

TUGAS AKHIR

**RE-DESAIN BANGUNAN GEDUNG RSJ. Prof. DR. V. L.
Ratumbuysang STRUKTUR BAJA TUJUH LANTAI**

Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Studi Pada
Program Studi Diploma IV Konstruksi Bangunan Gedung
Jurusan Teknik Sipil

Oleh :

Arfan Januruanto Dengoh
NIM. 12 012 066



**KEMENRTIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
2016**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan semakin meningkatnya ilmu pengetahuan dan majunya kota Manado, kebutuhan akan bangunan gedung meningkat pesat. Pembangunan infrastruktur yang paling banyak dilakukan adalah pembangunan struktur bangunan gedung, karena bangunan gedung banyak digunakan sebagai perumahan, pusat perkantoran, perhotelan, tempat hiburan, pusat perbelanjaan dan juga pusat kesehatan. Material pembentuk struktur pun mulai bervariasi salah satunya dengan menggunakan material baja.

Dalam pembangunan suatu gedung bertingkat tidak luput dari perencanaan berupa, penggunaan material, volume pekerjaan, biaya, kekuatan struktur, dan gambar kerja. Namun terkadang gambar kerja yang direncanakan tidak sama dengan perencanaan lainnya.

Seperti yang terjadi pada proyek Pembangunan Gedung RSJ. Prof. DR. V.L.Ratumbuysang Manado, gambar kerja yang ada tidak sesuai dengan hasil perhitungan struktur. Gambar kerja yang ada memiliki jumlah lantai sebanyak tujuh lantai, sedangkan perhitungan struktur hanya lima lantai. Hal ini dapat mengakibatkan kegagalan pada struktur bangunan.

Mengingat pentingnya suatu perhitungan struktur dalam perencanaan bangunan bertingkat banyak, maka Tugas Akhir ini mengangkat judul “Re-Desain Bangunan Gedung RSJ Prof. Dr. V. L. Ramtumbuysang Struktur Baja Tujuh Lantai”.

1.2 Maksud dan Tujuan Penulisan

Maksud dari penulisan tugas akhir ini adalah merencanakan struktur atas tujuh lantai bangunan rumah sakit Prof. V. L Ratumbuysan Manado yang terdiri dari struktur kolom, balok dan , plat dengan menggunakan profil baja.

Adapun tujuan penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut ;

1. Menghitung portal arah X dan Y.
2. Menghitung dimensi kolom dan balok baja.
3. Menghitung kekuatan sambungan baut.

1.3 Pembatasan Masalah

Pada penyusunan tugas akhir ini, terdapat beberapa pembatasan masalah yang digunakan sebagai ruang lingkup pembahasan, diantaranya :

1. Perhitungan portal 2D arah X dan arah Y dengan pembebanan beban mati, beban hidup, dan beban gempa.
2. Menentukan dimensi kolom dan balok baja untuk struktur tujuh lantai.
3. Menghitung sambungan antara kolom dan balok.

1.4 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini antara lain :

1. Studi lapangan
Dengan cara mengumpulkan data – data pada lokasi.
2. Studi literatur
Dengan cara mengumpulkan data dari buku - buku literatur yang terkait.
3. Konsultasi langsung dengan dosen pembimbing serta pihak - pihak terkait dengan penyusunan tugas akhir.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir “Re-Desain Struktur Baja 7 Lantai Dengan Perhitungan Manual Pada Bangunan Gedung RSJ. Prof. DR. V.L.Ratumbuysang Manado”. adalah :

1. BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, maksud dan tujuan, pembatasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan laporan.

2. BAB II : DASAR TEORI

Bab ini berisi landasan teori tentang perhitungan struktur baja.

3. BAB III : PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil perhitungan serta dimensi kolom dan balok baja yang akan digunakan.

4. BAB IV : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang dapat diambil dan saran-saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil tinjauan.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Pengenalan Bahan Baja

Sampai sekitar tahun 1960 sebagian besar bangunan di USA memakai baja konstruksi carbon steel yang menurut ASTM (*American society for testing materials*) ditandai dengan A7 yang mempunyai minimum *yield stress* 33 ksi (1 ksi = 1.000 psi). Selain itu masih ada baja konstruksi lainnya, seperti low-alloy (A242) yang tahan terhadap karat dan baja yang lebih muda dilas yaitu A373. Namun demikian baja – baja yang disebut terakhir ini jarang dipakai untuk bangunan gedung. Biasanya baja semacam itu dipakai untuk jembatan. Para perencana biasanya menghendaki baja yang dapat mempertinggi tegangan (*strength*) daripada menambah ukuran bahan.

Beberapa jenis baja konstruksi sekarang ada yang tahan terhadap korosi. Baja semacam ini dapat melakukan oksidasi untuk membentuk lapisan penahan yang padat yang dapat menghalang – halangi oksidasi lebih lanjut. Dengan demikian dengan menggunakan baja jenis ini mungkin menjadi lebih murah, walaupun harganya pasti lebih mahal dari baja biasa, karena tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang terus menerus seperti halnya pada baja biasa yang memerlukan pengecatan kembali untuk mencegah munculnya karat.

Untuk keperluan desain dipakai yield stress guna mendapatkan *allow-able unit stress* (tegangan ijin) dari berbagai tipe batang yang dibebani.

2.1.1 Carbon Steel

Carbon steel adalah baja yang terdiri dari elemen – elemen yang prosentase maksimum selain bajanya sebagai berikut :

- a. 1.70 % carbon
- b. 1.65 % manganese
- c. 0.60 % silicon
- d. 0.60 % copper

Carbon dan manganese adalah bahan pokok untuk meninggikan tegangan (*strength*) dari baja murni. Baja dikategorikan berdasarkan material, ialah dari *ingot iron* (baja bonkah) tanpa carbon sama sekali, sampai *cast iron* (baja tuang) yang mempunyai carbon sekurang – kurangnya 1.70 % baja ini dibagi menjadi empat kategori (berdasarkan carbon yang dikandung) :

- 1. low carbon (mengandung carbon kurang dari 0.15 %)
- 2. mild carbon (mengandung carbon 0.15 % - 0.29 %)
- 3. medium carbon (mengandung carbon 0.30 % - 0.59 %)
- 4. high carbon (mengandung carbon 0.60 % - 0.70 %)

structural carbon steel (baja carbon untuk konstruksi) adalah termasuk kategori mild carbon.

Permasalahan prosentase carbon akan mempertinggi yield stress tetapi akan mengurangi daktilitasnya (*ductility*). Pengurangan daktilitas akan menambah problem – problem pada pengelasan. Pengelasan akan ekonomis dan memuaskan bila baja mengandung carbon tidak lebih dari 0.30 %

A36 : structural steel ($F_y = \text{ksi}$) $\sim 2500 \text{ kg/cm}^2$.

Baja konstruksi menggantikan A7 sejak tahun 1960. A36 mempunyai carbon maksimum antara 0.25 % - 0.29 %. A36 dibatasi sampai dengan tebal 8 inch. Bila lebih tebal dari 8 inch mempunyai minimal $F_y = 32 \text{ ksi} \sim 2200 \text{ kg/cm}^2$. A36 biasanya merupakan pilihan terbaik, bila rasio *strength to weight* dianggap tidak penting dan yang diinginkan ialah besarnya kekuatan (*stiffness*)

) A36 mudah dilas dan dibuat. A36 ini banyak dipakai pada konstruksi bangunan dan jembatan di USA.

2.1.2 Sifat - Sifat Baja

Sifat-sifat baja yang paling utama untuk diketahui adalah : sifat kekuatan / keteguhan, elastisitas, dan kekerasan.

1. Sifat kekuatan, artinya mempunyai sifat kekuatan tinggi untuk menahan tarik, tekan, lenturan, dan geser.
2. Sifat elastis, artinya sampai batas tertentu bahan baja mengalami perubahan bentuk, tetapi setelah pembebanan dihentikan maka bahan baja akan kembali pada bentuk semula.
3. Sifat kekerasan, artinya tidak mudah mengalami cacat kalau kena banturan, jadi bahan baja ini cukup keras tetapi elastis.

Untuk baja bangunan, hendaknya dipakai kontanta-kontanta sebagai berikut :

- | | | |
|------------------------------|------------|--|
| 1. Modulus Elastisitas | E | $= 2,10 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
$= 2,10 \times 10^5 \text{ MPa}$ |
| 2. Modulus Gelincir | G | $= 0,81 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
$= 0,81 \times 10^5 \text{ MPa}$ |
| 3. Angka perbandingan Poison | μ | $= 0,30$ |
| 4. Koefisien pemuaian Linear | α_t | $= 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}$ |

Pengetahuan mengenai sifat – sifat baja merupakan keharusan apabila seseorang akan menggunakan baja sebagai pilihan untuk suatu bagian struktur. Sifat mekanis yang sangat penting pada baja dapat diperoleh dari uji tarik. Uji ini melibatkan pembebanan tarik sampel baja dan bersamaan dengan itu dilakukan pengukuran beban dan perpanjangan sehingga akan diperoleh tegangan dan regangan yang di hitung dengan menggunakan rumus ;

$$\text{Tegangan } (\sigma) = \frac{P}{A} \quad (1)$$

$$\text{Regangan } (\epsilon) = \frac{\Delta L_o}{L_o} \quad (2)$$

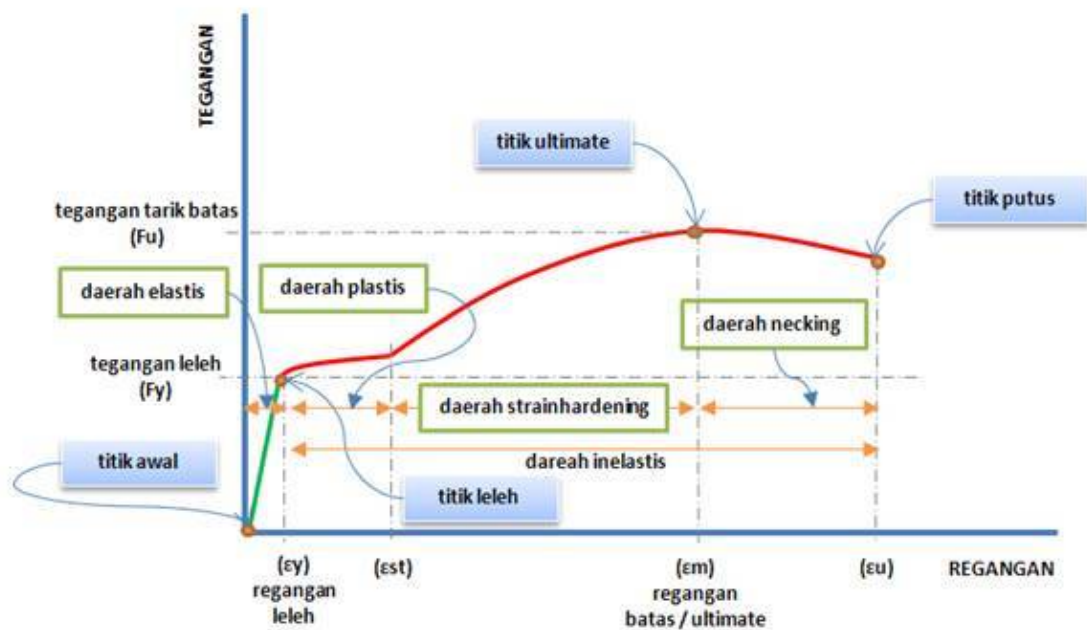
Keterangan :

P = Beban

A = Luas penampang

ΔL_o = Perpanjangan atau perubahan panjang antara dua titik acuan pada spesimen tarik

L_o = panjang semula diantara dua titik acuan pada spesimen tarik sebelum di bebani



Gambar 2.1 Diagram tegangan regangan baja

Sumber : <http://kampustekniksipil.blogspot.co.id/2012/07/berkenalan-dengan-tegangan-regangan.html>

2.1.3 Tegangan – tegangan Baja (PPBBI, pasal 2.2)

1. Tegangan – tungan leleh dan tegangan – tegangan dasar dari bermacam – macam dalam table 2.1. Apabila titik lelehnya tidak jelas, maka tegangan leleh tersebut didefinisikan sebagai tegangan yang menyebabkan regangan tetap sebesar 0,2%. (PPBBI, hal 7)
2. Untuk dasar perhitungan tegangan – tegangan diijinkan pada suatu konstruksi pembebanan tertentu, dipakai tegangan dasar yang besarnya pada suatu kondisi dapat dihitung dari persamaan :

$$\sigma_{ijin} = \sigma_l : 1,5 \text{ (PPBBI, hal 7)}$$
3. Besarnya tegangan – tegangan dan tegangan dasar untuk mutu baja tertentu ditunjukkan dalam tabel 2.1. (PPBBI, hal 8)

Tabel 2.1 Harga Tegangan Dasar

Macam baja	Tegangan Leleh		Tegangan Dasar	
	Σ		σ_{ijin}	
	Kg / cm ²	Mpa	Kg / cm ²	Mpa
Bj 33	2000	200	1333	133.3
Bj 34	2100	210	1400	140
Bj 37	2400	240	1600	160
Bj 41	2500	250	1666	166.6
Bj 44	2800	280	1867	186.7
Bj 50	2900	290	1933	193.3
Bj 52	3600	360	2400	240

PPBBI pasal 2.2 hal 8, Tabel 1. Harga Tegangan Dasar

4. Harga – harga yang tercantum pada tabel 2.1 adalah untuk elemen – elemen yang tebalnya kurang dari 40 mm.

Untuk elemen – elemen yang tebalnya lebih dari 40 mm, tetapi kurang dari 100 mm, harga – harga pada tabel 2.1 harus dikurangi 10%. (PPBBI, hal 8)

5. Tegangan normal yang diijinkan untuk pembebanan tatap, besarnya sama dengan tegangan dasar. (PPBBI, hal 8)
6. Tegangan geser yang diijinkan untuk pembebanan tetap besarnya sama dengna 0,58 kali tegangan dasar. (PPBBI, hal 8)
7. Untuk elemen baja yang mengalami kombinasi tegangan normal dan tegangan geser, maka tegangan idiil yang terjadi tidak boleh melebihi tegangan dasar. (PPBBI, hal 8)
8. Untuk pembebanan sementara akibat sendiri, bebean hidup, dan gaya gempa atau gaya angin, maka besarnya tegangan dasar boleh dinaikkan sebesar 30%. (PPBBI, hal 8)

2.2 Kelebihan dan Kekurangan Baja Konstruksi

Untuk dapat mengoptimalkan penggunaan baja, perencanaan harus mengenal dengan baik kelebihan dan kekurangan baja agar tidak ada kekeliruan pada saat perencanaan yang dapat mengakibatkan kerugian material dan keselamatan kerja, dan berikut adalah kelebihan dan kekurangan baja sebagai konstruksi diantaranya:

2.2.1 Kelebihan Baja Konstruksi

1. Kekuatan yang tinggi dari baja persatuan berat mempunyai konsekuensi bahwa beban mati akan kecil. Hal ini sangat penting untuk bangunan gedung yang bentang panjang, bangunan tinggi, dan bangunan dengan kondisi tanah yang buruk.

2. Sifat baja tidak berubah banyak terdapat waktu, tidak seperti halnya struktur beton bertulang.
3. Baja berperilaku mendekati asumsi perancangan teknik dibandingkan dengan material lain karena baja mengikuti hukum hooke hingga mencapai tegangan yang begitu tinggi. Momen inersia penampang baja dapat ditentukan dengan pasti dibandingkan dengan penampang beton bertulang.
4. Portal baja yang dapat perawatan baik akan berumur sangat panjang, bahkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi tertentu baja tidak memerlukan perawatan pengecatan sama sekali.
5. Daktilitas didefinisikan sebagai sifat material untuk menahan deformasi yang besar tanpa keruntuhan terhadap beban tarik. Suatu elemen baja yang telah diuji terhadap tarik akan mengalami pengurangan luas penampang dan akan terjadi perpanjangan sebelum terjadi keruntuhan. Sebaliknya pada material keras dan getas akan hancur terhadap beban kejut. Mendefinisikan daktilitas sebagai kemampuan struktur atau komponennya untuk melakukan deformasi inelastis bolak-balik berulang diluar batas titik leleh pertama, sambil mempertahankan sejumlah besar kemampuan daya dukung bebannya. Beban normal yang bekerja pada suatu elemen struktur akan mengakibatkan konsentrasi tegangan yang tinggi pada beberapa titik. Sifat daktil baja memungkinkan terjadinya leleh lokal pada titik-titik tersebut sehingga dapat mencegah keruntuhan prematur. Keuntungan lain dari material daktil adalah jika elemen struktur baja mendapat beban cukup maka akan terjadi defleksi yang cukup jelas sehingga dapat digunakan sebagai tanda keruntuhan.
6. Kelebihan lain mudahnya penyambungan paku keling, baut dan las cepat dalam pemasangan, dapat dibentuk menjadi profil yang diinginkan,

kemungkinan dapat digunakan kembali setelah pembongkaran, dan masih bernilai walaupun tidak digunakan kembali sebagai elemen struktur.

2.2.2 Kekurangan Baja Konstruksi

1. Umumnya material baja sangat rentan terhadap korosi jika dibiarkan terjadi kontak dengan udara dengan air sehingga perlu dicat secara periodik.
2. Meskipun baja tidak mudah terbakar tetapi kekuatannya menurun drastis jika terjadi kebakaran, selain itu baja juga merupakan konduktor panas yang baik sehingga dapat menipu kebakaran pada komponen lain.
3. Semakin langsing elemen tekan, semakin besar pula bahaya terhadap tekuk. Sebagaimana telah disebutkan bahwa baja mempunyai kekuatan yang tinggi per satuan berat dan jika digunakan sebagai kolom serigkali tidak ekonomis karena banyak material yang perlu digunakan untuk memperkuat kolom terhadap tekuk.
4. Kekuatan baja menurun jika mendapat beban siklis, dalam perancangan perlu dilakukan pengurangan kekuatan jika pada elemen struktur akan terjadi beban siklis.
5. Pada kondisi tertentu baja akan kehilangan daktilitasnya dan keruntuhan getas dapat terjadi pada tempat dengan konsentras tegangan tinggi. Jenis beban fisik dan temperature yang sangat rendah akan memperbesar kemungkinan keruntuhan getas

2.3 Persyaratan Umum Perencanaan

2.3.1 Ketentuan Umum

Tujuan perencanaan struktur adalah untuk menghasilkan suatu struktur yang stabil, cukup kuat, mampu-layan, awet, dan memenuhi tujuan-tujuan

lainnya seperti ekonomi dan kemudahan pelaksanaan. Suatu struktur disebut stabil bila ia tidak mudah terguling, miring atau tergeser, selama umur bangunan yang direncanakan. Suatu struktur disebut cukup kuat dan mampu menahan bila kemungkinan terjadinya kegagalan-struktur dan kehilangan kemampuan tahan selama masa hidup yang direncanakan adalah kecil dan dalam batas yang dapat diterima. Suatu struktur disebut awet bila struktur tersebut dapat menerima keausan dan kerusakan yang diharapkan terjadi selama umur bangunan yang direncanakan tanpa pemeliharaan yang berlebihan.

2.3.2 Ketentuan Perencanaan Pembebanan

Dalam perencanaan, pedoman yang digunakan antara lain:

1. Perencanaan pembebanan Indonesia untuk bangunan gedung(PPIUG 1983)
2. Peraturan perencanaan bangunan baja Indonesia (PPBBI – 1987)
3. Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung (SNI 03 – 1729 – 2002)
4. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung (SNI 03-1726-2002)

2.4 Metode Dalam Analisa Struktur

Beberapa metode dalam penentuan gaya dalam untuk memenuhi syarat-syarat stabilitas, kekuatan, dan kekakuan yang ditetapkan dalam persyaratan umum perencanaan perlu diperhatikan, pengaruh-pengaruh gaya –dalam pada suatu struktur dan terhadap komponen-komponennya serta sambungannya yang diakibatkan oleh beban-beban yang bekerja harus ditentukan melalui analisis struktur.

Di dalam perencanaan struktur bangunan baja, terdapat tiga metode perencanaan yang berkembang secara bertahap di dalam sejarahnya yaitu:

1. Perencanaan Tegangan Kerja / *Allowable stress design (ASD)*

Di dalam metode ini, elemen struktur pada bangunan (pelat / balok / kolom / pondasi) harus direncanakan sedemikian rupa sehingga tegangan yang timbul akibat beban kerja/layan tidak melampaui tegangan ijin yang telah ditetapkan, tegangan ijin ini ditentukan oleh peraturan bangunan atau spesifikasi (seperti *American Institute of Steel Construction (AISC) Specification 1978*) untuk mendapatkan factor keamanan terhadap tercapainya tegangan batas, seperti tegangan leleh minimum atau tegangan tekuk.

2. Perencanaan Plastis

Perencanaan plastis adalah kasus khusus perencanaan keadaan batas yang tercantum pada bagian 2 dari spesifikasi AISC. Kelakuan inelastis (tak elastis) yang daktail bisa meningkatkan beban yang mampu dipikul bila dibanding dengan beban yang bisa ditahan jika struktur tetap berada dalam keadaan elastis. Batas atas dari kekuatan momen yang disebut kekuatan momen yang disebut kekuatan plastis diperoleh saat seluruh tinggi penampang meleleh.

Di sini, keadaan batas untuk kekuatan harus berupa pencapaian kekuatan plastis, dan keadaan batas berdasarkan ketidak-stabilan tekuk, kelelahan , atau patah getas dikesampingkan. Pada perencanaan plastis, sifat daktail pada baja dimanfaatkan dalam perencanaan struktur statis tak tentu, seperti balok menerus dan portal kaku.

3. Perencanaan Faktor Daya Tahan dan Beban (LRFD)

Pendekatan umum berdasarkan faktor daya tahan dan beban, atau disebut dengan Load Resistance Design Factor (LRFD) ini adalah hasil penelitian dari

Advisory Task Force yang dipimpin oleh T.V. Galambos. Pada metode ini diperhitungkan mengenai kekuatan nominal M_n penampang struktur yang dikalikan oleh faktor pengurangan kapasitas, yaitu bilangan yang lebih kecil dari 1,0 untuk memperhitungkan ketidak-pastian dalam besarnya daya tahan. Selain itu diperhitungkan juga faktor gaya dalam ulimit M_u dengan kelebihan beban (*overload*), (bilangan yang lebih besar dari 1,0) untuk menghitung ketidak-pastian dalam analisa struktur dalam menahan beban mati (*dead load*), beban hidup (*Liveload*), angin (wind), dan gempa.(Bowles, 1979).

2.4.1 Keadaan Kekuatan Batas

Komponen struktur beserta sambungannya harus direncanakan untuk keadaan kekuatan batas sebagai berikut:

- 1) beban-beban dan aksi-aksi harus ditentukan sesuai pembebanan sesuai perencanaan dan aksi-aksinya yang dapat mempengaruhi kestabilan, kekuatan, dan kemampuan-layan struktur serta beban-beban keadaan kekuatan batas harus ditentukan sesuai dengan kombinasi pembebanan.

2.4.2 Keadaan Kemampuan Layan Batas

Sistem struktur dan komponen struktur harus direncanakan untuk mempunyai kemampuan-layan batas dengan mengendalikan atau membatasi lendutan dan getaran. Di samping itu untuk bangunan baja diperlukan perlindungan terhadap korosi secukupnya.

2.5 Analisa Struktur dengan Metode Plastisitas (metode ultimate)

2.5.1 Konsep Dasar Analisa Plastis

Analisa atas dasar muatan batas pada dasarnya menggunakan analisa plastis dimana menentukan pola pembagian sendi-sendi plastis di dalam konstruksi pada saat seluruhnya atau sebagian akan runtuh kemudian dari pola pembagian sendi-sendi plastis tersebut dapat menghitung besarnya muatan yang dinyatakan dalam momen-momen batas dari masing-masing sendi plastis.

Analisis struktur secara plastis memanfaatkan kemampuan struktur secara penuh hingga beban batas akhir sehingga timbul bentuk plastis dengan kekuatan struktur sampai tegangan lelehnya. Analisis plastis pada umumnya digunakan untuk menentukan besarnya beban runtuh pada suatu struktur serta perilaku keruntuhannya. Dengan demikian analisis plastis hanya dapat diterapkan pada struktur dari bahan yang bersifat daktail, seperti baja.

Pengaruh gaya-dalam di sebagian atau seluruh struktur dapat ditetapkan menggunakan analisis plastis pada batasan harus dipenuhi. Distribusi gaya-gaya-dalam harus memenuhi syarat keseimbangan dan syarat batas. Batasan yang dimaksud adalah mengenai persyaratan yang harus dipenuhi, dalam hal ini Kuat lentur komponen struktur komposit harus ditentukan berdasarkan distribusi tegangan plastis.

2.5.2 Anggapan Analisis Plastis

Gaya-gaya-dalam ditetapkan menggunakan analisis plastis kaku. Dalam analisis plastis harus dapat dianggap bahwa sambungan- sambungan dapat memobilisasikan kekuatan penuhnya atau sebagian dari kekuatan penuhnya, selama kekuatan sambungan-sambungan tersebut direncanakan untuk tujuan ini, dan selama:

- untuk sambungan dengan kekuatan penuh, yang kapasitas momen sambungannya tidak kurang dari kapasitas momen penampang komponen-komponen struktur yang disambung, perilaku sambungan harus sedemikian rupa sehingga kapasitas rotasi sambungan pada setiap sendi plastis tidak terlampaui pada saat terjadinya mekanisme;
- untuk sambungan dengan sebagian dari kekuatan penuhnya, yang kapasitas momen sambungannya dapat lebih kecil daripada kapasitas momen komponen-komponen struktur yang disambung, perilaku sambungan harus sedemikian rupa sehingga memungkinkan terjadinya semua sendi plastis yang diperlukan untuk terjadinya mekanisme, sedemikian rupa sehingga kapasitas rotasi sambungan pada setiap sendi plastis tidak terlampaui.

2.6 Pengertian Balok

Balok adalah salah satu di antara elemen-elemen struktur yang paling banyak dijumpai pada setiap struktur. Balok adalah elemen struktur yang memikul beban yang bekerja tegak lurus dengan sumbu longitudinalnya. Hal ini menyebabkan balok itu melentur.

Dalam merencanakan penampang balok dibagi dalam 3 kategori:

1. kekuatan, yaitu pemeriksaan balok akibat bekerjanya momen lentur dan gaya geser.
2. Kekakuan, yaitu pemeriksaan balok akibat lendutan
3. Stabilitas, yaitu pemeriksaan balok akibat bahaya kip (tekuk lateral).

2.6.1 Analisa Balok Terhadap Kekuatan

Dalam menganalisa kekuatan balok biasanya unsur yang penting dominan yang harus diperiksa akibat bekerjanya momen pada balok, sedangkan unsur

yang lain adalah akibat gaya geser (gaya lintang), jadi dalam setiap menganalisis kekakuan balok, kedua unsur diatas harus selalu diperhitungkan sebagai berikut:

2.6.2 Analisa Kekuatan Balok Akibat Momen Lentur

Besarnya tegangan lentur balok akibat momen adalah :

$$\sigma_{\max} = \frac{M.Y_{\max}}{I_x} = \frac{M}{W_x} \leq \sigma \quad (3)$$

Keterangan :

W_x : Momen terhadap sumbu x-x

$\sigma_{\max}$: Tegangan lentur maksimum

I_x : Momen inersia terhadap sumbu x-x

$Y_{\max}$: Jarak garis netral ke tepi balok

2.6.3 Analisa Kekuatan Balok Akibat Gaya Geser

Besarnya tegangan geser yang bekerja pada balok adalah sebagai berikut

:

$$\tau_{\max} = \frac{D_{\max} . S_x}{t_b . I_x} < \tau = 0,58 . \sigma \quad (4)$$

Keterangan :

τ : tegangan geser balok akibat gaya geser

S_x : statis momen $\frac{1}{2}$ penampang profil balok terhadap sumbu x-x

t_b : bagian paling lemah untuk memikul gaya geser (dalam hal ini adalah tebal badan profil balok)

I_x : Momen inersia pada balok terhadap sumbu x-x

2.6.4 Analisa Kekuatan Balok Terhadap Kombinasi Momen Lentur dan Gaya Lintang

Besarnya gaya kombinasi akibat momen lentur dan gaya geser pada balok adalah :

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_{maks}^2} + 3 \sigma_{maks}^2 < T \quad (5)$$

2.6.5 Analisa Kekakuan Balok

Dalam menganalisis kekakuan balok, efek lendutan harus selalu dipertimbangkan. Besarnya lendutan maksimum yang boleh bekerja pada balok adalah :

$$\delta_{maks} = \delta : 1 / 250 L(10)$$

untuk balok primer (akibat beban mati dan hidup)

Keterangan :

δ_{max} : Lendutan maximum pada balok

δ : Lendutan ijin pada balok

2.6.6 Analisa Kekuatan Balok Terhadap Kestabilan

Dalam pemeriksaan kestabilan balok, efek tekuk lateral harus selalu diperhitungkan bahaya tekuk lateral pada balok disebut juga sebagai bahaya kip, dimana tegangan yang terjadi disebut tegangan kip. Besarnya tegangan kip yang terjadi pada balok dipengaruhi oleh dua kondisi bentuk balok sebagai berikut :

1. Balok yang penampangnya dapat berubah bentuk. balok, adalah balok-balok yang tidak memenuhi kondisi :

$$a. \frac{h}{tb} \leq 75 \quad (6)$$

$$b. \frac{L}{h} \geq 1.25 \frac{b}{ts} \quad (7)$$

Besarnya tegangan Kip yang terjadi adalah :

$$\sigma_{kip} = \omega_{iy} \times \sigma_{total} \quad (8)$$

Keterangan :

ω_{iy} : Faktor tekuk pada profil balok yang mengalami perubahan bentuk

2.7 Pengertian Kolom

Pada suatu konstruksi bangunan gedung, kolom berfungsi sebagai pendukung beban – beban dari balok dan pelat, untuk diteruskan ketanah dasar melalui pondasi. Beban dari pelat dan pelat ini berupa beban aksial tekan serta momen lentur (akibat kontinuitas konstruksi). Oleh karena itu dapat di definisikan, kolom ialah suatu struktur yang mendukung beban aksial dengan/tanpa momen lentur.

Struktur bangunan gedung terdiri atas dua bangunan utama, yaitu struktur bangunan bawah dan struktur bangunan atas. Struktur bangunan bawah, yaitu struktur bangunan yang ada dibawah tanah yang lazim disebut pondasi. Pondasi berfungsi sebagai pendukung bangunan diatasnya untuk diteruskan ke tanah dasar. Sedangkan struktur bangunan atas, yaitu stuktur bangunan yang berada diatas permukaan tanah, yang meliputi : struktur atap, pelat lantai, balok, kolom, dan dinding. Selanjutnya, balok dan kolom ini menjadi satu kesatuan yang kokoh dan sering disebut sebagai kerangka (portal) dari suatu gedung.

Pada struktur bangunan atas, kolom merupakan komponen struktur yang paling penting untuk diperhatikan, karena apabila kolom ini mengalami kegagalan, maka dapat berakibat keruntuhan struktur bangunan atas dari gedung secara keseluruhan.

2.7.1 Perencanaan Kolom

Batang-batang lurus yang mengalami tekanan akibat bekerjanya gaya-gaya batang aksial dikenal dengan sebutan kolom. Tiang atau batang desak, dimana kolom merupakan batang tekan tegak yang bekerja untuk menahan konstruksi atap yang keseluruhan beban-bebanya tersebut disalurkan melalui kolom lalu ke plat tapak kaki.

Beban yang mengakibatkan terjadinya lenturan lateral pada kolom disebut beban kritis dan merupakan beban maksimum yang masih dapat bertahan oleh kolom dengan aman.

Didalam merencanakan struktur baja kita harus memperhatikan keruntuhan akan batang tekan. Keruntuhan batang tekan dapat dikategorikan menjadi 2 yaitu :

1. Keruntuhan yang diakibatkan tegangan lelehnya dilampaui. Hal semacam ini terjadi pada batang tekan, keruntuhan batang tekan yang pendek.
2. Keruntuhan yang diakibatkan oleh terjadinya tekuk. Hal semacam ini terjadi pada batang tekan yang langsing (*slender column*).

2.7.2 Kip pada Kolom

Batang-batang yang penampangnya tidak berubah bentuk Panjang kritis L_{kr} pada kolom yang tidak berubah berubah bentuk adalah :
Untuk BJ.33, BJ.37, dan BJ.44

$$L_{kr} = (65 - 50 M/M_p) \cdot I_y \quad (9)$$

Tetapi L_{kr} tidak perlu kurang dari 40. I_y dan tidak boleh lebih dari 65. I_y

Keterangan :

L_{kr} : Panjang bentang kritis antara dua sokongan samping

i_y : Jari-jari perlawanan terhadap sumbu lemah
 M_p : Momen plastis
 M : Momen lentur

2.7.3 Stabilitas Batang Tekan (Tekuk)

Batang-batang yang menahan gaya tekan (PPBBI ps 11.1)

Batang-batang yang menahan beban tekan sentries harus dihitung berdasarkan PPBBI Bab 4.1 harus disesuaikan dengan syarat berikut

$$a) \quad \omega \frac{N}{A} \leq \sigma_1 \quad (10)$$

Keterangan :

ω : Factor tekuk

N : Gaya tekan sentris akibat beban perhitungan

A : Luas penampang

$$b) \quad \omega_x \frac{N}{A} + \frac{N \cdot e_x}{\omega_x} \leq \sigma_1 \quad (11)$$

$$c) \quad \omega_{\max} \frac{N}{A} \leq \sigma_1 \quad (12)$$

Keterangan : $\omega_{\max}$: Harga terbesar dari ω_x atau ω_y

Gaya tekan eksentris pada portal bergoyang (PPBBI ps 11.3)

Jika salah satu atau dikedua ujung batang terjadi sendi plastis, maka harus dipenuhi syarat sbb :

$$\frac{N}{N_{kn}} + 0,85 \frac{n_x}{n_x - 1} \frac{M_x}{M_p} \leq 1 \quad (13)$$

$$M_x \leq M_p \quad (14)$$

Juga harus dipenuhi untuk BJ 37

$$\frac{N}{A \sigma_1} + \frac{\lambda_x}{100} \leq 1 \quad (15)$$

Dimana :

λ_x : kelangsingan batang pada bidang portal

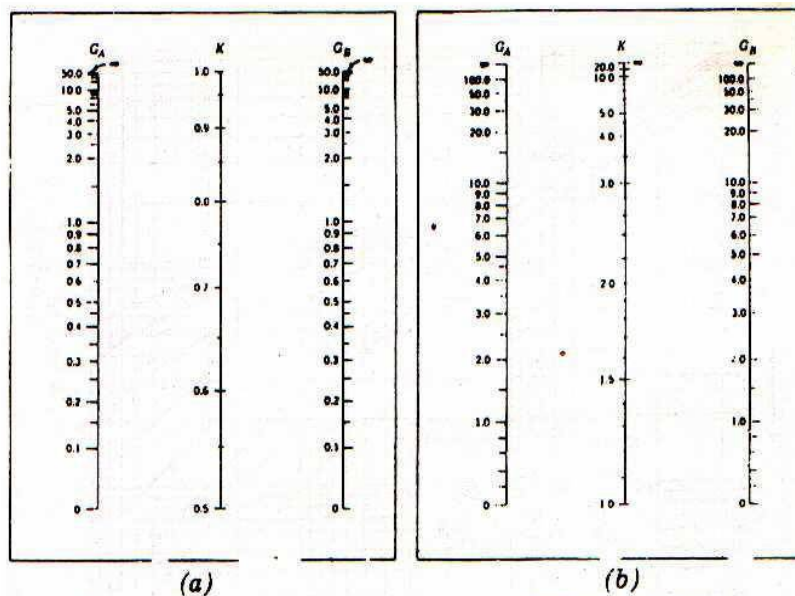
Ketentuan-ketentuan:

$$N_{kn} = \frac{A \cdot \sigma_1}{\omega_{\max}} \quad (16)$$

Dimana : $\omega_{\max}$: Harga terbesar dari ω_x atau ω_y

$$N_x = \frac{\pi \cdot E \cdot I_x}{N L^2 k_x} \quad (17)$$

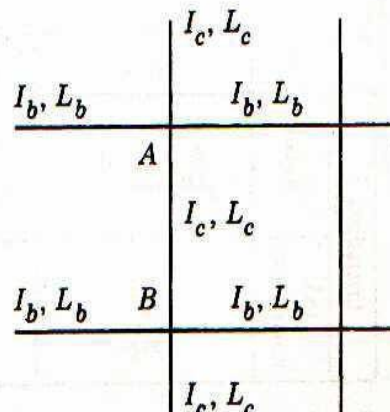
L_{kx} : Panjang tekuk pada bidang portal



Nomogram di atas dipergunakan untuk menentukan panjang tekuk sebuah batang yang merupakan bagian dari portal kaku.

$$G_A = \frac{\sum (I_{cA} / L_{cA})}{\sum (I_{bA} / L_{bA})} ; \quad L_k = KxL$$

$$G_B = \frac{\sum (I_{cB} / L_{cB})}{\sum (I_{bB} / L_{bB})} ;$$



Sumber : PPBBI, 1984

Untuk ujung kolom yang berupa sendi	$G = 10$
Untuk ujung kolom yang berupa sendi	$G = 1$

2.8 Alat Sambung Baut

Baut adalah alat sambung dengan batang bulat dan berulir, salah satu ujungnya dibentuk kepala baut(umumnya bentuk kepala segi enam) dan ujung lainnya dipasang mur/pengunci. Sambungan-sambungan dengan menggunakan baut tegangan tinggi, mempunyai kelebihan di dalam segi ekonomis dan penampilan dibandingkan dengan sambungan-sambungan yang menggunakan paku keling. Oleh sebab itu penggunaan baut merupakan metode utama yang dipakai untuk menyambung struktur-struktur baja di lapangan.

Ada dua jenis baut yang biasa dipakai pada konstruksi baja. Yang pertama adalah baut biasa yang terutama dipakai pada struktur-struktur ringan yang menahan beban statis atau untuk menyambung batang-batang sekunder. Jenis kedua adalah baut tegangan tinggi, yang dibuat dengan kadar karbon cukup dan diolah pada waktu masih dalam keadaan panas atau merupakan baja campuran yang mempunyai kekuatan tarik yang tinggi yang besarnya beberapa kali kekuatan baut biasa.

2.8.1 Syarat – syarat sambungan dengan baut

1. Tegangan – tegangan yang diijinkan dalam menghitung kekuatan baut adalah sebagai berikut :
 - Tegangan geser yang diijinkan :

$$\tau = 0,6 \sigma$$

- Tegangan tarik yang diijinkan :

$$\sigma_{ta} = 0,7 \sigma$$

- Kombinasi tegangan geser dan tegangan tarik yang diijinkan :

$$\sigma_1 = \sqrt{\sigma^2 + 1,56 \tau^2} \leq \sigma$$

- Tegangan tumpu yang diijinkan :

$$\sigma_{tu} = 1,5 \sigma \text{ untuk } s_1 \geq 2 a$$

$$\sigma_{tu} = 1,2 \sigma \text{ untuk } 1,5 d \leq s_1 < 2 d$$

Dimana :

S_1 = jarak dari sumbu baut yang paling luar ke tepi bagian yang disambung.

d = diameter baut

σ = tegangan dasar yang menggunakan tegangan dasar dari bahan baut dan menggunakan bahan dasar yang disambung.

2. Banyak baut yang dipasang pada suatu baris yang sejajar arah gaya tidak boleh lebih dari 5 buah.
3. Jarak antara sumbu baut paling luar ke tepi atau ke ujung bagian yang disambung, tidak boleh kurang dari $1,5d$ dan tidak boleh lebih dari $3d$ atau $6t$, dimana t adalah tebal terkecil bagian yang disambung.
4. Pada sambungan yang terdiri dari satu baris baut, jarak dari sumbu ke sumbu dari 2 baut yang berurutan tidak boleh kurang dari $2,5d$ dan tidak boleh lebih besar dari $7d$ atau $14t$.
5. Jika sambungna terdiri dari lebih dari satu baris baut yang tidak berseling, maka jarak antara kedua baris baut itu dan jarak sumbu ke sumbu dari 2 baut yang berurutan pada satu baris tidak boleh kurang dari $2,5d$ dan tidak boleh lebih besar dari $7d$ atau $14t$.
6. Jika sambungan terdiri lebih dari satu baris baut yang dipasang berseling, jarak antara baris – baris baut (u) tidak boleh kurang dari

2,5d dan tidak boleh lebih besar dari 7d atau 14t, sedangkan jarak antara satu baut dengan baut terdekat pada baris lainnya (s_2) tidak boleh lebih besar dari $7d - 0,5 u$ atau $14t - 0,5 u$.

2.9 Jenis-jenis Beban

Jenis-jenis beban yang biasa diperhitungkan dalam perencanaan struktur bangunan gedung adalah sebagai berikut :

1. Beban Mati qd (*Dead Load / DL*).

Beban mati adalah beban yang berasal dari material yang digunakan pada struktur dan beban mati tambahan yang bekerja pada struktur dan tak terpisahkan dari struktur itu. Pada perhitungan struktur menggunakan bantuan program ETABS, berat mati dari material dihitung secara otomatis berdasarkan input data material dan dimensi material yang digunakan.

Berat material bangunan tergantung dari jenis bahan bangunan yang dipakai. Contoh berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung berdasarkan PPIUG 1983 tabel 2.1 adalah

- Baja = 7850 kg/m³
- Batu alam = 2600 kg/m³
- Beton bertulang = 2400 kg/m³
- Pasangan bata merah = 1700 kg/m³

Beban mati tambahan adalah beban yang berasal dari *finishing* lantai (keramik, plester), beban dinding dan beban tambahan lainnya.

Sebagai contoh, berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983) :

- Beban finishing (keramik) = 24 kg/m²
- Plester 2.5 cm (2.5 x 21 kg/m²) = 53 kg/m²
- Beban ME = 25 kg/m²

- Beban plafond dan penggantung = 18 kg/m^2
- Beban dinding = 250 kg/m^2

2. Beban Hidup q_l (*Life Load* / LL).

Beban hidup merupakan beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Meski dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat dikatakan bekerja perlahan-lahan pada struktur..

Contoh beban hidup berdasarkan fungsi ruangan dari tabel 3.1 Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983).

Tabel 2.2 Beban hidup pada fungsi lantai

No	Fungsi Lantai	Besar Beban
1	Lantai dan tangga rumah tinggal kecuali yang disebut dalam b	200 kg/m^2
2	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk took, pabrik atau bengkel	
3	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit	250 kg/m^2
4	Lantai ruang olahraga	400 kg/m^2
5	Lantai ruang dansa	500 kg/m^2
6	Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari pada yang disebut dalam 1 s/d 5, seperti mesjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap	400 kg/m^2
7	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500 kg/m^2
8	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam 3	300 kg/m^2

9	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam 3 s/d 7	500 kg/m ²
10	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam 3 s/d 7	250 kg/m ²

Koefisien beban hidup diperlukan sebagai peluang untuk tercapainya suatu presentase tertentu dari beban hidup yang member struktur pemikul suatu gedung selama umur gedung tersebut, bergantung pada bagian atau unsure struktur yang ditinjau dan bergantung pula pada penggunaan gedung itu dan untuk apa beban hidup tersebut ditinjau. Contoh beban hidup berdasarkan fungsi ruangan dari tabel 3.3 Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983).

Tabel 2.3 Koefisien reduksi beban hidup

Penggunaan gedung	Koefisien reduksi beban hidup	
	Untuk perencanaan balok induk dan portal	Untuk peninjauan gempa
PERUMAHAN/PENGHUNIAN		
Rumah tinggal, asrama, hotel dan rumah sakit	0,75	0,30
PENDIDIKAN		
Sekolah dan ruang kuliah	0,90	0,50
PERTEMUAN UMUM		
Mesjid, gereja, bioskop, restoran, ruang dansa, dan ruang pagelaran	0,90	0,50
KANTOR		
Kantor dan bank	0,60	0,30

PERDAGANGAN		
Toko, toserba dan pasar	0,80	0,80
PENYIMPANAN		
Gudang, perpustakaan dan ruang arsip	0,8	0,8
INDUSTRI		
Pabrik dan bengkel	1,00	0,90
TEMPAT KENDARAAN		
Garasi dan gedung parker	0,90	0,50
GANG DAN TANGGA		
- Perumahan/penghunian	0,75	0,30
- Pendidikan kantor	0,75	0,50
- Pertemuan umum, perdagangan penyimpanan, industry dan tempat kendaraan	0,90	0,50

Tabel 2.4 Koefisien reduksi beban hidup kumulatif

Jumlah Lantai yang dipikul	Koefisien Reduksi yang dikalikan kepada beban hidup kumulatif
1	1,0
2	1,0
3	0,9
4	0,8
5	0,7

6	0,6
7	0,5
8 dan lebih	0,4

3. Beban Gempa (*Earthquake Load* / EL).

- Tipe profil tanah

Menurut SNI-03-1726-2002 pasal 4.6 menetapkan bahwa ada 4 macam jenis tanah, yaitu tanah keras, sedang, lunak, dan tanah khusus berdasarkan karakteristik dari lapisan tanah setebal maksimum 30m paling atas dipenuhi syarat-syarat yang tercantum dalam tabel 4.

Berdasarkan nilai hasil tes penetrasi standar N rata-rata,

Tanah keras $N \geq 50$

Tanah sedang $15 \leq N \leq 50$

Tanah lunak $N < 15$

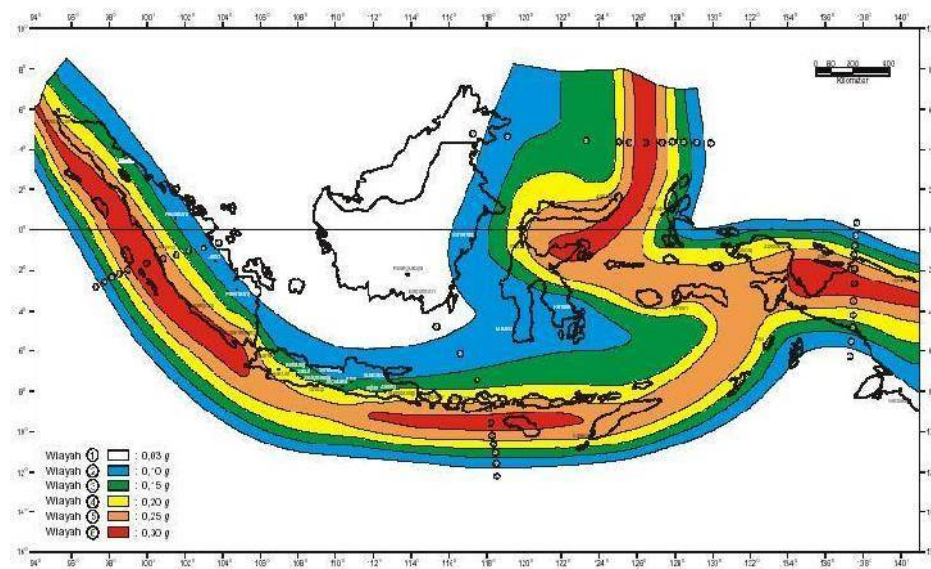
Tanah khusus adalah jenis tanah yang tidak memenuhi syarat-syarat yang tercantum dalam tabel tersebut.

- Wilayah gempa

Indonesia ditetapkan terbagi dalam 6 zona wilayah gempa seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1, dimana wilayah gempa 1 adalah wilayah dengan kegempaan paling rendah dan wilayah gempa 6 adalah wilayah dengan kegempaan paling tinggi. Dalam hal pembebanan gempa, penentuan lokasi akan berpengaruh terhadap perhitungan beban gempa. Perencanaan struktur gedung di wilayah gempa 1 dan 6 akan sangat jauh berbeda. dimana wilayah gempa 1 dan 6 akan sangat jauh berbeda. Hal ini disebabkan pembagian wilayah gempa didasarkan atas percepatan puncak batuan dasar akibat gempa rencana dengan periode ulang 500 tahun, yang nilai rata-ratanya berbeda di masing-masing lokasi untuk setiap wilayah gempa ditetapkan dalam tabel 5.

Percepatan puncak batuan dasar dan percepatan puncak muka tanah Ao ditetapkan juga sebagai percepatan minimum yang harus diperhitungkan dalam perencanaan struktur gedung untuk menjamin kekekaran minimum dari struktur gedung tersebut.

Sulawesi Utara merupakan salah satu daerah di Indonesia yang rawan terhadap gempa dengan zona gempa wilayah 5 yakni resiko gempa tinggi.



Gambar 2.2 Pembagian Wilayah Gempa untuk Indonesia.

- Kategori gedung

Pemakaian faktor keutamaan struktur (I) pada analisa perhitungan beban tahan gempa dimaksudkan untuk memperpanjang waktu ulang dari kerusakan struktur gedung akibat gempa dimana nilainya lebih besar dari 1,0. Faktor keutamaan struktur (I) penentuannya didasarkan pada fungsi bangunan yang dapat dilihat lebih lengkapnya pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.5 Faktor Keutamaan Struktur

Kategori Gedung	Faktor Keutamaan		
	I_1	I_2	I
Hunian, perniagaan, dan perkantoran.	1.0	1.0	1.0
Monumen dan Bangunan Monumental.	1.0	1.6	1.6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamat dalam keadaan darurat, fasilitas radio dan televisi.	1.4	1.0	1.4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1.6	1.0	1.6
Cerobong, tangki diatas menara.	1.5	1.0	1.5

- Daktilitas struktur

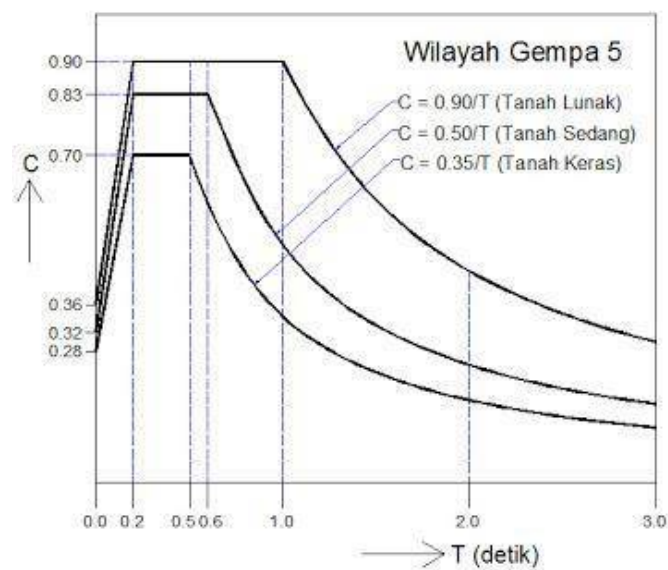
Daktilitas struktur memakai 2 parameter yaitu faktor daktilitas simpangan μ dan faktor reduksi gempa R . Daktilitas simpangan μ menyatakan ratio simpangan di ambang keruntuhan δ_m dan simpangan pada terjadinya pelelehan pertama. R adalah ratio beban gempa rencana dan beban gempa nominal. R ini merupakan indikator kemampuan daktilitas struktur gedung. Nilai μ dan R tercantum pada SNI-03-1726-2002 pasal 4.3 tabel 3.

Untuk struktur dengan sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral pada struktur tersebut dipikul oleh rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur, dan sistem tersebut adalah rangka pemikul momen khusus beton (SRPMK), maka faktor reduksi gempa R yang digunakan adalah 8.5.

- Faktro respon gempa

Faktor respons gempa C dinyatakan dalam perencanaan gravitasi yang nilainya bergantung pada waktu getar alami struktur gedung dan kurvanya ditampilkan dalam spektrum respons gempa rencana. Faktor respons gempa

ditunjukkan pada gambar 2 SNI-03-1726-2002 dalam gambar tersebut C adalah faktor respons gempa dinyatakan dalam percepatan gravitasi dan T adalah waktu getar alami struktur gedung yang dinyatakan dalam detik. Untuk $T=0$ nilai C tersebut menjadi sama dengan A_0 , dimana A_0 merupakan percepatan puncak muka tanah menurut tabel 5 SNI-03-1726-2002.



Gambar 2.3 Respons spektrum gempa rencana untuk wilayah gempa 5

- Bentuk struktur gedung

Bentuk suatu gedung dikategorikan sebagai gedung beraturan dan tidak beraturan. Sesuai SNI-03-1726-2002 pasal 4.2, beberapa syarat struktur gedung ditetapkan sebagai gedung beraturan apabila memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. Tinggi gedung diukur dari taraf penjepitan lateral tidak lebih dari 10 tingkat atau 40 m.
2. Denah struktur gedung adalah persegi panjang tanpa tonjolan dan walaupun mempunyai tonjolan, panjang tonjolan tidak melebihi 25% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah tonjolan tersebut.

3. Denah struktur gedung tidak menunjukkan coakan sudut dan walaupun mempunyai coakan sudut, panjang sisi coakan tersebut tidak lebih dari 15% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah sisi coakan tersebut.

Untuk struktur gedung beraturan, pengaruh gempa rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen, sehingga menurut SNI-03-1726-2002 analisisnya dapat dilakukan berdasarkan analisis statik ekuivalen. Analisa untuk struktur gedung beraturan dapat dilakukan berdasarkan analisis static ekuivalen yang tersebut pada pasal 6 SNI-03-1726-2002.

- Beban gempa nominal statik ekuivalen

Struktur gedung beraturan dapat direncanakan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam arah masing-masing sumbu utama denah struktur tersebut, berupa beban gempa nominal statik ekuivalen yang ditetapkan pada pasal 6 SNI-1726-2002. Besarnya Beban Gempa Dasar Nominal horizontal akibat gempa dinyatakan sebagai berikut :

$$V = \frac{CI}{R} W_t \quad (18)$$

dimana :

V = beban gempa dasar nominal (beban gempa rencana).

W_t = kombinasi dari beban mati dan beban hidup vertical yang direduksi.

C = spectrum respon nominal gempa rencana, yang besarnya tergantung dari jenis tanah dasar dan waktu getar struktur.

I = faktor keutamaan struktur.

R = faktor Reduksi Gempa.

Gaya geser dasar nominal V ini harus didistribusikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban-beban gempa nominal statik ekuivalen F_i yang bekerja pada pusat massa lantai tingkat ke-I menurut persamaan :

$$F_i = \frac{W_i \times Z_i}{\sum_{i=1}^n W_i \times Z_i} \quad (19)$$

2.9.1 Kombinasi Pembebanan

Agar supaya struktur dan komponen memenuhi struktur syarat ketentuan dan layak pakai terhadap bermacam-macam kombinasi beban. Menurut pasal 11.1 SNI 03-2847-2002, struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai dengan ketentuan cara ini.

Komponen struktur juga harus memenuhi ketentuan lain yang tercantum dalam tatacara ini untuk menjamin tercapainya perilaku stuktur yang baik pada tingkat beban kerja.

Kuat perlu adalah kekuatan suatu komponen struktur atau penampang yang diperlukan untuk menahan beban terfaktor atau momen atau gaya dalam yang berkaitan dengan beban tersebut dalam suatu kombinasi.

Kombinasi pembebanan untuk gedung sudah ditetapkan berdasarkan pasal 11.2 SNI 03-2847-2002. Kombinasi pembebanan pada perhitungan struktur gedung dapat dirangkum sebagai berikut :

1. 1.4 DL
2. 1.2 DL + 1.6 LL
3. 0.9 DL ± 1.0 E
4. 1.2 DL ± 1.0 LL ± 1.0 E

Dimana :

DL adalah beban mati

LL adalah beban hidup

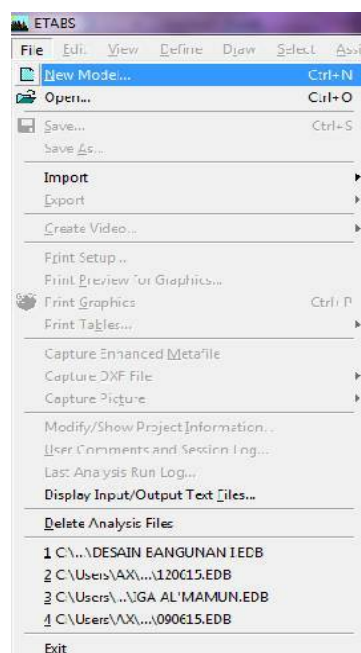
E adalah beban gempa

Beban kombinasi yang dimasukkan dalam Etabs adalah :

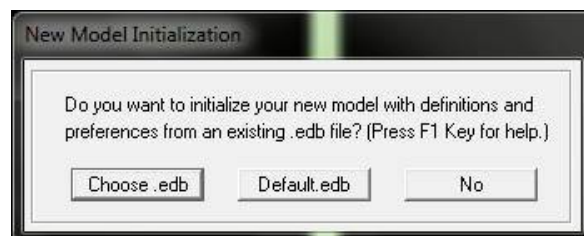
1. 1.4 DL
2. $1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL}$
3. $1.2 \text{ DL} + \text{LL} + F_x \pm 0,3 F_y$
4. $1.2 \text{ DL} + \text{LL} - F_x \pm 0.3 F_y$
5. $0.9 \text{ DL} + F_x \pm 0.3 F_y$
6. $0.9 \text{ DL} - F_x \pm 0.3 F_y$
7. $1.2 \text{ DL} + \text{LL} + 0.3 F_x \pm F_y$
8. $1.2 \text{ DL} + \text{LL} - 0.3 F_x \pm F_y$
9. $0.9 \text{ DL} + 0.3 F_x \pm F_y$
10. $0.9 \text{ DL} - 0.3 F_x \pm F_y$

2.10 Program Etabs

1. Buka aplikasi *Etabs*
2. klik *New Model* pada menu toolbar untuk membuka model kerja baru, Kemudian setelah keluar diaolog *New Model* klik *No* untuk meneruskannya.

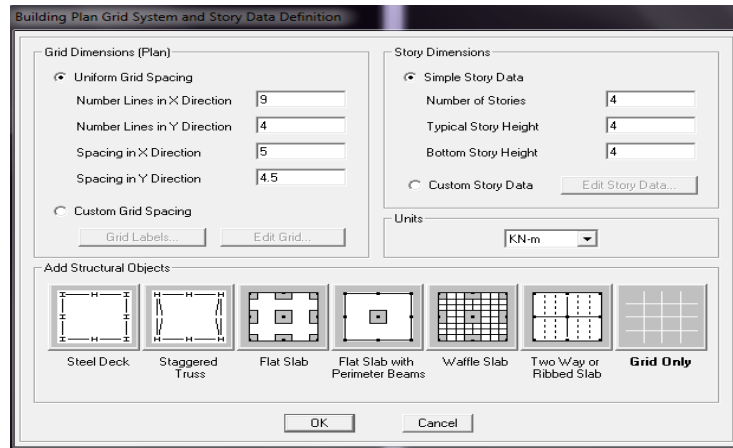


Gambar 2.4 Menu File



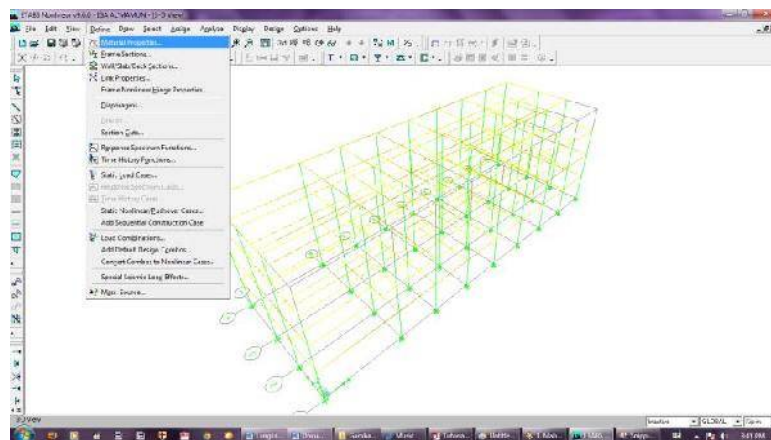
Gambar 2.5 New Model Initialization

3. Menentukan Geometri Struktur, setelah mengklik *No* pada kotak dialog *New Model Initialization* tadi akan muncul kotak dialog *Building Plan Grid System* dan *Story Data Definition*.



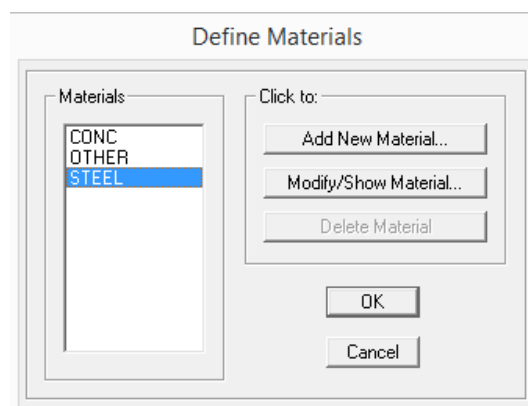
Gambar 2.6 Building Plan Grid System and Story Data Definition

4. Ubah satuan menjadi Kg.m, kemudian mengisi data sesuai struktur yang akan di hitung.
5. Menentukan material bangunan terdapat elemen penyusun dari bangunan itu, dan elemen itu mempunyai karakteristik berbeda – beda seperti baja dengan beton dan juga bahan yang lainnya. Untuk menentukan karakteristik dari material – material tersebut langkah – langkahnya adalah sebagai berikut:
 - a. Klik menu *Define – Material Properties*.

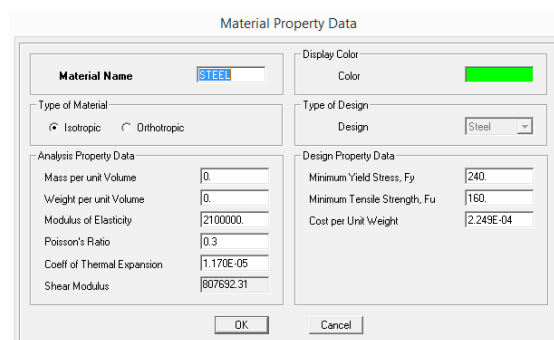


Gambar 2.7 Material Properties

- b. Setelah mengklik *Material Properties* , maka akan muncul kotak dialog *Define Materials* , kemudian klik steel (karena elemen struktur yang akan dibuat itu dari baja), kemudian klik *Modify/Show Material*.

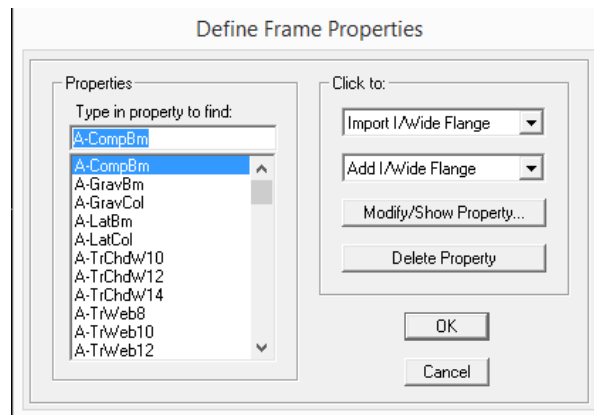


Gambar 2.8 *Define Material*

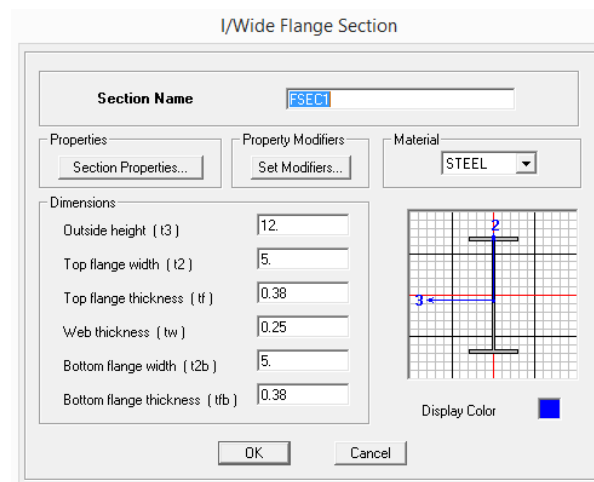


Gambar 2.9 *Material Property Data*

6. Langkah selanjutnya Input data balok dan kolom. Dimensi balok yang diinput dalam ETABS, berikut langkah-langkahnya :
- Pilih menu *define, frame sections*
 - Pada options “*define frame property*”, dipilih *add I/Wide Flange*

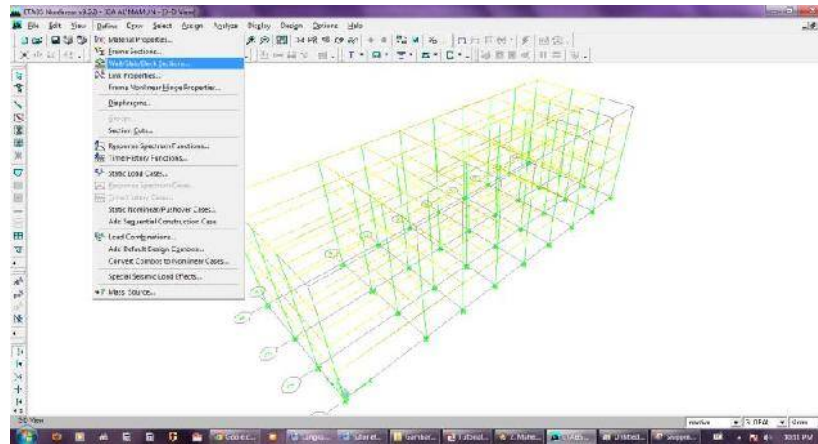


Gambar 2.10 *Define Frame Properties*

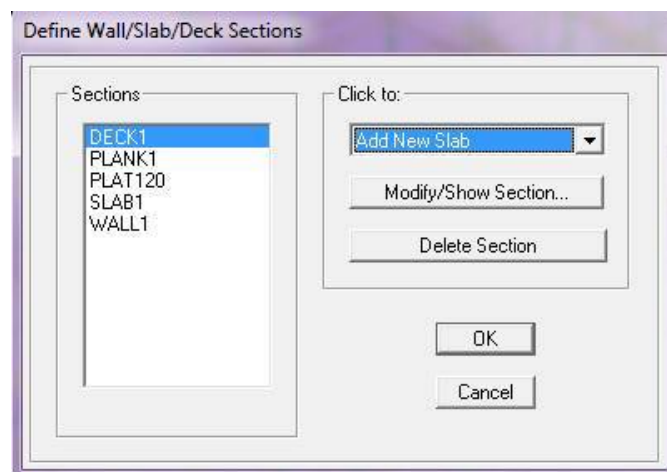


Gambar 2.11 Dimensi penampang dan jenis material kolom dan balok

7. Karena bangunan memiliki plat, maka perlu di rencanakan profil dari plat itu sendiri, langkah – langkah menentukan plat yaitu sebagai berikut:
 - a. Klik pada menu *Define*, kemudian pilih *Wall/Slab/Deck Section*.

Gambar 2.12 Menu *Wall/Slab/Deck Section*

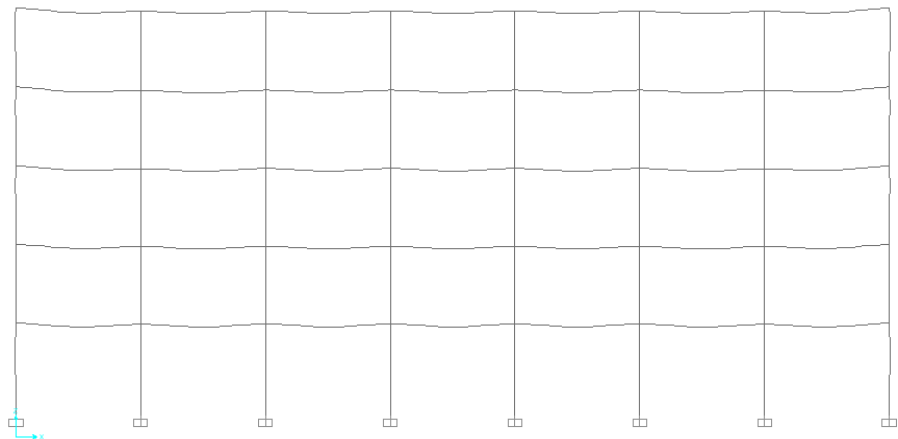
- b. Setelah itu pilih *Define Slab/Deck section* pada kotak dialog, lalu klik *Add New Slab*.

Gambar 2.13 *Define Slab/Deck section*

8. Memasukkan Beban yang bekerja, beban yang di masukkan sebelumnya sudah dihitung, dan dikalikan dengan faktor keamanan. Sehingga pemasangan beban pada struktur yaitu *select, by frem sections*, pilih dan klik balok, dan klik *ok*, selanjutnya pilih *assigen, frem/line loads, distributet*.

Gambar 2.14 Mengisi beban

9. Kemudian menghitung konstruksi portal tersebut, pilih menu *analysis* > *run analysis* akan menghitung konstruksi balok tersebut dan akan muncul gambar deformasi struktur portal tersebut.



Gambar 2.15 Deformasi struktur

10. Menampilkan bidang momen struktur *display, show member forces/stresses diagram, frame/pier/spendrel force* untuk