

SKRIPSI

**PENGARUH MOMEN PUNTIR (TORSIONAL MOMENT)
TERHADAP TULANGAN PADA KOLOM AKIBAT BENTUK
STRUKTUR YANG TIDAK SIMETRIS PADA GEDUNG IJEN
PADJADJARAN SUITES HOTEL RESORT AND
CONVENTION HALL KOTA MALANG**



Oleh :

RAKA GILANG PURNAMA

(09.21.038)

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

2014

SEPTEMBER

THE HOUSE (AMERICAN) BEING THE HOUSE OF REPRESENTATIVES
IN THE HOUSE OF REPRESENTATIVES
AND THE HOUSE OF REPRESENTATIVES
AND THE HOUSE OF REPRESENTATIVES
AND THE HOUSE OF REPRESENTATIVES
AND THE HOUSE OF REPRESENTATIVES

AMERICAN HOUSE OF REPRESENTATIVES

(1890)

THE HOUSE OF REPRESENTATIVES
AND THE HOUSE OF REPRESENTATIVES
AND THE HOUSE OF REPRESENTATIVES
AND THE HOUSE OF REPRESENTATIVES
AND THE HOUSE OF REPRESENTATIVES
AND THE HOUSE OF REPRESENTATIVES

1890

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**PENGARUH MOMEN PUNTIR (TORSIONAL MOMENT) TERHADAP
TULANGAN PADA KOLOM AKIBAT BENTUK STRUKTUR YANG
TIDAK SIMETRIS PADA GEDUNG IJEN PADJADJARAN SUITES
HOTEL KOTA MALANG**

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

**Disusun Oleh :
RAKA GILANG PURNAMA
09.21.038**

Dosen Pembimbing I



(Ir. A. Agus Santosa, MT.)

Menyetujui :

Dosen Pembimbing II



(Ir. Ester Priskasari, MT)

Mengetahui,

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



(Ir. A. Agus Santosa, MT.)

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

2014

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**PENGARUH MOMEN PUNTIR (TORSIONAL MOMENT) TERHADAP
TULANGAN PADA KOLOM AKIBAT BENTUK STRUKTUR YANG
TIDAK SIMETRIS PADA GEDUNG IJEN PADJADJARAN SUITES
HOTEL RESORT AND CONVENTION HALL KOTA MALANG**

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

Pada Hari / Tanggal : Rabu / 20 Agustus 2014

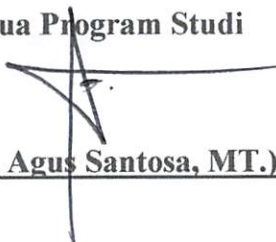
*Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik*

Disusun Oleh :

RAKA GILANG PURNAMA
(09.21.038)

Disahkan Oleh :

Ketua Program Studi



(Ir. A. Agus Santosa, MT.)

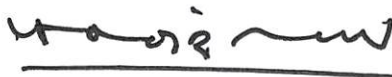
Sekretaris Program Studi



(Lila Ayu Ratna Winanda, ST., MT.)

Penguji

Dosen Penguji



(Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc.)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2014**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Raka Gilang Purnama**
NIM : **09 21 038**
Program Studi : **Teknik Sipil S-1**
Fakultas : **Teknik Sipil dan Perencanaan**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi saya yang berjudul :

**“ PENGARUH MOMEN PUNTIR (TORSIONAL MOMENT)
TERHADAP TULANGAN PADA KOLOM AKIBAT BENTUK
STRUKTUR YANG TIDAK SIMETRIS PADA GEDUNG IJEN
PADJADJARAN SUITES HOTEL RESORT AND CONVENTION HALL
KOTA MALANG “**

adalah hasil karya saya sendiri, dan bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang, Agustus 2014
Yang Membuat Pernyataan



RAKA GILANG PURNAMA

ABSTRAKSI

Raka Gilang Purnama, (2014), "*Pengaruh Momen Puntir (Torsional Moment) Terhadap Tulangan Pada Kolom Akibat Bentuk Struktur Yang Tidak Simetris Pada Gedung Padjadjaran Suites Hotel Resort And Convention Hall Kota Malang*", Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Intitut Teknologi Nasional Malang, Dosen Pembimbing I : Ir. A. Agus Santosa, MT., Dosen Pembimbing II : Ir. Ester Priskasari, MT.

Beban lateral dapat mengakibatkan torsi pada bangunan ketika beban lateral tersebut cenderung memutar bangunan tersebut dengan arah vertikal. Torsi merupakan efek momen puntir pada penampang tegak lurus terhadap sumbu utama dari elemen. Hal ini terjadi ketika pusat massa tidak tepat dengan pusat kekakuan. Eksentrisitas diantara pusat massa dan pusat kekakuan dapat menyebabkan gerakan torsi selama terjadinya gempa. Torsi yang timbul pada bangunan dapat diakibatkan salah satunya adalah bentuk struktur bangunan yang tidak simetris.

Tugas akhir ini menganalisa perilaku elemen struktur kolom pada bangunan gedung Padjadjaran Suites Hotel Resort and Convention Hall Kota Malang ketika gedung tersebut terdapat eksentrisitas antara pusat massa dan pusat kekakuan. Dan dapat menganalisa pengaruh momen puntir terhadap tulangan pada kolom antara gedung tanpa eksentrisitas dan gedung dengan eksentrisitas tambahan.

Dalam penulisan tugas akhir ini didapat hasil bahwa adanya eksentrisitas sangat berpengaruh pada tulangan kolom. Kolom dengan eksentrisitas tambahan memerlukan jumlah tulangan yang lebih banyak daripada kolom ketika gedung tersebut tidak terdapat eksentrisitas.

Kata Kunci : Kolom, Eksentrisitas

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa Yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayahnya maka penyusun dapat menyelesaikan Laporan Proposal Skripsi yang Berjudul **“PENGARUH MOMEN PUNTIR (TORSIONAL MOMENT TERHADAP TULANGAN PADA KOLOM AKIBAT BENTUK STRUKTUR YANG TIDAK SIMETRIS PADA GEDUNG PADJADJARAN SUITES HOTEL RESORT AND CONVENTION HALL KOTA MALANG) ”**, yang merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil S – 1 Institut Teknologi Nasional Malang.

Tak lepas dari berbagai hambatan, rintangan, dan kesulitan yang muncul, namun berkat petunjuk dan bimbingan dari semua pihak yang telah membantu saya dapat menyelesaikan laporan ini. Sehubungan dengan hal tersebut dalam kesempatan ini saya menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada:

1. Bapak DR. Ir. Kustamar, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Agus Santosa, MT Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
3. Ibu Lila Ayu Ratna Winanda, ST. MT Selaku Sekertaris Prodi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
4. Ir. Bambang Wedyantadji, MT Selaku Dosen Koordinator Bidang Manajemen Konstruksi yang telah banyak membantu.
5. Kedua orang tuaku yang telah memberikan kasih sayang dan dukungannya.
6. Semua rekan – rekan Teknik Sipil yang telah membantu penyelesaian Proposal ini.

Dengan segala kerendahan hati saya menyadari bahwa dalam penyusunan laporan proposal ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan, akhir kata semoga laporan proposal ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 20 Maret 2014

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar persetujuan

Abstraksi

Kata Pengantar

Daftar Isi

BAB I. PENDAHULUAN

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

BAB II. LANDASAN TEORI

2.1. Torsi	4
2.1.1. Eksentrisitas Pusat Massa Terhadap Pusat Kekakuan	4
2.1.2. Pengaruh Momen Puntir	6
2.2. Perencanaan Balok dengan Tulangan Tekan dan Tarik.....	8
2.3 Perencanaan Balok Terhadap Geser	13
2.4 Perencanaan Portal Kolom Portal Terhadap Lentur dan Aksial	16
2.5 Kolom Eksentrisitas Kecil	19
2.6 Kolom Eksentrisitas Besar.....	19
2.7 Konsep Pembebanan.....	21
2.7.1. Beban Statis	21
2.7.2. Beban Dinamik	23
2.7.1. Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan	25
2.8 Faktor Reduksi Gempa	31
2.9 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah.....	32
2.10 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	33
2.11 Daktilitas	33
2.12 Ragam Keruntuhan.....	35
2.13 Bagan Alir	33

BAB III DATA PERENCANAAN

3.1. Data Perencanaan Bangunan	39
3.2. Data Pembebanan	40
3.3. Data Material	40
3.4. Pembebanan	41
3.5. Perhitungan Berat Bangunan	42
3.6. Perhitungan Berat Tiap Lantai	44
3.7. Mencari Pusat Massa	45
3.8. Mencari Gaya Geser Total	45
3.9. Mencari Pusat Kekakuan	51
3.10. Mencari Eksentrisitas Rencana	51
3.11. Kinerja Batas Layan	53

BAB IV PERHITUNGAN PENULANGAN STRUKTUR

4.1 Perhitungan penulangan Balok	57
4.2 Perhitungan penulangan Kolom	74

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	89
5.2 Saran	91

DAFTAR PUSTAKA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Torsi merupakan efek momen yang terjadi terhadap sumbu lokal X. Beban lateral dapat mengakibatkan torsi pada bangunan ketika beban lateral tersebut cenderung memutar bangunan tersebut dengan arah vertikal. Hal ini terjadi ketika pusat massa tidak tepat dengan pusat kekakuan elemen vertikal beban lateral struktur tersebut. Eksentrisitas diantara pusat massa dan pusat kekakuan dapat menyebabkan gerakan torsi selama terjadinya gempa. Torsi ini dapat meningkatkan displacement pada titik ekstrim bangunan dan menimbulkan masalah pada elemen penahan lateral yang berlokasi pada tepi gedung.

Penelitian terbaru tentang kerusakan akibat gempa memiliki indikasi sering terjadi mode shape torsi yang menyebabkan masalah yang cukup serius pada bangunan. Pada batas elastis dari respon, gerakan torsi dihasilkan ketika pusat massa struktur tidak bertepatan dengan pusat massanya. Struktur dengan ketidaktepatan pusat massa dan pusat kekakuan akan menjadi struktur yang tidak simetris atau struktur dengan ketidakseimbangan torsi, dan gerakan torsi dapat disebabkan oleh ketidaksimetrisan atau ketidakseimbangan struktur sehingga menjadi seperti puntiran. Ketidaksimetrisan pada kenyataannya ada dalam struktur simetris secara nominal karena ketidakpastian dalam evaluasi pusat masa dan pusat kekakuan, ketidaktepatan dalam ukuran dimensi elemen struktural atau ketiadaan data dalam material propertis seperti modulus elastisitas. Letak pusat massa dan pusat rotasi pada struktur gedung tidak selalu terletak pada tempat yang

sama. Pada gedung Ijen Padjadjaran Suites Hotel Resort And Convention Hall Kota Malang ini mempunyai bentuk denah yang tidak simetris, dengan perletakan kolom yang tidak beraturan. Struktur bangunan yang ditinjau adalah struktur bangunan beton bertulang dengan ukuran denah 57,75 x 15,35 m, tinggi gedung 54 m, jumlah lantai 15 lantai. Dengan kondisi denah yang seperti ini, tentu saja akan mengakibatkan letak pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat tidak berimpit, sehingga akan menimbulkan eksentrisitas. Eksentrisitas inilah yang nantinya akan mengakibatkan momen puntir pada kolom pada saat terjadi gempa. Tugas akhir ini difokuskan untuk mempelajari perilaku struktur bangunan gedung khususnya pada kolom, sekaligus untuk mengetahui pengaruh puntir pada tulangan kolom ketika terjadi momen puntir akibat bentuk struktur yang tidak simetris.

1.2 MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud dari pengambilan judul ini adalah untuk mengetahui perilaku struktur terhadap gempa bumi karena pada struktur tersebut mempunyai eksentrisitas terhadap pusat massa dan pusat rotasi. Eksentrisitas ini terjadi karena pusat massa dan pusat kekakuan pada gedung tidak berimpit yang mengakibatkan gedung akan mengalami puntir.

Tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mengetahui besarnya momen pada kolom pada struktur gedung Ijen Padjadjaran Suites Hotel Resort And Convention Hall kota Malang, yang diakibatkan gaya geser gempa yang bekerja pada pusat massa struktur yang mengalami eksentrisitas terhadap pusat kekakuan dikarenakan bentuk struktur yang tidak simetris, serta dapat menghitung tulangan

pada kolom akibat adanya eksentrisitas guna untuk menahan momen yang bekerja pada kolom tersebut.

1.3 BATASAN MASALAH

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

1. Mendapatkan tulangan pada kolom antara tanpa eksentrisitas dan dengan eksentrisitas tambahan.
2. Mendapatkan gambar tulangan kolom antara tanpa eksentrisitas dan dengan eksentrisitas tambahan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 TORSI

Torsi adalah puntiran akibat gempa yang berbahaya dalam semua gedung. Hal ini terjadi terutama pada bentuk struktur yang tidak simetris dimana pusat massa dan pusat kekakuan tidak berimpit. Torsi juga dapat timbul pada elemen struktur apabila padanya diberikan momen puntir langsung, atau secara tak langsung misalnya beban eksentris. Momen-momen puntir ini sering kali menyebabkan tegangan geser yang cukup besar. Sebagai akibatnya, dapat terjadi retak-retak yang dapat menjalar sampai melebihi batas yang diijinkan. Hal ini dapat terjadi apabila tidak diberikan penulangan torsi dengan baik. Jika tidak diberikan tulangan torsi, batang beton bertulang yang menerima gaya torsi besar akan runtuh secara mendadak. Penambahan tulangan torsi tidak mengubah besar torsi yang akan menyebabkan retak tarik diagonal, melainkan mencegah batang tersebut terpisah. Oleh karena itu, tulangan torsi akan mampu menahan momen torsi yang cukup besar tanpa terjadi runtuh.

2.1.1 Eksentrisitas Pusat Massa Terhadap Pusat Kekakuan

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

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

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

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

atau

$$e_d = e - 0.05 b$$

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

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

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

atau

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

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

Pasal ini menetapkan suatu eksentrisitas rencana antara pusat massa dan pusat kekakuan pada tiap lantai tingkat, mengingat dalam kenyataannya eksentrisitas tersebut dapat menyimpang jauh dari yang dihitung secara teoritis. Ada dua sumber penyebab dari penyimpangan ini, sumber penyebab pertama adalah pembesaran dinamik akibat perilaku

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

2.1.2 Pengaruh Momen Puntir

Pengaruh dari momen puntir merupakan hal yang sulit untuk diperkirakan. Baik getaran rotasi dari gempa maupun respon terhadapnya, hanya diketahui dengan sangat terbatas, bila dibandingkan dengan apa yang telah diketahui mengenai getaran translasi. Namun demikian pengaruh dari momen puntir ini tidak boleh diabaikan, karena momen puntir telah menyebabkan keruntuhan dari banyak bangunan gedung

akibat gempa diwaktu yang lalu, terutama pada sudut dan tonjolan-tonjolan struktur.

Karena sulit untuk memperkirakan pengaruh dari momen puntir akibat gempa pada struktur bangunan, maka akan lebih baik kiranya bila perencana struktur berusaha untuk membuat konfigurasi denah bangunan yang simetris atau mendekati simetris. Momen puntir tingkat yang harus ditinjau dalam perencanaan unsur-unsur di dalam suatu tingkat terdiri dari dua bagian. Yang pertama adalah momen puntir tingkat yang diakibatkan oleh adanya eksentrisitas. Dan yang kedua adalah momen puntir tingkat tak terduga, yang diperhitungkan dengan menganggap adanya eksentrisitas tambahan antara pusat massa dan pusat kekakuan sebesar 5% dari lebar bangunan dalam arah tegak lurus gempa. Eksentrisitas tambahan ini untuk memperhitungkan bermacam hal yang tak terduga seperti penyimpangan dalam masa pelaksanaan, ketidak telitian dalam perhitungan pusat kekakuan, dan pengaruh gerakan tanah yang memuntir.

Pengaruh pembesaran akibat interaksi antara ragam-ragam puntir dan translasi dapat diperhitungkan dengan mengalikan nilai eksentrisitas teoritis dengan faktor sebesar 1,5. Unsur-unsur penahan momen puntir tingkat sebagai bagian dari system penahan gempa, hendaknya ditempatkan sepanjang keliling gedung dan jauh letaknya dari pusat kekakuannya. Perlu diingat bahwa perilaku gerakan memuntir dapat menyebabkan pembagian yang tidak merata dalam pemencaran energi gempa pada struktur. Sebagai akibatnya untuk tingkat daktilitas struktur yang sama, daktilitas elemen yang diperlukan dari bagian-bagian tertentu

dari struktur, dapat menjadi sangat besar dan berlebihan. Tingkat daktilitas yang tidak merata pada suatu tingkat, akan menyebabkan distribusi gempa yang tidak merata pada tingkat tersebut. Distribusi gempa yang tidak merata akan menyebabkan kesulitan di dalam analisis struktur.

2.1.3 Mencari Koordinat Pusat Massa

Pusat massa adalah sebuah titik yang menunjukkan posisi massa suatu benda. Pusat gravitasi suatu benda pada dasarnya menunjukkan posisi resultan gaya gravitasi bumi pada benda tersebut, jadi juga titik pada suatu benda dimana benda itu dapat berada dalam keseimbangan. Jelas bahwa konsep pusat massa hanya dapat diterapkan pada benda yang mempunyai berat. Sebutan pusat massa digunakan untuk menunjukkan titik analogisnya pada bentuk geometri seperti garis atau luas. Pusat massa suatu luas dapat didefinisikan sebagai titik dimana seluruh luas dapat dipandang terpusat dan mempunyai momen yang sama terhadap sembarang sumbu dengan luas terdistribusi semula. Sehubungan dengan definisi ini, ada gunanya untuk memvisualkan gambar geometri yang ditinjau, seperti luas planar, sebagai suatu bentuk dengan tebal tak hingga kecil dan massa seragam per satuan luas. Jelas bahwa hal ini analog dengan pusat gravitasi pada suatu benda. Jadi pusat massa suatu luas dapat divisualkan sebagai titik dimana gambar geometri dapat seimbang. Memang kita dapat saja membuat definisi yang lebih tepat lagi seperti yang dapat dibaca pada banyak buku kalkulus. Formulasi yang umum digunakan adalah sebagai berikut. Untuk suatu luas planar pada bidang xy , koordinat pusat massa adalah :

$$X = \frac{\int A X dA}{A}$$

$$Y = \frac{\int A Y dA}{A}$$

Ekspresi ini adalah pernyataan formal sederhana dari definisi yang telah disebutkan di muka. Jumlah aljabar momen dari masing – masing luas kecil terhadap suatu titik atau garis sama dengan momen dari luas total terhadap titik atau garis yang sama. Sebutan $x dA$ dan $y dA$ sering disebut sebagai momen pertama dari suatu luas terhadap referensi. Apabila sumbu referensi itu berimpit dengan sumbu berat (sumbu $x=0$ dan $y=0$), maka :

$$X = \int XA dA = 0$$

$$Y = \int YA dA = 0$$

Apabila suatu luas simetri terhadap suatu sumbu, maka pusat massa selalu berimpit dengan sumbu simetri. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa momen suatu luas pada sisi-sisi yang berlawanan terhadap sumbu sama besar tetapi berlawanan tanda. Untuk suatu luas yang mempunyai lebih dari satu sumbu simetri, pusat massa harus berupa titik yang merupakan titik potong sumbu-sumbu simetri luas tersebut.

Penentuan lokasi pusat massa suatu luas adalah proses yang sangat mudah, yaitu dengan menggunakan persamaan untuk x dan y sembarang sumbu. Referensi dapat digunakan untuk mendapatkan pusat massa suatu luas. Proses mencari pusat massa beberapa bentuk luas, misalnya segitiga, akan diilustrasikan sebagai berikut :

$$Y = \frac{\int A Y dA}{A} \quad Y = \frac{\int A Y dA}{\int dA}$$

dan $dA = x dy = b/h (h-y) dy$

dengan demikian :

$$y = \frac{\int_0^h y \left(\frac{b}{h}\right)(h-y)dy}{\int_0^h \left(\frac{b}{h}\right)(h-y)dy} = \frac{1}{3} h$$

Bentuk- bentuk kompleks yang umum disebut sebagai luas komposit dapat dipandang sebagai gabungan dari bentuk-bentuk geometris sederhana. Apabila suatu luas dapat dibagi atas bagian-bagian, lokasi pusat massa keseluruhan luas tersebut dapat diperoleh tanpa menggunakan integrasi. Hal ini dilakukan dengan cara menjumlahkan secara aljabar momen luas masing-masing bagian dan membagi hasilnya dengan luas total. Prosedur ini sesuai dengan definisi yang telah disebutkan di atas. Jadi secara formal lokasi pusat massa dapat dicari dengan menggunakan :

$$X = \frac{\sum A x_i}{A_T} \qquad Y = \frac{\sum A y_i}{A_T}$$

2.2 Perencanaan Balok dengan Tulangan Tekan dan Tarik (Rangkap)

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

Dengan nilai $M_{D b}$, $M_{L b}$, $M_{E b}$, (Statika/ hasil STAAD PRO 2004),

Dimana kombinasi untuk M_u balok :

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

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

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

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

Dimana :

M_D = Momen lentur komponen portal akibat beban mati tak terfaktor

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

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

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

Untuk tulangan maksimum ada persyaratan bahwa balok atau komponen struktur lain yang 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 STAAD PRO 2004)

Dimana kombinasi untuk M_u balok :

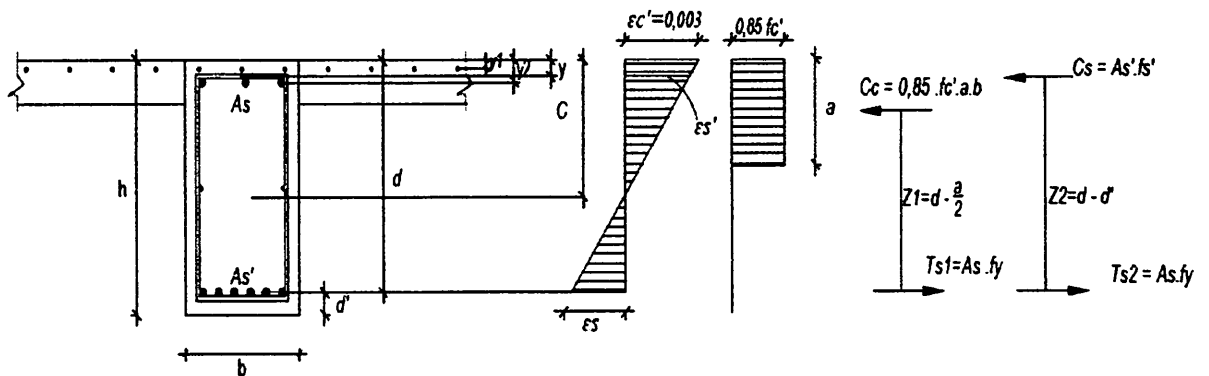
$$= 1,4 M_{D b}$$

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

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

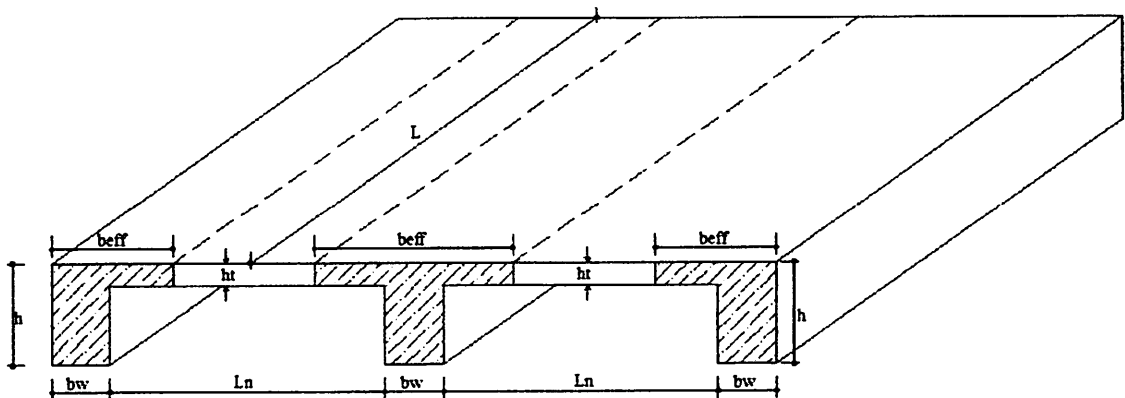
$$= 0,9 M_{D_b} \pm 1,0 M_{E_b}$$

1. Tentukan tulangan tarik dan tekan
2. Hitung nilai $d' =$ tebal selimut beton + diameter sengkang + $\frac{1}{2}$ 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 :

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

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

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

b. Jika balok hanya mempunyai plat satu sisi.

Lebar efektif diambil nilai terkecil dari :

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

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

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

3. mencari letak garis netral

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

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

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

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

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

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

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

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

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.

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

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

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

Jika $\epsilon_s' > \epsilon_y = f_y / ES \rightarrow$ 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.

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

Untuk itu dicari nilai a dengan persamaan sebagai berikut :

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

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

$$f_s' = \epsilon_s' \cdot ES \text{ dimana : } \epsilon' s = \frac{(c - d')}{c} \epsilon' c$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dengan rumus ABC nilai x dapat dihitung :

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

Selanjutnya dapat dihitung dengan nilai-nilai :

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

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

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

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

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

2.3 Perencanaan Balok terhadap Geser

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

Kuat geser pada struktur yang mengalami lentur SNI 2002 Pasal 13.1.1

adalah:

$$\phi V_u \geq V_n$$

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana :

V_u = gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

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

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan pada

penampang yang ditinjau

V_n = kuat geser nominal pada penampang yang ditinjau

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

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton sesuai dengan SNI 2002 Pasal 13.3.1 adalah :

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

Dimana :

b_w = lebar badan balok

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

Ada dua keadaan :

Bila $V_u > 1/2 \emptyset V_c$, 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 :

$$S \leq l/2 d$$

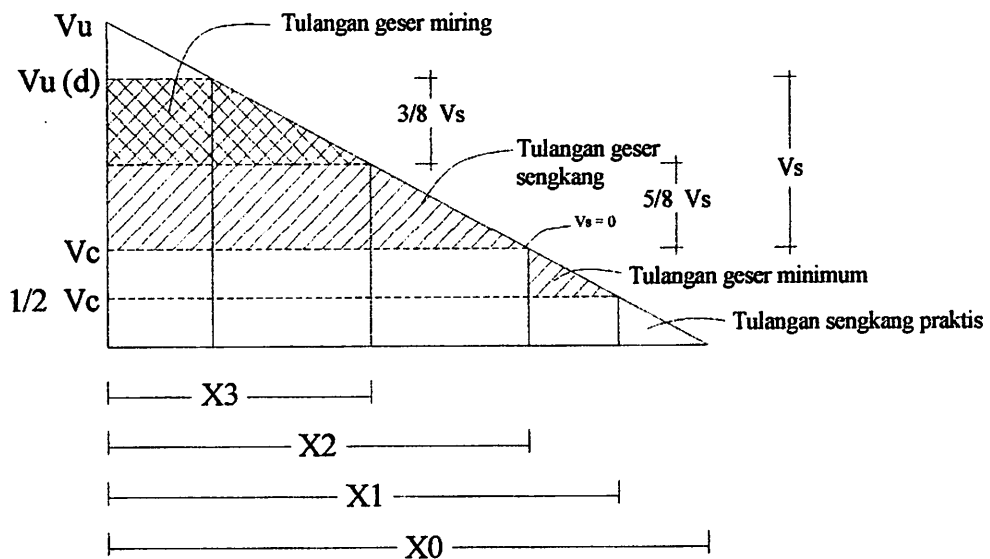
$$S \leq 600 \text{ mm}$$

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

$$S \leq l/4 d$$

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

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



Keterangan gambar :

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

X_1 = daerah yang harus dipasang tulangan geser

X_2 = daerah yang harus dipasang tulangan geser yang diperlukan

X_3 = daerah untuk tulangan geser miring

Ada beberapa kondisi dalam menghitung tulangan geser :

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

2.4 Perencanaan penulangan kolom portal terhadap lentur dan aksial

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

- Momen Ultimit (M_u)

Dari perhitungan statika momen

- Beban aksial terfaktor, normal terhadap penampang (P_u)

Dari perhitungan statika gaya normal.

- Luas tulangan longitudinal komponen struktur tekan non komposit tidak boleh kurang dari 0,01 ataupun lebih dari 0,08 kali luas bruto penampang A_g (1% - 8% A_g). Penulangan yang lazim digunakan antara 1,5% - 3%.
- Rasio tulangan tarik yang diperlukan kolom :

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

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

$$A_s = \rho . b . d$$

Dimana :

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

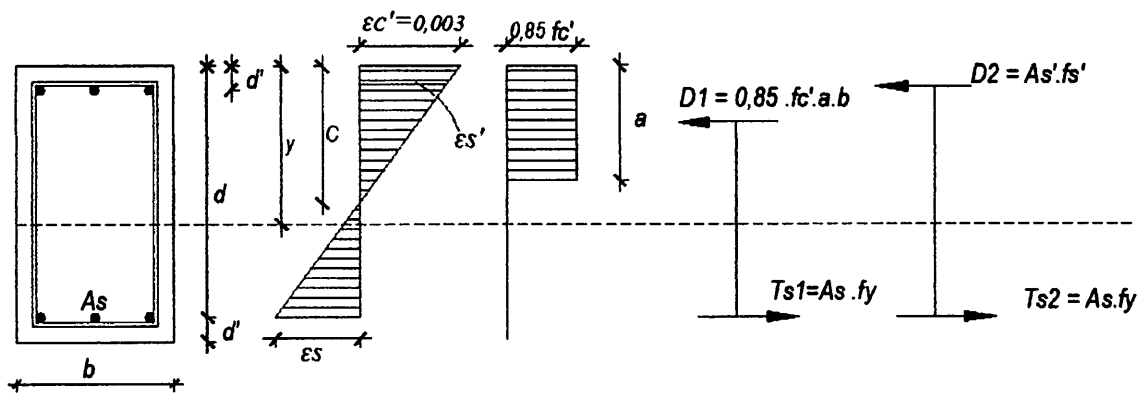
d' = jarak dari serat sengkang terluar ke pusat tulangan tekan (mm)

h = tinggi kolom (mm)

b = lebar kolom (mm)

A_s = luas tulangan tarik (mm^2)

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



Gambar 2.5 Tegangan dan Gaya-gaya Pada Kolom

Tinggi blok tegangan tekan keadaan berimbang

$$a_b = \beta_1 . c_b$$

Dimana :

β_1 = faktor reduksi tinggi blok tegangan tekan ekuivalen

c_b = keadaan keseimbangan regangan

Regangan tekan baja (ϵ_s')

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

Dimana :

ϵ_c' : regangan tekan beton = 0,003

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

Dimana :

ϵ_y = regangan luluh

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

E_s = Modulus elastisitas baja

Kuat beban aksial nominal

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

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

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

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

Pemeriksaan kekuatan penampang:

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

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

Pemeriksaan tegangan pada tulangan:

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

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

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

2.5 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:

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

$$\phi P_n = 0,80 \phi \{ 0,85 f'c (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \} \rightarrow \text{pengikat sengkang}$$

2.6 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 kegaris 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:

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

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

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

2.7 Konsep Pembebanan

Dalam melakukan analisis desain suatu struktur bangunan, perlu adanya gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur. Hal penting yang mendasar adalah pemisahan antara beban-beban yang bersifat statis dan dinamis.

2.7.1 Beban Statis

Beban statis adalah beban yang memiliki perubahan intensitas beban terhadap waktu berjalan lambat atau konstan. Jenis-jenis beban statis menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung 1983 adalah sebagai berikut :

2.7.1.1 Beban Mati (Dead Load/DL)

Beban mati adalah semua beban yang berasal dari berat bangunan, termasuk segala unsur tambahan tetap yang merupakan satu kesatuan dengannya.

Tabel 2. 1 Beban Mati pada Struktur

BEBAN MATI	BERAT BEBAN
Batu Alam	2600 kg/m ³
Beton Bertulang	2400 kg/m ³
Dinding Pasangan ½ Bata	250 kg/m ²
Langit-langit + Penggantung	18 kg/m ²
Lantai Ubin dari Semen Portland	24 kg/m ²

Spesi /cm Tebal	21 kg/m ²
Kolam Renang	1000 kg/m ²

2.7.1.2 Beban Hidup (Live Load/LL)

Beban hidup adalah semua beban tidak tetap, kecuali beban angin, beban gempa dan pengaruh-pengaruh khusus yang diakibatkan oleh selisih suhu, pemasangan (erection), penurunan pondasi, susut, dan pengaruh-pengaruh khusus lainnya. Meskipun dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat dikatakan bekerja berlahan-lahan pada struktur. Beban hidup diperhitungkan berdasarkan perhitungan matematis dan menurut kebiasaan yang berlaku pada pelaksanaan konstruksi di Indonesia. Untuk menentukan secara pasti beban hidup yang bekerja pada suatu lantai bangunan sangatlah sulit, dikarenakan fluktuasi beban hidup bervariasi, tergantung dari banyak faktor. Oleh karena itu faktor pengali pada beban hidup lebih besar jika dibandingkan dengan faktor pengali pada beban mati.

Tabel 2. 2 Beban Hidup pada Struktur

BEBAN HIDUP	BERAT BEBAN
Lantai Apartemen	250 kg/m ²
Tangga dan Bordes	300 kg/m ²
Plat Atap	100 kg/m ²
Lantai Ruang Rapat	400 kg/m ²
Beban Pekerja	100 kg/m ²

2.7.2 Beban Dinamik

Beban dinamik adalah beban dengan variasi perubahan intensitas beban terhadap waktu yang cepat. Beban dinamis ini terdiri dari beban gempa dan beban angin.

2.7.2.1 Beban Gempa

Gempa bumi adalah fenomena getaran yang dikaitkan dengan kejutan pada kerak bumi. Beban kejut ini dapat disebabkan oleh banyak hal, tetapi salah satu faktor utamanya adalah bentiran pergesekan kerak bumi yang mempengaruhi permukaan bumi. Lokasi gesekan ini disebut fault zone. Kejutan tersebut akan menjalar dalam bentuk gelombang. Gelombang ini menyebabkan permukaan bumi dan bangunan di atasnya bergetar. Pada saat bangunan bergetar timbul gaya-gaya pada struktur bangunan karena adanya kecenderungan dari massa bangunan untuk mempertahankan dirinya dari gerakan. Gaya yang timbul disebut gaya inersia, besar gaya tersebut bergantung pada massa bangunan, pendistribusian massa bangunan, kekakuan struktur, jenis tanah, mekanisme redaman dari struktur, perilaku dan besar alami getaran itu sendiri, wilayah kegempaan, periode getar alami.

2.7.2.1.1 Pengaruh Arah Pembebanan Gempa

Untuk memperhitungkan pengaruh arah gempa yang kemungkinan tidak searah sumbu utama struktur gedung, maka SNI 03-1726-2002 menetapkan pengaruh pembebanan searah 100% sumbu utama dan harus dianggap terjadi 30% pada pembebanan dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan.

- **Pengaruh Gempa Horizontal**

Pengaruh gempa bekerja dalam kedua arah utama dari gedung secara bersamaan. Perputaran ini menetapkan bahwa struktur-struktur harus daktail dan direncanakan dari pengaruh gempa. Hal-hal di atas perlu diperhatikan dalam perencanaan dan bila diinginkan dapat diterapkan dalam perencanaan sesungguhnya, terutama untuk struktur gedung yang sangat penting. Sehubungan dengan hal tersebut, pasal ini mensyaratkan agar unsur-unsur primer direncanakan terhadap pengaruh 100% dari gempa rencana dalam suatu arah utama yang dikombinasikan dengan 30% dari gempa rencana dalam arah tegak lurus padanya. Berhubung dengan itu, kombinasi-kombinasi pengaruh beban gravitasi, gempa dalam arah $-X$ dan gempa arah $-Y$ harus ditinjau dalam perencanaan unsur-unsur struktur.

Kombinasi pembebanan (dengan memperhatikan tanda yang sesuai) yang menghasilkan keadaan yang paling berbahaya bagi suatu unsur adalah yang dipakai untuk perencanaan. Pada umumnya, peninjauan pengaruh gempa dalam dua arah yang saling tegak lurus ini hanya diperlukan untuk kolom-kolom atau unsur-unsur vertikal dari system penahan gempa.

- **Pengaruh Gempa Vertikal**

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

struktur-struktur gedung terhadap gerakan vertikal, hanya beberapa bagian yang kritis dari struktur gedung.

- **Beban Gravitasi Vertikal**

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

2.7.2.2 Beban Angin

Berdasarkan Peraturan Muatan Indonesia 1971, muatan angin diperhitungkan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam kg/m^2 , ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup yang ditentukan dalam pasal 4.2 dengan koefisien-koefisien angin yang ditentukan dalam pasal 4.3. Aksi angin pada bangunan bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti kekasaran dan bentuk permukaan, bentuk kerampingan dan tekstur fasade struktur itu sendiri serta perletakan bangunan yang berdekatan.

2.7.3 Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan

Untuk keperluan desain, analisis dari system struktur perlu diperhitungkan terhadap adanya kombinasi pembebanan dari beberapa kasus beban yang dapat bekerja secara bersamaan selama umur rencana. Menurut peraturan pembebanan Indonesia untuk rumah dan gedung, ada

dua kombinasi pembebanan yang perlu ditinjau pada struktur yaitu kombinasi pembebanan tetap dan kombinasi pembebanan sementara. Kombinasi pembebanan tetap dianggap beban bekerja secara terus-menerus pada struktur selama umur rencana. Kombinasi pembebanan tetap disebabkan oleh bekerjanya beban mati dan beban hidup.

Kombinasi pembebanan sementara tidak bekerja secara terus-menerus pada struktur, tetapi pengaruhnya tetap diperhitungkan dalam analisa struktur. Kombinasi pembebanan ini disebabkan oleh bekerjanya beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Nilai-nilai tersebut dikalikan dengan suatu faktor magnifikasi yang disebut faktor beban, tujuannya agar struktur dan komponennya memenuhi syarat kekuatan dan layak pakai terhadap berbagai kombinasi beban.

Faktor beban memberikan nilai kuat perlu bagi perencanaan pembebanan bagi struktur. Rancangan Standar Nasional Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung menentukan nilai kuat perlu sebagai berikut :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Atau

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

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

4. Bila ketahanan tekanan tanah H diperhitungkan dalam perencanaan, maka pada persamaan 1.2, 2.2, dan 3.2 ditambahkan $1,6H$, kecuali bahwa pada keadaan dimana aksi struktur akibat H mengurangi pengaruh W atau E , maka beban H tidak perlu ditambahkan pada persamaan 2.2 dan 3.2.

5. Bila ketahanan terhadap pembebanan akibat berat dan tekanan fluida F yang berat jenisnya dapat ditentukan dengan baik, dan ketinggian maksimum terkontrol, diperhitungkan dalam perencanaan, maka beban tersebut harus dikalikan dengan faktor beban 1,4 dan ditambahkan pada persamaan 1.1, yaitu :

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

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

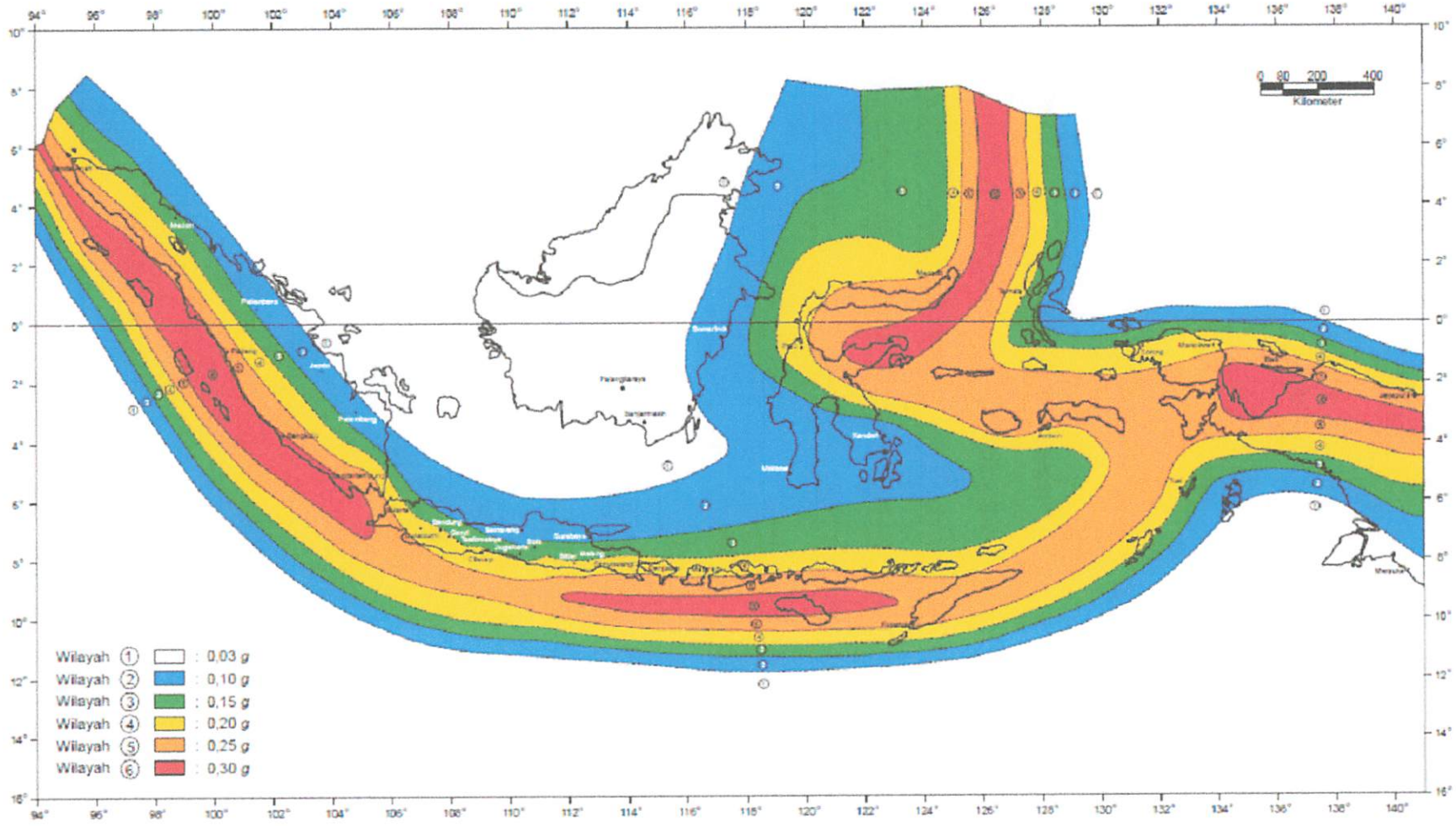
6. Bila ketahanan terhadap pengaruh kejut diperhitungkan dalam perencanaan maka pengaruh tersebut harus disertakan pada perhitungan bebanhidup L .

7. Bila ketahanan structural T dari perbedaan penurunan pondasi, rangkai, susut, ekspansi beton, atau perubahan sangat menentukan dalam perencanaan, maka kuat perlu U minimum harus sama dengan :

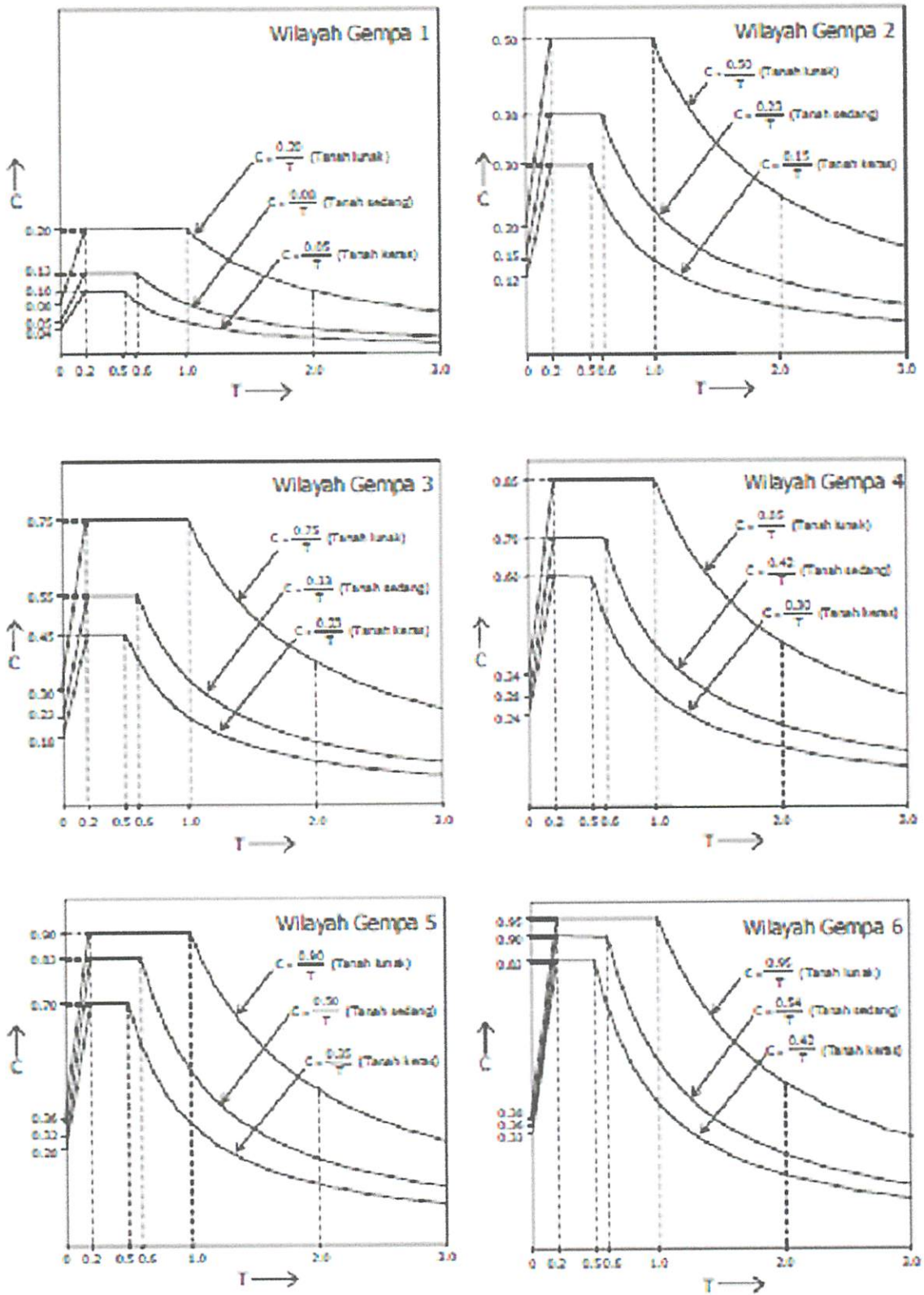
$$U = 1,2(D + T) + 1,6L + 0,5(A \text{ atau } R)$$

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

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



Gambar 1. Wilayah Gempa Indonesia Dengan Percepatan Puncak Batuan Dasar Dengan Periode Ulang 500 Tahun



Gambar 2. Respon Spektrum Gempa Rencana

2.8 Faktor Reduksi Gempa (R)

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

Tabel 3 Faktor Daktilitas Maksimum, Faktor Reduksi Gempa Maksimum, Faktor Tahanan lebih Struktur dan Faktor Tahanan Lebih Total Beberapa Jenis Sistem dan Subsystem Struktur Gedung. (SNI – 1726 – 2002)

SISTEM DAN SUBSISTEM STRUKTUR GEDUNG	URAIAN SISTEM BEBAN GEMPA	μ_m	Rm	f
Sistem Rangka Gedung (Sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul dinding geser atau rangka bresing).	Rangka bresing eksentris baja (RBE)	4,3	7,0	2,8
	Dinding geser beton bertulang	3,3	5,5	2,8
	Rangka bresing biasa			
	Baja	3,6	5,6	2,2
	Beton bertulang	3,6	5,6	2,2
	Rangka bresing konsentrik khusus			
	Baja	4,1	6,4	2,2
	Dinding geser beton bertulang berangkai	4,0	6,5	2,8

	daktail			
	Dinding geser, beton bertulang, kantilever daktail penuh	3,6	6,0	2,8
	Dinding geser beton bertulang kantilever daktail parsial	3,3	5,5	2,8

Keterangan Tabel :

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

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

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

2.9 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)

Di wilayah gempa 3 dan 4 Sistem Rangka Pemikul Menengah (SRPMM) dan Dinding Struktural Beton Khusus (DSBK) tidak perlu pendetailan khusus.

SRPMM diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis secara moderat akibat gaya gempa rencana. SRPMM memiliki :

$$R_m = 6,5 \text{ dan } m = 4,0$$

Keterangan :

R_m = faktor reduksi gempa maksimum

Dan m = daktilitas struktur maksimum

2.10 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Di wilayah gempa 5 dan 6, ruang itu harus didesain sebagai Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Dinding Struktural Beton Khusus (DSBK) diperlukan pendetailan khusus. SRPMK diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis yang besar apabila dibebani oleh gaya-gaya yang berasal dari gempa rencana. SRPMK memiliki :

$$R_m = 8,5 \text{ dan } m = 5,2.$$

2.11 Daktilitas

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

2.11.1 Daktilitas Material

Daktilitas material adalah kemampuan suatu material untuk berdeformasi. Pada umumnya kemampuan deformasi ini merupakan

perbandingan antara deformasi ultimit dan dan deformasi pelelehan pertama. Dalam struktur beton bertulang, material beton merupakan material yang bersifat getas, sedangkan tulangan baja merupakan material yang bersifat daktail. Dengan demikian, kemampuan daktilitas material pada struktur beton bertulang lebih banyak dipengaruhi oleh tulangan baja.

2.11.2 Daktilitas Elemen

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

2.11.3 Daktilitas Struktur

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

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

lebih tinggi dari pada kapasitas balok yang bertemu pada kolom tersebut (konsep kolom kuat-balok lemah). Faktor daktilitas dipengaruhi oleh simpangan struktur. Kelakuan struktur berdasarkan asumsi simpangan struktur elastis dan elastoplastis mempunyai simpangan maksimum yang sama.

2.12 Ragam Keruntuhan

Ragam keruntuhan perlu untuk diperhatikan karena menyangkut perilaku struktur saat terjadinya beban gempa yang dapat menyebabkan suatu keuntuhan yang berakibat pada kerusakan suatu bagian struktur karena suatu mekanisme tertentu. Kerusakan struktur tersebut dapat mengakibatkan suatu kehancuran bagi struktur ataupun bagian struktur yang pada akhirnya menyebabkan kehancuran total yang tidak disertai dengan suatu tanda tertentu, seperti akibat keruntuhan geser yang bersifat getas. Dalam sistem ganda, maka yang harus diperhatikan adalah keruntuhan pada portal dan dinding geser.

2.12.1 Ragam Keruntuhan Portal

Ada dua ragam keruntuhan yang perlu diperiksa. Dari kedua ragam ini yang terpenting adalah ragam yang berhubungan dengan kekuatan geser. Gaya geser yang didapat dari perencanaan kapasitas besarnya dapat mencapai 4 sampai 5 kali gaya yang terjadi pada kolom yang berdekatan dan keruntuhan ini akan menyebabkan keruntuhan diagonal tarik, bila dalam joint tersebut tidak terdapat penulangan geser yang cukup. Keruntuhan ini dapat terjadi sebelum daktilitas didalam sendi-sendi plastis pada balok struktur tercapai.

Keruntuhan berikutnya adalah keruntuhan ikatan. Suatu pemeriksaan sederhana menunjukkan bahwa tegangan lekat pada penulangan yang melewati joint dalam, besarnya 3 sampai 4 kali lebih besar dari pada yang disyaratkan dalam peraturan. Suatu keruntuhan penjangkaran akibat penarikan tulangan pada joint luar dapat mengakibatkan keruntuhan total. Pada joint-joint dalam, slip tulangan yang lewat inti joint balok terjadi dan ini akan mengakibatkan penurunan kekakuan yang cukup drastis serta berkurangnya kemampuan struktur rangka beton bertulang untuk memancarkan energi.

2.12.1.1 Keruntuhan Geser Pada Joint

Kuat geser joint balok kolom sangat ditentukan oleh interaksi dua mekanisme berikut ini :

1. Mekanisme Pertama

Beban tekan lentur yang bekerja pada keempat komponen struktur yang berdekatan secara bersama-sama akan membentuk suatu strat diagonal sepanjang joint. Apabila sendi-sendi plastis dibatasi terjadi pada balok-balok yang bersebelahan dan tegangan geser nominal joint tidak terlalu besar, seperti yang biasanya terjadi, maka tegangan-tegangan diagonal tekan pada inti joint menjadi tidak terlalu besar dan masih dapat ditahan.

2. Mekanisme Kedua

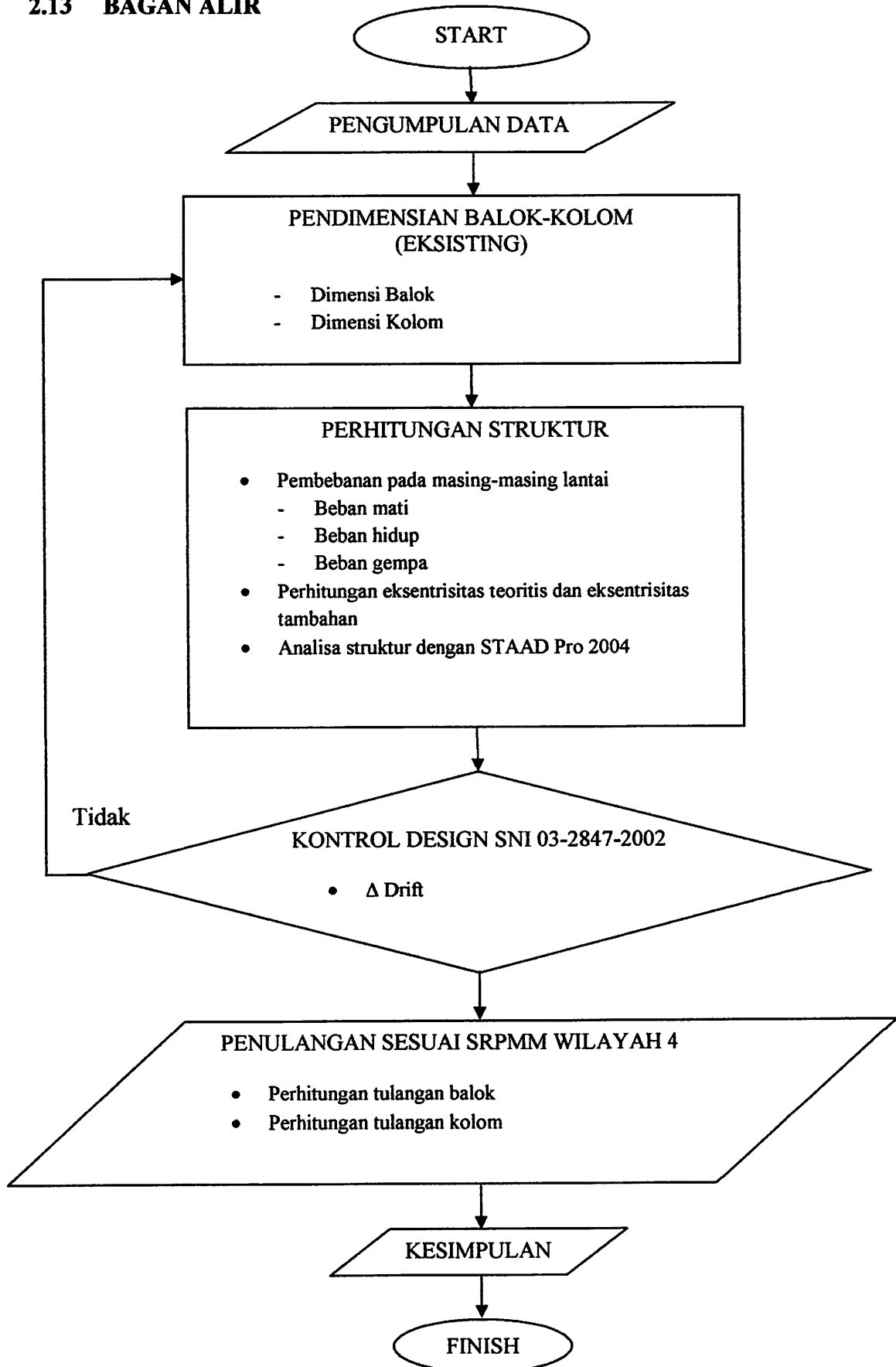
Pada mekanisme yang kedua, joint harus dapat mengimbangi gaya lekat yang disalurkan tulangan kolom dan balok. Setelah terjadi retak diagonal pada joint, maka suatu shear

flow disekeliling penampang membentuk daerah-daerah tekan diagonal. Apabila joint mempunyai gaya-gaya kekang horizontal dan vertikal yang memadai, maka joint akan dapat menahan gaya tekan diagonal tersebut. Gaya kekang horizontal dapat diperoleh dengan memasang tulangan geser horizontal. Sedangkan tulangan geser vertikal dapat digantikan oleh gaya tekan kolom, bila pada joint ada gaya tekan kolom. Kegagalan mekanisme kedua akibat keruntuhan lekatan tulangan utama dapat mengakibatkan hanya berfungsi mekanisme pertama. Hal ini akan menyebabkan joint kendur (slack).

2.12.1.2 Keruntuhan Ikatan

Kuat lekatan tulangan sangat dipengaruhi kondisi pada tepi-tepi joint. Selama balok dalam keadaan pembebanan yang normal maka balok dapat dalam keadaan elastis, namun setelah terjadi pembebanan gempa bolak-balik dan terjadi sendi plastis, maka tegangan pada lekatan pada daerah inti dan terjadi juga kehilangan penjangkaran selimut beton. Pelelehan tulangan lambat-laun akan masuk menuju inti joint. Hal ini akan mengakibatkan tegangan lekat yang sangat besar yang dapat mengakibatkan keruntuhan sehingga balok akan slip sepanjang inti joint. Untuk itu, maka diameter tulangan pada balok dan kolom harus diatur sedemikian rupa untuk mencegah terjadinya keruntuhan ikatan.

2.13 BAGAN ALIR



BAB III

DATA PERENCANAAN

3.1. Data-data Perencanaan

3.1.1. Data Bangunan

- Nama Gedung : Ijen Padjadjaran Suites Hotel Resort And Convention Hall
- Lokasi Gedung : Ijen Nirwana Residence, Malang, Jawa Timur
- Fungsi Bangunan : Hotel
- Jumlah Lantai : 15
- Bentang Memanjang : 57,75 m
- Bentang Melintang : 15,35 m
- Tinggi Gedung : 54,00 m
- Tinggi Lantai 1 : 5 m
- Tinggi Lantai 2-15 : 3,5 m
- Tebal Plat Lantai : 0,12 m
- Wilayah Gempa : Zona 4 (Malang)
- Struktur : Beton Bertulang

3.2. Data Pembebanan

3.2.1. Data Beban Mati

Sesuai dengan peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung 1987 maka beban mati diatur sebagai berikut :

- Berat spesi per cm tebal = 21 Kg/m²
- Berat tegel per cm tebal = 24 Kg/m²
- Berat Plafon + rangka penggantung = (11+7) = 18 Kg/m²
- Berat jenis bata merah 1/2 batu = 1700 Kg/m
- Berat jenis pasir kering = 1600 Kg/m²
- Berat jenis beton = 2400 Kg/m²

3.2.2. Data Beban Hidup

Sesuai dengan peraturan pembebanan Indonesia untuk gedung 1987 maka beban hidup diatur sebagai berikut :

- Beban hidup hotel lantai 2 sampai 14 = 250 Kg/m²
- Beban guna/Beban hidup atap = 100 kg/m²
- Berat jenis air hujan = 1000 Kg/m²

3.3. Data Material

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

- Tegangan leleh tulangan ulir (fy) = 390 Mpa
- Tegangan leleh tulangan polos (fy) = 240 Mpa
- Kuat tekan beton fc' = 30 Mpa

3.4. Pembebanan

Perhitungan Pembebanan Plat

1. Beban Mati

a. Beban mati plat atap

- Berat plafon dan penggantung

$$1 \times 1 \times (11+7) = 18 \text{ Kg/m}^2$$

- Berat air hujan

$$1 \times 1 \times 0,05 \times 1000 = 50 \text{ Kg/m}$$

b. Beban mati plat lantai

- Berat plafon dan penggantung

$$1 \times 1 \times (11+7) = 18 \text{ Kg/m}^2$$

- Pasir

$$1 \times 1 \times 0,075 \times 1600 = 120 \text{ Kg/m}^2$$

- Spesi

$$1 \times 1 \times 0,05 \times 2400 = 120 \text{ Kg/m}^2$$

- Tegel

$$1 \times 1 \times 0,05 \times 2400 = 120 \text{ Kg/m}^2$$

c. Beban mati balok

- Dinding $\frac{1}{2}$ bata merah

$$1 \times 0,15 \times 2,9 \times 1700 = 740 \text{ Kg/m}$$

2. Beban Hidup

a. Beban hidup plat atap = 100 Kg/m²

b. Beban hidup plat lantai = 250 Kg/m²

3.5. Perhitungan Berat Bangunan

Berat sendiri elemen struktur terdiri dari elemen balok, plat lantai, dan tangga. Berat sendiri elemen struktural gedung akan dihitung secara otomatis oleh program bantu Staad Pro sebagai self weight.

Berikut Berat Tiap Lantai :

- Berat lantai 2 : 1.704.000 kg
- Berat lantai 3 : 1.669.000 kg
- Berat lantai 4 : 1.669.000 kg
- Berat lantai 5 : 1.669.000 kg
- Berat lantai 6 : 1.669.000 kg
- Berat lantai 7 : 1.669.000 kg
- Berat lantai 8 : 1.669.000 kg
- Berat lantai 9 : 1.669.000 kg
- Berat lantai 10 : 1.669.000 kg
- Berat lantai 11 : 1.669.000 kg
- Berat lantai 12 : 1.669.000 kg
- Berat lantai 13 : 1.669.000 kg
- Berat lantai 14 : 1.669.000 kg
- Berat lantai 15 : 1.669.000 kg
- Berat lantai Atap : 1.559.000 kg

3.6. Pusat Massa

Berikut tabel titik pusat massa tiap lantai :

Lantai	X	Y	Z
2	28,35	4,88	-8,71
3-15	28,40	8,50	-8,70
Atap	28,54	8,35	-8,63

3.7. Mencari Gaya Geser Total

Mencari gaya geser total yang terjadi pada struktur dengan rumus :

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

Dimana :

V_{tot} = Gaya geser total

C = Faktor percepatan tanah

I = Faktor keutamaan struktur

W_t = Berat total struktur dan beban hidup reduksi

R = Faktor reduksi

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

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

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

$$= 1,1952 \text{ detik}$$

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

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

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

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

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

$$C = 0,42/T$$

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

$$= 0,3514$$

Untuk faktor keutamaan struktur dapat dilihat pada table berikut :

FAKTOR KEUTAMAAN STRUKTUR

KATEGORI GEDUNG	FAKTOR KEUTAMAAN		
	I_1	I_2	I
Gedung umum ; perumahan, perniagaan, perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa ; rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan darurat, fasilitas media elektronik	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya ; gas, minyak bumi, asam, bahan beracun	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki diatas menara	1,6	1,0	1,5

Dari tabel diatas, maka faktor keutamaan struktur diambil nilai $I = 1,0$

Untuk nilai Faktor Reduksi (R), parameter daktilitas struktur dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

PARAMETER DAKTILITAS STRUKTUR GEDUNG

TARAF KINERJA STRUKTUR GEDUNG	μ	R
<i>ELASTIS PENUH</i>	1,0	1,6
<i>DAKTAIL PARSIAL</i>	1,5	2,4
	2,0	3,2
	2,5	4,0
	3,0	4,8
	3,5	5,6
	4,0	6,4
	4,5	7,2
	5,0	8,0
<i>DAKTAIL PENUH</i>	5,3	8,5

Sesuai tabel di atas untuk faktor daktilitas struktur diambil nilai R = 8,5

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

Tingkat	Elev (hi)	Berat (Wi)
	(m)	(kg)
atap	54.00	1.559.000 kg
15	50.50	1.669.000 kg
14	47.00	1.669.000 kg
13	43.50	1.669.000 kg
12	40.00	1.669.000 kg

11	36.50	1.669.000 kg
10	33.00	1.669.000 kg
9	29.50	1.669.000 kg
8	26.00	1.669.000 kg
7	22.50	1.669.000 kg
6	19.00	1.669.000 kg
5	15.50	1.669.000 kg
4	12.00	1.669.000 kg
3	8.50	1.669.000 kg
2	5.00	1.704.000 kg
	Wtotal	24.960.000 kg

Seperti pada tabel di atas, maka nilai $W_t = 24.960.000 \text{ Kg}$

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

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

$$= \frac{0,3514 \times 1 \times 24.960.000}{8,5}$$

$$= 1031878,053 \text{ Kg}$$

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

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

Dimana :

V_i = Gaya geser masing-masing lantai

W_i = Berat masing-masing lantai

H_i = Elevasi tinggi gedung

V_{tot} = Gaya geser total

Contoh perhitungan gaya geser untuk lantai 2 :

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

$$= (1.717.000 \times 5) / (724.034.000 \times 1.021.046,64)$$

$$= 11.997,80 \text{ Kg}$$

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

Tingkat	Elev (hi)	Berat (Wi)	hi x Wi	Fi x, y	Fi x,y Ds
				$V_i = W_i \times H_i / \sum (W_i \times H_i) \times V_{tot}$	30%
	(m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
atap	54.00	1,559,000.0	84,186,000.0	118,550.13	35,565.04
15	50.50	1,669,000.0	84,284,500.0	118,688.84	35,606.65
14	47.00	1,669,000.0	78,443,000.0	110,462.88	33,138.86
13	43.50	1,669,000.0	72,601,500.0	102,236.92	30,671.08
12	40.00	1,669,000.0	66,760,000.0	94,010.96	28,203.29

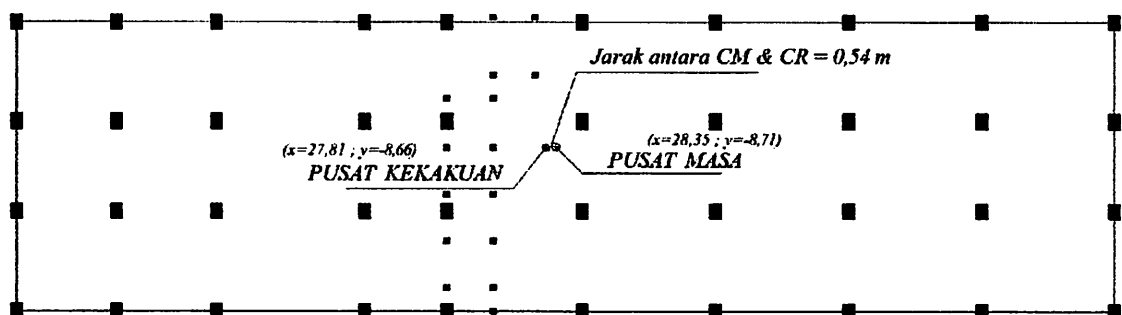
11	36.50	1,669,000.0	60,918,500.0	85,785.00	25,735.50
10	33.00	1,669,000.0	55,077,000.0	77,559.05	23,267.71
9	29.50	1,669,000.0	49,235,500.0	69,333.09	20,799.93
8	26.00	1,669,000.0	43,394,000.0	61,107.13	18,332.14
7	22.50	1,669,000.0	37,552,500.0	52,881.17	15,864.35
6	19.00	1,669,000.0	31,711,000.0	44,655.21	13,396.56
5	15.50	1,669,000.0	25,869,500.0	36,429.25	10,928.77
4	12.00	1,669,000.0	20,028,000.0	28,203.29	8,460.99
3	8.50	1,669,000.0	14,186,500.0	19,977.33	5,993.20
2	5.00	1,704,000.0	8,520,000.00	11,997.80	3,599.34
	Wtota				
	I	24,960,000.00	732,767,500.0	1,031,878.05	309,563.42

3.8. Pusat Kekakuan

Setelah dihitung dengan menggunakan program bantu Staad Pro, maka koordinat titik kekakuan didapat $X = 27,81$, $Y = 3,62$, $Z = -8,66$

3.9. Eksentrisitas Rencana (e_d)

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



Sesuai peraturan dalam SNI 1726-2002, karena $e_c = 0,54 < 0,3b$, dimana $0,3b$ adalah $0,3 \times 57,75 = 17,325$, maka rumus e_d yang dipakai adalah :

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

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

$$1,5 e_c + 0,05 b = (1,5 \times 0,54) + (0,05 \times 57,75)$$

$$= 3,6975$$

$$e_c - 0,05 b = 0,54 - (0,05 \times 57,75)$$

$$= -2,3675$$

Diambil nilai yang terbesar $X = 3,6975$

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

$$1,5 e_c + 0,05 b = (1,5 \times 0,54) + (0,05 \times 15,35)$$

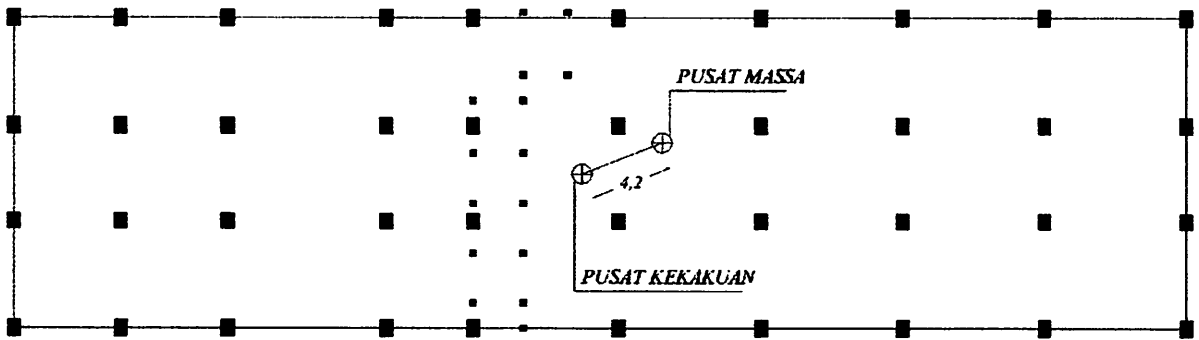
$$= 1,5775$$

$$e_c - 0,05 b = 0,54 - (0,05 \times 15,35)$$

$$= -0,2475$$

Diambil nilai yang terbesar $Y = 1,5775$

Dengan diketahui nilai eksentrisitas rencana (e_d), maka koordinat titik pusat massa tiap lantai harus di copy kan sejauh koordinat $X = 3,6975$ dan koordinat $Y = 1,5775$, maka eksentrisitas teoritis yang nilai awalnya $0,54$, setelah adanya eksentrisitas rencana nilainya menjadi $4,2$



3.11 Kinerja Batas Layan (Δ_s)

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

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

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

$$R = 2.8$$

1. Tingkat 2, $h = 5000$ mm

$$(\text{drift } \Delta_s) = \frac{0,03}{2.8} \times 5000 = 53.57 \text{ mm}$$

2. Tingkat 3- 15, $h = 3500$ mm

$$(\text{drift } \Delta_s) = \frac{0,03}{2.8} \times 3500 = 37.50 \text{ mm}$$

Tabel Analisa Δs Akibat Gempa

Lantai Ke - i	Hi (m)	Δs (mm)	Drift Δs antar tingkat (mm)	Syarat drift Δs (mm)	Keterangan
Atap	55.9	6.43	0.92	37.50	Ok
15	51.25	5.51	0.91	37.50	Ok
14	46.6	4.60	0.86	37.50	Ok
13	43.1	3.74	0.80	37.50	Ok
12	39.6	2.94	0.73	37.50	Ok
11	36.1	2.21	0.65	37.50	Ok
10	32.6	1.56	0.57	37.50	Ok
9	29.1	0.99	0.53	37.50	Ok
8	25.6	0.46	0.46	37.50	Ok
7	22.1	1.31	0.38	37.50	Ok
6	18.6	0.93	0.32	37.50	Ok
5	15.1	0.61	0.22	37.50	Ok
4	11.6	0.39	0.19	37.50	Ok
3	8.1	0.20	0.13	37.50	Ok
2	3.1	0.07	0.07	53.57	Ok

3.11.2 Kinerja Batas Ultimit (Δ_m)

Drift Δ_m merupakan drift yang dipakai sebagai batasan kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur yang akan membawa koban jiwa manusia dan dapat di tinjau terhadap X dan Z.

Perhitungan Δ_m menggunakan rumus :

$$\Delta_m = 0,7 \times R \times \Delta_s \dots\dots \text{SNI 03 - 1726 - 2002 pasal 8.2.1}$$

Drift antara tingkat 15 adalah :

$$\Delta_m = 0,7 \times 2.8 \times 0.92 = 1.803 \text{ mm}$$

Drift antar tingkat tidak boleh lebih besar dari :

$$0.02 \times h_i \dots\dots\dots \text{SNI 03 - 1726 - 2002 pasal 8.2.2}$$

1. Tingkat 2, h (drift Δ_m) = $0,02 \times 5000 = 100 \text{ mm}$.
2. Tingkat 3- 15, h (drift Δ_m) = $0,02 \times 3500 = 70 \text{ mm}$.

Tabel Analisa Δm Akibat Gempa

Lantai Ke - i	Hi (m)	Δm (mm)	Drift Δs antar tingkat (mm)	Syarat drift Δs (mm)	Keterangan
Atap	55.9	0.92	1.803	70	Ok
15	51.25	0.91	1.784	70	Ok
14	46.6	0.86	1.686	70	Ok
13	43.1	0.80	1.568	70	Ok
12	39.6	0.73	1.431	70	Ok
11	36.1	0.65	1.274	70	Ok
10	32.6	0.57	1.117	70	Ok
9	29.1	0.53	1.039	70	Ok
8	25.6	0.46	0.902	70	Ok
7	22.1	0.38	0.745	70	Ok
6	18.6	0.32	0.627	70	Ok
5	15.1	0.22	0.431	70	Ok
4	11.6	0.19	0.372	70	Ok
3	8.1	0.13	0.255	70	Ok
2	3.1	0.07	0.137	100	Ok

BAB IV

PERHITUNGAN PENULANGAN STRUKTUR

4.1 Perhitungan Penulangan Balok

4.1.1 Perhitungan Penulangan Lentur Balok

Penulangan yang direncanakan adalah pada balok melintang line I

➤ Data perencanaan

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

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

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

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

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

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

dipakai tulangan pokok D 22 mm

dipakai tulangan sengkang \emptyset 10 mm

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

$$\text{bentang bersih balok bersebelahan (Ln)} = 6600 \text{ mm}$$

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

rencana

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

$$= 539 \text{ mm}$$

➤ Perencanaan penulangan

Lebar flens efektif (b_{eff})

$$\bullet b_{eff} = 2 \cdot (h - h_f) + b_w$$

$$= 2 \cdot (600 - 120) + 400$$

$$= 1360 \text{ mm}$$

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

- $b_{\text{eff}} \leq \frac{1}{4} L$
 $1360 \text{ mm} \leq \frac{1}{4} 5300$
 $1360 \text{ mm} \leq 1325 \text{ mm}$
- $b_{\text{eff}} \leq b_w + 8hf_{kr} + 8hf_{kn}$
 $1360 \text{ mm} \leq 400 + (8 \cdot 120) + (8 \cdot 120)$
 $1360 \text{ mm} \leq 2320 \text{ mm} \quad (\text{OK})$
- $b_{\text{eff}} \leq b_w + 1/2Ln_{kr} + 1/2Ln_{kn}$
 $1360 \leq 400 + (1/2 \cdot 6400) + (1/2 \cdot 6400)$
 $1360 \leq 6800 \text{ mm} \quad (\text{OK})$

Tulangan minimal sedikitnya harus dihitung menurut SNI-2847 pasal

23.3.(2.(1)):

$$A_s \text{ min} = \frac{b_w d}{4 f_y} \sqrt{f_c'} = \frac{400 \times 539}{4 \times 390} \sqrt{30} = 756,98 \text{ mm}^2$$

dan

$$A_s \text{ min} = \frac{1,4 b_w d}{f_y} = \frac{1,4 \times 400 \times 539}{390} = 773,94 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s \text{ min}}{\frac{1}{4} \pi \phi^2} = \frac{773,94}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22^2} = 2,04 \approx 3 \text{ buah}$$

Maka dipakai tulangan minimal 3 D 22 ($A_s = 1139,82 \text{ mm}^2 > 773,94 \text{ mm}^2$)

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

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

$$a = 600 - (2 \times 40) + (2 \times 10) + (3 \times 22) + 30$$

$a = 404 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$, maka di perlukan tulangan samping.

Di coba pemasangan tulangan samping 2 D13

Kontrol jarak tulangan samping :

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

$$a = 600/2 - (40 + 10 + (2 \times 22) + 30)$$

$$a = 176 \text{ mm} < 300 \text{ .. oke}$$

A. Perhitungan penulangan tumpuan kiri joint 64

$$\begin{aligned} Mu^- &= 598,14 \text{ kNm} \\ &= 598,14 \cdot 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah atas 10 D 22 ($A_{s1} = 1899,7 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah bawah 3 D 22 ($A_{s'} = 1139,82 \text{ mm}^2$)
- Tulangan plat terpasang disepanjang beff 10 \varnothing 10 ($A_{s_{\text{plat}}} = 785 \text{ mm}^2$)

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

$$A_{s1 \text{ Balok}} = 5 \text{ D } 22 = 1899,7 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2 \text{ Balok}} = 5 \text{ D } 22 = 1899,7 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ Balok}} = A_{s1 \text{ Balok}} + A_{s2 \text{ Balok}} = 3799,4 \text{ mm}^2$$

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

$$y1 = \text{tebal selimut beton plat} + \frac{1}{2} \cdot \varnothing \text{ tul plat}$$

$$= 20 + \frac{1}{2} 10$$

$$= 25 \text{ mm}$$

$$y2 = \text{tebal selimut beton} + \varnothing \text{ sengkang} + \frac{1}{2} \text{ D tul. tarik}$$

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

$$= 61 \text{ mm}$$

$$y3 = \text{tebal selimut beton} + \varnothing \text{ sengkang} + \text{D tul. Tarik(1)} + \text{jarak}$$

$$\text{minimum antar tulangan} + \frac{1}{2} \text{ D.tul tarik (2)}$$

$$= 40 + 10 + 22 + 25 + \frac{1}{2} \cdot 22$$

$$= 108 \text{ mm}$$

$$y = \frac{(A_{s \text{ plat}} \times y1) + (A_{s1 \text{ Balok}} \times y2) + (A_{s2 \text{ Balok}} \times y3)}{(A_{s \text{ plat}} + A_{s1 \text{ Balok}} + A_{s2 \text{ Balok}})}$$

$$= \frac{(785 \times 25) + (1899,7 \times 61) + (1899,7 \times 108)}{(785 + 1899,7 + 1899,7)} = 74,312 \text{ mm}$$

$$d = h - y$$

$$= 600 - 74,312 = 525,688 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$(0,85 \cdot 25 \cdot 0,85 \cdot 400) \cdot c^2 + (600 \cdot 1139,82 - 785 \cdot 240 - 3799,4 \cdot 390) \cdot c - 600 \cdot 1139,82 \cdot 61 = 0$$

$$7225 c^2 - 1727118 c - 41717412 = 0$$

$$c = 146,582 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 \cdot c \\ &= 0,85 \cdot 146,582 \\ &= 124,595 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c-d'}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{160,088}{160,088} \cdot (-61)(0,003) = 0,001$$

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{525,688 - 160,088}{160,088} (0,003) = 0,006$$

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

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

Dihitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$\begin{aligned} f's &= \epsilon_s' \cdot E_s \\ &= 0,001 \cdot 200000 \\ &= 350,331 \text{ Mpa} < 390 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 124,595 \cdot 400 \\ &= 1270873,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= A_s' \cdot f's \\ &= 1139,82 \cdot 350,331 \\ &= 399292,5004 \text{ N} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} T_{s2} &= (A_{s \text{ balok}} \cdot f_{y \text{ ulir}}) \\ &= (3799,4 \cdot 390) \end{aligned}$$

$$= 1481766 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} Cc + Cs &= Ts1 + Ts2 \\ 1387964,733 + 282201,2268 &= 188400 + 1481766 \\ 1670166 &= 1670166 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z1 &= d - (1/2 \cdot a) \\ &= 525,688 - (1/2 \cdot 136,074) \\ &= 463,390 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z2 &= d - d' \\ &= 525,688 - 61 \\ &= 464,688 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn &= (Cc \cdot Z1) + (Cs \cdot Z2) \\ &= (1387964,733 \cdot 463,390) + (282201,2268 \cdot 464,688) \\ &= 774457454,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mr &= \phi \cdot Mn \\ &= 0,8 \cdot 766338906,4 \\ &= 619565963,5 \text{ Nmm} > Mu = 598140000 \text{ Nmm} \dots\dots\dots (\text{Aman}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mpr &= Mn \\ &= 774457454,4 \end{aligned}$$

B. Perhitungan penulangan lapangan Batang 132

$$\begin{aligned} \text{Mu}^+ &= 132,75 \text{ kNm} \\ &= 132,75 \cdot 10^6 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah atas 3 D 22 ($A_s = 1139,82 \text{ mm}^2$),
- Tulangan yang terpasang pada daerah bawah 4 D 22 ($A_s' = 1519,76 \text{ mm}^2$)
- Tulangan plat terpasang disepanjang beff 10 Ø 10 ($A_{s_{\text{plat}}} = 785 \text{ mm}^2$)

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tekan} \quad A_{s'_{\text{plat}}} &= 10 \text{ Ø}10 = 785 \text{ mm}^2 \\ A_{s'_{\text{balok}}} &= 4 \text{ D } 22 = 1519 \text{ mm}^2 \\ A_{s'} &= 785 + 1519 = 2304 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

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

$$y = d' = \frac{(785 \times 25) + (2198 \times 61)}{2983} = 40,55 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} d &= 600 - (40 + 10 + \frac{1}{2} 20) \\ &= 600 - 60 \\ &= 540 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 1360) \cdot c^2 + (600 \cdot 2983 - 785 \cdot 390) \cdot c - 600 \cdot 2983 \cdot 51,77869 = 0$$

$$20808 c^2 + 377742c - 35405088,84 = 0$$

$$c = 31,778 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = \frac{d - c}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{540 - 33,37}{33,37} (0,003) = 0,0007$$

$$\epsilon_y = \frac{fy}{Es} = \frac{390}{200000} = 0,0019$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,85 \cdot 33,37$$

$$= 27,011 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c - y_1}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{33,37 - 25}{33,37} (0,003) = 0,0006$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{y_2 - c}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{60 - 33,37}{33,37} (0,003) = 0,0023$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{d - c}{c} \cdot \epsilon_c = \frac{540 - 33,37}{33,37} (0,003) = 0,045$$

$$f_s' = \epsilon_s' \cdot Es$$

$$= 0,000639919 \cdot 200000$$

$$= 127,983 \text{ MPa}$$

$$f_s = f_y$$

$$= 390 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_{eff} \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 28,371 \cdot 1360 \\ &= 936768,8543 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_s &= A_{s_{plat}} \cdot f_s \\ &= 785 \cdot 127,983 \\ &= 100467,3457 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{s1} &= A_{s1} \cdot f_s \\ &= 628 \cdot 390 \\ &= 444529,8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{s2} &= A_{s2} \cdot f_s \\ &= 2198 \cdot 390 \\ &= 592706,4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c + C_s &= T_{s1} + T_{s2} \\ 936768,8543 + 100467,3457 &= 444529,8 + 592706,4 \\ 1037236,2 \text{ N} &= 1037236,2 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_1 &= d - (1/2 \cdot a) \\ &= 540 - (1/2 \cdot 27,0117) \end{aligned}$$

$$= 525,49 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} Z2 &= y2 - (1/2 \cdot a) \\ &= 60 - (1/2 \cdot 27,0117) \\ &= 47,494 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z3 &= 25 - (1/2 \cdot a) \\ &= 25 - (1/2 \cdot 27,0117) \\ &= 11,494 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn &= (Ts1 \cdot Z1) + (Ts2 \cdot Z2) - (Cs \cdot Z3) \\ &= (444529,8 \cdot 525,49) + (592706,4 \cdot 47,494) - (100467,3457 \cdot 11,494) \\ &= 260593067,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mr &= \phi \cdot Mn \\ &= 0,8 \cdot 166776917,9 \\ &= 208474454 \text{ Nmm} > Mu = 132750000 \text{ Nmm} \dots \dots \dots \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mpr &= Mn \\ &= 260593067,5 \end{aligned}$$

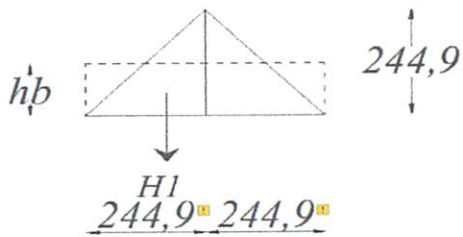
4.1.2 Gaya geser pada balok

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

• Perataan Beban Pelat Lantai

- Tipe B

Plat tipe B



$$F_1 = \frac{1}{2} \cdot 244,9 \cdot 244,9 = 3 \text{ m}^2$$

$$R_A = R_B = F_1 = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\max 1} &= R_A \cdot 244,9 - F_1 \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot 244,9\right) \\ &= 3 \cdot 244,9 - 3 \left(\frac{1}{3} \cdot 244,9\right) \\ &= 4,896 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max 2} &= \frac{1}{8} \cdot h \cdot l^2 \\ &= \frac{1}{8} \cdot h \cdot 4,896^2 = 2,9988 \text{ h} \end{aligned}$$

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

$$4,896 = 2,998 \text{ h}$$

$$h = 1,633 \text{ m}$$

- **Pembebanan Balok Induk portal Line I**

Beban mati merata (qd)

Lantai 2

Beban Mati (q_{d1})

- Berat sendiri balok = $b \cdot (h - h_f) \cdot BJ \text{ beton}$
 $= 0,4 \cdot (0,6 - 0,12) \cdot 24 = 4,608 \text{ kN/m}$
 - Perataan beban plat = $q_d \text{ plat} \times \text{perataan plat}$
 $= 3,72 \cdot (1,454 + 1,454) = 10,81 \text{ kN/m}$
 - Berat dinding = Tinggi tembok x berat per m²
 - Berat dinding = $2,9 \cdot 2,5 = 7,25 \text{ kN/m}$
-
- q_{d1} = 22,67 kN/m

✓ *Beban hidup merata (q_l)*

Beban hidup (q_{l1})

q_{l1} = beban hidup gedung * perataan plat * koefisien reduksi

$$= 2,5 \cdot (1,454 + 1,454) \cdot 0,9 = 6,54 \text{ kN/m}$$

➤ Perhitungan penulangan geser pada daerah sendi plastis

Untuk daerah sendi palstis sejarak $2h = 2 \cdot 600 = 1200 \text{ mm}$.

V_c = 0 apabila memenuhi ketentuan pada SNI-2847 pasal 23.3.(4.(2))

berikut:

- Gaya geser akibat gempa kiri > 0,5 total geser (akibat M_{pr} + beban Gravitasi)

$$349808,755 > 0,5 \cdot 431136,355 = 215568,275$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_n}{\phi} - V_c \\ &= \frac{431136,355}{0,55} - 0 = 783884,282 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang 3Ø10-60 (3 kaki)

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 390 \cdot 539}{783884,282} = 63,153 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi dipakai sengkang 3Ø10-60 (3 kaki)

$$\begin{aligned} V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \\ &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 390 \cdot 539}{60} = 825074,250 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat ;

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

$$431136,355 \text{ N} < 0 + 825074,250 \text{ OK}$$

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

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

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

$$481550,400 \leq (2/3) \sqrt{25} \times 400 \times 639 \times 10^{-3}$$

$$481550,400 \text{ N} < 852000 \text{ N} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI-2002-2847–23.3(3(2))) pada daerah sendi plastis, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

- $\frac{d}{4} = \frac{539}{4} = 159,75 \text{ mm} > 60 \text{ mm}$
- $8 \times \text{diameter tulangan utama} = 8 \times 22 = 176 \text{ mm} > 60 \text{ mm}$
- $24 \times \text{diameter sengkang} = 24 \times 10 = 240 \text{ mm} > 60 \text{ mm}$
- $300 \text{ mm} > 50 \text{ mm}$

Maka jarak sengkang tersebut aman.

Dengan hasil ini maka dipakai jarak $s = 60 \text{ mm}$, dengan hoop pertama $\varnothing 10 \text{ mm}$ dipasang 60 mm dari muka kolom di ujung balok dan seterusnya untuk sepanjang $2h = 1200 \text{ mm}$.

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

V_u akibat beban mati

$$V_u = 81327,600 \text{ N (pada jarak } 1200\text{mm)}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{V_u}{\phi} \\ &= \frac{178686,48}{0,75} = 147868,364 \text{ N} \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang $\varnothing 10$

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

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 390.539}{238248,640} = 223,192 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang $\emptyset 10 - 200$

$$\begin{aligned} V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \\ &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 240.639 \cdot 10^{-3}}{100} = 165014,850 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat ;

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

$$81327,600 \text{ N} < 0 + 165014,850 \text{ N} \quad \text{OK}$$

- Pemasangan sengkang praktis di luar sendi plastis

$$\frac{333,310 - (V_c \cdot \phi)}{x} = \frac{313,310 - 0}{4650}$$

$$333,310 - (213 \times 0,75) = \frac{313,310 - 0}{4650} \times x$$

$$216,16 = 0,0716x$$

$$x = 2419,938$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c} \times b_w \times d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 400 \times 639 = 213000 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{V_u(x)}{\phi} - V_c = \frac{117,15}{0,55} - 213$$

$$V_s = 0$$

Direncanakan tulangan sengkang Praktis $\emptyset 10$

Syarat jarak spasi sengkang maksimum pada daerah luar sendi plastis menurut SNI-2847 pasal 23.3(3(4)):

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

- Diambil $S = 260 mm$

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

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

- Joint kiri = joint kanan
 - Daerah sendi plastis sejarak 1200 mm = $3\emptyset 10-60$
 - Daerah luar sendi plastis diluar jarak 1200 mm = $\emptyset 10-200$
 - Daerah luar sendi plastis diluar jarak 2419,938 mm = $\emptyset 10-260$

Untuk perhitungan selanjutnya ditabelkan

4.2 Perhitungan Penulangan Kolom

4.2.1 Perhitungan penulangan lentur kolom

Diketahui :

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

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

Tulangan sengkang $\varnothing 10$

Tulangan utama dipakai D22

Tebal selimut beton 40 mm

Tinggi kolom = h kolom – h balok

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

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

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

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

$$= 800 - 40 - 12 - (0,5 \cdot 32)$$

$$= 532 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

$$= 800 - 268 = 532 \text{ mm}$$

- Luas penampang kolom (A_g)

$$A_g = b \cdot h$$

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

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

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

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

$$= 0,015 \cdot 480000$$

$$= 7000 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan 8 D 22, As 3215,36

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

$$\begin{aligned} P_o &= 0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \\ &= \{0,85 \cdot 30 (480000 - 22507,52) + 390 \cdot 22507,52\} \cdot 10^{-3} \\ &= 20443,991 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= 0,80 \cdot P_o \\ &= 0,80 \cdot 20443,991 \\ &= 16355,1928 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,65 \cdot 16355,1928 \\ &= 10630,875 \text{ kN} \end{aligned}$$

➤ Kondisi Seimbang

$$X_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \cdot 743}{600 + 390} = 444,84 \text{ mm}$$

$$a_b = \beta_1 \cdot X_b = 0,85 \cdot 444,84 = 378,1212 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a_b \\ &= 0,85 \cdot 30 \cdot 600 \cdot 378,1212 \cdot 10^{-3} \\ &= 5785,254 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$f_s' = \frac{600(X_b - d')}{X_b} = \frac{600(444,84 - 66)}{444,84} = 510,980 \text{ Mpa}$$

$f_s' = 510,980 \text{ Mpa} > f_y = 340 \text{ Mpa}$...maka kondisi tulangan tekan leleh.

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

$$\begin{aligned} C_s &= A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 11253,76 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30) \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

$$= 4101,9955 \text{ kN}$$

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

$$= 11253,76 \cdot 390 \cdot 10^{-3}$$

$$= 4388,966 \text{ kN}$$

$$P_{nb} = C_c + C_s - T_s$$

$$= 5785,254 + 4101,9955 - 4388,966$$

$$= 5498,283 \text{ kN}$$

$$y = h/2$$

$$= 800/2$$

$$= 400 \text{ mm}$$

$$M_{nb} = \{C_c \cdot (y - ab/2) + C_s \cdot (y - d') + T_s \cdot (d - y)\} / 1000$$

$$= \{5785,254 \cdot (400 - 238,181/2) + 4101,9955 \cdot (250 - 61) +$$

$$516,718 \cdot (439 - 250)\} / 1000$$

$$= 4056,31 \text{ kNm} = 4056,31 \cdot 10^3 \text{ kNmm}$$

$$e_b = M_{nb} / P_{nb}$$

$$= 4056,31 \cdot 1000 / 5498,283$$

$$= 737,742 \text{ mm}$$

➤ **Kondisi Patah Desak (terjadi jika nilai $x > x_b$)**

- Diambil nilai $x = 500 \text{ mm} > x_b = 444,84 \text{ mm}$

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

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

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

$$= 6502500 \text{ N}$$

$$f_s' = \frac{600(d - x)}{X} = \frac{600(439 - 500)}{500} = 280,8 \text{ Mpa}$$

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

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

$$\begin{aligned} C_s &= A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\ &= 1519,76 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30) \\ &= 4101995,52 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= A_s \cdot f_s \\ &= 11253,76 \cdot 280,8 \\ &= 3160055,808 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= C_c + C_s - T_s \\ &= (6502500 + 4101995,52 - 3160055,808) \cdot 10^{-3} \\ &= 7444,439 \text{ kN} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} M_n &= C_c (y - a/2) + C_s (y - d') + T_s (d - y) \\ &= \{6502500 \cdot (400 - 425/2) + 4101995,52 (400 - 66) + 3160055,808 \\ &\quad (734 - 400)\} / 1000 \\ &= 3644,74 \text{ kNm} = 3644,74 \cdot 10^3 \text{ kNmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &= M_n / P_n \\ &= 3644,74 \cdot 10^3 / 7444,439 \\ &= 489,59 \text{ mm} \end{aligned}$$

• Diambil nilai $x = 600 \text{ mm} > x_b = 444,84 \text{ mm}$

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' \cdot (f_y - 0,85 \cdot f_c') \\
 &= 11253 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30) \\
 &= 4101995,52 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_s &= A_s \cdot f_s \\
 &= 11253 \cdot 134 \\
 &= 1508003,84 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= C_c + C_s - T_s \\
 &= (7803000 + 4101995,52 - 1508003,84) \cdot 10^{-3} \\
 &= 10396,991 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_c (y - a/2) + C_s (y - d') + T_s (d - y) \\
 &= \{7803000 \cdot (400 - 595/2) + 4101995,52 (400 - 66) + 1508003,84 \\
 &\quad (743 - 400)\} / 1000 \\
 &= 3005,17 \text{ kNm} = 3005,17 \cdot 10^3 \text{ kNmm}
 \end{aligned}$$

$$e = M_{nb} / P_{nb}$$

$$= 3005,17 \cdot 10^3 / 10396,991$$

$$= 289,04 \text{ mm}$$

- Diambil nilai $x = 700 \text{ mm} > x_b = 444,14 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot X = 0,85 \cdot 700 = 595 \text{ mm}$$

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

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 600 \cdot 595$$

$$= 9103500 \text{ N}$$

$$f_s' = \frac{600(d - x)}{X} = \frac{600(743 - 700)}{700} = 29,142 \text{ Mpa}$$

$f_s' = 29,142 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$, maka kondisi tulangan tarik belum leleh

Dipakai tegangan tulangan tekan $f_s' 29,142 \text{ Mpa}$

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

$$= 11253 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30)$$

$$= 4101995,52 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \cdot f_s$$

$$= 11253 \cdot 58,5$$

$$= 327966,72 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s$$

$$= (9103500 + 4101995,52 - 327966,72) \cdot 10^{-3}$$

$$= 12877,52 \text{ kN}$$

$$y = h/2$$

$$= 800/2$$

$$= 400 \text{ mm}$$

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

$$= \{3612500 \cdot (400 - 595/2) + 4101995,52 (400 - 66) + 327966,72 (743 - 400)\} / 1000$$

$$= c \text{ kNm} = 2412,716 \cdot 10^3 \text{ kNmm}$$

$$e = M_{nb} / P_{nb}$$

$$= 2412,716 \cdot 10^3 / 12877,52$$

$$= 187,35 \text{ mm}$$

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

- Diambil nilai $x = 300 \text{ mm} < x_b = 444,14 \text{ mm}$

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

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

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

$$= 3901500 \text{ N}$$

$$f_s = \frac{600(d - x)}{X} = \frac{600(743 - 300)}{300} = 868 \text{ Mpa}$$

$f_s' = 868 \text{ Mpa} > f_y = 340 \text{ Mpa}$... maka kondisi tulangan tarik belum leleh

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

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

$$= 11253,73 \cdot (340 - 0,85 \cdot 25)$$

$$= 4101995,52 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \cdot f_s$$

$$= 11253,73 \cdot 390$$

$$= 4388966,4 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s$$

$$= (3901500 + 4101995,52 - 4388966,4) \cdot 10^{-3}$$

$$= 3614,52 \text{ kN}$$

$$y = h/2$$

$$= 800/2$$

$$= 400 \text{ mm}$$

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

$$= \{3901500.(400-255/2) + 4101995,52 (4000-66) + 4388966,4$$

$$(743-400)\}/1000$$

$$= 3899,14 \text{ kNm} = 3899,14 \cdot 10^3 \text{ kNmm}$$

$$e = M_{nb}/P_{nb}$$

$$= 3899,14 \cdot 10^3 / 3614,52 = 1078,74 \text{ mm}$$

- Diambil nilai $x = 200 \text{ mm} < x_b = 443,63 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot X = 0,85 \cdot 200 = 170 \text{ mm}$$

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

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 600 \cdot 170$$

$$= 2601000 \text{ N}$$

$$f_s = \frac{600(d-x)}{X} = \frac{600(743-200)}{200} = 1596 \text{ Mpa}$$

$$f_s' = 1596 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa} \dots \text{maka kondisi tulangan tarik belum}$$

leleh

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

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

$$= 11253,73 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30)$$

$$= 2343997,44 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \cdot f_s$$

$$= 11253,73 \cdot 390$$

$$= 2507980,9 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s$$

$$= (2601000 + 2343997,44 - 2507980,9) \cdot 10^{-3}$$

$$= 2437,0166 \text{ kN}$$

$$y = h/2$$

$$= 800/2$$

$$= 400 \text{ mm}$$

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

$$= \{2601000 \cdot (400-170/2) + 2601000 (400-66) + 2507980,9 (743-400)\} / 1000$$

$$= 2430,17 \text{ kNm} = 2430,17 \cdot 10^3 \text{ kNmm}$$

$$e = M_n / P_n$$

$$= 2430,17 \cdot 10^3 / 2437,0166$$

$$= 997,191 \text{ mm}$$

- Diambil nilai $x = 100 \text{ mm} < x_b = 443,63 \text{ mm}$

$$a = \beta_1 \cdot X = 0,85 \cdot 100 = 85 \text{ mm}$$

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

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

$$= 1300500 \text{ N}$$

$$f_s = \frac{600(d-x)}{X} = \frac{600(743-85)}{85} = 3792 \text{ Mpa}$$

$f_s' = 3792 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$... maka kondisi tulangan tarik belum leleh

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

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

$$= 11253,73 \cdot (390 - 0,85 \cdot 30)$$

$$= 2343997,44 \text{ N}$$

$$T_s = A_s \cdot f_s$$

$$= 11253,73 \cdot 390$$

$$= 2507980,8 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s$$

$$= (1300500 + 2343997,44 - 2507980,8) \cdot 10^{-3}$$

$$= 1136,516 \text{ kN}$$

$$y = h/2$$

$$= 800/2$$

$$= 400 \text{ mm}$$

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

$$= \{1300500 \cdot (400 - 85/2) + 2343997,44 \cdot (400 - 66) + 2507980,8 \cdot (743 - 400)\} / 1000$$

$$= 2075,78 \text{ kNm} = 2075,78 \cdot 10^3 \text{ kNmm}$$

$$e = M_n / P_n$$

$$= 2075,78 \cdot 10^3 / 1136,516$$

$$= 1826,44 \text{ mm}$$

➤ **Kondisi Lentur Murni**

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

dengan persamaan berikut:

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

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

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

$$(0,85.f'c.a.b).c + As' (c-d') 600 = As.fy.c$$

Substitusi nilai: $a = \beta_1.c$

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

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

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

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

$$(0,85.30.0,85.600).c^2 + (600 \cdot 6430 - 11253,73.390) \cdot c - 600 \cdot 6430.$$

$$66 = 0$$

$$9031,25 \cdot c^2 + 362842,7 \cdot c - 5\,562\,321,6 = 0$$

Didapat nilai $c = 103,56$ dan $c = -194,798$

Maka nilai x dipakai $103,56$ mm

$$a = \beta_1.x = 0,85 \cdot 103,56 = 88,032$$

$$Z1 = d - \frac{a}{2}$$

$$= 743 - \frac{88,032}{2}$$

$$= 687,98 \text{ mm}$$

$$Z2 = d-d'$$

$$= 732 - 68$$

$$= 664 \text{ mm}$$

$$fs = \frac{600(x-d)}{X} = \frac{600(103,56-68)}{103,56} = 206,053 \text{ Mpa}$$

$$Cs = As' \cdot (fy - 0,85.f'c')$$

$$= 6430 \cdot (0 - 0,85 \cdot 30)$$

$$= 1161087,858 \text{ N}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 600 \cdot 0,85 \cdot 103,56$$

$$= 1346892,942 \text{ N}$$

$$M_n = C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2$$

$$= (1346892,942 \cdot 687,98 - 1161087,858 \cdot 664) \cdot 10^{-6}$$

$$= 1697,602 \text{ kNm}$$

4.2.2 Perhitungan penulangan geser kolom

Penulangan geser kolom no. 45

Diketahui : $h = 800 \text{ mm}$ $f_c' = 30 \text{ Mpa}$

$$b = 600 \text{ mm} \quad f_y = 3900 \text{ Mpa}$$

$$d = 732 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,55$$

$$\text{Tinggi bersih } l_n = 4400 \text{ mm} = 4,4 \text{ m}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = \varnothing 10 \text{ mm}$$

$$N_u = 9438,833 \text{ kN}$$

$$M_n = 1414529000 \text{ Nmm}$$

$$V_u = \frac{2 \times M_n}{l_n} = \frac{2 \times 1414529000}{4400} = 642967,72 \text{ N} = 642,96772 \text{ kN}$$

➤ Tulangan geser di dalam sendi plastis

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang l_o (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang l_o harus tidak boleh lebih kecil dari :

- $1/6 l_n = 1/6 \cdot 4400 = 733 \text{ mm}$

- Dimensi terbesar penampang kolom = 800 mm
- 800 mm

Jadi daerah yang berpotensi sendi pastis sejauh 800 mm dari muka kolom.

$$\begin{aligned}
 V_c &= \left(1 + \frac{Nu}{14.Ag}\right) \times \left(\frac{\sqrt{fc'}}{6}\right) \times bw \times d \\
 &= \left(1 + \frac{9438,833}{14 \times 480000}\right) \times \left(\frac{\sqrt{30}}{6}\right) \times 600 \times 734 \\
 &= 564,684 \text{ kN} = 564684 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi \cdot V_c = 0,55 \cdot 564,684 = 310,576 \text{ kN}$$

$V_u > \phi \cdot V_c$, maka harus dipasang tulangan geser sesuai

dengan (SNI-2847- pasal 13.5.(6.(1)))

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \\
 &= \frac{642,96772}{0,55} - 564,684 = 604,3466 \text{ kN} = 604346,6 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan sengkang $\emptyset 10$

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\
 &= \frac{(3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 390 \cdot 734}{604346,6} = 74,36 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 23.10.5.1), spasi maksimum tidak boleh melebihi :

$$\blacksquare \frac{1}{2} \times \text{dimensi terkecil komponen struktur} = \frac{1}{2} \times 600 = 300$$

mm

$$\blacksquare 8 \cdot \text{diameter tulangan longitudinal} = 8 \cdot 22 = 172$$

mm

$$\blacksquare 24 \times \text{diameter sengkang ikat} = 24 \cdot 10 = 240$$

mm

Jadi dipakai sengkang \square 10 – 70 mm

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

$$= \frac{(3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 390 \cdot 734}{70} = 642040,2857 \text{ N}$$

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

$$= 564684,3 + 642040,2857$$

$$= 1206724,58 \text{ N}$$

$$\Phi V_n = 0,55 \cdot 1206724,58$$

$$= 663689,52 \text{ N} > V_u = 642967,72 \text{ (Aman)}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI-2847 pasal

23.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$642040,2857 < (2/3) \sqrt{30} \cdot 600 \cdot 734$$

$$642040,2857 \text{ N} < 1624523,71 \text{ N},,,,,,(OK)$$

Jadi, untuk penulangan geser didaerah yang terjadi sendi plastis

sejauh 800 mm dipasang tulangan geser \square 10 – 70

➤ Tulangan geser di luar daerah sendi plastis

Persyaratan maksimum untuk daerah diluar sendi plastis menurut SNI-2847 pasal 23.10.(5.(4)), spasi maksimum tidak boleh melebihi:

$$\bullet \quad 2 S_0 = 2 \cdot 70 = 140 \text{ mm}$$

Dipakai sengkang \square 10 dengan spasi 90 mm

$$\begin{aligned} V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \\ &= \frac{(3 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 390 \cdot 732}{90} = 499364,67 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol geser nominal menurut SNI-2847 pasal 13.5.(6.(9))

$$V_s \text{ maks} < (2/3) \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$499364,67 < (2/3) \sqrt{30} \cdot 600 \cdot 732$$

$$499364,67 \text{ N} < 731666,7 \text{ N}, \dots, (\text{OK})$$

$$\Phi (V_s + V_c) = 0,55 (449428,2 + 564684,3)$$

$$= 585226,93 \text{ N} > V_c = 564,684 \text{ N}, \dots, (\text{OK})$$

Jadi, untuk penulangan geser diluar sendi plastis dipasang tulangan geser \square 10 – 90.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisa perhitungan tulangan balok dan kolom antara eksentrisitas tambahan dan tanpa eksentrisitas tambahan pada gedung Padjadjaran Suites Hotel pada portal Line I, didapat hasil sebagai berikut :

Penulangan Balok

Tul. Tumpuan Balok (Tanpa Eksentrisitas)						Tul. Tumpuan Balok (Dengan Eksentrisitas)					
Lantai 2 (Joint)						Lantai 2 (Joint)					
64	96	96	105	105	65	64	96	96	105	105	65
10 D22	9 D22	9 D22	9 D22	9 D22	10 D22	12 D22	11 D22	11 D22	11 D22	11 D22	12 D22
3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22
Lantai 3 (Joint)						Lantai 3 (Joint)					
203	236	236	245	245	204	203	236	236	245	245	204
11 D22	9 D22	10 D22	10 D22	9 D22	11 D22	12 D22	11 D22	11 D22	11 D22	11 D22	12 D22
3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22

Tul. Lapangan Balok (Tanpa Eksentrisitas)			Tul. Lapangan Balok (Dengan Eksentrisitas)		
Lantai 2 (Joint)			Lantai 2 (Joint)		
132	174	154	132	174	154
3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22
4 D22	3 D22	4 D22	4 D22	3 D22	4 D22
Lantai 3 (Joint)			Lantai 3 (Joint)		
272	314	294	272	314	294
3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22	3 D22
4 D22	3 D22	4 D22	4 D22	3 D22	4 D22

Tul. Geser Balok (Tanpa Eksentrisitas)						Tul. Geser Balok (Dengan Eksentrisitas)					
Lantai 2 (Joint)						Lantai 2 (Joint)					
64	96	96	105	105	65	64	96	96	105	105	65
3Ø10-60	3Ø10-60	3Ø10-60	3Ø10-60	3Ø10-60	3Ø10-60	3Ø10-60	3Ø10-60	3Ø10-55	3Ø10-55	3Ø10-55	3Ø10-55
Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-250	Ø10-200	Ø10-200
Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260
Lantai 3 (Joint)						Lantai 3 (Joint)					
203	236	236	245	245	204	203	236	236	245	245	204
3Ø10-60	3Ø10-60	3Ø10-60	3Ø10-60	3Ø10-60	3Ø10-60	3Ø10-50	3Ø10-50	3Ø10-50	3Ø10-50	3Ø10-50	3Ø10-50
Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-250	Ø10-250	Ø10-200	Ø10-200
Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260

Penulangan Kolom

No. Kolom	12	38	45	13	3389	3416	3422	3390
Kolom Tanpa Eksentrisitas								
Mu	934,685	972,492	990,170	917,827	411,032	600,543	616,056	403,163
Pu	8023,321	9419,587	9438,833	8011,545	7412,118	8693,671	8716,405	7404,808
Mn	1335,264	1389,274	1414,529	1311,181	587,189	857,919	880,080	575,947
Pn	11461,887	13456,553	13484,047	11445,064	10588,740	12419,530	12452,007	10578,297
Tulangan	8 D22	16 D22	16 D22	8 D22	8 D22	12 D32	12 D22	8 D22
Kolom Dengan Eksentrisitas								
Mu	1077,926	1134,522	1147,792	1039,865	450,590	681,481	636,969	442,628
Pu	8304,036	9383,115	9415,341	8246,870	7662,222	8661,641	8964,341	7658,559
Mn	1658,348	1745,418	1765,834	1599,792	693,215	1048,432	979,952	680,966
Pn	12775,440	14435,562	14485,140	12687,492	11788,034	13325,602	13791,294	11782,398
Tulangan	12 D22	20 D22	20 D22	12 D22	8 D22	16 D22	16 D22	8 D22

Untuk tulangan geser diambil salah satu contoh kolom no. 45 dengan nilai M_u dan P_u terbesar, dan didapat hasil spesifikasi tulangan geser sebagai berikut :

Tanpa Eksentrisitas		Dengan Eksentrisitas	
Sendi Plastis	Luar Sendi Plastis	Sendi Plastis	Luar Sendi Plastis
Ø10-70	Ø10-90	Ø10-50	Ø10-70

Dari uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa eksentrisitas tambahan sangat berpengaruh pada tulangan kolom.

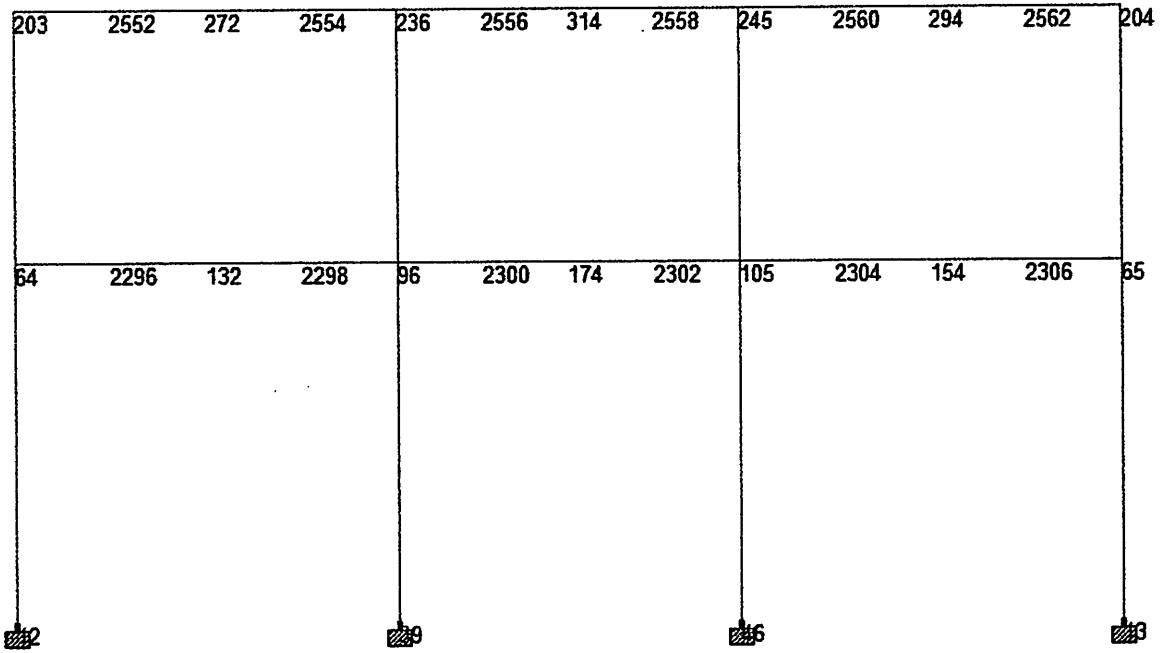
5.2 Saran

Untuk perencanaan gedung tahan gempa selanjutnya, diharapkan perencana memahami dan menggunakan aturan-aturan perencanaan gedung tahan gempa, khususnya agar memperhitungkan eksentrisitas tambahan untuk bangunan tingkat tinggi guna mengantisipasi terjadinya momen puntir. Kemudian dalam perencanaan juga harus memahami aturan-aturan yang tertera pada Standar Nasional Indonesia yang digunakan secara umum di Indonesia. Selain itu, ketelitian dalam melakukan perencanaan juga harus diperhatikan, jadi dalam melakukan perencanaan harus disertai kehati-hatian.

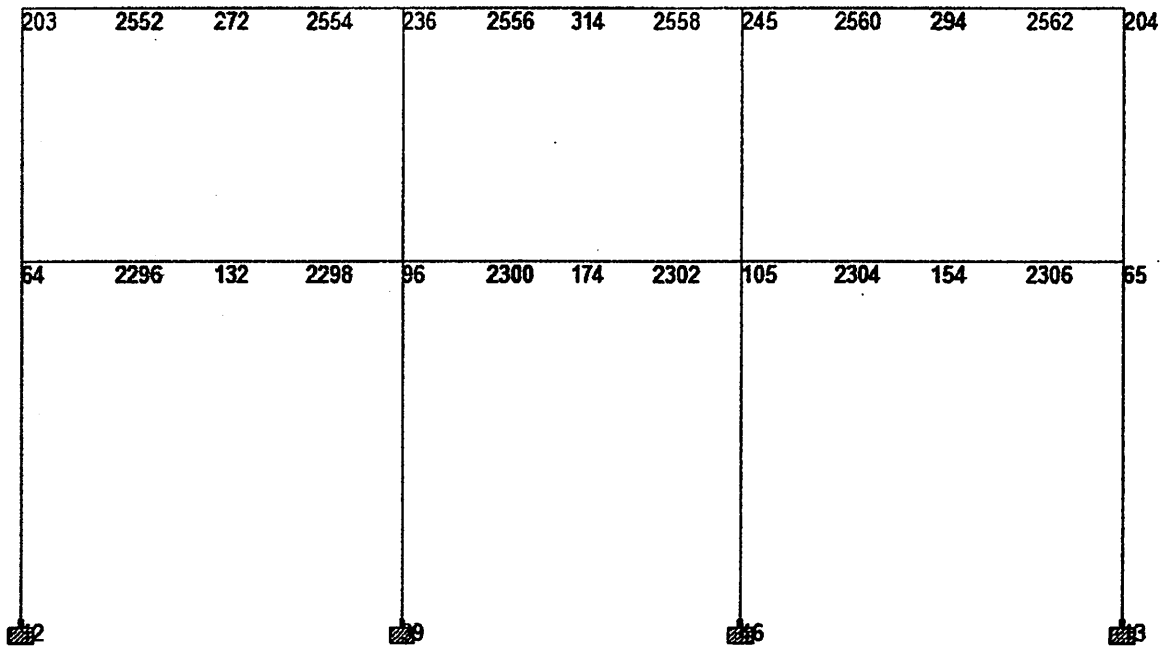
DAFTAR PUSTAKA

- Nasution Amrinsyah, *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang*, Bandung : Institut Teknologi Bandung, 2009.
- Standar Nasional Indonesia, SNI 03 – 2847 - 2002 : *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-2847-2002). Bandung : Badan Standarisasi Nasional,2002.
- Standar Nasional Indonesia, SNI 03 – 1726 - 2002 : *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung* (SNI 03-2847-2002). Bandung : Badan Standarisasi Nasional,2002.
- Departemen Pekerjaan Umum, *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*. Bandung : Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan Gedung, 1987.
- Purwono, R, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Edisi Kedua. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2005
- Vis, W. C. ; Kusuma, Gideon, H. ; *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Edisi : dua. Penerbit : Erlangga, 1997

GAMBAR PORTAL YANG DITINJAU (LINE I)



**GAMBAR PORTAL YANG DITINJAU
(LINE I)**



Penulangan Torsi (Kolom No. 38) harus didasarkan pada :

$$T_u \leq \phi T_n$$

dimana $T_n = T_c + T_s$

T_c = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh beton

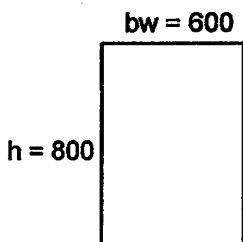
T_s = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh tul. torsi

Kuat momen torsi yang diberikan oleh beton (T_c) harus dihitung dengan :

$$T_c = \frac{\left[\frac{1}{15} \sqrt{f_c} \right] \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left[\frac{0.4 Vu}{C_t Tu} \right]^2}}$$

dimana :

$$C_t = \frac{bw d}{\sum x^2 y} = \frac{600 \cdot 739}{600^2 \cdot 800} = 0.0015396 \text{ mm}$$



$$T_c = \frac{\left[\frac{1}{5} \sqrt{30} \right] 288}{\sqrt{1 + \left[\frac{0.4 \cdot 254.93}{0.0015396 \cdot 8.913 \cdot 10^3} \right]^2}}$$

$$T_c = \frac{315.4881931}{2.9034733} = 108.65889 \text{ kNm}$$

$$T_s = T_n - T_c$$

dimana :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{8.913}{0.6}$$

$$= 14.855 \text{ kNm}$$

$$T_s = 14.855 - 108.66$$

$$= -93.803892 \text{ kNm}$$

maka :

$$Tu \leq \emptyset Tn$$

$$8.913 \leq 108.65889 + [-93.803892]$$

$$8.913 \leq 14.855 \quad \text{Ok}$$

Penulangan Torsi (Kolom No. 3390) harus didasarkan pada :

$$T_u \leq \phi T_n$$

dimana $T_n = T_c + T_s$

T_c = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh beton

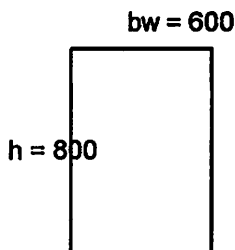
T_s = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh tul. torsi

Kuat momen torsi yang diberikan oleh beton (T_c) harus dihitung dengan :

$$T_c = \frac{\left[\frac{1}{15} \sqrt{f_c} \right] \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left[\frac{0.4 V_u}{C_t T_u} \right]^2}}$$

dimana :

$$C_t = \frac{b_w d}{\sum x^2 y} = \frac{600 \cdot 739}{600^2 \cdot 800} = 0.0015396 \text{ mm}$$



$$T_c = \frac{\left[\frac{1}{5} \sqrt{30} \right] 288}{\sqrt{1 + \left[\frac{0.4 \cdot 219.55}{0.00153958 \cdot 13.311} \right]^2}} \cdot 10^3$$

$$T_c = \frac{315.4881931}{2.2989643} = 137.23058 \text{ kNm}$$

$$T_s = T_n - T_c$$

dimana :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{13.311}{0.6}$$

$$= 22.185 \text{ kNm}$$

$$T_s = 22.185 - 137.23$$

$$= -115.04558 \text{ kNm}$$

maka :

$$T_u \leq \emptyset T_n$$

$$13.311 \leq 137.23058 + -115.04558$$

$$13.311 \leq 22.185 \quad \text{Ok}$$

Penulangan Torsi (Kolom No. 3416) harus didasarkan pada :

$$T_u \leq \phi T_n$$

dimana $T_n = T_c + T_s$

T_c = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh beton

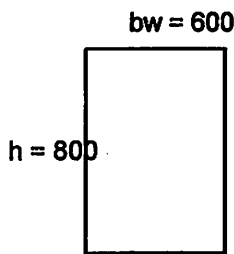
T_s = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh tul. torsi

Kuat momen torsi yang diberikan oleh beton (T_c) harus dihitung dengan :

$$T_c = \frac{\left[\frac{1}{15} \sqrt{f_c} \sum x^2 y \right]}{\sqrt{1 + \left[\frac{0.4 V_u}{C_t T_u} \right]^2}}$$

dimana :

$$C_t = \frac{b_w d}{\sum x^2 y} = \frac{600 \cdot 739}{600^2 \cdot 800} = 0.0015396 \text{ mm}$$



$$T_c = \frac{\left[\frac{1}{5} \sqrt{30} \cdot 288 \right]}{\sqrt{1 + \left[\frac{0.4 \cdot 258.73}{0.0015396 \cdot 13.326 \cdot 10^3} \right]^2}}$$

$$T_c = \frac{315.4881931}{2.458511468} = 128.32488 \text{ kNm}$$

$$T_s = T_n - T_c$$

dimana :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{13.326}{0.6}$$

$$= 22.21 \text{ kNm}$$

$$T_s = 22.21 - 128.32$$

$$= -106.11488 \text{ kNm}$$

maka :

$$T_u \leq \emptyset T_n$$

$$13.326 \leq 128.32488 + -106.11488$$

$$13.326 \leq 22.21 \quad \text{Ok}$$

Penulangan Torsi (Kolom No. 13) harus didasarkan pada :

$$T_u \leq \phi T_n$$

dimana $T_n = T_c + T_s$

T_c = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh beton

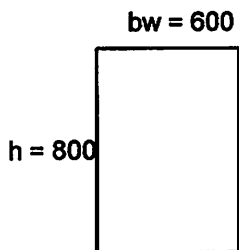
T_s = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh tul. torsi

Kuat momen torsi yang diberikan oleh beton (T_c) harus dihitung dengan :

$$T_c = \frac{\left[\frac{1}{15} \sqrt{f_c} \right] \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left[\frac{0.4 V_u}{C_t T_u} \right]^2}}$$

dimana :

$$C_t = \frac{b_w d}{\sum x^2 y} = \frac{600 \cdot 739}{600^2 \cdot 800} = 0.0015396 \text{ mm}$$



$$T_c = \frac{\left[\frac{1}{5} \sqrt{30} \right] \cdot 288}{\sqrt{1 + \left[\frac{0.4 \cdot 237.29}{0.0015396 \cdot 8.911 \cdot 10} \right]^2}}$$

$$T_c = \frac{315.4881931}{2.8139635} = 112.11524 \text{ kNm}$$

$$T_s = T_n - T_c$$

dimana :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{8.911}{0.6}$$

$$= 14.852 \text{ kNm}$$

$$T_s = 14.852 - 112.12$$

$$= -97.263573 \text{ kNm}$$

maka :

$$Tu \leq \emptyset Tn$$

$$8.911 \leq 112.11524 + -97.263573$$

$$8.911 \leq 14.8516667 \quad \text{Ok}$$

Penulangan Torsi (Kolom No. 12) harus didasarkan pada :

$$T_u \leq \phi T_n$$

dimana $T_n = T_c + T_s$

T_c = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh beton

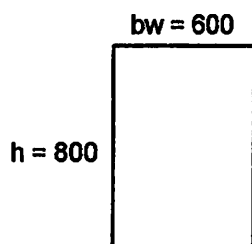
T_s = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh tul. torsi

Kuat momen torsi yang diberikan oleh beton (T_c) harus dihitung dengan :

$$T_c = \frac{\left[\frac{1}{15} \sqrt{f_c} \right] \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left(\frac{0.4 V_u}{C_t T_u} \right)^2}}$$

dimana :

$$C_t = \frac{b_w d}{\sum x^2 y} = \frac{600 \cdot 739}{600^2 \cdot 800} = 0.0015396 \text{ mm}$$



$$T_c = \frac{\left[\frac{1}{5} \sqrt{30} \right] 288}{\sqrt{1 + \left(\frac{0.4 \cdot 255.56}{0.00153958 \cdot 8.858 \cdot 10^3} \right)^2}}$$

$$T_c = \frac{315.4881931}{2.9147465} = 108.23864 \text{ kNm}$$

$$T_s = T_n - T_c$$

dimana :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{8.858}{0.6}$$

$$= 14.763 \text{ kNm}$$

$$T_s = 14.763 - 108.24$$

$$= -93.475305 \text{ kNm}$$

maka :

$$Tu \leq \emptyset Tn$$

$$8.858 \leq 108.23864 + [-93.475305]$$

$$8.858 \leq 14.76333333 \quad \text{Ok}$$

Penulangan Torsi (Kolom No. 45) harus didasarkan pada :

$$T_u \leq \phi T_n$$

dimana $T_n = T_c + T_s$

T_c = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh beton

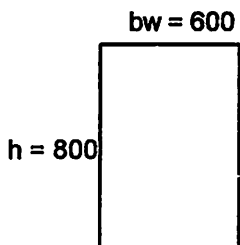
T_s = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh tul. torsi

Kuat momen torsi yang diberikan oleh beton (T_c) harus dihitung dengan :

$$T_c = \frac{\left[\frac{1}{15} \sqrt{f_c} \right] \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left[\frac{0.4 V_u}{C_t T_u} \right]^2}}$$

dimana :

$$C_t = \frac{b_w d}{\sum x^2 y} = \frac{600 \cdot 739}{600^2 \cdot 800} = 0.0015396 \text{ mm}$$



$$T_c = \frac{\left[\frac{1}{5} \sqrt{30} \right] 288}{\sqrt{1 + \left[\frac{0.4 \cdot 249.11}{0.0015396 \cdot 8.837 \cdot 10^3} \right]^2}}$$

$$T_c = \frac{315.4881931}{2.885105} = 109.35068 \text{ kNm}$$

$$T_s = T_n - T_c$$

dimana :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{8.837}{0.6}$$

$$= 14.728 \text{ kNm}$$

$$T_s = 14.728 - 109.35$$

$$= -94.622346 \text{ kNm}$$

maka :

$$Tu \leq \emptyset Tn$$

$$8.837 \leq 109.35068 + -94.622346$$

$$8.837 \leq 14.72833333 \quad \text{Ok}$$

Penulangan Torsi (Kolom No. 3389) harus didasarkan pada :

$$T_u \leq \phi T_n$$

dimana $T_n = T_c + T_s$

T_c = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh beton

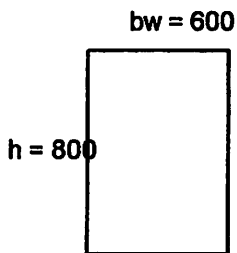
T_s = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh tul. torsi

Kuat momen torsi yang diberikan oleh beton (T_c) harus dihitung dengan :

$$T_c = \frac{\left[\frac{1}{15} \sqrt{f_c} \right] \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left[\frac{0.4 V d}{C_t T_u} \right]^2}}$$

dimana :

$$C_t = \frac{b_w d}{\sum x^2 y} = \frac{600}{600^2} \frac{739}{800} = 0.0015396 \text{ mm}$$



$$T_c = \frac{\left[\frac{1}{5} \sqrt{30} \right] 288}{\sqrt{1 + \left[\frac{0.4 \cdot 250.8}{0.0015396 \cdot 13.191 \cdot 10^3} \right]^2}}$$

$$T_c = \frac{315.4881931}{2.437153} = 129.44948 \text{ kNm}$$

$$T_s = T_n - T_c$$

dimana :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{13.191}{0.6}$$

$$= 21.985 \text{ kNm}$$

$$T_s = 21.985 - 129.45$$

$$= -107.46448 \text{ kNm}$$

maka :

$$Tu \leq \emptyset Tn$$

$$13.191 \leq 129.44948 + -107.46448$$

$$13.191 \leq 21.985 \quad \text{Ok}$$

Penulangan Torsi (Kolom No. 3416) harus didasarkan pada :

$$T_u \leq \phi T_n$$

dimana $T_n = T_c + T_s$

T_c = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh beton

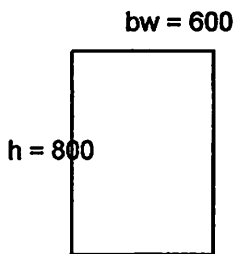
T_s = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan oleh tul. torsi

Kuat momen torsi yang diberikan oleh beton (T_c) harus dihitung dengan :

$$T_c = \frac{\left[\frac{1}{15} \sqrt{f_c} \right] \sum x^2 y}{\sqrt{1 + \left[\frac{0.4 V_u}{C_t T_u} \right]^2}}$$

dimana :

$$C_t = \frac{b_w d}{\sum x^2 y} = \frac{600 \cdot 739}{600^2 \cdot 800} = 0.0015396 \text{ mm}$$



$$T_c = \frac{\left[\frac{1}{5} \sqrt{30} \right] 288}{\sqrt{1 + \left[\frac{0.4 \cdot 247.39}{0.0015396 \cdot 13.465 \cdot 10^3} \right]^2}}$$

$$T_c = \frac{315.4881931}{2.40279} = 131.30078 \text{ kNm}$$

$$T_s = T_n - T_c$$

dimana :

$$T_n = \frac{T_u}{\phi} = \frac{13.465}{0.6}$$

$$= 22.442 \text{ kNm}$$

$$T_s = 22.442 - 131.3$$

$$= -108.85911 \text{ kNm}$$

maka :

$$T_u \leq \emptyset T_n$$

$$13.465 \leq 131.30078 + -108.85911$$

$$13.465 \leq 22.44166667 \quad \text{Ok}$$

Tabel Pembacaan Momen Pada Balok (Tanpa Eksentrisitas)

Lantai	Joint	Momen (+)	Momen (-)	Keterangan
		(kN.m)	(kN.m)	
		Mu+	Mu -	
2	64	427.130	598.140	Tumpuan Kiri
	132	132.750	13.000	Lapangan
	96	410.110	543.850	Tumpuan Kanan
	96	435.140	553.640	Tumpuan Kiri
	174	84.220	0.390	Lapangan
	105	435.250	542.850	Tumpuan Kanan
	105	409.760	551.770	Tumpuan Kiri
	154	133.110	13.970	Lapangan
	65	426.980	588.870	Tumpuan Kanan
3	203	433.970	624.140	Tumpuan Kiri
	272	128.550	10.220	Lapangan
	236	424.170	539.210	Tumpuan Kanan
	236	462.040	579.680	Tumpuan Kiri
	314	84.120	0.480	Lapangan
	245	462.040	566.010	Tumpuan Kanan
	245	423.730	552.270	Tumpuan Kiri
	294	130.780	11.220	Lapangan
	204	433.740	624.060	Tumpuan Kanan

Tulangan Balok Pada Momen Iapangan Positif (Tanpa Eksentrisitas)

Lantai	Lantai 2			Lantai 3		
Join	132	174	154	272	314	294
Mu(+)	132750000.0	84220000.0	133110000.0	128550000.0	84120000.0	130780000.0
b (mm)	400	400	400	400	400	400
h (mm)	600	600	600	600	600	600
beff (mm)	1360	1360	1360	1360	1360	1360
fc' (Mpa)	30	30	30	30	30	30
fy ulir (Mpa)	390	390	390	390	390	390
fy polos (Mpa)	240	240	240	240	240	240
selimut (mm)	40	40	40	40	40	40
tul. Pokok (mm)	22	22	22	22	22	22
tul. sengkang (mm)	10	10	10	10	10	10
tul. plat (mm)	10	10	10	10	10	10
d = b-selimut beton-d sengkang-1/2 d tul pokok (mm)	539	539	539	539	539	539
jarak antar tulangan	25	25	25	25	25	25
Jumlah Tul. Plat sepanjang beoff φ 10	10	10	10	10	10	10
<i>dicoba</i>						
jumlah Tul. Atas D22	3	3	3	3	3	3
jumlah Tul. Bawah D22	4	3	4	4	3	4
selimut plat =	20	20	20	20	20	20
kontrol momen Positif						
As' plat	785	785	785	785	785	785
As1 balok	1139.82	1139.82	1139.82	1139.82	1139.82	1139.82
As2 balok	1519.76	1139.82	1519.76	1519.76	1139.82	1519.76
y1 = selimut beton plat + 1/2 d plat	25	25	25	25	25	25
y2 = selimut beton + d sengkang + 1/2D tul tekan	61	61	61	61	61	61
y = d' = (As plat.y1+As2 .y2) / (As'plat + As2)	46.31810767	46.31810767	46.31810767	46.31810767	46.31810767	46.31810767
d = h - (selimut beton + d sengkang + 1/2 . D tul. tarik)	539	539	539	539	539	539
c < y2						
β1	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
A = 0.85.fc'.β1.beff	29478	29478	29478	29478	29478	29478
B = 600.As'plat - (As1 balok . fy ulir)- (As2 balok . fy ulir)	-566236.2	-418059.6	-566236.2	-566236.2	-418059.6	-566236.2
C = 600. As'plat . Y1	11775000	11775000	11775000	11775000	11775000	11775000
x1 =	31.77857569	28.29796155	31.77857569	31.77857569	28.29796155	31.77857569
x2 =	-12.56980305	-14.11587322	-12.56980305	-12.56980305	-14.11587322	-12.56980305
c = x	31.77857569	28.29796155	31.77857569	31.77857569	28.29796155	31.77857569
a = beta x c	27.01178934	24.05326732	27.01178934	27.01178934	24.05326732	27.01178934
es' = (c - y1) / c x ec	0.000639919	0.000349632	0.000639919	0.000639919	0.000349632	0.000639919
es1 = (y2 - c) / c x ec	0.002758597	0.003466897	0.002758597	0.002758597	0.003466897	0.002758597
es2 = (d - c) / c x ec	0.047883338	0.054141925	0.047883338	0.047883338	0.054141925	0.047883338
ey = fy / Es	0.00195	0.00195	0.00195	0.00195	0.00195	0.00195
fs = es' x Es	127.9838799	69.92648318	127.9838799	127.9838799	69.92648318	127.9838799
Cc = 0.85 fc'.a.beff	936768.8543	834167.3107	936768.8543	936768.8543	834167.3107	936768.8543
Cs = As'plat. fs	100467.3457	54892.2893	100467.3457	100467.3457	54892.2893	100467.3457
Cc + Cs	1037236.2	889059.6	1037236.2	1037236.2	889059.6	1037236.2
Ts1 = As 1 x fy ulir	444529.8	444529.8	444529.8	444529.8	444529.8	444529.8
Ts2 = As 2 x fy ulir	592706.4	444529.8	592706.4	592706.4	444529.8	592706.4
Ts1 + Ts2	1037236.2	889059.6	1037236.2	1037236.2	889059.6	1037236.2
Z1 = d - (a / 2)	525.4941053	526.9733663	525.4941053	525.4941053	526.9733663	525.4941053
Z2 = y2 - (a / 2)	47.49410533	48.97336634	47.49410533	47.49410533	48.97336634	47.49410533
Z3 = y1 - (a / 2)	11.49410533	12.97336634	11.49410533	11.49410533	12.97336634	11.49410533
Mn	260593067.5	255313348.1	260593067.5	260593067.5	255313348.1	260593067.5
Mr = 0,8 x Mn	208474454.0	204250678.5	208474454.0	208474454.0	204250678.5	208474454.0
Mu	132750000.0	84220000.0	133110000.0	128550000.0	84120000.0	130780000.0
Kontrol Mr > Mu	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Mpr (Nmm) = Mn	260593067.5	255313348.1	260593067.5	260593067.5	255313348.1	260593067.5
Tulangan Atas :	3 D 22	3 D 22	3 D 22	3 D 22	3 D 22	3 D 22
Tulangan Bawah :	4 D 22	3 D 22	4 D 22	4 D 22	3 D 22	4 D 22

Tulangan Balok Pada Momen Lapangan Negatif (Tanpa Eksentrisitas)

Lantai	Lantai 2			Lantai 3		
Join	132	174	154	272	314	294
Mu(+)	13000000.0	390000.0	13970000.0	10220000.0	480000.0	11220000.0
b (mm)	400	400	400	400	400	400
h (mm)	600	600	600	600	600	600
beff (mm)	1360	1360	1360	1360	1360	1360
fc' (Mpa)	30	30	30	30	30	30
fy ulir (Mpa)	390	390	390	390	390	390
fy polos (Mpa)	240	240	240	240	240	240
selimut (mm)	40	40	40	40	40	40
tul. Pokok (mm)	22	22	22	22	22	22
tul sengkang (mm)	10	10	10	10	10	10
tul.plat (mm)	10	10	10	10	10	10
d= h-selimut beton-d sengkang-1/2 d tul pokok (mm)	539	539	539	539	539	539
jarak antar tulangan	25	25	25	25	25	25
Jumlah Tul. Plat sepanjang beff ϕ 10	10	10	10	10	10	10
dicoba						
jumlah Tul.Atas D22	3	3	3	3	3	3
jumlah Tul.Bawah D22	4	3	4	4	3	4
selimut plat =	20	20	20	20	20	20
Kontrol momen Negatif						
As' plat	785	785	785	785	785	785
As1 balok	1519.76	1139.82	1519.76	1519.76	1139.82	1519.76
As2 balok	1139.82	1139.82	1139.82	1139.82	1139.82	1139.82
y1 = selimut beton plat + 1/2 d plat	25	25	25	25	25	25
y2 = selimut beton + d sengkang + 1/2D tul tekan	61	61	61	61	61	61
y = d' = (As plat y1 + As2 . y2) / (Asplat + As2)	48.73841962	46.31810767	48.73841962	48.73841962	46.31810767	48.73841962
d = h - (selimut beton + d sengkang + 1/2 . D tul.tarik)	539	539	539	539	539	539
c < y2						
$\beta 1$	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
A = 0.85 . fc' . $\beta 1$. beff	29478	29478	29478	29478	29478	29478
B = 600 . As' plat - (As1 balok . fy ulir)- (As2 balok . fy ulir)	-566236.2	-418059.6	-566236.2	-566236.2	-418059.6	-566236.2
C = 600 . As' plat . Y1	11775000	11775000	11775000	11775000	11775000	11775000
x1 =	31.77857569	28.29796155	31.77857569	31.77857569	28.29796155	31.77857569
x2 =	-12.56980305	-14.11587322	-12.56980305	-12.56980305	-14.11587322	-12.56980305
c = x	31.77857569	28.29796155	31.77857569	31.77857569	28.29796155	31.77857569
a = beta x c	27.01178934	24.05326732	27.01178934	27.01178934	24.05326732	27.01178934
es' = (c - y1) / c x ec	0.000639919	0.000349632	0.000639919	0.000639919	0.000349632	0.000639919
es1 = (y2 - c) / c x ec	0.002758597	0.003466897	0.002758597	0.002758597	0.003466897	0.002758597
es2 = (d - c) / c x ec	0.047883338	0.054141925	0.047883338	0.047883338	0.054141925	0.047883338
ey = fy / Es	0.00195	0.00195	0.00195	0.00195	0.00195	0.00195
fs = es' x Es	127.9838799	69.92648318	127.9838799	127.9838799	69.92648318	127.9838799
Cc = 0.85 fc'.a.beff	936768.8543	834167.3107	936768.8543	936768.8543	834167.3107	936768.8543
Cs = As'plat . fs	100467.3457	54892.2893	100467.3457	100467.3457	54892.2893	100467.3457
Cc + Cs	1037236.2	889059.6	1037236.2	1037236.2	889059.6	1037236.2
Ts1 = As 1 x fy ulir	592706.4	444529.8	592706.4	592706.4	444529.8	592706.4
Ts2 = As 2 x fy ulir	444529.8	444529.8	444529.8	444529.8	444529.8	444529.8
Ts1 + Ts2	1037236.2	889059.6	1037236.2	1037236.2	889059.6	1037236.2
Z1 = d - (a / 2)	525.4941053	526.9733663	525.4941053	525.4941053	526.9733663	525.4941053
Z2 = y2 - (a / 2)	47.49410533	48.97336634	47.49410533	47.49410533	48.97336634	47.49410533
Z3 = y1 - (a / 2)	11.49410533	12.97336634	11.49410533	11.49410533	12.97336634	11.49410533
Mn	331421482.3	255313348.1	331421482.3	331421482.3	255313348.1	331421482.3
Mr = 0,8 x Mn	265137185.8	204250678.5	265137185.8	265137185.8	204250678.5	265137185.8
Mu	13000000.0	390000.0	13970000.0	10220000.0	480000.0	11220000.0
Kontrol Mr > Mu	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Mpr (Nmm) = Mn	331421482.3	255313348.1	331421482.3	331421482.3	255313348.1	331421482.3
Tulangan Atas :	3 D 22	3 D 22	3 D 22	3 D 22	3 D 22	3 D 22
Tulangan Bawah :	4 D 22	3 D 22	4 D 22	4 D 22	3 D 22	4 D 22

PENULANGAN GESER BALOK (Tanpa Eksentrisitas)

Lantai	Lantai 2		Lantai 3	
Batang	-		-	
Joint	64	96	203	236
b (mm)	400	400	400	400
h (mm)	600	600	600	600
d (mm)	539	539	539	539
L (mm)	5300	5300	5300	5300
Ln	4500	4500	4500	4500
fc' (Mpa)	30	30	30	30
fy (Mpa)	390	390	390	390
d (mm)	22	22	22	22
Ø (mm)	10	10	10	10
1,2qd + ql	36.1456	36.1456	36.1456	36.1456
Vu akibat grafitasi	81327.600	81327.600	81327.600	81327.600
Akibat Gempa kanan				
Mpr	774457454.4	729133002.875	826196463.6	737935264.281
Vu (akibat Gempa kanan)	334131.213	334131.213	347584.828	347584.828
Vn (Gempa kanan+ grafitasi)	-252803.613	415458.813	-266257.228	428912.428
Mpr Nmm	862241757.169	717099368.8	737935264.281	826196463.6
Vu (akibat Gempa kiri)	350964.695	350964.695	347584.828	347584.828
Vn (Gempa kiri + grafitasi) (N)	432292.295	-269637.095	428912.428	-266257.228
Vn (diambil yg terbesar) (N)	432292.295		428912.428	
Pemasangan sengkang daerah sendi plastis				
Vc	0.000	0.000	0.000	0.000
ø	0.55	0.55	0.55	0.55
Vs (KN)	785985.990	785985.990	779840.779	779840.779
Av	235.500	235.500	235.500	235.500
S (mm)	62.984	62.984	63.480	63.480
diambil S (mm)	60	60	60	60
Vs terpasang	825074.250	825074.250	825074.250	825074.250
Dipakai sengkang	3 Ø10-60	3 Ø10-60	3 Ø10-60	3 Ø10-60
Pemasangan sengkang daerah luar sendi plastis				
Vu 2h	81327.600	81327.600	81327.600	81327.600
Vs	147868.364	147868.364	147868.364	147868.364
Av	157.000	157.000	157.000	157.000
S	223.192	223.192	223.192	223.192
diambil S (mm)	200	200	200	200
Vs terpasang	165014.850	165014.850	165014.850	165014.850
Dipakai sengkang	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200
Pemasangan sengkang praktis di luar sendi platis øVc + VS = VU				
Vc	196814.972	196814.972	196814.972	196814.972
x	1686.588	1686.588	1682.149	1682.149
Syarat S < Smaks				
Smaks (d/2)	269.500	269.500	269.500	269.500
diambil S (mm)	260	260	260	260
Dipakai sengkang	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260

PENULANGAN GESER BALOK (Tanpa Eksentrisitas)

Lantai	Lantai 2		Lantai 3	
Batang	-		-	
Joint	96	105	236	245
b (mm)	400	400	400	400
h (mm)	600	600	600	600
d (mm)	539	539	539	539
L (mm)	4750	4750	4750	4750
Ln	3950	3950	3950	3950
fc' (Mpa)	30	30	30	30
fy (Mpa)	390	390	390	390
d (mm)	22	22	22	22
Ø (mm)	10	10	10	10
1,2qd + ql	33.744	33.744	33.744	33.744
Vu akibat grafitasi	66644.400	66644.400	66644.400	66644.400
Akibat Gempa kanan				
Mpr	711059725.330	792868594.907	766338906.401	679638606.442
Vu (akibat Gempa kanan)	380741.347	380741.347	366070.256	366070.256
Vn (Gempa kanan+ grafitasi)	-314096.947	447385.747	-299425.856	432714.656
Mpr Nmm	792868594.907	711059725.330	679638606.442	766338906.401
Vu (akibat Gempa kiri)	380741.347	380741.347	366070.256	366070.256
Vn (Gempa kiri + grafitasi) (N)	447385.747	-314096.947	432714.656	-299425.856
Vn (diambil yg terbesar) (N)	447385.747		432714.656	
Pemasangan sengkang daerah sendi plastis				
Vc	0.000	0.000	0.000	0.000
Ø	0.55	0.55	0.55	0.55
Vs (KN)	813428.631	813428.631	786753.921	786753.921
Av	235.500	235.500	235.500	235.500
S (mm)	60.859	60.859	62.922	62.922
diambil S (mm)	60	60	60	60
Vs terpasang	825074.250	825074.250	825074.250	825074.250
Dipakai sengkang	3Ø10-60	3Ø10-60	3Ø10-60	3Ø10-60
Pemasangan sengkang daerah luar sendi plastis				
Vu 2h	66644.400	66644.400	66644.400	66644.400
Vs	121171.636	121171.636	121171.636	121171.636
Av	157.000	157.000	157.000	157.000
S	272.365	272.365	272.365	272.365
diambil S (mm)	200	200	200	200
Vs terpasang	165014.850	165014.850	165014.850	165014.850
Dipakai sengkang	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200
Pemasangan sengkang praktis di luas sendi platis $\phi Vc + VS = VU$				
Vc	196814.972	196814.972	196814.972	196814.972
x	1497.134	1497.134	1480.932	1480.932
Syarat $S < Smaks$				
Smaks (d/2)	269.500	269.500	269.500	269.500
diambil S (mm)	260	260	260	260
Dipakai sengkang	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260

PENULANGAN GESER BALOK (Tanpa Eksentrisitas)

Lantai	Lantai 2		Lantai 3	
Batang	-		-	
Joint	105	65	245	204
b (mm)	400	400	400	400
h (mm)	600	600	600	600
d (mm)	539	539	539	539
L (mm)	5300	5300	5300	5300
Ln	4500	4500	4500	4500
fc' (Mpa)	30	30	30	30
fy (Mpa)	390	390	390	390
d (mm)	22	22	22	22
Ø (mm)	10	10	10	10
$1,2q_d + q_l$	36.1336	36.1336	36.1336	36.1336
Vu akibat grafitasi	81300.600	81300.600	81300.600	81300.600
Akibat Gempa kanan				
Mpr	711059725.330	863079673.428	711059725.3	737935264.281
Vu (akibat Gempa kanan)	349808.755	349808.755	321998.887	321998.887
Vn (Gempa kanan+ grafitasi)	-268508.155	431109.355	-240698.287	403299.487
Mpr Nmm	863079673.428	711059725.330	737935264.281	711059725.3
Vu (akibat Gempa kiri)	349808.755	349808.755	321998.887	321998.887
Vn (Gempa kiri + grafitasi) (N)	431109.355	-268508.155	403299.487	-240698.287
Vn (diambil yg terbesar) (N)	431109.355		403299.487	
Pemasangan sengkang daerah sendi plastis				
Vc	0.000	0.000	0.000	0.000
Ø	0.55	0.55	0.55	0.55
Vs (KN)	783835.191	783835.191	733271.794	733271.794
Av	235.500	235.500	235.500	235.500
S (mm)	63.157	63.157	67.512	67.512
diambil S (mm)	60	60	60	60
Vs terpasang	825074.250	825074.250	825074.250	825074.250
Dipakai sengkang	3Ø10-60	3Ø10-60	3Ø10-60	3Ø10-60
Pemasangan sengkang daerah luar sendi plastis				
Vu 2h	81300.600	81300.600	81300.600	81300.600
Vs	147819.273	147819.273	147819.273	147819.273
Av	157.000	157.000	157.000	157.000
S	223.266	223.266	223.266	223.266
diambil S (mm)	200	200	200	200
Vs terpasang	165014.850	165014.850	165014.850	165014.850
Dipakai sengkang	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200
Pemasangan sengkang praktis di luas sendi platis $\phi V_c + V_S = V_U$				
Vc	196814.972	196814.972	196814.972	196814.972
x	1685.042	1685.042	1646.085	1646.085
Syarat S < Smaks				
Smaks (d/2)	269.500	269.500	269.500	269.500
diambil S (mm)	260	260	260	260
Dipakai sengkang	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260

Lantai	Joint	Momen (+)	Momen (-)	Keterangan
		(kN.m)	(kN.m)	
		Mu+	Mu -	
2	64	490.100	667.940	Tumpuan Kiri
	132	132.450	14.900	Lapangan
	96	470.510	603.490	Tumpuan Kanan
	96	499.140	624.890	Tumpuan Kiri
	174	83.600	0.430	Lapangan
	105	499.270	605.290	Tumpuan Kanan
	105	470.110	619.120	Tumpuan Kiri
	154	133.370	16.040	Lapangan
	65	489.840	650.770	Tumpuan Kanan
3	203	496.480	692.880	Tumpuan Kiri
	272	128.170	11.690	Lapangan
	236	485.280	599.900	Tumpuan Kanan
	236	528.420	653.460	Tumpuan Kiri
	314	83.390	0.500	Lapangan
	245	528.480	630.850	Tumpuan Kanan
	245	484.700	620.080	Tumpuan Kiri
	294	131.020	12.850	Lapangan
	204	496.100	675.760	Tumpuan Kanan

Tulangan Balok Pada Momen lapangan Positif (Dengan Eksentrisitas)

Join	Lantai 2			Lantai 3		
	132	174	154	272	314	294
Mu(+)	132450000.0	83600000.0	133370000.0	128170000.0	83390000.0	131020000.0
b (mm)	400	400	400	400	400	400
h (mm)	600	600	600	600	600	600
beff (mm)	1360	1360	1360	1360	1360	1360
fc' (Mpa)	30	30	30	30	30	30
fy ulir (Mpa)	390	390	390	390	390	390
fy polos (Mpa)	240	240	240	240	240	240
selimut (mm)	40	40	40	40	40	40
tul. Pokok (mm)	22	22	22	22	22	22
tul sengkang (mm)	10	10	10	10	10	10
tul.plat (mm)	10	10	10	10	10	10
d= h-selimut beton-d sengkang-1/2 d tul pokok (mm)	539	539	539	539	539	539
jarak antar tulangan	25	25	25	25	25	25
Jumlah Tul. Plat sepanjang beff φ 10	10	10	10	10	10	10
<i>dicoba</i>						
jumlah Tul.Atas D22	3	3	3	3	3	3
jumlah Tul.Bawah D22	4	3	4	4	3	4
selimut plat =	20	20	20	20	20	20
kontrol momen Positif						
As' plat	785	785	785	785	785	785
As1 balok	1139.82	1139.82	1139.82	1139.82	1139.82	1139.82
As2 balok	1519.76	1139.82	1519.76	1519.76	1139.82	1519.76
y1 = selimut beton plat + 1/2 d plat	25	25	25	25	25	25
y2 = selimut beton + d sengkang + 1/2D tul tekan	61	61	61	61	61	61
y = d' = (As plat.y1+As2.y2) / (Asplat + As2)	46.31810767	46.31810767	46.31810767	46.31810767	46.31810767	46.31810767
d = h - (selimut beton + d sengkang + 1/2 . D tul.tarik)	539	539	539	539	539	539
c < y2						
β1	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
A = 0.85 .fc'.β1.beff	29478	29478	29478	29478	29478	29478
B = 600.As'plat - (As1 balok . fy ulir)- (As2 balok . fy ulir)	-566236.2	-418059.6	-566236.2	-566236.2	-418059.6	-566236.2
C = 600. As'plat . Y1	11775000	11775000	11775000	11775000	11775000	11775000
x1 =	31.77857569	28.29796155	31.77857569	31.77857569	28.29796155	31.77857569
x2 =	-12.56980305	-14.11587322	-12.56980305	-12.56980305	-14.11587322	-12.56980305
c = x	31.77857569	28.29796155	31.77857569	31.77857569	28.29796155	31.77857569
a = beta x c	27.01178934	24.05326732	27.01178934	27.01178934	24.05326732	27.01178934
es' = (c - y1) / c x ec	0.000639919	0.000349632	0.000639919	0.000639919	0.000349632	0.000639919
es1 = (y2 - c) / c x ec	0.002758597	0.003466897	0.002758597	0.002758597	0.003466897	0.002758597
es2 = (d - c) / c x ec	0.047883338	0.054141925	0.047883338	0.047883338	0.054141925	0.047883338
ey = fy / Es	0.00195	0.00195	0.00195	0.00195	0.00195	0.00195
fs = es' x Es	127.9838799	69.92648318	127.9838799	127.9838799	69.92648318	127.9838799
Cc = 0.85 .fc'.a.beff	936768.8543	834167.3107	936768.8543	936768.8543	834167.3107	936768.8543
Cs = As'plat. fs	100467.3457	54892.2893	100467.3457	100467.3457	54892.2893	100467.3457
Cc + Cs	1037236.2	889059.6	1037236.2	1037236.2	889059.6	1037236.2
Ts1 = As 1 x fy ulir	444529.8	444529.8	444529.8	444529.8	444529.8	444529.8
Ts2 = As 2 x fy ulir	592706.4	444529.8	592706.4	592706.4	444529.8	592706.4
Ts1 + Ts2	1037236.2	889059.6	1037236.2	1037236.2	889059.6	1037236.2
Z1 = d - (a / 2)	525.4941053	526.9733663	525.4941053	525.4941053	526.9733663	525.4941053
Z2 = y2 - (a / 2)	47.49410533	48.97336634	47.49410533	47.49410533	48.97336634	47.49410533
Z3 = y1 - (a / 2)	11.49410533	12.97336634	11.49410533	11.49410533	12.97336634	11.49410533
Mn	260593067.5	255313348.1	260593067.5	260593067.5	255313348.1	260593067.5
Mr = 0,8 x Mn	208474454.0	204250678.5	208474454.0	208474454.0	204250678.5	208474454.0
Mu	132450000.0	83600000.0	133370000.0	128170000.0	83390000.0	131020000.0
Kontrol Mr > Mu	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Mpr (Nmm) = Mn	260593067.5	255313348.1	260593067.5	260593067.5	255313348.1	260593067.5
Tulangan Atas :	3 D 22	3 D 22	3 D 22	3 D 22	3 D 22	3 D 22
Tulangan Bawah :	4 D 22	3 D 22	4 D 22	4 D 22	3 D 22	4 D 22

Tulangan Balok Pada Momen lapangan Negatif (Dengan Eksentrisitas)

Lantai	Lantai 2			Lantai 3		
Join	132	174	154	272	314	294
Mu(+)	1490000.0	430000.0	1604000.0	11690000.0	500000.0	12850000.0
b (mm)	400	400	400	400	400	400
h (mm)	600	600	600	600	600	600
beff (mm)	1360	1360	1360	1360	1360	1360
fc' (Mpa)	30	30	30	30	30	30
fy ulir (Mpa)	390	390	390	390	390	390
fy polos (Mpa)	240	240	240	240	240	240
selimut (mm)	40	40	40	40	40	40
tul. Pokok (mm)	22	22	22	22	22	22
tul sengkang (mm)	10	10	10	10	10	10
tul.plat (mm)	10	10	10	10	10	10
d= h-selimut beton-d sengkang-1/2 d tul pokok (mm)	539	539	539	539	539	539
jarak antar tulangan	25	25	25	25	25	25
Jumlah Tul. Plat sepanjang beeff φ 10	10	10	10	10	10	10
<i>dicoba</i>						
jumlah Tul. Atas D22	3	3	3	3	3	3
jumlah Tul. Bawah D22	4	3	4	4	3	4
selimut plat =	20	20	20	20	20	20
kontrol momen Negatif						
As' plat	785	785	785	785	785	785
As1 balok	1519.76	1139.82	1519.76	1519.76	1139.82	1519.76
As2 balok	1139.82	1139.82	1139.82	1139.82	1139.82	1139.82
y1 = selimut beton plat + 1/2 d plat	25	25	25	25	25	25
y2 = selimut beton + d sengkang + 1/2D tul tekan	61	61	61	61	61	61
y = d' = (As plat.y1+As2.y2) / (Asplat + As2)	48.73841962	46.31810767	48.73841962	48.73841962	46.31810767	48.73841962
d = h - (selimut beton + d sengkang + 1/2 . D tul.tarik)	539	539	539	539	539	539
c < y2						
β1	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
A = 0.85.fc'.β1.beff	29478	29478	29478	29478	29478	29478
B = 600.As'plat - (As1 balok . fy ulir)- (As2 balok . fy ulir)	-566236.2	-418059.6	-566236.2	-566236.2	-418059.6	-566236.2
C = 600. As'plat . Y1	11775000	11775000	11775000	11775000	11775000	11775000
x1 =	31.77857569	28.29796155	31.77857569	31.77857569	28.29796155	31.77857569
x2 =	-12.56980305	-14.11587322	-12.56980305	-12.56980305	-14.11587322	-12.56980305
c = x	31.77857569	28.29796155	31.77857569	31.77857569	28.29796155	31.77857569
a = beta x c	27.01178934	24.05326732	27.01178934	27.01178934	24.05326732	27.01178934
es' = (c - y1) / c x ec	0.000639919	0.000349632	0.000639919	0.000639919	0.000349632	0.000639919
es1 = (y2 - c) / c x ec	0.002758597	0.003466897	0.002758597	0.002758597	0.003466897	0.002758597
es2 = (d - c) / c x ec	0.047883338	0.054141925	0.047883338	0.047883338	0.054141925	0.047883338
fy = fy / Es	0.00195	0.00195	0.00195	0.00195	0.00195	0.00195
fs = es' x Es	127.9838799	69.92648318	127.9838799	127.9838799	69.92648318	127.9838799
Co = 0.85 fc'.a.beff	936768.8543	834167.3107	936768.8543	936768.8543	834167.3107	936768.8543
Cs = As'plat. fs	100467.3457	54892.2893	100467.3457	100467.3457	54892.2893	100467.3457
Cc + Cs	1037236.2	889059.6	1037236.2	1037236.2	889059.6	1037236.2
Ts1 = As 1 x fy ulir	592706.4	444529.8	592706.4	592706.4	444529.8	592706.4
Ts2 = As 2 x fy ulir	444529.8	444529.8	444529.8	444529.8	444529.8	444529.8
Ts1 + Ts2	1037236.2	889059.6	1037236.2	1037236.2	889059.6	1037236.2
Z1 = d - (a / 2)	525.4941053	526.9733663	525.4941053	525.4941053	526.9733663	525.4941053
Z2 = y2 - (a / 2)	47.49410533	48.97336634	47.49410533	47.49410533	48.97336634	47.49410533
Z3 = y1 - (a / 2)	11.49410533	12.97336634	11.49410533	11.49410533	12.97336634	11.49410533
Mn	331421482.3	255313348.1	331421482.3	331421482.3	255313348.1	331421482.3
Mr = 0,8 x Mn	265137185.8	204250678.5	265137185.8	265137185.8	204250678.5	265137185.8
Mu	1490000.0	430000.0	1604000.0	11690000.0	500000.0	12850000.0
Kontrol Mr > Mu	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Mpr (Nmm) = Mn	331421482.3	255313348.1	331421482.3	331421482.3	255313348.1	331421482.3
Tulangan Atas :	3 D 22	3 D 22	3 D 22	3 D 22	3 D 22	3 D 22
Tulangan Bawah :	4 D 22	3 D 22	4 D 22	4 D 22	3 D 22	4 D 22

PENULANGAN GESER BALOK (Dengan Eksentrisitas)

Lantai	Lantai 2		Lantai 3	
Batang	-		-	
Joint	64	96	203	236
b (mm)	400	400	400	400
h (mm)	600	600	600	600
d (mm)	539	539	539	539
L (mm)	5300	5300	5300	5300
Ln	4500	4500	4500	4500
fc' (Mpa)	30	30	30	30
fy (Mpa)	390	390	390	390
d (mm)	22	22	22	22
Ø (mm)	10	10	10	10
1.2qd + ql	36.1456	36.1456	36.1456	36.1456
Vu akibat grafitasi	81327.600	81327.600	81327.600	81327.600
Akibat Gempa kanan				
Mpr	877539016.363	792868594.9	928458967.176	818069065.690
Vu (akibat Gempa kanan)	371201.691	371201.691	388117.341	388117.341
Vn (Gempa kanan+ grafitasi)	-289874.091	452529.291	-306789.741	469444.941
Mpr Nmm	792868594.9	877539016.363	818069065.690	928458967.176
Vu (akibat Gempa kiri)	371201.691	371201.691	388117.341	388117.341
Vn (Gempa kiri + grafitasi) (N)	452529.291	-289874.091	469444.941	-306789.741
Vn (diambil yg terbesar) (N)	452529.291		469444.941	
Pemasangan sengkang daerah sendi plastis				
Vc	0.000	0.000	0.000	0.000
ø	0.55	0.55	0.55	0.55
Vs (KN)	822780.530	822780.530	853536.256	853536.256
Av	235.500	235.500	235.500	235.500
S (mm)	60.167	60.167	57.999	57.999
diambil S (mm)	60	60	50	50
Vs terpasang	825074.250	825074.250	990089.100	990089.100
Dipakai sengkang	3Ø10-60	3Ø10-60	3Ø10-50	3Ø10-50
Pemasangan sengkang daerah luar sendi plastis				
Vu 2h	81327.600	81327.600	81327.600	81327.600
Vs	147868.364	147868.364	147868.364	147868.364
Av	157.000	157.000	157.000	157.000
S	223.192	223.192	223.192	223.192
diambil S (mm)	200	200	200	200
Vs terpasang	165014.850	165014.850	165014.850	165014.850
Dipakai sengkang	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200
Pemasangan sengkang praktis di luar sendi platis øVc + VS = VU				
Vc	196814.972	196814.972	196814.972	196814.972
x	1711.784	1711.784	1731.178	1731.178
Syarat S < Smaks				
Smaks (d/2)	269.500	269.500	269.500	269.500
diambil S (mm)	260	260	260	260
Dipakai sengkang	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260

PENULANGAN GESER BALOK (Dengan Eksentrisitas)

Lantai	Lantai 2		Lantai 3	
Batang	-			
Joint	96	105	236	245
b (mm)	400	400	400	400
h (mm)	600	600	600	600
d (mm)	539	539	539	539
L (mm)	4750	4750	4750	4750
Ln	3950	3950	3950	3950
fc' (Mpa)	30	30	30	30
fy (Mpa)	390	390	390	390
d (mm)	25	25	25	25
Ø (mm)	10	10	10	10
1,2qd + ql	33.744	33.744	33.744	33.744
Vu akibat grafitasi	66644.400	66644.400	66644.400	66644.400
Akibat Gempa kanan				
Mpr	826196463.650	792868594.907	863106618.756	899185252.395
Vu (akibat Gempa kanan)	409889.888	409889.888	446149.841	446149.841
Vn (Gempa kanan+ grafitasi)	-343245.488	476534.288	-379505.441	512794.241
Mpr Nmm	792868594.907	826196463.650	899185252.395	863106618.756
Vu (akibat Gempa kiri)	409889.888	409889.888	446149.841	446149.841
Vn (Gempa kiri + grafitasi) (N)	476534.288	-343245.488	512794.241	-379505.441
Vn (diambil yg terbesar) (N)	476534.288		512794.241	
Pemasangan sengkang daerah sendi plastis				
Vc	0.000	0.000	0.000	0.000
ø	0.55	0.55	0.55	0.55
Vs (KN)	866425.979	866425.979	932353.165	932353.165
Av	235.500	235.500	235.500	235.500
S (mm)	57.136	57.136	53.096	53.096
diambil S (mm)	55	55	50	50
Vs terpasang	900081.000	900081.000	990089.100	990089.100
Dipakai sengkang	3Ø10-55	3Ø10-55	3Ø10-50	3Ø10-50
Pemasangan sengkang daerah luar sendi plastis				
Vu 2h	66644.400	66644.400	66644.400	66644.400
Vs	121171.636	121171.636	121171.636	121171.636
Av	157.000	157.000	157.000	157.000
S	272.365	272.365	272.365	272.365
diambil S (mm)	250	250	250	250
Vs terpasang	132011.880	132011.880	132011.880	132011.880
Dipakai sengkang	Ø10-250	Ø10-250	Ø10-250	Ø10-250
Pemasangan sengkang praktis di luas sendi platis øVc + VS = VU				
Vc	196814.972	196814.972	196814.972	196814.972
x	1526.364	1526.364	1558.088	1558.088
Syarat S < Smaks				
Smaks (d/2)	269.500	269.500	269.500	269.500
diambil S (mm)	260	260	260	260
Dipakai sengkang	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260

PENULANGAN GESER BALOK (Dengan Eksentrisitas)

Lantai	Lantai 2		Lantai 3	
Batang	-		-	
Joint	105	65	245	204
b (mm)	400	400	400	400
h (mm)	600	600	600	600
d (mm)	539	539	539	539
L (mm)	5300	5300	5300	5300
Ln	4500	4500	4500	4500
fc' (Mpa)	30	30	30	30
fy (Mpa)	390	390	390	390
d (mm)	25	25	25	25
Ø (mm)	10	10	10	10
1,2qd + ql	35.2126	35.2126	35.2126	35.2126
Vu akibat grafitasi	79228.350	79228.350	79228.350	79228.350
Akibat Gempa kanan				
Mpr	826196463.650	926732899.979	794510667.634	980218947.681
Vu (akibat Gempa kanan)	389539.859	389539.859	394384.359	394384.359
Vn (Gempa kanan+ grafitasi)	-310311.509	468768.209	-315156.009	473612.709
Mpr Nmm	926732899.979	826196463.650	980218947.681	794510667.634
Vu (akibat Gempa kiri)	389539.859	389539.859	394384.359	394384.359
Vn (Gempa kiri + grafitasi) (N)	468768.209	-310311.509	473612.709	-315156.009
Vn (diambil yg terbesar) (N)	468768.209		473612.709	
Pemasangan sengkang daerah sendi plastis				
Vc	0.000	0.000	0.000	0.000
ø	0.55	0.55	0.55	0.55
Vs (KN)	852305.834	852305.834	861114.016	861114.016
Av	235.500	235.500	235.500	235.500
S (mm)	58.083	58.083	57.489	57.489
diambil S (mm)	55	55	50	50
Vs terpasang	900081.000	900081.000	990089.100	990089.100
Dipakai sengkang	3Ø10-55	3Ø10-55	3Ø10-50	3Ø10-50
Pemasangan sengkang daerah luar sendi plastis				
Vu 2h	79228.350	79228.350	79228.350	79228.350
Vs	144051.545	144051.545	144051.545	144051.545
Av	157.000	157.000	157.000	157.000
S	229.105	229.105	229.105	229.105
diambil S (mm)	200	200	200	200
Vs terpasang	165014.850	165014.850	165014.850	165014.850
Dipakai sengkang	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200	Ø10-200
Pemasangan sengkang praktis di luas sendi platis øVc + VS = VU				
Vc	196814.972	196814.972	196814.972	196814.972
x	1730.429	1730.429	1735.743	1735.743
Syarat S < Smaks				
Smaks (d/2)	269.500	269.500	269.500	269.500
diambil S (mm)	260	260	260	260
Dipakai sengkang	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260	Ø10-260

PERHITUNGAN PENULANGAN KOLOM (Tanpa Eksentrisitas)

PERHITUNGAN DIAGRAM INTEREAKSI DAN PENULANGAN KOLOM

Perhitungan diagram interaksi 1

Lebar kolom	b	=	600	mm
Tinggi kolom	h	=	800	mm
Diameter tul.tarik=tul.tekan		=	32	mm
Diameter sengkang		=	10	mm
Jumlah tul.tarik=tul.tekan		=	8	buah
Selimut beton		=	40	mm
Tebal	d'	=	66	mm
Tinggi manfaat balok	d = h - d'	=	734	mm
Teg.tekan beton disyaratkan	fc'	=	30	Mpa
Teg.leleh tulangan	fy	=	390	Mpa
Modulus elastisitas	Es	=	200000	Mpa
Regangan leleh tulangan	ey = fy/Es	=	0.0020	
	β	=	0.85	
Luas tul.tarik=tul.tekan	As = As'	=	3215.36	mm ²
Luas total tul.memanjang	Ast = As + As'	=	6430.72	mm ²
Luas total kolom	Ag = b . H	=	480000	mm ²
Beban sentris:	Po = {0,85.fc'.(Ag-Ast)+Ast.fy}/1000	=	14583.99744	kN
	Pn = 0,8 . Po	=	11667.19795	kN
Kondisi seimbang:	Xb = 600.d/(600+fy)	=	444.8484848	mm
	ab = β1 . Xb	=	378.1212121	mm
	Cc = 0,85 . fc' . b . ab	=	5785.254545	kN
	fs' = (Xb - d').600/Xb	=	510.9809264	Mpa

fs' = 508,032 Mpa > fy = 390 Mpa maka kondisi tul.tekan leleh

Dipakai tegangan tulangan tekan fs'		=	390	Mpa
	Cs = As'.(fs' - 0,85.fc')	=	1171.99872	kN
	Ts = As . fy	=	1253.9904	kN
	Pnb = Cc + Cs - Ts	=	5703.262865	kN
	y = h/2	=	400	mm
	Mnb = {Cc.(y-ab/2)+Cs(y-d')+Ts(d-y)}/1000	=	2030.618454	kNm
	eb = Mnb/Pnb	=	356.0450398	mm

Patah desak: terjadi jika nilai X > Xb

diambil nilai	x	=	500	mm
	a = β1 . X	=	425	mm
	Cc = 0,85fc'. b . a	=	6502500	N
	fs = (d-x).600/x	=	280.8	Mpa

fs' = 278 Mpa < fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh

Dipakai tegangan tul.tarik	fs	=	280.8	Mpa
	Cs = As'(fy-0,85fc')	=	1171998.72	N
	Ts = As.fs	=	902873.088	N
	Pn = Cc + Cs - Ts	=	6771.625632	kN
	y = h/2	=	400	mm
	Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y)	=	1912.225934	kNm
	e = Mn/Pn	=	282.388017	mm

	x	=	600	mm
	a = β1 . X	=	510	mm
	Cc = 0,85fc'. b . a	=	7803000	N
	fs = (d-x).600/x	=	134	Mpa

fs' = 132 Mpa < fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh

fs	=	134	Mpa
Cs = As'(fy-0,85fc')	=	1171998.72	N
Ts = As.fs	=	430858.24	N
Pn = Cc + Cs - Ts	=	8544.14048	kN
y = h/2	=	400	mm
Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y)	=	1666.789225	kNm
e = Mn/Pn	=	195.079801	mm

x	=	700	mm
a = β1 . X	=	595	mm
Cc = 0,85fc' . b . a	=	9103500	N
fs = (d-x) .600/x	=	29.14285714	Mpa

fs' = 27,42 Mpa < fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh

fs	=	29.14285714	Mpa
Cs = As'(fy-0,85fc')	=	1171998.72	N
Ts = As.fs	=	93704.77714	N
Pn = Cc + Cs - Ts	=	10181.79394	kN
y = h/2	=	400	mm
Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y)	=	1355.853718	kNm
e = Mn/Pn	=	133.1645215	mm

Patah tarik

terjadi jika nilai X < Xb

diambil nilai

x	=	300	mm
a = β1 . X	=	255	mm
Cc = 0,85fc' . b . a	=	3901500	N
fs = (d-x) .600/x	=	868	Mpa

fs' = 864 Mpa > fy = 390Mpa kondisi tul.tarik belum leleh

fs	=	390	Mpa
Cs = As'(fy-0,85fc')	=	1171998.72	N
Ts = As.fs	=	1253990.4	N
Pn = Cc + Cs - Ts	=	3819.50832	kN
y = h/2	=	400	mm
Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y)	=	1873.439116	kNm
e = Mn/Pn	=	490.4922202	mm

x	=	200	mm
a = β1 . X	=	170	mm
Cc = 0,85fc' . b . a	=	2601000	N
fs = (d-x) .600/x	=	1602	Mpa

fs' = 1596 Mpa > fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh

fs	=	390	Mpa
Cs = As'(fy-0,85fc')	=	1171998.72	N
Ts = As.fs	=	1253990.4	N
Pn = Cc + Cs - Ts	=	2519.00832	kN
y = h/2	=	400	mm
Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y)	=	1629.595366	kNm
e = Mn/Pn	=	646.919406	mm

x	=	100	mm
a = β1 . X	=	85	mm
Cc = 0,85fc' . b . a	=	1300500	N
fs = (d-x) .600/x	=	3804	Mpa

fs' = 3792 Mpa > fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh

fs	=	390	Mpa
Cs = As'(fy-0,85fc')	=	1171998.72	N
Ts = As.fs	=	1253990.4	N
Pn = Cc + Cs - Ts	=	1218.50832	kN
y = h/2	=	400	mm
Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y)	=	1275.209116	kNm
e = Mn/Pn	=	1046.532958	mm

Lentur murni:	$a = \beta 1 . x$		
	$fs' = (x - d') . 600 / x$		
	$Cc = 0.85 fc' . b . a$		
	$Cs = As' (fs' - 0.85 fc')$		
	$Ts = As . fy$		
	$\dot{a}H = 0$		
	$Cc + Cs - Ts = 0$		
	$A = 0.85 . fc' . b . \beta 1$	=	13005
	$B = 600 . As' - 0.85 . As' . fc' - As . fy$	=	593233.92
	$C = 600 . As' . d'$	=	127328256
	Dengan menggunakan rumus abc dicari x		
	X1	=	78.73476691 mm
	X2	=	-124.3506008 mm
	Dipakai x	=	78.73476691 mm
	$a = \beta 1 . x$	=	66.92455187 mm
	$Z1 = d - a / 2$	=	700.5377241 mm
	$Z2 = d - d'$	=	668 mm
	$fs' = (x - d') . 600 / x$	=	97.04556763 Mpa
	kondisi tul.tekan belum leleh $fs' < fy$		
	fs'	=	97.04556763 Mpa
$Cs = As' . (fs' - 0.85 . fc')$	=	230044.7563 N	
$Cc = 0.85 . fc' . b . \beta 1 . x$	=	1023945.644 N	
$Mn = Cc . Z1 + Cs . Z2$	=	870.982448 kNm	

Perhitungan diagram interaksi 2

Lebar kolom	b	=	600	mm
Tinggi kolom	h	=	800	mm
Diameter tul tarik=tul.tekan		=	32	mm
Diameter sengkang		=	10	mm
Jumlah tul tarik=tul.tekan		=	12	buah
Selimit beton		=	40	mm
Tebal	d'	=	66	mm
Tinggi manfaat balok	d = h - d'	=	734	mm
Teg.tekan beton disyaratkan	fc'	=	30	Mpa
Teg.leleh tulangan	fy	=	390	Mpa
Modulus elastisitas	Es	=	200000	Mpa
Regangan leleh tulangan	ey = fy/Es	=	0.00195	
	β	=	0.85	
Luas tul tarik=tul.tekan	As = As'	=	4823.04	mm ²
Luas total tul memanjang	Ast = As + As'	=	9646.08	mm ²
Luas total kolom	Ag = b . H	=	480000	mm ²
		=		
Beban sentris	$P_o = \{0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y\} / 1000$	=	15755.99616	N
	$P_n = 0,8 \cdot P_o$	=	12604.79693	N
		=		
Kondisi seimbang	$X_b = 600 \cdot d' / (600 + f_y)$	=	444.8484848	mm
	$a_b = \beta_1 \cdot X_b$	=	378.1212121	mm
	$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a_b$	=	5785.254545	kN
	$f_s' = (X_b - d') \cdot 600 / X_b$	=	510.9809264	Mpa
fs' = 508,03 Mpa > fy = 390 Mpa maka kondisi tul.tekan leleh				

Dipakai tegangan tulangan tekan f_s'	$C_s = A_s'(f_s' - 0,85f_c')$	=	390	Mpa
	$T_s = A_s \cdot f_y$	=	1757.99808	kN
	$P_{nb} = C_c + C_s - T_s$	=	1880.9856	kN
	$y = h/2$	=	5662.267025	kN
	$M_{nb} = \{C_c \cdot (y - ab/2) + C_s(y - d') + T_s(d - y)\} / 1000$	=	400	mm
	$e_b = M_{nb} / P_{nb}$	=	2435.758637	kNm
		=	430.1737494	mm
Patah desak	terjadi jika nilai $X > X_b$			
diambil nilai	x	=	500	mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	425	mm
	$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a$	=	6502500	N
	$f_s = (d - x) \cdot 600/x$	=	280.8	Mpa
$f_s' = 278 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul. tarik belum leleh				
Dipakai tegangan tul. tarik	f_s	=	280.8	Mpa
	$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	1757998.08	N
	$T_s = A_s \cdot f_s$	=	1354309.632	N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	6906.188448	kN
	$y = h/2$	=	400	mm
	$M_n = C_c (y - a/2) + C_s (y - d') + T_s (d - y)$	=	2258.729526	kNm
	$e = M_n / P_n$	=	327.0587739	mm
	x	=	600	mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	510	mm
	$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a$	=	7803000	N
	$f_s = (d - x) \cdot 600/x$	=	134	Mpa
$f_s' = 132 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul. tarik belum leleh				
	f_s	=	134	Mpa
	$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	1757998.08	N
	$T_s = A_s \cdot f_s$	=	646287.36	N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	8914.71072	kN
	$y = h/2$	=	400	mm
	$M_n = C_c (y - a/2) + C_s (y - d') + T_s (d - y)$	=	1934.466337	kNm
	$e = M_n / P_n$	=	216.9970959	mm
	x	=	700	mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	595	mm
	$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a$	=	9103500	N
	$f_s = (d - x) \cdot 600/x$	=	29.14285714	Mpa
$f_s' = 27 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul. tarik belum leleh				
	f_s	=	29.14285714	Mpa
	$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	1757998.08	N
	$T_s = A_s \cdot f_s$	=	140557.1657	N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	10720.94091	kN
	$y = h/2$	=	400	mm
	$M_n = C_c (y - a/2) + C_s (y - d') + T_s (d - y)$	=	1567.226202	kNm
	$e = M_n / P_n$	=	146.1836433	mm
Patah tarik	terjadi jika nilai $X < X_b$			
diambil nilai	x	=	300	mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	255	mm
	$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a$	=	3901500	N
	$f_s = (d - x) \cdot 600/x$	=	868	Mpa
$f_s' = 864 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul. tarik belum leleh				
	f_s	=	390	Mpa
	$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	1757998.08	N
	$T_s = A_s \cdot f_s$	=	1880985.6	N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	3778.51248	kN
	$y = h/2$	=	400	mm
	$M_n = C_c (y - a/2) + C_s (y - d') + T_s (d - y)$	=	2278.579299	kNm
	$e = M_n / P_n$	=	603.0360654	mm

x	=	200	mm
$a = \beta_1 \cdot X$	=	170	mm
$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a$	=	2601000	N
$f_s = (d-x) \cdot 600/x$	=	1602	Mpa

$f_s' = 1596 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh

f_s	=	390	Mpa
$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	1757998.08	N
$T_s = A_s \cdot f_s$	=	1880985.6	N
$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	2478.01248	kN
$y = h/2$	=	400	mm
$M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y)$	=	2034.735549	kNm
$e = M_n/P_n$	=	821.1159409	mm

x	=	100	mm
$a = \beta_1 \cdot X$	=	85	mm
$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a$	=	1300500	N
$f_s = (d-x) \cdot 600/x$	=	3804	Mpa

$f_s' = 3792 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh

f_s	=	390	Mpa
$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	1757998.08	N
$T_s = A_s \cdot f_s$	=	1880985.6	N
$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	1177.51248	kN
$y = h/2$	=	400	mm
$M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y)$	=	1680.349299	kNm
$e = M_n/P_n$	=	1427.033112	mm

Lentur murni

$$\begin{aligned}
 a &= \beta_1 \cdot x \\
 f_s' &= (x-d') \cdot 600/x \\
 C_c &= 0.85f_c' \cdot b \cdot a \\
 C_s &= A_s'(f_s' - 0.85f_c') \\
 T_s &= A_s \cdot f_y \\
 \Delta H &= 0 \\
 C_c + C_s - T_s &= 0 \\
 A &= 0.85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 &= 13005 \\
 B &= 600 \cdot A_s' - 0.85 \cdot A_s' \cdot f_c' - A_s \cdot f_y &= 889850.88 \\
 C &= 600 \cdot A_s' \cdot d' &= 190992384 \\
 \\
 \text{Dengan menggunakan rumus abc dicari } x & \\
 X_1 &= 91.71082219 \text{ mm} \\
 X_2 &= -160.1345731 \text{ mm} \\
 \text{Dipakai } x &= 91.71082219 \text{ mm} \\
 a &= \beta_1 \cdot x &= 77.95419886 \text{ mm} \\
 Z_1 &= d - a/2 &= 695.0229006 \text{ mm} \\
 Z_2 &= d - d' &= 668 \text{ mm} \\
 f_s' &= (x-d') \cdot 600/x &= 168.2079928 \text{ Mpa} \\
 \text{kondisi tul.tekan belum leleh } f_s' &< f_y &= \\
 f_s' &= 168.2079928 \text{ Mpa} \\
 C_s &= A_s' \cdot (f_s' - 0.85 \cdot f_c') &= 688286.3574 \text{ N} \\
 C_c &= 0.85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x &= 1192699.243 \text{ N} \\
 M_n &= C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2 &= 1288.728574 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan diagram interaksi 3

Lebar kolom	b	=	600 mm
Tinggi kolom	h	=	800 mm
Diameter tul.tarik=tul.tekan		=	32 mm
Diameter sengkang		=	10 mm
Jumlah tul.tarik=tul.tekan		=	16 buah
Selimit beton		=	40 mm
Tebal	d'	=	66 mm
Tinggi manfaat balok	d = h - d'	=	734 mm
Teg.tekan beton disyaratkan	fc'	=	30 Mpa
Teg.leleh tulangan	fy	=	390 Mpa
Modulus elastisitas	Es	=	200000 Mpa
Regangan leleh tulangan	ey = fy/Es	=	0.00195

	β	=	0.85
Luas tul.tarik=tul.tekan	As = As'	=	6430.72 mm ²
Luas total tul.memanjang	Ast = As + As'	=	12861.44 mm ²
Luas total kolom	Ag = b . H	=	480000 mm ²

Beban sentris	Po = {0,85.fc'.(Ag-Ast)+Ast.fy}/1000	=	16927.99488 N
	Pn = 0,8 . Po	=	13542.3959 N

Kondisi seimbang	Xb = 600.d/(600+fy)	=	444.8484848 mm
	ab = β 1 . Xb	=	378.1212121 mm
	Cc = 0,85 . fc' . b . ab	=	5785.254545 kN
	fs' = (Xb - d').600/Xb	=	510.9809264 Mpa
	fs' = 508Mpa > fy = 390 Mpa maka kondisi tul.tekan leleh		

Dipakai tegangan tulangan tekan fs'		=	390 Mpa
	Cs = As'.(fs' - 0,85.fc')	=	2343.99744 kN
	Ts = As . fy	=	2507.9808 kN
	Pnb = Cc + Cs - Ts	=	5621.271185 kN
	y = h/2	=	400 mm
	Mnb = {Cc.(y-ab/2)+Cs(y-d')+Ts(d-y)}/1000	=	2840.89882 kNm
	eb = Mnb/Pnb	=	505.3836981 mm

Patah desak diambil nilai	<u>terjadi jika nilai X > Xb</u>		
	x	=	500 mm
	a = β 1 . X	=	425 mm
	Cc = 0,85fc' . b . a	=	6502500 N
	fs = (d-x) . 600/x	=	280.8 Mpa

Dipakai tegangan tul.tarik	fs' = 280 Mpa < fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh		
	fs	=	280.8 Mpa
	Cs = As'(fy-0,85fc')	=	2343997.44 N
	Ts = As.fs	=	1805746.176 N
	Pn = Cc + Cs - Ts	=	7040.751264 kN
	y = h/2	=	400 mm
	Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y)	=	2605.233118 kNm
e = Mn/Pn	=	370.022036 mm	

	x	=	600 mm
	a = β 1 . X	=	510 mm
	Cc = 0,85fc' . b . a	=	7803000 N
	fs = (d-x) . 600/x	=	134 Mpa
	fs' = 134 Mpa < fy = 340 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh		
	fs	=	134 Mpa
	Cs = As'(fy-0,85fc')	=	2343997.44 N
	Ts = As.fs	=	861716.48 N
	Pn = Cc + Cs - Ts	=	9285.28096 kN
	y = h/2	=	400 mm

$$Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y) = 2202.143449 \text{ kNm}$$

$$e = Mn/Pn = 237.1649774 \text{ mm}$$

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

$$a = \beta 1 \cdot X = 595 \text{ mm}$$

$$Cc = 0,85fc' \cdot b \cdot a = 9103500 \text{ N}$$

$$fs = (d-x) \cdot 600/x = 29.14285714 \text{ Mpa}$$

fs' = 29,142 Mpa < fy = 340 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh

$$fs = 29.14285714 \text{ Mpa}$$

$$Cs = As'(fy-0,85fc') = 2343997.44 \text{ N}$$

$$Ts = As \cdot fs = 187409.5543 \text{ N}$$

$$Pn = Cc + Cs - Ts = 11260.08789 \text{ kN}$$

$$y = h/2 = 400 \text{ mm}$$

$$Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y) = 1778.598686 \text{ kNm}$$

$$e = Mn/Pn = 157.9560217 \text{ mm}$$

**Patah tarik
diambil nilai**

terjadi jika nilai $X < Xb$

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

$$a = \beta 1 \cdot X = 255 \text{ mm}$$

$$Cc = 0,85fc' \cdot b \cdot a = 3901500 \text{ N}$$

$$fs = (d-x) \cdot 600/x = 868 \text{ Mpa}$$

fs' = 864 Mpa > fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh

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

$$Cs = As'(fy-0,85fc') = 2343997.44 \text{ N}$$

$$Ts = As \cdot fs = 2507980.8 \text{ N}$$

$$Pn = Cc + Cs - Ts = 3737.51664 \text{ kN}$$

$$y = h/2 = 400 \text{ mm}$$

$$Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y) = 2683.719482 \text{ kNm}$$

$$e = Mn/Pn = 718.0488385 \text{ mm}$$

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

$$a = \beta 1 \cdot X = 170 \text{ mm}$$

$$Cc = 0,85fc' \cdot b \cdot a = 2601000 \text{ N}$$

$$fs = (d-x) \cdot 600/x = 1602 \text{ Mpa}$$

fs' = 717 Mpa > fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh

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

$$Cs = As'(fy-0,85fc') = 2343997.44 \text{ N}$$

$$Ts = As \cdot fs = 2507980.8 \text{ N}$$

$$Pn = Cc + Cs - Ts = 2437.01664 \text{ kN}$$

$$y = h/2 = 400 \text{ mm}$$

$$Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y) = 2439.875732 \text{ kNm}$$

$$e = Mn/Pn = 1001.173194 \text{ mm}$$

$$x = 100 \text{ mm}$$

$$a = \beta 1 \cdot X = 85 \text{ mm}$$

$$Cc = 0,85fc' \cdot b \cdot a = 1300500 \text{ N}$$

$$fs = (d-x) \cdot 600/x = 3804 \text{ Mpa}$$

fs' = 1156 Mpa > fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh

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

$$Cs = As'(fy-0,85fc') = 2343997.44 \text{ N}$$

$$Ts = As \cdot fs = 2507980.8 \text{ N}$$

$$Pn = Cc + Cs - Ts = 1136.51664 \text{ kN}$$

$$y = h/2 = 400 \text{ mm}$$

$$Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y) = 2085.489482 \text{ kNm}$$

$$e = Mn/Pn = 1834.983676 \text{ mm}$$

Lentur murni

$$a = \beta 1 \cdot x$$

$$fs' = (x-d') \cdot 600/x$$

$$Cc = 0.85fc' \cdot b \cdot a$$

$$Cs = As'(fs'-0.85fc')$$

$$Ts = As \cdot fy$$

$\delta H = 0$	
$C_c + C_s - T_s = 0$	
$A = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1$	= 13005
$B = 600 \cdot A_s' - 0,85 \cdot A_s' \cdot f_c' - A_s \cdot f_y$	= 1186467.84
$C = 600 \cdot A_s' \cdot d'$	= 254656512
Dengan menggunakan rumus abc dicari x	
X1	= 101.5651276 mm
X2	= -192.7967955 mm
Dipakai x	= 101.5651276 mm
$a = \beta_1 \cdot x$	= 86.3303585 mm
$Z_1 = d - a/2$	= 690.8348207 mm
$Z_2 = d - d'$	= 668 mm
$f_s' = (x - d') \cdot 600/x$	= 210.1023952 Mpa
kondisi tul.tekan belum leleh $f_s' < f_y$	
f_s'	= 210.1023952 Mpa
$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c')$	= 1187126.315 N
$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x$	= 1320854.485 N
$M_n = C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2$	= 1705.49265 kNm

Perhitungan diagram interaksi 4

Lebar kolom	b	=	600 mm
Tinggi kolom	h	=	800 mm
Diameter tul. tarik=tul.tekan		=	32 mm
Diameter sengkang		=	10 mm
Jumlah tul. tarik=tul.tekan		=	20 buah
Selimut beton		=	40 mm
Tebal	d'	=	66 mm
Tinggi manfaat balok	$d = h - d'$	=	734 mm
Teg.tekan beton disyaratkan	fc'	=	30 Mpa
Teg.leleh tulangan	fy	=	390 Mpa
Modulus elastisitas	Es	=	200000 Mpa
Regangan leleh tulangan	$\epsilon_y = fy/Es$	=	0.00195
	β	=	0.85
Luas tul. tarik=tul.tekan	$As = As'$	=	16076.8 mm ²
Luas total tul.memanjang	$Ast = As + As'$	=	32153.6 mm ²
Luas total kolom	$Ag = b \cdot H$	=	480000 mm ²
Beban sentris	$Po = \{0,85 \cdot fc' \cdot (Ag - Ast) + Ast \cdot fy\} / 1000$	=	23959.9872 N
	$Pn = 0,8 \cdot Po$	=	19167.98976 N
Kondisi seimbang	$Xb = 600 \cdot d / (600 + fy)$	=	444.8484848 mm
	$ab = \beta 1 \cdot Xb$	=	378.1212121 mm
	$Cc = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot ab$	=	5785.254545 kN
	$fs' = (Xb - d') \cdot 600 / Xb$	=	510.9809264 Mpa
	$fs' = 508,032 \text{ Mpa} > fy = 390 \text{ Mpa}$ maka kondisi tul.tekan leleh		
Dipakai tegangan tulangan tekan	fs'	=	390 Mpa
	$Cs = As' \cdot (fs' - 0,85 \cdot fc')$	=	5859.9936 kN
	$Ts = As \cdot fy$	=	6269.952 kN
	$Pnb = Cc + Cs - Ts$	=	5375.296145 kN
	$y = h/2$	=	400 mm
	$Mnb = \{Cc \cdot (y - ab/2) + Cs \cdot (y - d') + Ts \cdot (d - y)\} / 1000$	=	5271.739918 kNm
	$eb = Mnb / Pnb$	=	980.7347866 mm
Patah desak diambil nilai	<u>terjadi jika nilai $X > Xb$</u>		
	x	=	500 mm
	$a = \beta 1 \cdot X$	=	425 mm
	$Cc = 0,85fc' \cdot b \cdot a$	=	6502500 N
	$fs = (d - x) \cdot 600 / x$	=	280.8 Mpa
	$fs' = 278 \text{ Mpa} < fy = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh		
Dipakai tegangan tul. tarik	fs	=	280.8 Mpa
	$Cs = As' \cdot (fy - 0,85fc')$	=	5859993.6 N
	$Ts = As \cdot fs$	=	4514365.44 N
	$Pn = Cc + Cs - Ts$	=	7848.12816 kN
	$y = h/2$	=	400 mm
	$Mn = Cc \cdot (y - a/2) + Cs \cdot (y - d') + Ts \cdot (d - y)$	=	4684.254669 kNm
	$e = Mn / Pn$	=	596.8626625 mm
	x	=	600 mm
	$a = \beta 1 \cdot X$	=	510 mm
	$Cc = 0,85fc' \cdot b \cdot a$	=	7803000 N
	$fs = (d - x) \cdot 600 / x$	=	134 Mpa
	$fs' = 132 \text{ Mpa} < fy = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh		
	fs	=	134 Mpa
	$Cs = As' \cdot (fy - 0,85fc')$	=	5859993.6 N
	$Ts = As \cdot fs$	=	2154291.2 N
	$Pn = Cc + Cs - Ts$	=	11508.7024 kN
	$y = h/2$	=	400 mm
	$Mn = Cc \cdot (y - a/2) + Cs \cdot (y - d') + Ts \cdot (d - y)$	=	3808.206123 kNm
	$e = Mn / Pn$	=	330.897958 mm

$$\begin{aligned}
 x &= 700 \text{ mm} \\
 a = \beta_1 \cdot X &= 595 \text{ mm} \\
 C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a &= 9103500 \text{ N} \\
 f_s = (d-x) \cdot 600/x &= 29.14285714 \text{ Mpa} \\
 \mathbf{f_s' = 58,5 \text{ Mpa} < f_y = 340 \text{ Mpa}} &\text{ kondisi tul.tarik belum leleh} \\
 f_s &= 29.14285714 \text{ Mpa} \\
 C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c') &= 5859993.6 \text{ N} \\
 T_s = A_s \cdot f_s &= 468523.8857 \text{ N} \\
 P_n = C_c + C_s - T_s &= 14494.96971 \text{ kN} \\
 y = h/2 &= 400 \text{ mm} \\
 M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) &= 3046.83359 \text{ kNm} \\
 e = M_n/P_n &= 210.1993761 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Patah tarik diambil nilai

terjadi jika nilai $X < X_b$

$$\begin{aligned}
 x &= 300 \text{ mm} \\
 a = \beta_1 \cdot X &= 255 \text{ mm} \\
 C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a &= 3901500 \text{ N} \\
 f_s = (d-x) \cdot 600/x &= 868 \text{ Mpa} \\
 \mathbf{f_s' = 864 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}} &\text{ kondisi tul.tarik belum leleh} \\
 f_s &= 390 \text{ Mpa} \\
 C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c') &= 5859993.6 \text{ N} \\
 T_s = A_s \cdot f_s &= 6269952 \text{ N} \\
 P_n = C_c + C_s - T_s &= 3491.5416 \text{ kN} \\
 y = h/2 &= 400 \text{ mm} \\
 M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) &= 5114.56058 \text{ kNm} \\
 e = M_n/P_n &= 1464.843088 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x &= 200 \text{ mm} \\
 a = \beta_1 \cdot X &= 170 \text{ mm} \\
 C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a &= 2601000 \text{ N} \\
 f_s = (d-x) \cdot 600/x &= 1602 \text{ Mpa} \\
 \mathbf{f_s' = 1596 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}} &\text{ kondisi tul.tarik belum leleh} \\
 f_s &= 390 \text{ Mpa} \\
 C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c') &= 5859993.6 \text{ N} \\
 T_s = A_s \cdot f_s &= 6269952 \text{ N} \\
 P_n = C_c + C_s - T_s &= 2191.0416 \text{ kN} \\
 y = h/2 &= 400 \text{ mm} \\
 M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) &= 4870.71683 \text{ kNm} \\
 e = M_n/P_n &= 2223.01431 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x &= 100 \text{ mm} \\
 a = \beta_1 \cdot X &= 85 \text{ mm} \\
 C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a &= 1300500 \text{ N} \\
 f_s = (d-x) \cdot 600/x &= 3804 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \mathbf{f_s' = 3792 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}} &\text{ kondisi tul.tarik belum leleh} \\
 f_s &= 390 \text{ Mpa} \\
 C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c') &= 5859993.6 \text{ N} \\
 T_s = A_s \cdot f_s &= 6269952 \text{ N} \\
 P_n = C_c + C_s - T_s &= 890.5416 \text{ kN} \\
 y = h/2 &= 400 \text{ mm} \\
 M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) &= 4516.33058 \text{ kNm} \\
 e = M_n/P_n &= 5071.44257 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lentur murni

$$\begin{aligned}
 a &= \beta_1 \cdot x \\
 f_s' &= (x-d') \cdot 600/x \\
 C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a \\
 C_s &= A_s'(f_s' - 0,85f_c') \\
 T_s &= A_s \cdot f_y \\
 \hat{\Delta}H &= 0 \\
 C_c + C_s - T_s &= 0 \\
 A &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 = 13005 \\
 B &= 600 \cdot A_s' - 0,85 \cdot A_s' \cdot f_c' - A_s \cdot f_y = 2966169.6
 \end{aligned}$$

$C=600.As'.d'$	=	636641280
Dengan menggunakan rumus abc dicari x		
X1	=	134.8752696 mm
X2	=	-362.9544392 mm
Dipakai x	=	134.8752696 mm
$a=\beta 1.x$	=	114.6439792 mm
$Z1=d-a/2$	=	676.6780104 mm
$Z2=d-d'$	=	668 mm
$fs'=(x-d').600/x$	=	306.395397 Mpa
kondisi tul.tekan belum leleh $fs'<fy$		
fs'	=	306.395397 Mpa
$Cs=As'.(fs'-0,85.fc')$	=	4515899.118 N
$Cc=0,85.fc'.b.\beta 1.x$	=	1754052.882 N
$Mn=Cc.Z1+Cs.Z2$	=	4203.549625 kNm

Perhitungan diagram interaksi 5

Lebar kolom	b	=	600 mm
Tinggi kolom	h	=	800 mm
Diameter tul. tarik=tul.tekan		=	32 mm
Diameter sengkang		=	10 mm
Jumlah tul. tarik=tul.tekan		=	24 buah
Selimit beton		=	40 mm
Tebal	d'	=	66 mm
Tinggi manfaat balok	$d = h - d'$	=	734 mm
Teg.tekan beton disyaratkan	fc'	=	30 Mpa
Teg.leleh tulangan	fy	=	390 Mpa
Modulus elastisitas	Es	=	200000 Mpa
Regangan leleh tulangan	$\epsilon_y = fy/Es$	=	0.00195
	β	=	0.85
Luas tul. tarik=tul.tekan	$As = As'$	=	19292.16 mm ²
Luas total tul.memanjang	$Ast = As + As'$	=	38584.32 mm ²
Luas total kolom	$Ag = b \cdot H$	=	480000 mm ²
Beban sentris	$Po = \{0,85 \cdot fc' \cdot (Ag - Ast) + Ast \cdot fy\} / 1000$	=	26303.98464 N
	$Pn = 0,8 \cdot Po$	=	21043.18771 N
Kondisi seimbang	$Xb = 600 \cdot d / (600 + fy)$	=	444.8484848 mm
	$ab = \beta 1 \cdot Xb$	=	378.1212121 mm
	$Cc = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot ab$	=	5785.254545 kN
	$fs' = (Xb - d') \cdot 600 / Xb$	=	510.9809264 Mpa
	$fs' = 515,73 \text{ Mpa} > fy = 390 \text{ Mpa}$ maka kondisi tul.tekan leleh		
Dipakai tegangan tulangan tekan fs'		=	390 Mpa
	$Cs = As' \cdot (fs' - 0,85 \cdot fc')$	=	7031.99232 kN
	$Ts = As \cdot fy$	=	7523.9424 kN
	$Pnb = Cc + Cs - Ts$	=	5293.304465 kN
	$y = h/2$	=	400 mm
	$Mnb = \{Cc \cdot (y - ab/2) + Cs \cdot (y - d') + Ts \cdot (d - y)\} / 1000$	=	6082.020284 kNm
	$eb = Mnb / Pnb$	=	1149.002542 mm
Patah desak diambil nilai	<u>terjadi jika nilai $X > Xb$</u>		
	x	=	500 mm
	$a = \beta 1 \cdot X$	=	425 mm
	$Cc = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot a$	=	6502500 N
	$fs = (d - x) \cdot 600 / x$	=	280.8 Mpa
	$fs' = 284,4 \text{ Mpa} < fy = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh		
Dipakai tegangan tul. tarik	fs	=	280.8 Mpa
	$Cs = As' \cdot (fy - 0,85 \cdot fc')$	=	7031992.32 N
	$Ts = As \cdot fs$	=	5417238.528 N
	$Pn = Cc + Cs - Ts$	=	8117.253792 kN
	$y = h/2$	=	400 mm
	$Mn = Cc \cdot (y - a/2) + Cs \cdot (y - d') + Ts \cdot (d - y)$	=	5377.261853 kNm
	$e = Mn / Pn$	=	662.4484082 mm
	x	=	600 mm
	$a = \beta 1 \cdot X$	=	510 mm
	$Cc = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot a$	=	7803000 N
	$fs = (d - x) \cdot 600 / x$	=	134 Mpa
	$fs' = 137 \text{ Mpa} < fy = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh		
	fs	=	134 Mpa
	$Cs = As' \cdot (fy - 0,85 \cdot fc')$	=	7031992.32 N
	$Ts = As \cdot fs$	=	2585149.44 N
	$Pn = Cc + Cs - Ts$	=	12249.84288 kN
	$y = h/2$	=	400 mm
	$Mn = Cc \cdot (y - a/2) + Cs \cdot (y - d') + Ts \cdot (d - y)$	=	4343.560348 kNm
	$e = Mn / Pn$	=	354.5809028 mm

$$\begin{aligned}
 x &= 700 \text{ mm} \\
 a &= \beta_1 \cdot X &= 595 \text{ mm} \\
 C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a &= 9103500 \text{ N} \\
 f_s &= (d-x) \cdot 600/x &= 29.14285714 \text{ Mpa} \\
 \mathbf{f_s' = 31 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}} &\text{ kondisi tul.tarik belum leleh} \\
 f_s &= 29.14285714 \text{ Mpa} \\
 C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') &= 7031992.32 \text{ N} \\
 T_s &= A_s \cdot f_s &= 562228.6629 \text{ N} \\
 P_n &= C_c + C_s - T_s &= 15573.26366 \text{ kN} \\
 y &= h/2 &= 400 \text{ mm} \\
 M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) &= 3469.578558 \text{ kNm} \\
 e &= M_n/P_n &= 222.7907158 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Patah tarik
diambil nilai

terjadi jika nilai $X < X_b$

$$\begin{aligned}
 x &= 300 \text{ mm} \\
 a &= \beta_1 \cdot X &= 255 \text{ mm} \\
 C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a &= 3901500 \text{ N} \\
 f_s &= (d-x) \cdot 600/x &= 868 \text{ Mpa} \\
 \mathbf{f_s' = 874 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}} &\text{ kondisi tul.tarik belum leleh} \\
 f_s &= 390 \text{ Mpa} \\
 C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') &= 7031992.32 \text{ N} \\
 T_s &= A_s \cdot f_s &= 7523942.4 \text{ N} \\
 P_n &= C_c + C_s - T_s &= 3409.54992 \text{ kN} \\
 y &= h/2 &= 400 \text{ mm} \\
 M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) &= 5924.840946 \text{ kNm} \\
 e &= M_n/P_n &= 1737.719372 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x &= 200 \text{ mm} \\
 a &= \beta_1 \cdot X &= 170 \text{ mm} \\
 C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a &= 2601000 \text{ N} \\
 f_s &= (d-x) \cdot 600/x &= 1602 \text{ Mpa} \\
 \mathbf{f_s' = 1611 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}} &\text{ kondisi tul.tarik belum leleh} \\
 f_s &= 390 \text{ Mpa} \\
 C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') &= 7031992.32 \text{ N} \\
 T_s &= A_s \cdot f_s &= 7523942.4 \text{ N} \\
 P_n &= C_c + C_s - T_s &= 2109.04992 \text{ kN} \\
 y &= h/2 &= 400 \text{ mm} \\
 M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) &= 5680.997196 \text{ kNm} \\
 e &= M_n/P_n &= 2693.628606 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

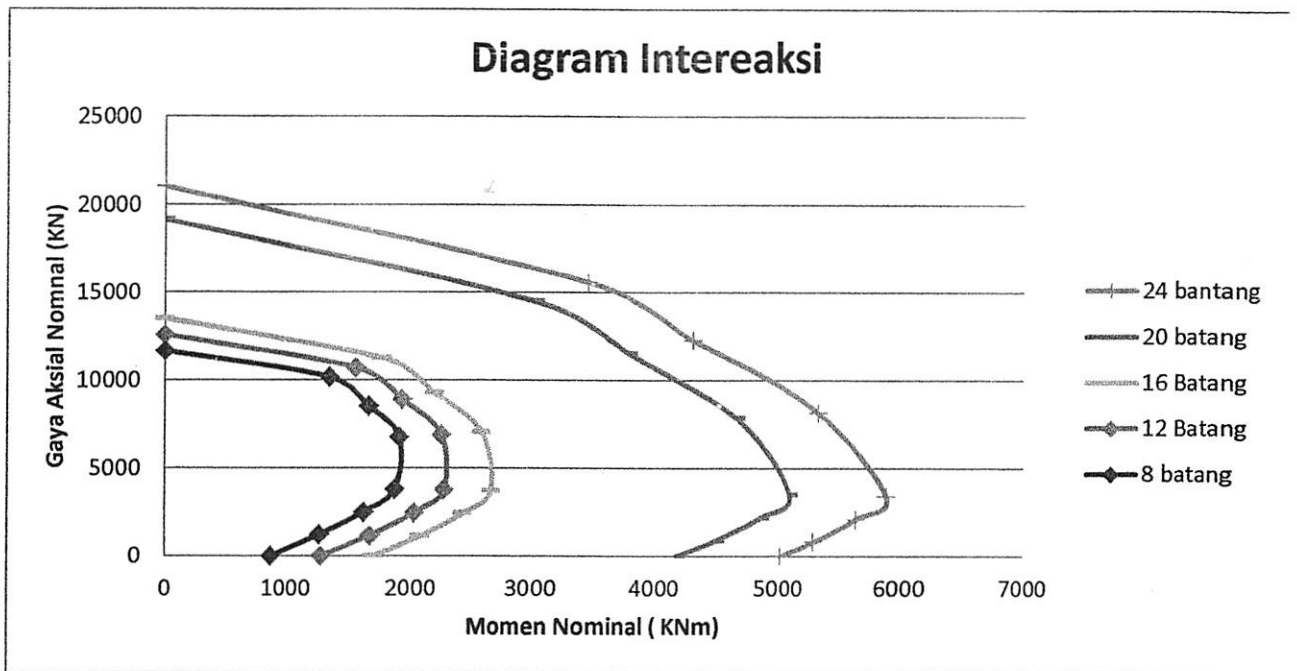
$$\begin{aligned}
 x &= 100 \text{ mm} \\
 a &= \beta_1 \cdot X &= 85 \text{ mm} \\
 C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a &= 1300500 \text{ N} \\
 f_s &= (d-x) \cdot 600/x &= 3804 \text{ Mpa} \\
 \mathbf{f_s' = 3822 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}} &\text{ kondisi tul.tarik belum leleh} \\
 f_s &= 390 \text{ Mpa} \\
 C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') &= 7031992.32 \text{ N} \\
 T_s &= A_s \cdot f_s &= 7523942.4 \text{ N} \\
 P_n &= C_c + C_s - T_s &= 808.54992 \text{ kN} \\
 y &= h/2 &= 400 \text{ mm} \\
 M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) &= 5326.610946 \text{ kNm} \\
 e &= M_n/P_n &= 6587.856624 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lentur murni

$$\begin{aligned}
 a &= \beta_1 \cdot x \\
 f_s' &= (x-d') \cdot 600/x \\
 C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a \\
 C_s &= A_s'(f_s' - 0,85f_c') \\
 T_s &= A_s \cdot f_y \\
 \Delta H &= 0 \\
 C_c + C_s - T_s &= 0 \\
 A &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 &= 13005
 \end{aligned}$$

$B=600.As'-0,85.As'.fc'-As.fy$	=	3559403.52
$C=600.As'.d'$	=	763969536
Dengan menggunakan rumus abc dicari x		
X1	=	141.489582 mm
X2	=	-415.1845854 mm
Dipakai x	=	141.489582 mm
$a=\beta 1.x$	=	120.2661447 mm
$Z1=d-a/2$	=	673.8669277 mm
$Z2=d-d'$	=	668 mm
$fs'=(x-d').600/x$	=	320.1207364 Mpa
kondisi tul.tekan belum leleh $fs'<fy$		
fs'	=	320.1207364 Mpa
$Cs=As'.(fs'-0,85.fc')$	=	5683870.387 N
$Cc=0,85.fc'.b.\beta 1.x$	=	1840072.013 N
$Mn=Cc.Z1+Cs.Z2$	=	5036.789093 kNm

DIAGRAM INTEREAKSI Pn & Mn



TABEL MOMEN NOMINAL, GAYA AKSIAL & JUMLAH TULANGAN KOLOM (Tanpa Eksentrisitas)

No	Kolom	Mu	Pu	Mn = Mu/Ø	Pn = Pu/Ø	Tulangan
1	12	934.685	8023.321	1335.264	11461.887	8 D 32
2	38	972.492	9419.587	1389.274	13456.553	16 D 32
3	45	990.170	9438.833	1414.529	13484.047	16 D 32
4	13	917.827	8011.545	1311.181	11445.064	8 D 32
5	3389	411.032	7412.118	587.189	10588.740	8 D 32
6	3416	600.543	8693.671	857.919	12419.530	12 D 32
7	3422	616.056	8716.405	880.080	12452.007	12 D 32
8	3390	403.163	7404.808	575.947	10578.297	8 D 32

Ket: Faktor Reduksi untuk Struktur tekan / Kolom = 0.65

Jumlah Tulangan diperoleh dari hasil plot terhadap Diagram Intereaksi Pn & Mn

PENULANGAN GESER KOLOM 45 (Tanpa Eksentrisitas)

Data Perencanaan:

Pu	= 9438.833 KN	L	= 4400 mm
Vu	= 642.967 KN	Ag	= 480000 mm ²
Mu	= 990.17 KN	fc'	= 30 Mpa
bw	= 600 mm	fy	= 390 Mpa
h	= 800 mm	Ø Geser	= 0.55 mm
D	= 32 mm	d	= 734 mm
Selimit Beton	= 40 mm	d'	= 66 mm
Ø sengkang	= 10 mm		

$$\text{Momen Nominal} = Mu / \phi = 990.17 / 0.6 = 1800.309 \text{ KN}$$

Menurut SNI 03.2848.2002 Pasal 13.3 (1)(1). 47

Struktur yang dibebani beban Axial

$$\begin{aligned} V_c &= \left[1 \times \frac{Pu}{14 \times Ag} \right] \times \left[\frac{\sqrt{fc'}}{6} \right] \times bw \times d \\ &= 1 \times \frac{9438.833}{14 \times 480000} \times \frac{\sqrt{30}}{6} \times 600 \times 734 \\ &= 1 \times 0.001405 \times 0.91287 \times 600 \times 734 \\ &= 564.6843 \text{ KN} \end{aligned}$$

Kontrol Penulangan

$$\begin{aligned} &= \phi \cdot V_c \\ &= 0.55 \times 564.684 \\ &= 310.5764 \text{ KN} \end{aligned}$$

Jadi, Vu > 1/2 x Ø x Vc → Maka perlu Tulg. Geser tetapi tulangan geser praktis

Direncanakan luas Tul. Penampang sengkang 2 kaki 10 mm

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= 2 \times 0.785 \times 10^2 \\ &= 157 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s \text{ perlu} &= \frac{Vu}{\phi} - V_c \\ &= \frac{642.967}{0.55} - 564.684 \\ &= 1169.031 - 564.684 \\ &= 604.3466 \text{ KN} \\ &= 604346.6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \times fy \times d}{bw} \\ &= \frac{157 \times 390 \times 734}{604346.6048} \\ &= 74.36597 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \times fy \times d}{S} \\ &= \frac{157 \times 390 \times 734}{70} \\ &= 642040.2857 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol = Vs > Vs perlu → Ok!

PERHITUNGAN PENULANGAN KOLOM (Dengan Eksentrisitas) Arah Z
PERHITUNGAN DIAGRAM INTEREAKSI DAN PENULANGAN KOLOM

Perhitungan diagram interaksi 1

Lebar kolom	b	=	600	mm
Tinggi kolom	h	=	800	mm
Diameter tul. tarik=tul. tekan		=	22	mm
Diameter sengkang		=	10	mm
Jumlah tul. tarik=tul. tekan		=	8	buah
Selimit beton		=	40	mm
Tebal	d'	=	61	mm
Tinggi manfaat balok	d = h - d'	=	739	mm
Teg. tekan beton disyaratkan	fc'	=	30	Mpa
Teg. leleh tulangan	fy	=	390	Mpa
Modulus elastisitas	Es	=	200000	Mpa
Regangan leleh tulangan	εy = fy/Es	=	0.0020	
	β	=	0.85	
Luas tul. tarik=tul. tekan	As = As'	=	1519.76	mm ²
Luas total tul. memanjang	Ast = As + As'	=	3039.52	mm ²
Luas total kolom	Ag = b . H	=	480000	mm ²
Beban sentris:	Po = {0,85.fc'.(Ag-Ast)+Ast.fy}/1000	=	13347.90504	kN
	Pn = 0,8 . Po	=	10678.32403	kN
Kondisi seimbang:	Xb = 600.d/(600+fy)	=	447.8787879	mm
	ab = β1 . Xb	=	380.6969697	mm
	Cc = 0,85 . fc' . b . ab	=	5824.663636	kN
	fs' = (Xb - d').600/Xb	=	518.2814614	Mpa

fs' = 508 Mpa > fy = 390 Mpa maka kondisi tul.tekan leleh

Dipakai tegangan tulangan tekan fs'		=	390	Mpa
	Cs = As'.(fs' - 0,85.fc')	=	553.95252	kN
	Ts = As . fy	=	592.7064	kN
	Pnb = Cc + Cs - Ts	=	5785.909756	kN
	y = h/2	=	400	mm
	Mnb = {Cc.(y-ab/2)+Cs(y-d')+Ts(d-y)}/1000	=	1609.86693	kNm
	eb = Mnb/Pnb	=	278.2392049	mm

Patah desak: terjadi jika nilai X > Xb

diambil nilai	x	=	500	mm
	a = β1 . X	=	425	mm
	Cc = 0,85fc'. b . a	=	6502500	N
	fs = (d-x).600/x	=	286.8	Mpa

fs' = 278 Mpa < fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh

Dipakai tegangan tul. tarik	fs	=	286.8	Mpa
	Cs = As'(fy-0,85fc')	=	553952.52	N
	Ts = As.fs	=	435867.168	N
	Pn = Cc + Cs - Ts	=	6620.585352	kN
	y = h/2	=	400	mm
	Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y)	=	1554.767624	kNm
	e = Mn/Pn	=	234.8383929	mm

	x	=	600	mm
	a = β1 . X	=	510	mm
	Cc = 0,85fc'. b . a	=	7803000	N
	fs = (d-x).600/x	=	139	Mpa

$f_s' = 132 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh			
	f_s	=	139 Mpa
	$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	553952.52 N
	$T_s = A_s.f_s$	=	211246.64 N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	8145.70588 kN
	$y = h/2$	=	400 mm
	$M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y)$	=	1390.837515 kNm
	$e = M_n/P_n$	=	170.7448729 mm
	x	=	700 mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	595 mm
	$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a$	=	9103500 N
	$f_s = (d-x) \cdot 600/x$	=	33.42857143 Mpa
$f_s' = 27 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh			
	f_s	=	33.42857143 Mpa
	$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	553952.52 N
	$T_s = A_s.f_s$	=	50803.40571 N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	9606.649114 kN
	$y = h/2$	=	400 mm
	$M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y)$	=	1138.121009 kNm
	$e = M_n/P_n$	=	118.472216 mm
<u>Patah tarik</u>	<u>terjadi jika nilai $X < X_b$</u>		
diambil nilai	x	=	300 mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	255 mm
	$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a$	=	3901500 N
	$f_s = (d-x) \cdot 600/x$	=	878 Mpa
$f_s' = 864 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh			
	f_s	=	390 Mpa
	$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	553952.52 N
	$T_s = A_s.f_s$	=	592706.4 N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	3862.74612 kN
	$y = h/2$	=	400 mm
	$M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y)$	=	1451.876124 kNm
	$e = M_n/P_n$	=	375.8663083 mm
	x	=	200 mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	170 mm
	$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a$	=	2601000 N
	$f_s = (d-x) \cdot 600/x$	=	1617 Mpa
$f_s' = 1596 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh			
	f_s	=	390 Mpa
	$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	553952.52 N
	$T_s = A_s.f_s$	=	592706.4 N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	2562.24612 kN
	$y = h/2$	=	400 mm
	$M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y)$	=	1208.032374 kNm
	$e = M_n/P_n$	=	471.4739792 mm
	x	=	100 mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	85 mm
	$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a$	=	1300500 N
	$f_s = (d-x) \cdot 600/x$	=	3834 Mpa

$f_s' = 3792 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul. tarik belum leleh

f_s	=	390	Mpa
$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	553952.52	N
$T_s = A_s.f_s$	=	592706.4	N
$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	1261.74612	kN
$y = h/2$	=	400	mm
$M_n = C_c (y - a/2) + C_s (y - d') + T_s (d - y)$	=	853.6461239	kNm
$e = M_n/P_n$	=	676.5593413	mm

Lentur murni:

$a = \beta_1.x$			
$f_s' = (x - d') \cdot 600/x$			
$C_c = 0,85f_c'.b.a$			
$C_s = A_s'(f_s' - 0,85f_c')$			
$T_s = A_s.f_y$			
$a_H = 0$			
$C_c + C_s - T_s = 0$			
$A = 0,85.f_c'.b.\beta_1$	=	13005	
$B = 600.A_s' - 0,85.A_s'.f_c' - A_s.f_y$	=	280395.72	
$C = 600.A_s'.d'$	=	55623216	
Dengan menggunakan rumus abc dicari x			
X1	=	55.50150947	mm
X2	=	-77.06211847	mm
Dipakai x	=	55.50150947	mm
$a = \beta_1.x$	=	47.17628305	mm
$Z_1 = d - a/2$	=	715.4118585	mm
$Z_2 = d - d'$	=	678	mm
$f_s' = (x - d') \cdot 600/x$	=	-59.44152414	Mpa
kondisi tul.tekan belum leleh $f_s' < f_y$			
f_s'	=	-59.44152414	Mpa
$C_s = A_s'(f_s' - 0,85.f_c')$	=	-129090.7307	N
$C_c = 0,85.f_c'.b.\beta_1.x$	=	721797.1307	N
$M_n = C_c.Z_1 + C_s.Z_2$	=	428.8587113	kNm

Perhitungan diagram interaksi 2

Lebar kolom	b	=	600	mm
Tinggi kolom	h	=	800	mm
Diameter tul. tarik=tul.tekan		=	22	mm
Diameter sengkang		=	10	mm
Jumlah tul. tarik=tul.tekan		=	12	buah
Selimit beton		=	40	mm
Tebal	d'	=	61	mm
Tinggi manfaat balok	d = h - d'	=	739	mm
Teg.tekan beton disyaratkan	fc'	=	30	Mpa
Teg.leleh tulangan	fy	=	390	Mpa
Modulus elastisitas	Es	=	200000	Mpa
Regangan leleh tulangan	sy = fy/Es	=	0.00195	
	β	=	0.85	
Luas tul. tarik=tul.tekan	As = As'	=	2279.64	mm ²
Luas total tul.memanjang	Ast = As + As'	=	4559.28	mm ²
Luas total kolom	Ag = b . H	=	480000	mm ²
		=		
Beban sentris	$P_o = \{0,85.fc'.(Ag-Ast)+Ast.fy\}/1000$	=	13901.85756	N
	$P_n = 0,8 . P_o$	=	11121.48605	N
		=		
Kondisi seimbang	$X_b = 600.d/(600+fy)$	=	447.8787879	mm
	$a_b = \beta_1 . X_b$	=	380.6969697	mm
	$C_c = 0,85 . fc' . b . a_b$	=	5824.663636	kN
	$f_s' = (X_b - d').600/X_b$	=	518.2814614	Mpa
fs' = 508 Mpa > fy = 390 Mpa maka kondisi tul.tekan leleh				
Dipakai tegangan tulangan tekan fs'		=	390	Mpa
	$C_s = As'.(fs' - 0,85.fc')$	=	830.92878	kN
	$T_s = As . fy$	=	889.0596	kN
	$P_{nb} = C_c + C_s - T_s$	=	5766.532816	kN
	$y = h/2$	=	400	mm
	$M_{nb} = \{C_c.(y-a_b/2)+C_s(y-d')+T_s(d-y)\}/1000$	=	1804.225617	kNm
	$e_b = M_{nb}/P_{nb}$	=	312.8787566	mm
Patah desak	terjadi jika nilai X > Xb			
diambil nilai	x	=	500	mm
	$a = \beta_1 . X$	=	425	mm
	$C_c = 0,85fc' . b . a$	=	6502500	N
	$f_s = (d-x).600/x$	=	286.8	Mpa
fs' = 278 Mpa < fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh				
Dipakai tegangan tul.tarik	fs	=	286.8	Mpa
	$C_s = As'(fy-0,85fc')$	=	830928.78	N
	$T_s = As.f_s$	=	653800.752	N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	6679.628028	kN
	$y = h/2$	=	400	mm
	$M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y)$	=	1722.542061	kNm
	$e = M_n/P_n$	=	257.8799379	mm
		=		
	x	=	600	mm
	$a = \beta_1 . X$	=	510	mm
	$C_c = 0,85fc' . b . a$	=	7803000	N
	$f_s = (d-x).600/x$	=	139	Mpa

$f_s' = 132 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh			
	f_s	=	139 Mpa
	$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	830928.78 N
	$T_s = A_s.f_s$	=	316869.96 N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	8317.05882 kN
	$y = h/2$	=	400 mm
	$M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y)$	=	1520.538773 kNm
	$e = M_n/P_n$	=	182.8216928 mm
	x	=	700 mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	595 mm
	$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a$	=	9103500 N
	$f_s = (d-x) \cdot 600/x$	=	33.42857143 Mpa
$f_s' = 27 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh			
	f_s	=	33.42857143 Mpa
	$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	830928.78 N
	$T_s = A_s.f_s$	=	76205.10857 N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	9858.223671 kN
	$y = h/2$	=	400 mm
	$M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y)$	=	1240.627138 kNm
	$e = M_n/P_n$	=	125.8469253 mm
Patah tarik	terjadi jika nilai $X < X_b$		
diambil nilai	x	=	300 mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	255 mm
	$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a$	=	3901500 N
	$f_s = (d-x) \cdot 600/x$	=	878 Mpa
$f_s' = 864 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh			
	f_s	=	390 Mpa
	$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	830928.78 N
	$T_s = A_s.f_s$	=	889059.6 N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	3843.36918 kN
	$y = h/2$	=	400 mm
	$M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y)$	=	1646.234811 kNm
	$e = M_n/P_n$	=	428.3311682 mm
	x	=	200 mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	170 mm
	$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a$	=	2601000 N
	$f_s = (d-x) \cdot 600/x$	=	1617 Mpa
$f_s' = 1596 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh			
	f_s	=	390 Mpa
	$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	830928.78 N
	$T_s = A_s.f_s$	=	889059.6 N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	2542.86918 kN
	$y = h/2$	=	400 mm
	$M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y)$	=	1402.391061 kNm
	$e = M_n/P_n$	=	551.4994919 mm
	x	=	100 mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	85 mm
	$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a$	=	1300500 N
	$f_s = (d-x) \cdot 600/x$	=	3834 Mpa

$f_s' = 3792 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul. tarik belum leleh

f_s	=	390	Mpa
$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	830928.78	N
$T_s = A_s.f_s$	=	889059.6	N
$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	1242.36918	kN
$y = h/2$	=	400	mm
$M_n = C_c(y-a/2) + C_s(y-d') + T_s(d-y)$	=	1048.004811	kNm
$e = M_n/P_n$	=	843.5534523	mm

Lentur murni

$$a = \beta_1 \cdot x$$

$$f_s' = (x-d') \cdot 600/x$$

$$C_c = 0.85f_c' \cdot b \cdot a$$

$$C_s = A_s'(f_s' - 0.85f_c')$$

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

$$\Delta H = 0$$

$$C_c + C_s - T_s = 0$$

$$A = 0.85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 = 13005$$

$$B = 600 \cdot A_s' - 0.85 \cdot A_s' \cdot f_c' - A_s \cdot f_y = 420593.58$$

$$C = 600 \cdot A_s' \cdot d' = 83434824$$

Dengan menggunakan rumus abc dicari x

$$X_1 = 65.5429419 \text{ mm}$$

$$X_2 = -97.8838554 \text{ mm}$$

Dipakai x

$$a = \beta_1 \cdot x = 55.71150062 \text{ mm}$$

$$Z_1 = d - a/2 = 711.1442497 \text{ mm}$$

$$Z_2 = d - d' = 678 \text{ mm}$$

$$f_s' = (x-d') \cdot 600/x = 41.58747019 \text{ Mpa}$$

kondisi tul. tekan belum leleh $f_s' < f_y$

$$f_s' = 41.58747019 \text{ Mpa}$$

$$C_s = A_s'(f_s' - 0.85 \cdot f_c') = 36673.64054 \text{ N}$$

$$C_c = 0.85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x = 852385.9595 \text{ N}$$

$$M_n = C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2 = 631.0341019 \text{ kNm}$$

Perhitungan diagram interaksi 3

Lebar kolom	b	=	600 mm
Tinggi kolom	h	=	800 mm
Diameter tul. tarik=tul.tekan		=	22 mm
Diameter sengkang		=	10 mm
Jumlah tul. tarik=tul.tekan		=	16 buah
Selimit beton		=	40 mm
Tebal	d'	=	61 mm
Tinggi manfaat balok	d = h - d'	=	739 mm
Teg.tekan beton disyaratkan	fc'	=	30 Mpa
Teg.leleh tulangan	fy	=	390 Mpa
Modulus elastisitas	Es	=	200000 Mpa
Regangan leleh tulangan	$\epsilon_y = f_y/E_s$	=	0.00195
	β	=	0.85
Luas tul. tarik=tul.tekan	$A_s = A_s'$	=	3039.52 mm ²
Luas total tul.memanjang	$A_{st} = A_s + A_s'$	=	6079.04 mm ²
Luas total kolom	$A_g = b \cdot H$	=	480000 mm ²
		=	
Beban sentris	$P_o = \{0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y\} / 1000$	=	14455.81008 N
	$P_n = 0,8 \cdot P_o$	=	11564.64806 N
Kondisi seimbang	$X_b = 600 \cdot d / (600 + f_y)$	=	447.8787879 mm
	$a_b = \beta_1 \cdot X_b$	=	380.6969697 mm
	$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a_b$	=	5824.663636 kN
	$f_s' = (X_b - d') \cdot 600 / X_b$	=	518.2814614 Mpa
	$f_s' = 508,03 \text{ Mpa} > f_y = 340 \text{ Mpa}$ maka kondisi tul.tekan leleh		
Dipakai tegangan tulangan tekan fs'		=	390 Mpa
	$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c')$	=	1107.90504 kN
	$T_s = A_s \cdot f_y$	=	1185.4128 kN
	$P_{nb} = C_c + C_s - T_s$	=	5747.155876 kN
	$y = h/2$	=	400 mm
	$M_{nb} = \{C_c \cdot (y - a_b/2) + C_s \cdot (y - d') + T_s \cdot (d - y)\} / 1000$	=	1998.584304 kNm
	$e_b = M_{nb} / P_{nb}$	=	347.7518876 mm
Patah desak	<u>terjadi jika nilai X > X_b</u>		
diambil nilai	x	=	500 mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	425 mm
	$C_c = 0,85 f_c' \cdot b \cdot a$	=	6502500 N
	$f_s = (d - x) \cdot 600 / x$	=	286.8 Mpa
	$f_s' = 278 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh		
Dipakai tegangan tul. tarik	fs	=	286.8 Mpa
	$C_s = A_s' \cdot (f_y - 0,85 f_c')$	=	1107905.04 N
	$T_s = A_s \cdot f_s$	=	871734.336 N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	6738.670704 kN
	$y = h/2$	=	400 mm
	$M_n = C_c \cdot (y - a/2) + C_s \cdot (y - d') + T_s \cdot (d - y)$	=	1890.316498 kNm
	$e = M_n / P_n$	=	280.5177136 mm
	x	=	600 mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	510 mm
	$C_c = 0,85 f_c' \cdot b \cdot a$	=	7803000 N
	$f_s = (d - x) \cdot 600 / x$	=	139 Mpa

$f_s' = 132 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh

$$\begin{aligned} f_s &= 139 \text{ Mpa} \\ C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') = 1107905.04 \text{ N} \\ T_s &= A_s.f_s = 422493.28 \text{ N} \\ P_n &= C_c + C_s - T_s = 8488.41176 \text{ kN} \\ y &= h/2 = 400 \text{ mm} \\ M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) = 1650.24003 \text{ kNm} \\ e &= M_n/P_n = 194.4109307 \text{ mm} \\ x &= 700 \text{ mm} \\ a &= \beta_1 \cdot X = 595 \text{ mm} \\ C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 9103500 \text{ N} \\ f_s &= (d-x) \cdot 600/x = 33.42857143 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$f_s' = 27 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh

$$\begin{aligned} f_s &= 33.42857143 \text{ Mpa} \\ C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') = 1107905.04 \text{ N} \\ T_s &= A_s.f_s = 101606.8114 \text{ N} \\ P_n &= C_c + C_s - T_s = 10109.79823 \text{ kN} \\ y &= h/2 = 400 \text{ mm} \\ M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) = 1343.133268 \text{ kNm} \\ e &= M_n/P_n = 132.8546067 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Patah tarik
diambil nilai**

terjadi jika nilai $X < X_b$

$$\begin{aligned} x &= 300 \text{ mm} \\ a &= \beta_1 \cdot X = 255 \text{ mm} \\ C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 3901500 \text{ N} \\ f_s &= (d-x) \cdot 600/x = 878 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$f_s' = 864 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh

$$\begin{aligned} f_s &= 390 \text{ Mpa} \\ C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') = 1107905.04 \text{ N} \\ T_s &= A_s.f_s = 1185412.8 \text{ N} \\ P_n &= C_c + C_s - T_s = 3823.99224 \text{ kN} \\ y &= h/2 = 400 \text{ mm} \\ M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) = 1840.593498 \text{ kNm} \\ e &= M_n/P_n = 481.3277283 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x &= 200 \text{ mm} \\ a &= \beta_1 \cdot X = 170 \text{ mm} \\ C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 2601000 \text{ N} \\ f_s &= (d-x) \cdot 600/x = 1617 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$f_s' = 717 \text{ Mpa} > f_y = 340 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh

$$\begin{aligned} f_s &= 390 \text{ Mpa} \\ C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') = 1107905.04 \text{ N} \\ T_s &= A_s.f_s = 1185412.8 \text{ N} \\ P_n &= C_c + C_s - T_s = 2523.49224 \text{ kN} \\ y &= h/2 = 400 \text{ mm} \\ M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) = 1596.749748 \text{ kNm} \\ e &= M_n/P_n = 632.7539758 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x &= 100 \text{ mm} \\ a &= \beta_1 \cdot X = 85 \text{ mm} \\ C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 1300500 \text{ N} \\ f_s &= (d-x) \cdot 600/x = 3834 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$f_s' = 3792 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul. tarik belum leleh

$$\begin{aligned} f_s &= 390 \text{ Mpa} \\ C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') = 1107905,04 \text{ N} \\ T_s &= A_s \cdot f_s = 1185412,8 \text{ N} \\ P_n &= C_c + C_s - T_s = 1222,99224 \text{ kN} \\ y &= h/2 = 400 \text{ mm} \\ M_n &= C_c(y - a/2) + C_s(y - d') + T_s(d - y) = 1242,363498 \text{ kNm} \\ e &= M_n/P_n = 1015,839232 \text{ mm} \end{aligned}$$

Lentur murni

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 \cdot x \\ f_s' &= (x - d') \cdot 600/x \\ C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a \\ C_s &= A_s'(f_s' - 0,85f_c') \\ T_s &= A_s \cdot f_y \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum H &= 0 \\ C_c + C_s - T_s &= 0 \\ A &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 = 13005 \\ B &= 600 \cdot A_s' - 0,85 \cdot A_s' \cdot f_c' - A_s \cdot f_y = 560791,44 \\ C &= 600 \cdot A_s' \cdot d' = 111246432 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus abc dicari x

$$\begin{aligned} X_1 &= 73,40774182 \text{ mm} \\ X_2 &= -116,5289598 \text{ mm} \\ \text{Dipakai } x &= 73,40774182 \text{ mm} \\ a &= \beta_1 \cdot x = 62,39658055 \text{ mm} \\ Z_1 &= d - a/2 = 707,8017097 \text{ mm} \\ Z_2 &= d - d' = 678 \text{ mm} \\ f_s' &= (x - d') \cdot 600/x = 101,4149858 \text{ Mpa} \\ \text{kondisi tul. tekan belum leleh } f_s' &< f_y \\ f_s' &= 101,4149858 \text{ Mpa} \\ C_s &= A_s'(f_s' - 0,85f_c') = 230745,1176 \text{ N} \\ C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x = 954667,6824 \text{ N} \\ M_n &= C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2 = 832,1606076 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Perhitungan diagram interaksi 4

Lebar kolom	b	=	600 mm
Tinggi kolom	h	=	800 mm
Diameter tul.tarik=tul.tekan		=	22 mm
Diameter sengkang		=	10 mm
Jumlah tul.tarik=tul.tekan		=	20 buah
Selimit beton		=	40 mm
Tebal	d'	=	61 mm
Tinggi manfaat balok	d = h - d'	=	739 mm
Teg.tekan beton disyaratkan	fc'	=	30 Mpa
Teg.leleh tulangan	fy	=	390 Mpa
Modulus elastisitas	Es	=	200000 Mpa
Regangan leleh tulangan	ey = fy/Es	=	0.00195
	β	=	0.85
Luas tul.tarik=tul.tekan	As = As'	=	7598.8 mm ²
Luas total tul.memanjang	Ast = As + As'	=	15197.6 mm ²
Luas total kolom	Ag = b . H	=	480000 mm ²

Beban sentris	$P_o = \{0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y\} / 1000$	=	17779.5252 N
	$P_n = 0,8 \cdot P_o$	=	14223.62016 N

Kondisi seimbang	$X_b = 600 \cdot d / (600 + f_y)$	=	447.8787879 mm
	$a_b = \beta_1 \cdot X_b$	=	380.6969697 mm
	$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a_b$	=	5824.663636 kN
	$f_s' = (X_b - d') \cdot 600 / X_b$	=	518.2814614 Mpa

fs' = 508 Mpa > fy = 390 Mpa maka kondisi tul.tekan leleh

Dipakai tegangan tulangan tekan	fs'	=	390 Mpa
	$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c')$	=	2769.7626 kN
	$T_s = A_s \cdot f_y$	=	2963.532 kN
	$P_{nb} = C_c + C_s - T_s$	=	5630.894236 kN
	$y = h/2$	=	400 mm
	$M_{nb} = \{C_c \cdot (y - a_b/2) + C_s \cdot (y - d') + T_s \cdot (d - y)\} / 1000$	=	3164.736426 kNm
	$e_b = M_{nb} / P_{nb}$	=	562.030877 mm

Patah desak diambil nilai	<u>terjadi jika nilai X > Xb</u>		
	x	=	530 mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	450.5 mm
	$C_c = 0,85 f_c' \cdot b \cdot a$	=	6892650 N
	$f_s = (d - x) \cdot 600 / x$	=	236.6037736 Mpa

fs' = 278 Mpa < fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh

Dipakai tegangan tul.tarik	fs	=	236.6037736 Mpa
	$C_s = A_s' \cdot (f_y - 0,85 f_c')$	=	2769762.6 N
	$T_s = A_s \cdot f_s$	=	1797904.755 N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	7864.507845 kN
	$y = h/2$	=	400 mm
	$M_n = C_c \cdot (y - a/2) + C_s \cdot (y - d') + T_s \cdot (d - y)$	=	2752.929821 kNm
	$e = M_n / P_n$	=	350.0447676 mm
	x	=	630 mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	535.5 mm
	$C_c = 0,85 f_c' \cdot b \cdot a$	=	8193150 N
	$f_s = (d - x) \cdot 600 / x$	=	103.8095238 Mpa

$$f_s' = 132 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa} \text{ kondisi tul.tarik belum leleh}$$

$$f_s = 103.8095238 \text{ Mpa}$$

$$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c') = 2769762.6 \text{ N}$$

$$T_s = A_s.f_s = 788827.8095 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s = 10174.08479 \text{ kN}$$

$$y = h/2 = 400 \text{ mm}$$

$$M_n = C_c (y - a/2) + C_s (y - d') + T_s (d - y) = 2289.906236 \text{ kNm}$$

$$e = M_n/P_n = 225.0724545 \text{ mm}$$

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

$$a = \beta_1 \cdot X = 680 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 10404000 \text{ N}$$

$$f_s = (d - x) \cdot 600/x = -45.75 \text{ Mpa}$$

$$f_s' = 27,42 \text{ Mpa} < f_y = 340 \text{ Mpa} \text{ kondisi tul.tarik belum leleh}$$

$$f_s = -45.75 \text{ Mpa}$$

$$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c') = 2769762.6 \text{ N}$$

$$T_s = A_s.f_s = -347645.1 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s = 13521.4077 \text{ kN}$$

$$y = h/2 = 400 \text{ mm}$$

$$M_n = C_c (y - a/2) + C_s (y - d') + T_s (d - y) = 1445.337833 \text{ kNm}$$

$$e = M_n/P_n = 106.8925562 \text{ mm}$$

Patah tarik
diambil nilai

terjadi jika nilai $X < X_b$

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

$$a = \beta_1 \cdot X = 340 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 5202000 \text{ N}$$

$$f_s = (d - x) \cdot 600/x = 508.5 \text{ Mpa}$$

$$f_s' = 864 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa} \text{ kondisi tul.tarik belum leleh}$$

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

$$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c') = 2769762.6 \text{ N}$$

$$T_s = A_s.f_s = 2963532 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s = 5008.2306 \text{ kN}$$

$$y = h/2 = 400 \text{ mm}$$

$$M_n = C_c (y - a/2) + C_s (y - d') + T_s (d - y) = 3140.046869 \text{ kNm}$$

$$e = M_n/P_n = 626.977294 \text{ mm}$$

$$x = 250 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot X = 212.5 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 3251250 \text{ N}$$

$$f_s = (d - x) \cdot 600/x = 1173.6 \text{ Mpa}$$

$$f_s' = 1596 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa} \text{ kondisi tul.tarik belum leleh}$$

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

$$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c') = 2769762.6 \text{ N}$$

$$T_s = A_s.f_s = 2963532 \text{ N}$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s = 3057.4806 \text{ kN}$$

$$y = h/2 = 400 \text{ mm}$$

$$M_n = C_c (y - a/2) + C_s (y - d') + T_s (d - y) = 2898.641557 \text{ kNm}$$

$$e = M_n/P_n = 948.049043 \text{ mm}$$

$$x = 130 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot X = 110.5 \text{ mm}$$

$$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 1690650 \text{ N}$$

$$f_s = (d - x) \cdot 600/x = 2810.769231 \text{ Mpa}$$

$f_s' = 3792 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul. tarik belum leleh

$$\begin{aligned} f_s &= 390 \text{ Mpa} \\ C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') = 2769762,6 \text{ N} \\ T_s &= A_s \cdot f_s = 2963532 \text{ N} \\ P_n &= C_c + C_s - T_s = 1496,8806 \text{ kN} \\ y &= h/2 = 400 \text{ mm} \\ M_n &= C_c (y - a/2) + C_s (y - d') + T_s (d - y) = 2526,438457 \text{ kNm} \\ e &= M_n/P_n = 1687,802258 \text{ mm} \end{aligned}$$

Lentur murni

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 \cdot x \\ f_s' &= (x - d') \cdot 600/x \\ C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a \\ C_s &= A_s'(f_s' - 0,85f_c') \\ T_s &= A_s \cdot f_y \\ \sum H &= 0 \\ C_c + C_s - T_s &= 0 \\ A &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 = 13005 \\ B &= 600 \cdot A_s' - 0,85 \cdot A_s' \cdot f_c' - A_s \cdot f_y = 1401978,6 \\ C &= 600 \cdot A_s' \cdot d' = 278116080 \\ \text{Dengan menggunakan rumus abc dicari } x & \\ X_1 &= 101,9531971 \text{ mm} \\ X_2 &= -209,7562421 \text{ mm} \\ \text{Dipakai } x &= 101,9531971 \text{ mm} \\ a &= \beta_1 \cdot x = 86,66021754 \text{ mm} \\ Z_1 &= d - a/2 = 695,6698912 \text{ mm} \\ Z_2 &= d - d' = 678 \text{ mm} \\ f_s' &= (x - d') \cdot 600/x = 241,0117481 \text{ Mpa} \\ \text{kondisi tul. tekan belum leleh } f_s' &< f_y \\ f_s' &= 241,0117481 \text{ Mpa} \\ C_s &= A_s' \cdot (f_s' - 0,85f_c') = 1637630,672 \text{ N} \\ C_c &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x = 1325901,328 \text{ N} \\ M_n &= C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2 = 2032,703228 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Perhitungan diagram interaksi 5

Lebar kolom	b	=	600 mm
Tinggi kolom	h	=	800 mm
Diameter tul. tarik=tul.tekan		=	22 mm
Diameter sengkang		=	10 mm
Jumlah tul. tarik=tul.tekan		=	24 buah
Selimit beton		=	40 mm
Tebal	d'	=	61 mm
Tinggi manfaat balok	d = h - d'	=	739 mm
Teg.tekan beton disyaratkan	fc'	=	30 Mpa
Teg.leleh tulangan	fy	=	390 Mpa
Modulus elastisitas	Es	=	200000 Mpa
Regangan leleh tulangan	$\epsilon_y = fy/Es$	=	0.00195
	β	=	0.85
Luas tul. tarik=tul.tekan	As = As'	=	9118.56 mm ²
Luas total tul.memanjang	Ast = As + As'	=	18237.12 mm ²
Luas total kolom	Ag = b . H	=	480000 mm ²
Beban sentris	Po = {0,85.fc'.(Ag-Ast)+Ast.fy}/1000	=	18887.43024 N
	Pn = 0,8 . Po	=	15109.94419 N
Kondisi seimbang	Xb = 600.d/(600+fy)	=	447.8787879 mm
	ab = β_1 . Xb	=	380.6969697 mm
	Cc = 0,85 . fc' . b . ab	=	5824.663636 kN
	fs' = (Xb - d').600/Xb	=	518.2814614 Mpa
	fs' = 469,385 Mpa > fy = 340 Mpa maka kondisi tul.tekan leleh		
Dipakai tegangan tulangan tekan fs'		=	390 Mpa
	Cs = As'.(fs' - 0,85.fc')	=	3323.71512 kN
	Ts = As . fy	=	3556.2384 kN
	Pnb = Cc + Cs - Ts	=	5592.140356 kN
	y = h/2	=	400 mm
	Mnb = {Cc.(y-ab/2)+Cs(y-d')+Ts(d-y)}/1000	=	3553.4538 kNm
	eb = Mnb/Pnb	=	635.4371624 mm
Patah desak diambil nilai	<u>terjadi jika nilai X > Xb</u>		
	x	=	520 mm
	a = β_1 . X	=	442 mm
	Cc = 0,85fc' . b . a	=	6762600 N
	fs = (d-x) . 600/x	=	252.6923077 Mpa
	fs' = 278 Mpa < fy = 340 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh		
Dipakai tegangan tul.tarik	fs	=	252.6923077 Mpa
	Cs = As'(fy-0,85fc')	=	3323715.12 N
	Ts = As.fs	=	2304189.969 N
	Pn = Cc + Cs - Ts	=	7782.125151 kN
	y = h/2	=	400 mm
	Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y)	=	3118.365225 kNm
	e = Mn/Pn	=	400.7086965 mm
	x	=	630 mm
	a = β_1 . X	=	535.5 mm
	Cc = 0,85fc' . b . a	=	8193150 N
	fs = (d-x) . 600/x	=	103.8095238 Mpa

$f_s' = 152,571 \text{ Mpa} < f_y = 340 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh

$$\begin{aligned} f_s &= 103.8095238 \text{ Mpa} \\ C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') = 3323715.12 \text{ N} \\ T_s &= A_s.f_s = 946593.3714 \text{ N} \\ P_n &= C_c + C_s - T_s = 10570.27175 \text{ kN} \\ y &= h/2 = 400 \text{ mm} \\ M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) = 2531.178666 \text{ kNm} \\ e &= M_n/P_n = 239.4620239 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x &= 800 \text{ mm} \\ a &= \beta_1 \cdot X = 680 \text{ mm} \\ C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 10404000 \text{ N} \\ f_s &= (d-x) \cdot 600/x = -45.75 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$f_s' = 58,5 \text{ Mpa} < f_y = 340 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh

$$\begin{aligned} f_s &= -45.75 \text{ Mpa} \\ C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') = 3323715.12 \text{ N} \\ T_s &= A_s.f_s = -417174.12 \text{ N} \\ P_n &= C_c + C_s - T_s = 14144.88924 \text{ kN} \\ y &= h/2 = 400 \text{ mm} \\ M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) = 1609.557399 \text{ kNm} \\ e &= M_n/P_n = 113.790739 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Patah tarik
diambil nilai**

terjadi jika nilai $X < X_b$

$$\begin{aligned} x &= 350 \text{ mm} \\ a &= \beta_1 \cdot X = 297.5 \text{ mm} \\ C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 4551750 \text{ N} \\ f_s &= (d-x) \cdot 600/x = 666.8571429 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$f_s' = 453,6 \text{ Mpa} > f_y = 340 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh

$$\begin{aligned} f_s &= 390 \text{ Mpa} \\ C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') = 3323715.12 \text{ N} \\ T_s &= A_s.f_s = 3556238.4 \text{ N} \\ P_n &= C_c + C_s - T_s = 4319.22672 \text{ kN} \\ y &= h/2 = 400 \text{ mm} \\ M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) = 3475.931431 \text{ kNm} \\ e &= M_n/P_n = 804.7578088 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x &= 200 \text{ mm} \\ a &= \beta_1 \cdot X = 170 \text{ mm} \\ C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 2601000 \text{ N} \\ f_s &= (d-x) \cdot 600/x = 1617 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$f_s' = 717 \text{ Mpa} > f_y = 340 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh

$$\begin{aligned} f_s &= 390 \text{ Mpa} \\ C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') = 3323715.12 \text{ N} \\ T_s &= A_s.f_s = 3556238.4 \text{ N} \\ P_n &= C_c + C_s - T_s = 2368.47672 \text{ kN} \\ y &= h/2 = 400 \text{ mm} \\ M_n &= C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) = 3151.619243 \text{ kNm} \\ e &= M_n/P_n = 1330.652405 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x &= 120 \text{ mm} \\ a &= \beta_1 \cdot X = 102 \text{ mm} \\ C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 1560600 \text{ N} \\ f_s &= (d-x) \cdot 600/x = 3095 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

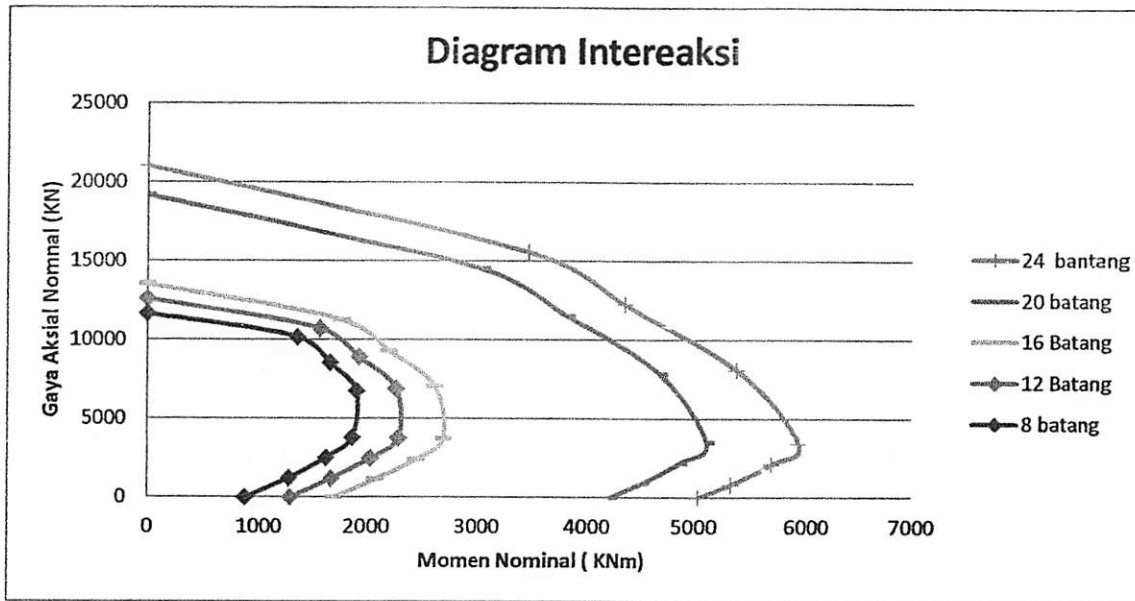
$f_s' = 1156 \text{ Mpa} > f_y = 340 \text{ Mpa}$ kondisi tul. tarik belum leleh

$$\begin{aligned} f_s &= 390 \text{ Mpa} \\ C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') = 3323715,12 \text{ N} \\ T_s &= A_s.f_s = 3556238,4 \text{ N} \\ P_n &= C_c + C_s - T_s = 1328,07672 \text{ kN} \\ y &= h/2 = 400 \text{ mm} \\ M_n &= C_c(y-a/2) + C_s(y-d') + T_s(d-y) = 2876,953643 \text{ kNm} \\ e &= M_n/P_n = 2166,255609 \text{ mm} \end{aligned}$$

Lentur murni

$$\begin{aligned} a &= \beta_1.x \\ f_s' &= (x-d').600/x \\ C_c &= 0,85f_c'.b.a \\ C_s &= A_s'(f_s' - 0,85f_c') \\ T_s &= A_s.f_y \\ \sum H &= 0 \\ C_c + C_s - T_s &= 0 \\ A &= 0,85.f_c'.b.\beta_1 = 13005 \\ B &= 600.A_s' - 0,85.A_s'.f_c' - A_s.f_y = 1682374,32 \\ C &= 600.A_s'.d' = 333739296 \\ \text{Dengan menggunakan rumus abc dicari } x & \\ X_1 &= 108,0784756 \text{ mm} \\ X_2 &= -237,4421295 \text{ mm} \\ \text{Dipakai } x &= 108,0784756 \text{ mm} \\ a &= \beta_1.x = 91,86670422 \text{ mm} \\ Z_1 &= d-a/2 = 693,0666479 \text{ mm} \\ Z_2 &= d-d' = 678 \text{ mm} \\ f_s' &= (x-d').600/x = 261,3571776 \text{ Mpa} \\ \text{kondisi tul.tekan belum leleh } f_s' &< f_y \\ f_s' &= 261,3571776 \text{ Mpa} \\ C_s &= A_s'.(f_s' - 0,85.f_c') = 2150677,825 \text{ N} \\ C_c &= 0,85.f_c'.b.\beta_1.x = 1405560,575 \text{ N} \\ M_n &= C_c.Z_1 + C_s.Z_2 = 2432,306721 \text{ kNm} \end{aligned}$$

DIAGRAM INTEREAKSI Pn & Mn (Dengan Eksentrisitas)



TABEL MOMEN NOMINAL, GAYA AKSIAL & JUMLAH TULANGAN KOLOM

No	Kolom	Mu	Pu	Mn = Mu/Ø	Pn = Pu/Ø	Tulangan
1	12	1077.926	8304.036	1658.348	12775.440	12 D 32
2	38	1134.522	9383.115	1745.418	14435.562	20 D 32
3	45	1147.792	9415.341	1765.834	14485.140	20 D 32
4	13	1039.865	8246.870	1599.792	12687.492	12 D 32
5	3389	450.590	7662.222	693.215	11788.034	8 D 32
6	3416	681.481	8661.641	1048.432	13325.602	16 D 32
7	3422	636.969	8964.341	979.952	13791.294	16 D 32
8	3390	442.628	7658.559	680.966	11782.398	8 D 32

Ket: Faktor Reduksi untuk Struktur tekan / Kolom = 0.65

Jumlah Tulangan diperoleh dari hasil plot terhadap Diagram Intereaksi Pn & Mn

PERHITUNGAN PENULANGAN KOLOM (Dengan Eksentrisitas) Arah Y			
PERHITUNGAN DIAGRAM INTEREAKSI DAN PENULANGAN KOLOM			
Perhitungan diagram interaksi 1			
Lebar kolom	b	=	800 mm
Tinggi kolom	h	=	600 mm
Diameter tul.tarik=tul.tekan		=	22 mm
Diameter sengkang		=	10 mm
Jumlah tul.tarik=tul.tekan		=	8 buah
Selimit beton		=	40 mm
Tebal	d'	=	61 mm
Tinggi manfaat balok	d = h - d'	=	539 mm
Teg.tekan beton disyaratkan	fc'	=	30 Mpa
Teg.leleh tulangan	fy	=	390 Mpa
Modulus elastisitas	Es	=	200000 Mpa
Regangan leleh tulangan	εy = fy/Es	=	0.0020
	β	=	0.85
Luas tul.tarik=tul.tekan	As = As'	=	1519.76 mm ²
Luas total tul.memanjang	Ast = As + As'	=	3039.52 mm ²
Luas total kolom	Ag = b . H	=	480000 mm ²
Beban sentris:	Po = {0,85 . fc' . (Ag-Ast)+Ast . fy}/1000	=	13347.90504 kN
	Pn = 0,8 . Po	=	10678.32403 kN
Kondisi seimbang:	Xb = 600 . d / (600 + fy)	=	326.6666667 mm
	ab = β1 . Xb	=	277.6666667 mm
	Cc = 0,85 . fc' . b . ab	=	5664.4 kN
	fs' = (Xb - d') . 600 / Xb	=	487.9591837 Mpa
fs' = 508 Mpa > fy = 390 Mpa maka kondisi tul.tekan leleh			
Dipakai tegangan tulangan tekan fs'		=	390 Mpa
	Cs = As' . (fs' - 0,85 . fc')	=	1464.9984 kN
	Ts = As . fy	=	940.4928 kN
	Pnb = Cc + Cs - Ts	=	6188.9056 kN
	y = h/2	=	300 mm
	Mnb = {Cc . (y-ab/2) + Cs . (y-d') + Ts . (d-y)} / 1000	=	1487.824863 kNm
	eb = Mnb / Pnb	=	240.401932 mm
Patah desak:	terjadi jika nilai X > Xb		
diambil nilai	x	=	340 mm
	a = β1 . X	=	289 mm
	Cc = 0,85 . fc' . b . a	=	5895600 N
	fs = (d-x) . 600 / x	=	351.1764706 Mpa
fs' = 278 Mpa < fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh			
Dipakai tegangan tul.tarik	fs	=	351.1764706 Mpa
	Cs = As' . (fy - 0,85 . fc')	=	1464998.4 N
	Ts = As . fs	=	846869.0824 N
	Pn = Cc + Cs - Ts	=	6513.729318 kN
	y = h/2	=	300 mm
	Mn = Cc . (y-a/2) + Cs . (y-d') + Ts . (d-y)	=	1469.302128 kNm
	e = Mn / Pn	=	225.5700316 mm
	x	=	420 mm
	a = β1 . X	=	357 mm
	Cc = 0,85 . fc' . b . a	=	7282800 N
	fs = (d-x) . 600 / x	=	170 Mpa

$f_s' = 132 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul. tarik belum leleh			
	f_s	=	170 Mpa
	$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	1464998.4 N
	$T_s = A_s.f_s$	=	409958.4 N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	8337.84 kN
	$y = h/2$	=	300 mm
	$M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y)$	=	1332.974875 kNm
	$e = M_n/P_n$	=	159.870527 mm
	x	=	510 mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	433.5 mm
	$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a$	=	8843400 N
	$f_s = (d-x) \cdot 600/x$	=	34.11764706 Mpa
$f_s' = 27 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul. tarik belum leleh			
	f_s	=	34.11764706 Mpa
	$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	1464998.4 N
	$T_s = A_s.f_s$	=	82275.38824 N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	10226.12301 kN
	$y = h/2$	=	300 mm
	$M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y)$	=	1106.011485 kNm
	$e = M_n/P_n$	=	108.1555037 mm
Patah tarik	terjadi jika nilai $X < X_b$		
diambil nilai	x	=	310 mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	263.5 mm
	$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a$	=	5375400 N
	$f_s = (d-x) \cdot 600/x$	=	443.2258065 Mpa
$f_s' = 864 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul. tarik belum leleh			
	f_s	=	390 Mpa
	$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	878999.04 N
	$T_s = A_s.f_s$	=	1567488 N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	4686.91104 kN
	$y = h/2$	=	300 mm
	$M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y)$	=	1489.121453 kNm
	$e = M_n/P_n$	=	317.719163 mm
	x	=	215 mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	182.75 mm
	$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a$	=	3728100 N
	$f_s = (d-x) \cdot 600/x$	=	904.1860465 Mpa
$f_s' = 1596 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul. tarik belum leleh			
	f_s	=	390 Mpa
	$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	878999.04 N
	$T_s = A_s.f_s$	=	1567488 N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	3039.61104 kN
	$y = h/2$	=	300 mm
	$M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y)$	=	1362.485265 kNm
	$e = M_n/P_n$	=	448.243294 mm
	x	=	120 mm
	$a = \beta_1 \cdot X$	=	102 mm
	$C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a$	=	2080800 N
	$f_s = (d-x) \cdot 600/x$	=	2095 Mpa

$f_s' = 3792 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul. tarik belum leleh

	f_s	=	390	Mpa
	$C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c')$	=	878999,04	N
	$T_s = A_s.f_s$	=	1567488	N
	$P_n = C_c + C_s - T_s$	=	1392.31104	kN
	$y = h/2$	=	300	mm
	$M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y)$	=	1102.829603	kNm
	$e = M_n/P_n$	=	792.0856553	mm
Lentur murni:				
	$a = \beta_1 . x$			
	$f_s' = (x-d').600/x$			
	$C_c = 0,85f_c'.b.a$			
	$C_s = A_s'(f_s' - 0,85f_c')$			
	$T_s = A_s.f_y$			
	$\Delta H = 0$			
	$C_c + C_s - T_s = 0$			
	$A = 0,85.f_c'.b.\beta_1$	=	17340	
	$B = 600.A_s' - 0,85.A_s'.f_c' - A_s.f_y$	=	280395,72	
	$C = 600.A_s'.d'$	=	55623216	
	Dengan menggunakan rumus abc dicari x			
	X1	=	49.1263862	mm
	X2	=	-65.29684294	mm
	Dipakai x	=	49.1263862	mm
	$a = \beta_1 . x$	=	41.75742827	mm
	$Z_1 = d - a/2$	=	518.1212859	mm
	$Z_2 = d - d'$	=	478	mm
	$f_s' = (x-d').600/x$	=	-145.0171452	Mpa
	kondisi tul.tekan belum leleh $f_s' < f_y$			
	f_s'	=	-145.0171452	Mpa
	$C_s = A_s'.(f_s' - 0,85.f_c')$	=	-259145,1366	N
	$C_c = 0,85.f_c'.b.\beta_1 . x$	=	851851,5366	N
	$M_n = C_c.Z_1 + C_s.Z_2$	=	317.4910382	kNm

Perhitungan diagram interaksi 2

Lebar kolom	b	=	800	mm
Tinggi kolom	h	=	600	mm
Diameter tul.tarik=tul.tekan		=	22	mm
Diameter sengkang		=	10	mm
Jumlah tul.tarik=tul.tekan		=	12	buah
Selimit beton		=	40	mm
Tebal	d'	=	61	mm
Tinggi manfaat balok	d = h - d'	=	539	mm
Teg.tekan beton disyaratkan	fc'	=	30	Mpa
Teg.leleh tulangan	fy	=	390	Mpa
Modulus elastisitas	Es	=	200000	Mpa
Regangan leleh tulangan	ey = fy/Es	=	0.00195	
	β	=	0.85	
Luas tul.tarik=tul.tekan	As = As'	=	2279.64	mm ²
Luas total tul.memanjang	Ast = As + As'	=	4559.28	mm ²
Luas total kolom	Ag = b . H	=	480000	mm ²
		=		
Beban sentris	$Po = \{0,85 \cdot fc' \cdot (Ag - Ast) + Ast \cdot fy\} / 1000$	=	13901.85756	N
	$Pn = 0,8 \cdot Po$	=	11121.48605	N
		=		
Kondisi seimbang	$Xb = 600 \cdot d / (600 + fy)$	=	326.6666667	mm
	$ab = \beta 1 \cdot Xb$	=	277.6666667	mm
	$Cc = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot ab$	=	5664.4	kN
	$fs' = (Xb - d') \cdot 600 / Xb$	=	487.9591837	Mpa
fs' = 508 Mpa > fy = 390 Mpa maka kondisi tul.tekan leleh				
Dipakai tegangan tulangan tekan fs'		=	390	Mpa
	$Cs = As' \cdot (fs' - 0,85 \cdot fc')$	=	830.92878	kN
	$Ts = As \cdot fy$	=	1880.9856	kN
	$Pnb = Cc + Cs - Ts$	=	4614.34318	kN
	$y = h/2$	=	300	mm
	$Mnb = \{Cc \cdot (y - ab/2) + Cs \cdot (y - d') + Ts \cdot (d - y)\} / 1000$	=	1561.060003	kNm
	$eb = Mnb / Pnb$	=	338.3060043	mm
Patah desak	terjadi jika nilai X > Xb			
diambil nilai	x	=	370	mm
	$a = \beta 1 \cdot X$	=	314.5	mm
	$Cc = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot a$	=	6415800	N
	$fs = (d - x) \cdot 600 / x$	=	274.0540541	Mpa
fs' = 278 Mpa < fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh				
Dipakai tegangan tul.tarik	fs	=	274.0540541	Mpa
	$Cs = As \cdot (fy - 0,85 \cdot fc')$	=	830928.78	N
	$Ts = As \cdot fs$	=	1321773.665	N
	$Pn = Cc + Cs - Ts$	=	5924.955115	kN
	$y = h/2$	=	300	mm
	$Mn = Cc \cdot (y - a/2) + Cs \cdot (y - d') + Ts \cdot (d - y)$	=	1430.351334	kNm
	$e = Mn / Pn$	=	241.4113367	mm
	x	=	440	mm
	$a = \beta 1 \cdot X$	=	374	mm
	$Cc = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot a$	=	7629600	N
	$fs = (d - x) \cdot 600 / x$	=	135	Mpa

fs' = 132 Mpa < fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh			
	fs	=	135 Mpa
	Cs = As'(fy-0,85fc')	=	830928.78 N
	Ts = As.fs	=	651110.4 N
	Pn = Cc + Cs - Ts	=	7809.41838 kN
	y = h/2	=	300 mm
	Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y)	=	1216.352164 kNm
	e = Mn/Pn	=	155.754514 mm
	x	=	540 mm
	a = β1 . X	=	459 mm
	Cc = 0,85fc' . b . a	=	9363600 N
	fs = (d-x).600/x	=	-1.111111111 Mpa
fs' = 27 Mpa < fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh			
	fs	=	-1.111111111 Mpa
	Cs = As'(fy-0,85fc')	=	830928.78 N
	Ts = As.fs	=	-5358.933333 N
	Pn = Cc + Cs - Ts	=	10199.88771 kN
	y = h/2	=	300 mm
	Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y)	=	857.4449934 kNm
	e = Mn/Pn	=	84.06416006 mm
Patah tarik diambil nilai	terjadi jika nilai X < Xb		
	x	=	290 mm
	a = β1 . X	=	246.5 mm
	Cc = 0,85fc' . b . a	=	5028600 N
	fs = (d-x).600/x	=	515.1724138 Mpa
fs' = 864 Mpa > fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh			
	fs	=	390 Mpa
	Cs = As'(fy-0,85fc')	=	830928.78 N
	Ts = As.fs	=	889059.6 N
	Pn = Cc + Cs - Ts	=	4970.46918 kN
	y = h/2	=	300 mm
	Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y)	=	1299.882273 kNm
	e = Mn/Pn	=	261.5210407 mm
	x	=	200 mm
	a = β1 . X	=	170 mm
	Cc = 0,85fc' . b . a	=	3468000 N
	fs = (d-x).600/x	=	1017 Mpa
fs' = 1596 Mpa > fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh			
	fs	=	390 Mpa
	Cs = As'(fy-0,85fc')	=	830928.78 N
	Ts = As.fs	=	889059.6 N
	Pn = Cc + Cs - Ts	=	3409.86918 kN
	y = h/2	=	300 mm
	Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y)	=	1156.697223 kNm
	e = Mn/Pn	=	339.2204104 mm
	x	=	110 mm
	a = β1 . X	=	93.5 mm
	Cc = 0,85fc' . b . a	=	1907400 N
	fs = (d-x).600/x	=	2340 Mpa
fs' = 3792 Mpa > fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh			
	fs	=	390 Mpa
	Cs = As'(fy-0,85fc')	=	830928.78 N
	Ts = As.fs	=	889059.6 N
	Pn = Cc + Cs - Ts	=	1849.26918 kN
	y = h/2	=	300 mm
	Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y)	=	894.1262728 kNm
	e = Mn/Pn	=	483.5025006 mm

Lentur murni

$$\begin{aligned} a &= \beta_1 \cdot x \\ f_s' &= (x-d') \cdot 600/x \\ C_c &= 0.85 f_c' \cdot b \cdot a \\ C_s &= A_s' (f_s' - 0.85 f_c') \\ T_s &= A_s \cdot f_y \\ \Delta H &= 0 \\ C_c + C_s - T_s &= 0 \\ A &= 0.85 f_c' \cdot b \cdot \beta_1 &= 17340 \\ B &= 600 \cdot A_s' - 0.85 \cdot A_s' \cdot f_c' - A_s \cdot f_y &= 420593.58 \\ C &= 600 \cdot A_s' \cdot d' &= 83434824 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus abc dicari x

$$\begin{aligned} X_1 &= 58.29077324 \text{ mm} \\ X_2 &= -82.54645836 \text{ mm} \\ \text{Dipakai } x &= 58.29077324 \text{ mm} \\ a &= \beta_1 \cdot x &= 49.54715725 \text{ mm} \\ Z_1 &= d - a/2 &= 514.2264214 \text{ mm} \\ Z_2 &= d - d' &= 478 \text{ mm} \\ f_s' &= (x-d') \cdot 600/x &= -27.88667858 \text{ Mpa} \\ \text{kondisi tul.tekan belum leleh } f_s' &< f_y &= \\ f_s' &= -27.88667858 \text{ Mpa} \\ C_s &= A_s' \cdot (f_s' - 0.85 \cdot f_c') &= -121702.4079 \text{ N} \\ C_c &= 0.85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x &= 1010762.008 \text{ N} \\ M_n &= C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2 &= 461.5867792 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Perhitungan diagram interaksi 3

Lebar kolom	b	=	800 mm
Tinggi kolom	h	=	600 mm
Diameter tul.tarik=tul.tekan		=	22 mm
Diameter sengkang		=	10 mm
Jumlah tul.tarik=tul.tekan		=	16 buah
Selimut beton		=	40 mm
Tebal	d'	=	61 mm
Tinggi manfaat balok	d = h - d'	=	539 mm
Teg.tekan beton disyaratkan	fc'	=	30 Mpa
Teg.leleh tulangan	fy	=	390 Mpa
Modulus elastisitas	Es	=	200000 Mpa
Regangan leleh tulangan	ey = fy/Es	=	0.00195
	β	=	0.85
Luas tul.tarik=tul.tekan	As = As'	=	3039.52 mm ²
Luas total tul.memanjang	Ast = As + As'	=	6079.04 mm ²
Luas total kolom	Ag = b . H	=	480000 mm ²
Beban sentris	Po = {0,85.fc'.(Ag-Ast)+Ast.fy}/1000	=	14455.81008 N
	Pn = 0,8 . Po	=	11564.64806 N
Kondisi seimbang	Xb = 600.d/(600+fy)	=	326.6666667 mm
	ab = β 1 . Xb	=	277.6666667 mm
	Cc = 0,85 . fc' . b . ab	=	5664.4 kN
	fs' = (Xb - d').600/Xb	=	487.9591837 Mpa
	fs' = 508,03 Mpa > fy = 340 Mpa maka kondisi tul.tekan leleh		
Dipakai tegangan tulangan tekan fs'		=	390 Mpa
	Cs = As'.(fs' - 0,85.fc')	=	1107.90504 kN
	Ts = As . fy	=	2194.4832 kN
	Pnb = Cc + Cs - Ts	=	4577.82184 kN
	y = h/2	=	300 mm
	Mnb = {Cc.(y-ab/2)+Cs(y-d')+Ts(d-y)}/1000	=	1702.183256 kNm
	eb = Mnb/Pnb	=	371.8325692 mm
Patah desak diambil nilai	<u>terjadi jika nilai X > Xb</u>		
	x	=	370 mm
	a = β 1 . X	=	314.5 mm
	Cc = 0,85fc' . b . a	=	6415800 N
	fs = (d-x).600/x	=	274.0540541 Mpa
	fs' = 278 Mpa < fy = 390 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh		
Dipakai tegangan tul.tarik	fs	=	274.0540541 Mpa
	Cs = As'(fy-0,85fc')	=	1107905.04 N
	Ts = As.fs	=	832992.7784 N
	Pn = Cc + Cs - Ts	=	6690.712262 kN
	y = h/2	=	300 mm
	Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y)	=	1379.730029 kNm
	e = Mn/Pn	=	206.2157173 mm
	x	=	440 mm
	a = β 1 . X	=	374 mm
	Cc = 0,85fc' . b . a	=	7629600 N
	fs = (d-x).600/x	=	135 Mpa

$f_s' = 132 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh

$$\begin{aligned}
 f_s &= 135 \text{ Mpa} \\
 C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') = 1107905,04 \text{ N} \\
 T_s &= A_s.f_s = 410335,2 \text{ N} \\
 P_n &= C_c + C_s - T_s = 8327,16984 \text{ kN} \\
 y &= h/2 = 300 \text{ mm} \\
 M_n &= C_c(y-a/2) + C_s(y-d') + T_s(d-y) = 1225,004217 \text{ kNm} \\
 e &= M_n/P_n = 147,109311 \text{ mm} \\
 \\
 x &= 540 \text{ mm} \\
 a &= \beta_1 \cdot X = 459 \text{ mm} \\
 C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 9363600 \text{ N} \\
 f_s &= (d-x) \cdot 600/x = -1,111111111 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$f_s' = 27 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh

$$\begin{aligned}
 f_s &= -1,111111111 \text{ Mpa} \\
 C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') = 1107905,04 \text{ N} \\
 T_s &= A_s.f_s = -3377,244444 \text{ N} \\
 P_n &= C_c + C_s - T_s = 10474,88228 \text{ kN} \\
 y &= h/2 = 300 \text{ mm} \\
 M_n &= C_c(y-a/2) + C_s(y-d') + T_s(d-y) = 924,1159431 \text{ kNm} \\
 e &= M_n/P_n = 88,22208384 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Patah tarik
diambil nilai

terjadi jika nilai $X < X_b$

$$\begin{aligned}
 x &= 300 \text{ mm} \\
 a &= \beta_1 \cdot X = 255 \text{ mm} \\
 C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 5202000 \text{ N} \\
 f_s &= (d-x) \cdot 600/x = 478 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$f_s' = 864 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh

$$\begin{aligned}
 f_s &= 390 \text{ Mpa} \\
 C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') = 1107905,04 \text{ N} \\
 T_s &= A_s.f_s = 1185412,8 \text{ N} \\
 P_n &= C_c + C_s - T_s = 5124,49224 \text{ kN} \\
 y &= h/2 = 300 \text{ mm} \\
 M_n &= C_c(y-a/2) + C_s(y-d') + T_s(d-y) = 1445,447964 \text{ kNm} \\
 e &= M_n/P_n = 282,0665729 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x &= 200 \text{ mm} \\
 a &= \beta_1 \cdot X = 170 \text{ mm} \\
 C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 3468000 \text{ N} \\
 f_s &= (d-x) \cdot 600/x = 1017 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$f_s' = 717 \text{ Mpa} > f_y = 340 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh

$$\begin{aligned}
 f_s &= 390 \text{ Mpa} \\
 C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') = 1107905,04 \text{ N} \\
 T_s &= A_s.f_s = 1185412,8 \text{ N} \\
 P_n &= C_c + C_s - T_s = 3390,49224 \text{ kN} \\
 y &= h/2 = 300 \text{ mm} \\
 M_n &= C_c(y-a/2) + C_s(y-d') + T_s(d-y) = 1293,722964 \text{ kNm} \\
 e &= M_n/P_n = 381,573787 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x &= 110 \text{ mm} \\
 a &= \beta_1 \cdot X = 93,5 \text{ mm} \\
 C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 1907400 \text{ N} \\
 f_s &= (d-x) \cdot 600/x = 2340 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$f_s' = 3792 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh

$$\begin{aligned}
 f_s &= 390 \text{ Mpa} \\
 C_s &= A_s'(f_y - 0,85f_c') = 1107905,04 \text{ N} \\
 T_s &= A_s.f_s = 1185412,8 \text{ N} \\
 P_n &= C_c + C_s - T_s = 1829,89224 \text{ kN} \\
 y &= h/2 = 300 \text{ mm} \\
 M_n &= C_c(y-a/2) + C_s(y-d') + T_s(d-y) = 1031,152014 \text{ kNm} \\
 e &= M_n/P_n = 563,5042279 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lentur murni

$$\begin{aligned}
 a &= \beta_1 \cdot x \\
 f_s' &= (x-d') \cdot 600/x \\
 C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a \\
 C_s &= A_s'(f_s' - 0,85f_c')
 \end{aligned}$$

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

$$\Delta H = 0$$

$$C_c + C_s - T_s = 0$$

$$A = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 = 17340$$

$$B = 600 \cdot A_s' \cdot 0,85 \cdot A_s' \cdot f_c' - A_s \cdot f_y = 560791,44$$

$$C = 600 \cdot A_s' \cdot d' = 111246432$$

Dengan menggunakan rumus abc dicari x

$$X_1 = 65.5429419 \text{ mm}$$

$$X_2 = -97.8838554 \text{ mm}$$

Dipakai x

$$a = \beta_1 \cdot x = 55.71150062 \text{ mm}$$

$$Z_1 = d - a/2 = 511.1442497 \text{ mm}$$

$$Z_2 = d - d' = 478 \text{ mm}$$

$$f_s' = (x - d') \cdot 600/x = 41.58747019 \text{ Mpa}$$

kondisi tul.tekan belum leleh $f_s' < f_y$

$$f_s' = 41.58747019 \text{ Mpa}$$

$$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c') = 48898.18738 \text{ N}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x = 1136514.613 \text{ N}$$

$$M_n = C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2 = 604.2962425 \text{ kNm}$$

Perhitungan diagram interaksi 4

Lebar kolom	b	=	800 mm
Tinggi kolom	h	=	600 mm
Diameter tul.tarik=tul.tekan		=	22 mm
Diameter sengkang		=	10 mm
Jumlah tul.tarik=tul.tekan		=	20 buah
Selimit beton		=	40 mm
Tebal	d'	=	61 mm
Tinggi manfaat balok	d = h - d'	=	539 mm
Teg.tekan beton disyaratkan	f_c'	=	30 Mpa
Teg.leleh tulangan	f_y	=	390 Mpa
Modulus elastisitas	E_s	=	200000 Mpa
Regangan leleh tulangan	$\epsilon_y = f_y/E_s$	=	0.00195
	β	=	0.85
Luas tul.tarik=tul.tekan	$A_s = A_s'$	=	7598.8 mm ²
Luas total tul.memanjang	$A_{st} = A_s + A_s'$	=	15197.6 mm ²
Luas total kolom	$A_g = b \cdot H$	=	480000 mm ²
Beban sentris	$P_o = \{0,85 \cdot f_c' \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y\} / 1000$	=	17779.5252 N
	$P_n = 0,8 \cdot P_o$	=	14223.62016 N
Kondisi seimbang	$X_b = 600 \cdot d / (600 + f_y)$	=	326.6666667 mm
	$ab = \beta_1 \cdot X_b$	=	277.6666667 mm
	$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot ab$	=	5664.4 kN
	$f_s' = (X_b - d') \cdot 600 / X_b$	=	487.9591837 Mpa
	$f_s' = 508 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ maka kondisi tul.tekan leleh		
Dipakai tegangan tulangan tekan	f_s'	=	390 Mpa
	$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c')$	=	2769.7626 kN
	$T_s = A_s \cdot f_y$	=	2963.532 kN
	$P_{nb} = C_c + C_s - T_s$	=	5470.6306 kN
	$y = h/2$	=	300 mm
	$M_{nb} = \{C_c \cdot (y - ab/2) + C_s \cdot (y - d') + T_s \cdot (d - y)\} / 1000$	=	2283.169876 kNm
	$eb = M_{nb} / P_{nb}$	=	417.3504013 mm

Patah desak diambil nilai	<u>terjadi jika nilai $X > X_b$</u>		
	$x = 370 \text{ mm}$ $a = \beta_1 \cdot X = 314.5 \text{ mm}$ $C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 6415800 \text{ N}$ $f_s = (d-x) \cdot 600/x = 274.0540541 \text{ Mpa}$		
Dipakai tegangan tul.tarik	$f_s' = 278 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh		
	$f_s = 274.0540541 \text{ Mpa}$ $C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c') = 2769762.6 \text{ N}$ $T_s = A_s \cdot f_s = 2082481.946 \text{ N}$ $P_n = C_c + C_s - T_s = 7103.080654 \text{ kN}$ $y = h/2 = 300 \text{ mm}$ $M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) = 2075.541896 \text{ kNm}$ $e = M_n/P_n = 292.2030591 \text{ mm}$		
	$x = 450 \text{ mm}$ $a = \beta_1 \cdot X = 382.5 \text{ mm}$ $C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 7803000 \text{ N}$ $f_s = (d-x) \cdot 600/x = 118.6666667 \text{ Mpa}$		
	$f_s' = 132 \text{ Mpa} < f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh		
	$f_s = 118.6666667 \text{ Mpa}$ $C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c') = 2769762.6 \text{ N}$ $T_s = A_s \cdot f_s = 901724.2667 \text{ N}$ $P_n = C_c + C_s - T_s = 9671.038333 \text{ kN}$ $y = h/2 = 300 \text{ mm}$ $M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) = 1726.061611 \text{ kNm}$ $e = M_n/P_n = 178.4773828 \text{ mm}$		
	$x = 550 \text{ mm}$ $a = \beta_1 \cdot X = 467.5 \text{ mm}$ $C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 9537000 \text{ N}$ $f_s = (d-x) \cdot 600/x = -12 \text{ Mpa}$		
	$f_s' = 27,42 \text{ Mpa} < f_y = 340 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh		
	$f_s = -12 \text{ Mpa}$ $C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c') = 2769762.6 \text{ N}$ $T_s = A_s \cdot f_s = -91185.6 \text{ N}$ $P_n = C_c + C_s - T_s = 12397.9482 \text{ kN}$ $y = h/2 = 300 \text{ mm}$ $M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) = 1272.006153 \text{ kNm}$ $e = M_n/P_n = 102.598118 \text{ mm}$		
	Patah tarik diambil nilai	<u>terjadi jika nilai $X < X_b$</u>	
		$x = 310 \text{ mm}$ $a = \beta_1 \cdot X = 263.5 \text{ mm}$ $C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 5375400 \text{ N}$ $f_s = (d-x) \cdot 600/x = 443.2258065 \text{ Mpa}$	
		$f_s' = 864 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh	
		$f_s = 390 \text{ Mpa}$ $C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c') = 2769762.6 \text{ N}$ $T_s = A_s \cdot f_s = 2963532 \text{ N}$ $P_n = C_c + C_s - T_s = 5181.6306 \text{ kN}$ $y = h/2 = 300 \text{ mm}$ $M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) = 2274.668459 \text{ kNm}$ $e = M_n/P_n = 438.9869975 \text{ mm}$	
$x = 220 \text{ mm}$ $a = \beta_1 \cdot X = 187 \text{ mm}$ $C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a = 3814800 \text{ N}$ $f_s = (d-x) \cdot 600/x = 870 \text{ Mpa}$			
$f_s' = 1596 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul.tarik belum leleh			
$f_s = 390 \text{ Mpa}$ $C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c') = 2769762.6 \text{ N}$ $T_s = A_s \cdot f_s = 2963532 \text{ N}$ $P_n = C_c + C_s - T_s = 3621.0306 \text{ kN}$ $y = h/2 = 300 \text{ mm}$ $M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) = 2158.013609 \text{ kNm}$ $e = M_n/P_n = 595.9666868 \text{ mm}$			

$$\begin{aligned}
 x &= 120 \text{ mm} \\
 a = \beta_1 \cdot X &= 102 \text{ mm} \\
 C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a &= 2080800 \text{ N} \\
 f_s = (d-x) \cdot 600/x &= 2095 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$f_s' = 3792 \text{ Mpa} > f_y = 390 \text{ Mpa}$ kondisi tul. tarik belum leleh

$$\begin{aligned}
 f_s &= 390 \text{ Mpa} \\
 C_s = A_s'(f_y - 0,85f_c') &= 2769762,6 \text{ N} \\
 T_s = A_s \cdot f_s &= 2963532 \text{ N} \\
 P_n = C_c + C_s - T_s &= 1887.0306 \text{ kN} \\
 y = h/2 &= 300 \text{ mm} \\
 M_n = C_c (y - a/2) + C_s (y - d') + T_s (d - y) &= 1888.376609 \text{ kNm} \\
 e = M_n/P_n &= 1000.713295 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lentur murni

$$\begin{aligned}
 a = \beta_1 \cdot x & \\
 f_s' = (x - d') \cdot 600/x & \\
 C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a & \\
 C_s = A_s'(f_s' - 0,85f_c') & \\
 T_s = A_s \cdot f_y & \\
 \Delta H = 0 & \\
 C_c + C_s - T_s = 0 & \\
 A = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 &= 17340 \\
 B = 600 \cdot A_s' - 0,85 \cdot A_s' \cdot f_c' - A_s \cdot f_y &= 1401978,6 \\
 C = 600 \cdot A_s' \cdot d' &= 278116080 \\
 \text{Dengan menggunakan rumus abc dicari } x & \\
 X_1 &= 92.51468168 \text{ mm} \\
 X_2 &= -173.3669654 \text{ mm} \\
 \text{Dipakai } x &= 92.51468168 \text{ mm} \\
 a = \beta_1 \cdot x &= 78.63747943 \text{ mm} \\
 Z_1 = d - a/2 &= 499.6812603 \text{ mm} \\
 Z_2 = d - d' &= 478 \text{ mm} \\
 f_s' = (x - d') \cdot 600/x &= 204.3871163 \text{ Mpa} \\
 \text{kondisi tul. tekan belum leleh } f_s' < f_y & \\
 f_s' &= 204.3871163 \text{ Mpa} \\
 C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c') &= 1359327,42 \text{ N} \\
 C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x &= 1604204,58 \text{ N} \\
 M_n = C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2 &= 1451.349473 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan diagram interaksi 5

Lebar kolom	b	=	800 mm
Tinggi kolom	h	=	600 mm
Diameter tul.tarik=tul.tekan		=	22 mm
Diameter sengkang		=	10 mm
Jumlah tul.tarik=tul.tekan		=	24 buah
Selimit beton		=	40 mm
Tebal	d'	=	61 mm
Tinggi manfaat balok	d = h - d'	=	539 mm
Teg.tekan beton disyaratkan	fc'	=	30 Mpa
Teg.leleh tulangan	fy	=	390 Mpa
Modulus elastisitas	Es	=	200000 Mpa
Regangan leleh tulangan	ey = fy/Es	=	0.00195
	β	=	0.85
Luas tul.tarik=tul.tekan	As = As'	=	9118.56 mm ²
Luas total tul.memanjang	Ast = As + As'	=	18237.12 mm ²
Luas total kolom	Ag = b . H	=	480000 mm ²
Beban sentris	Po = {0,85.fc'.(Ag-Ast)+Ast.fy}/1000	=	18887.43024 N
	Pn = 0,8 . Po	=	15109.94419 N
Kondisi selimbang	Xb = 600.d/(600+fy)	=	326.6666667 mm
	ab = β1 . Xb	=	277.6666667 mm
	Cc = 0,85 . fc' . b . ab	=	5664.4 kN
	fs' = (Xb - d').600/Xb	=	487.9591837 Mpa
	fs' = 469,385 Mpa > fy = 340 Mpa maka kondisi tul.tekan leleh		
Dipakai tegangan tulangan tekan fs'		=	390 Mpa
	Cs = As'.(fs' - 0,85.fc')	=	3323.71512 kN
	Ts = As . fy	=	3556.2384 kN
	Pnb = Cc + Cs - Ts	=	5431.87672 kN
	y = h/2	=	300 mm
	Mnb = {Cc.(y-ab/2)+Cs(y-d')+Ts(d-y)}/1000	=	2557.221358 kNm
	eb = Mnb/Pnb	=	470.7804484 mm
Patah desak diambil nilai	<u>terjadi jika nilai X > Xb</u>		
	x	=	350 mm
	a = β1 . X	=	297.5 mm
	Cc = 0,85fc' . b . a	=	6069000 N
	fs = (d-x).600/x	=	324 Mpa
	fs' = 278 Mpa < fy = 340 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh		
Dipakai tegangan tul.tarik	fs	=	324 Mpa
	Cs = As'(fy-0,85fc')	=	3323715.12 N
	Ts = As.fs	=	2954413.44 N
	Pn = Cc + Cs - Ts	=	6438.30168 kN
	y = h/2	=	300 mm
	Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y)	=	2418.408976 kNm
	e = Mn/Pn	=	375.6284027 mm
	x	=	420 mm
	a = β1 . X	=	357 mm
	Cc = 0,85fc' . b . a	=	7282800 N
	fs = (d-x).600/x	=	170 Mpa
	fs' = 152,571 Mpa < fy = 340 Mpa kondisi tul.tarik belum leleh		
	fs	=	170 Mpa
	Cs = As'(fy-0,85fc')	=	3323715.12 N
	Ts = As.fs	=	1550155.2 N
	Pn = Cc + Cs - Ts	=	9056.35992 kN
	y = h/2	=	300 mm
	Mn = Cc (y-a/2) + Cs (y-d') + Ts (d-y)	=	2049.715206 kNm
	e = Mn/Pn	=	226.3288147 mm

$$\begin{aligned}
 x &= 550 \text{ mm} \\
 a = \beta_1 \cdot X &= 467.5 \text{ mm} \\
 C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a &= 9537000 \text{ N} \\
 f_s = (d-x) \cdot 600/x &= -12 \text{ Mpa} \\
 \mathbf{f_s' = 58,5 \text{ Mpa} < f_y = 340 \text{ Mpa}} &\text{ kondisi tul. tarik belum leleh} \\
 f_s &= -12 \text{ Mpa} \\
 C_s = A_s(f_y - 0,85f_c') &= 3323715.12 \text{ N} \\
 T_s = A_s \cdot f_s &= -109422.72 \text{ N} \\
 P_n = C_c + C_s - T_s &= 12970.13784 \text{ kN} \\
 y = h/2 &= 300 \text{ mm} \\
 M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) &= 1400.042134 \text{ kNm} \\
 e = M_n/P_n &= 107.9435046 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Patah tarik
diambil nilai

terjadi jika nilai $X < X_b$

$$\begin{aligned}
 x &= 280 \text{ mm} \\
 a = \beta_1 \cdot X &= 238 \text{ mm} \\
 C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a &= 4855200 \text{ N} \\
 f_s = (d-x) \cdot 600/x &= 555 \text{ Mpa} \\
 \mathbf{f_s' = 453,6 \text{ Mpa} > f_y = 340 \text{ Mpa}} &\text{ kondisi tul. tarik belum leleh} \\
 f_s &= 390 \text{ Mpa} \\
 C_s = A_s(f_y - 0,85f_c') &= 3323715.12 \text{ N} \\
 T_s = A_s \cdot f_s &= 3556238.4 \text{ N} \\
 P_n = C_c + C_s - T_s &= 4622.67672 \text{ kN} \\
 y = h/2 &= 300 \text{ mm} \\
 M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) &= 2523.100091 \text{ kNm} \\
 e = M_n/P_n &= 545.8093317 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x &= 200 \text{ mm} \\
 a = \beta_1 \cdot X &= 170 \text{ mm} \\
 C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a &= 3468000 \text{ N} \\
 f_s = (d-x) \cdot 600/x &= 1017 \text{ Mpa} \\
 \mathbf{f_s' = 717 \text{ Mpa} > f_y = 340 \text{ Mpa}} &\text{ kondisi tul. tarik belum leleh} \\
 f_s &= 390 \text{ Mpa} \\
 C_s = A_s(f_y - 0,85f_c') &= 3323715.12 \text{ N} \\
 T_s = A_s \cdot f_s &= 3556238.4 \text{ N} \\
 P_n = C_c + C_s - T_s &= 3235.47672 \text{ kN} \\
 y = h/2 &= 300 \text{ mm} \\
 M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) &= 2389.928891 \text{ kNm} \\
 e = M_n/P_n &= 738.663603 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x &= 120 \text{ mm} \\
 a = \beta_1 \cdot X &= 102 \text{ mm} \\
 C_c = 0,85f_c' \cdot b \cdot a &= 2080800 \text{ N} \\
 f_s = (d-x) \cdot 600/x &= 2095 \text{ Mpa} \\
 \mathbf{f_s' = 1156 \text{ Mpa} > f_y = 340 \text{ Mpa}} &\text{ kondisi tul. tarik belum leleh} \\
 f_s &= 390 \text{ Mpa} \\
 C_s = A_s(f_y - 0,85f_c') &= 3323715.12 \text{ N} \\
 T_s = A_s \cdot f_s &= 3556238.4 \text{ N} \\
 P_n = C_c + C_s - T_s &= 1848.27672 \text{ kN} \\
 y = h/2 &= 300 \text{ mm} \\
 M_n = C_c (y-a/2) + C_s (y-d') + T_s (d-y) &= 2162.428091 \text{ kNm} \\
 e = M_n/P_n &= 1169.969879 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lentur murni

$$\begin{aligned}
 a &= \beta_1 \cdot x \\
 f_s' &= (x-d') \cdot 600/x \\
 C_c &= 0,85f_c' \cdot b \cdot a \\
 C_s &= A_s(f_s' - 0,85f_c') \\
 T_s &= A_s \cdot f_y \\
 \Delta H &= 0 \\
 C_c + C_s - T_s &= 0 \\
 A &= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 &= 17340 \\
 B &= 600 \cdot A_s' - 0,85 \cdot A_s' \cdot f_c' - A_s \cdot f_y &= 1682374.32 \\
 C &= 600 \cdot A_s' \cdot d' &= 333739296
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus abc dicari x

X1	=	98.45849261 mm
X2	=	-195.4812331 mm
Dipakai x	=	98.45849261 mm
$a = \beta_1 \cdot x$	=	83.68971872 mm
$Z_1 = d - a/2$	=	497.1551406 mm
$Z_2 = d - d'$	=	478 mm
$f_s' = (x - d') \cdot 600/x$	=	228.2697507 Mpa
kondisi tul.tekan belum leleh $f_s' < f_y$		
f_s'	=	228.2697507 Mpa
$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c')$	=	1848968.138 N
$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \beta_1 \cdot x$	=	1707270.262 N
$M_n = C_c \cdot Z_1 + C_s \cdot Z_2$	=	1732.584957 kNm



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

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

PENGARUH MOMEN PUNTIR (TORSIONAL MOMENT) TERHADAP TULANGAN PADA KOLOM
AKIBAT BENTUK STRUKTUR YANG TIDAK SIMETRIS PADA GEDUNG IJEN
PADJADJARAN SUITES HOTEL RESORT AND CONVENTION HALL KOTA MALANG

NAMA : RAKA GILANG PURNAMA
NIM : 09.21.038
JURUSAN : TEKNIK SIPIL S-1
DOSEN PEMBIMBING : Ir. A. AGUS SANTOSA, MT

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	21-5-'14	- Legkopi pd latar belakang tgg kondisi struktur yg ada. (eksisting)	
2	28-5-'14	- Tesxi tgg kolom legkopi & gbr penampang. nya.	
3	3-5-'14	- Tesxi tgg penulapan kolom akibat lentur & tahanan legkopi.	
4	7-7-'14	- Zd pih pembabaran dan analisis statika. Legkopi	
5	25/7-'14	- Peck. tul. balok & kolom OK. Legkopi kesimpuln.	
6	4/8-'14	- Peck aihi kesimpuln sesuai sauan.	
7	9/8-'14	- Legkopi tabel & tanskahan hois puln. - Bim seminar donil	