEKNOLOGI
NASIONAL
Jl. Bendungan Sigura-
gura 2 Malang

SEMINAR SKRIPSI TAHAP III PRODI TEKNIK SIPIL S-1

CATATAN REVISI / PERBAIKAN BIDANG STRUKTUR

Nama : HAMZAN WADI

NIM : 12-21-019

Hari / tanggal : Selasa, 18 Juli 2016

Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Gedung Combok
City Center Malangam menggunakan
Sistem rangka Perituk Momen Khusus.
(CFPMK).

- Reduksi Beban Hidup.

- Gempa Vertikal.

~~- Reduksi Beban Hidup.~~

- Gaya Geser (SNI 2847).

Telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 20

Disetujui,

()

Malang, 18 Juli 2016

Dosen Pembahas,

(ECTE)

Pengumpulan berkas untuk ujian skripsi harus menyertakan lembar ini yang sudah ditandatangani/disetujui oleh Dosen Pembahas.



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura 2 Malang

Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang

CATATAN REVISI SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S1
SEMESTER GENAP 2015/2016

Nama : HAMBAN WADI

NIM : 12.21019

Judul : Perencanaan Struktur Portal pada Gedung
Lombok City Center Mataram dengan
Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.
(SFPMK)

1. Perbaiki jumlah tulangan longitudinal dan Transversal pada kolom Balok.
2. Tambahkan syarat untuk kolom (SNI)
3. Kontrol $E_{MNC} \geq (1,2) E_{MNB}$.

Malang, 2016

Disetujui,

Malang, 13.08.2016

Dosen Penguji,

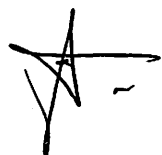
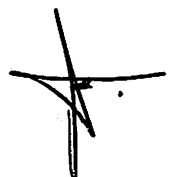
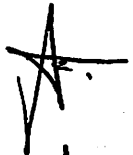
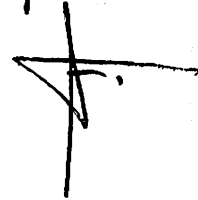

- Skripsi harus dikumpulkan di Studio Sipil paling lambat tanggal 25 Agustus 2016 dengan melampirkan catatan revisi yang sudah di setujui oleh Dosen Penguji, sebagai persyaratan Yudisium.

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jln. Sigura gura No.2 Telp. (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

*“Perencanaan Struktur Gedung Lombok City Center Mataram Dengan
 Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)”*

NAMA : HAMZAN WADI
 NIM : 12. 21. 019
 DOSEN PEMBIMBING I : Ir. A. AGUS SANTOSA . MT


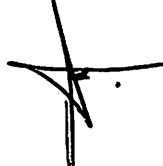
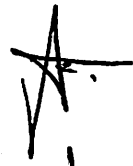
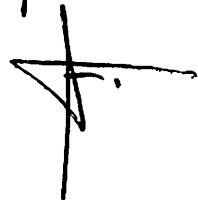

NO	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1	30/4 - '16	- Beribuk di gram lupir - Lajuth pel. statika	
2	20/5 - '16	- Lajuthan pel. beban genpa.	
3	23/5 - '16	- 3d pel. beban genpa	
4	18/5 - '16	- Pel. pusat massa lajuth b. genpa.	
5	22/6 - '16	- Gambar diperjelas 3d pel. momen. all. berjuta tul.	

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jln. Sigura gura No.2 Telp. (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

*“Perencanaan Struktur Gedung Lombok City Center Mataram Dengan
 Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)”*

NAMA : HAMZAN WADI
 NIM : 12. 21. 019
 DOSEN PEMBIMBING I : Ir. A. AGUS SANTOSA . MT

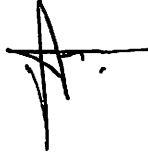


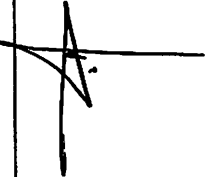
NO	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1	30/4 - '16	- Beban di gram lompur - Lajuh pel. statika	
2	20/5 - '16	- Lajuthan pel. beton genpa.	
3	23/5 - '16	- 3rd pel. beton genpa	
4	10/5 - '16	- Pel. pusat massa lajuth b. genpa.	
5	22/6 - '16	- Gambar diperjelas s.d pel. momen. all. designta tul.	

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jln. Sigura gura No.2 Telp. (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

*“Perencanaan Struktur Gedung Lombok City Center Mataram Dengan
 Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)”*

NAMA : HAMZAN WADI
 NIM : 12. 21. 019
 DOSEN PEMBIMBING I : Ir. A. AGUS SANTOSA . MT



NO	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
6	23-7-16	- Print out tabel gaya ² pd element. - Print contoh pecu.	
7	25-7-16	- Pecu. balok (tue). ok.	
8	1-8-16	- cek. $\sum M_e > \frac{6}{5} M_g$. lengkap: kuisin pulban & swan. & abstrak.	
9	2-8-16	Jce. bin ujian skripsi	

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jln. Sigura gura No.2 Telp. (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

“Perencanaan Struktur Gedung Lombok City Center Mataram Dengan Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)”

NAMA : HAMZAN WADI
 NIM : 12. 21. 019
 DOSEN PEMBIMBING I : Ir. SUDIRMAN INDRA Msc

NO	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
	$\frac{16}{05} 016$	Pelebaran - dan lekuk rti. Hutan + qbr rencana.	
	$\frac{14}{22} 016$	Cek se Per gaya: gaya. Hh, setiap tight	

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
Jln. Sigura gura No.2 Telp. (0341) 551431 Malang

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

*“Perencanaan Struktur Gedung Lombok City Center Mataram Dengan
Metode Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)”*

NAMA : HAMZAN WADI
NIM : 12. 21. 019
DOSEN PEMBIMBING I : Ir. SUDIRMAN INDRA Msc

NO	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
	28 07 016.	Peerin - Hani Ane <hr/>	X