

TUGAS AKHIR

**TINJAUAN PENULANGAN STRUKTUR PADA
PROYEK RUKO BLOK E KAWASAN MEGAMAS
MANADO**

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

Oleh :

**Lucky H. Tamapedung
09 012 028**



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

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Pengertian beton

Beton di definisikan sebagai “campuran antara semen portland atau semen hidrolak yang lain, agregat halus, *agregat kasar*, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan pembentuk massa padat” (SK SNI T-15-1991-03). Sifat-sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja dari beton yang di buat. Pemilihan material yang memenuhi persyaratan sangat penting dalam perencanaan beton, sehingga di peroleh kekuatan yang optimum. Selain itu kemudahan pekerjaan (*workabilitas*) juga sangat di butuhkan pada perancangan beton. Meskipun suatu struktur beton di rancang agar mempunyai kuat tekan yang tinggi, tetapi jika rancangan tersebut tidak dapat di implementasikan di lapangan karna sulit untuk di kerjakan, maka rancangan tersebut menjadi percuma. (Dipohusodo, 1994)

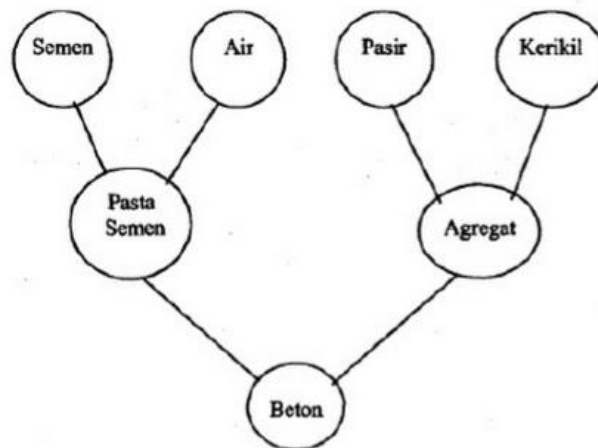
Biasanya dipercayai bahwa beton mengering setelah pencampuran dan peletakan. Sebenarnya, beton tidak menjadi padat karena air menguap, tetapi berhidrasi, mengelem komponen lainnya bersama dan akhirnya membentuk material seperti batu. Beton di gunakan untuk membuat perkerasan jalan, struktur bangunan, fondasi, jalan, jembatan penyebrangan, struktur parkir, dasar untuk pagar/gerbang, dan semen dalam bata atau tembok blok.

Dalam perkembangannya banyak ditemukan beton baru hasil modifikasi, seperti beton ringan, beton semprot, beton fiber, beton berkekuatan sangat tinggi, beton mampat sendiri, dan lain-lain. Saat ini beton merupakan bahan bangunan yang paling banyak di pakai di dunia. (Dr. Edward G. Nawy, 1998)

2.2. Material Penyusun Beton

Semen yang di aduk dengan air akan membentuk pasta semen. Jika pasta semen ditambah dengan pasir akan menjadi mortar semen. Jika di tambah lagi dengan kerikil/batu pecah di sebut beton. Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% -2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40% dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%. Untuk mendapatkan kekuatan

yang baik, sifat dan karakteristik dari masing-masing bahan penyusun tersebut perlu dipelajari.



Gambar 2.1 Material Penyusun Beton

2.3. Sifat Beton

Sebagaimana disebutkan sebelumnya, beton memiliki kuat tekan yang tinggi namun kuat tarik yang lemah. Untuk kuat tekan, di Indonesia sering digunakan satuan kg/cm^2 dengan simbol K. Misal, beton mutu K300 berarti memiliki kuat tekan 30 Mpa. Kuat hancur dari beton sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor :

- ✓ Jenis dan kualitas semen
- ✓ Jenis dan lekak lekul bidang permukaan agregat. Kenyataan menunjukkan bahwa penggunaan agregat akan menghasilkan beton dengan kuat tekan dan kuat tarik lebih besar dari pada penggunaan kerikil halus dari sungai.
- ✓ Perawatan. Kehilangan kekuatan sampai dengan sekitar 40% dapat terjadi bila pengeringan dilakukan sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan lapangan dan pada pembuatan benda uji.
- ✓ Suhu. Pada umumnya kecepatan pengerasan beton bertambah dengan bertambahnya suhu. Pada titik beku kuat tekan akan tetap lemah untuk waktu yang lama.
- ✓ Umur. Pada keadaan normal kekuatan beton bertambah dengan umurnya.

2.4. Kelebihan Beton

- ✓ Harganya relatif murah karna menggunakan bahan-bahan dasar dari bahan lokal, kecuali semen portland.
- ✓ Beton termasuk tahan aus dan tahan kebakaran, sehingga biaya perawatan termasuk rendah.
- ✓ Beton termasuk bahan yang berkekuatan tekan tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap perkaratan/pembusukan oleh kondisi lingkungan.
- ✓ Ukuran lebih kecil jika di bandingkan dengan beton tak bertulang atau pasangan batu.
- ✓ Beton segar dapat dengan mudah di angkut maupun di cetak dalam bentuk apapun dan ukuran seberapaapun tergantung keinginan.

2.5. Kekurangan Beton

- ✓ Kuat tarik rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu di beri baja tulangan, atau tulangan kasa.
- ✓ Beton segar mengerut saat pengeringan dan beton keras mengembang jika basah sehingga dilatasi (*contraction joint*) perlu di adakan pada beton yang panjang atau lebar untuk memberi tempat bagi susut pengerasan dan pengembangan beton.
- ✓ Beton keras mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu sehingga perlu di buat dilatasi (*expansion joint*) untuk mencegah terjadinya retak-retak akibat perubahan suhu.
- ✓ Beton sulit untuk kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat di masuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton.
- ✓ Bersifat getas (tidak daktil) sehingga harus dihitung di detail secara saksama agar setelah di kombinasikan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa.

2.6. Tinjauan Umum

Dalam perencanaan suatu struktur bangunan, pemahaman akan dasar teori sangatlah dibutuhkan. Terutama pemahaman akan perilaku beban terhadap struktur mutlak harus dikuasai. Pemahaman teori akan beban yang akan ditinjau merupakan suatu hal yang sangat vital dalam merencanakan sebuah bangunan

begitu pula dengan pembangunan Ruko ini di rencanakan dengan konsep bangunan berbentuk persegi panjang namun dalam pembangunan ruko yang di bangun ada enam unit dan ada satu daerah yang di delatasi. Bangunan dengan bentuk persegi panjang merupakan salah satu bentuk yang banyak di bangun di seluruh daerah. Karna mengingat daerah Sulawesi utara termasuk kedalam zona gempa wilayah 5, dan mengingat pula daerah pembangunan Ruko ini merupakan daerah reklamasi atau tanah timbunan maka struktur harus didesain dengan baik agar bangunan aman dari gempa bumi sehingga dapat menjamin keselamatan pengguna bangunan.

Dalam bagian ini akan di jelaskan tentang tata cara dan langkah-langkah perhitungan struktur mulai dari perhitungan pembebanan, perhitungan struktur atas yang meliputi balok dan pelat serta metode pelaksanaannya. Studi pusteka di maksudkan agar dapat memperoleh hasil perencanaan yang optimal dan akurat. Oleh karena itu, di dalam bagian ini pula akan di bahas mengenai konsep pemilihan sistem struktur dan konsep perencanaan atau desain struktur bangunannya, seperti konfigurasi denah dan pembebanan yang telah di sesuaikan dengan syarat-syarat dasar perencanaan suatu gedung bertingkat yang berlaku di indonesia sehingga di harapkan hasil yang di peroleh nantinya tidak akan menimbulkan kegagalan struktur.

Desain merupakan perhitungan setelah dilakukan analisis struktur. Lingkup desain pada struktur beton konvensional meliputi pemilihan dimensi elemen dan perhitungan tulangan yang diperlukan agar penampang elemen mempunyai kekuatan yang cukup untuk memikul beban-beban pada kondisi kerja (*service load*) dan kondisi batas (*ultimate load*). Struktur dirancang dengan konsep kolom kuat balok lemah (*strong coulumn weak beam*), dimana sendi plastis direncanakan terjadi di balok untuk meratakan energi gempa yang masuk. Pemilihan sistem struktur atas (*upper structure*) mempunyai hubungan yang erat dengan sistem fungsional gedung. Desain struktural akan mempengaruhi desain gedung secara keseluruhan. Dalam proses desain struktur perlu kiranya dicari kedekatan antara sistem struktur dengan masalah-masalah seperti arsitektural, efisiensi, *serviceability*, kemudahan pelaksanaan dan juga biaya yang diperlukan.

2.7 Pembebanan Pada Struktur

Dalam melakukan analisis desain suatu struktur, sangatlah di perlukan gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur. Hal yang penting dan mendasar adalah pemisahan antara beban-beban yang bersifat statis dan dinamis. Gaya statis adalah gaya yang bekerja secara terus-menerus pada struktur dan di asosiasikan dengan gaya-gaya ini juga secara perlahan-lahan timbul, dan juga mempunyai karakter *steady state*.

Sedangkan gaya dinamis adalah gaya yang bekerja secara tiba-tiba pada struktur. Pada umumnya tidak bersifat *steady state* dan mempunyai karakteristik besar dan lokasinya berubah-ubah dengan cepet. Gaya dinamis dapat menyebabkan terjadinya osilasi pada struktur sehingga deformasi puncak tidak terjadi bersamaan dengan terjadinya gaya terbesar.

a. Beban Statis

Jenis-jenis beban statis menurut PPIUG 1983 adalah sebagai berikut :

1). Beban mati (*Dead Load*)

beban mati merupakan beban yang intensitasnya tetap dan posisinya tidak berubah selama usia penggunaan bangunan. Biasanya beban mati merupakan berat sendiri dari suatu bangunan, sehingga besarnya bisa di hitung secara akurat berdasarkan ukuran, bentuk dan berat jenis materialnya. Jadi, berat dinding, lantai, balok, langit-langit dan sebagainya di anggap sebagai beban mati bangunan.

Tabel 2.1. Beban Mati Pada Truktur

No	Jenis bahan	Berat (kg/m ³)
1	beton normal	2400
2	pasir	1800
3	spesi	20
4	pasangan bata merah tebal setengah batu	250
5	keramik	24
6	plafond dan penggantung	18
7	<i>Mechanical engineering</i>	30

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983)

2). Beban Hidup (*Life Load*)

beban hidup merupakan beban yang dapat berpindah tempat, dapat bekerja penuh atau tidak ada sama sekali. Contoh dari beban ini misalnya beban hunian, lalu lintas orang, serta lalu lintas kendaraan (Pada jembatan). Beban hidup minimum yang harus di terapkan pada bangunan biasanya telah di tetapkan dalam peraturan setempat yang berlaku. Beban hidup dapat pula di reduksi bila tidak semua daerah pembebanan di bebani penuh secara bersamaan, atau untuk elemen yang mempunyai daerah pembebanan yang luas.

Tabel 2.2. Beban hidup Pada Lantai Bangunan

No	Beban Hidup Lantai Bangunan	Besar beban (kg/m ²)
1	kantor dan sarana penunjang	250
2	balkon luar	300
3	lantai ruang mesin, dan bangsal	400
4	tangga dan bordes	300
5	lantai leufel	100
6	atap	100

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983)

Selain itu beban hidup juga merupakan semua beban yang terjadi akibat penghuni atau pengguna suatu gedung, termasuk beban – beban pada lantai yang berasal dari barang – barang yang dapat berpindah, mesin – mesin serta peralatan yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan pembebanan lantai dan atap tersebut. Khususnya pada atap, beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan.

Berhubung peluang untuk terjadi beban hidup penuh yang membebani semua bagian dan semua unsur struktur pemikul secara serempak selama unsur gedung tersebut adalah sangat kecil, maka pada perencanaan balok induk dan portal dari system pemikul beban dari suatu struktur gedung, beban hidupnya dikalikan dengan

suatu koefisien reduksi yang nilainya tergantung pada penggunaan gedung yang ditinjau, seperti diperlihatkan pada tabel 2.3.

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, rumah sakit	0,75	0,30
PENDIDIKAN : Sekolah, ruang kuliah	0,90	0,50
PERTEMUAN UMUM : Mesjid, gereja, bioskop, restoran, ruang dansa, ruang pagelaran	0,90	0,50
KANTOR : Kantor, bank	0,60	0,30
PERDAGANGAN : Toko, toserba, pasar	0,80	0,80
PENYIMPANAN : Gudang, perpustakaan, ruang arsip	0,80	0,80
INDUSTRI : Pabrik, bengkel	1,00	0,90
TEMPAT KENDARAAN : Garasi, gedung parkir	0,90	0,50
GANG DAN TANGGA : – perumahan/penghunian	0,75	0,30
– pendidikan, kantor	0,75	0,50
– pertemuan umum, perdagangan penyimpanan, industri, tempat kendaraan	0,90	0,50

Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983)

3). Beban Angin (Wind Load)

Semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung di sebabkan oleh selisih dalam tekanan udara (pasal 1.0. ayat 3, PPIUG 1983). Beban angin di tentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang yang di tinjau. Besarnya tekanan di tentukan dengan mengalikan tekanan tiup dan koefisien angin (Pasal 4.1, PPIUG 1983).

- Tekanan tiup : 25 kg/m^2
- Koefisien angin : di pihak angin $\alpha < 65^\circ$ ($0,02 \alpha - 0,4$)
Di belakang angin untuk semua α (-0,4)

4) Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen, yang bekerja pada gedung atau bagian gedung, yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa. Beban gempa dasar gedung yaitu beban horisontal lateral yang bekerja dari gedung terhadap pondasi dapat di hitung dengan rumus :

$$V = \frac{C_1 I}{R} W_t \quad (1)$$

Dimana :

F_1 = beban gempa pada lantai tingkat ke-i (ton)

Z_1 = ketinggian lantai tingkat ke-i (m)

W_1 = berat lantai tingkat ke-i (ton)

V = beban geser dasar nominal (ton)

2.8. Elemen - Elemen Struktur

Elemen-elemen struktur yang biasa di jumpai pada suatu bangunan di antaranya adalah balok, kolom, dan pelat.

2.8.1. Struktur Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya bangunan (collapse).

SK SNI T-15-1991-03 mendefinisikan kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak di topang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Adapun jenis kolom ada tiga macam yaitu :

1. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral, kolom ini merupakan kolom beton yang di tulangi dengan batang tulangan pokok memanjang, yang pada jarak spasi tersebut di ikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral. Tulangan

ini berfungsi untuk memegang tulangan pokok memanjang agar tetap kokoh pada tempatnya.

2. Kolom menggunakan pengikat spiral, bentuknya sama dengan yang pertama hanya saja sebagai pengikat tulangan pokok memanjang adalah tulangan spiral yang di lilitkan keliling membentuk heliks menerus di sepanjang kolom. Fungsi dari tulangan spiral adalah memberi kemampuan kolom untuk menyerap deformasi cukup besar sebelum runtuh, sehingga mampu mencegah terjadinya kehancuran seluruh struktur sebelum proses redistribusi momen dan tegangan terwujud.
3. Struktur kolom komposit, merupakan komponen struktur tekan yang di perkuat pada arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa di beri batang tulangan pokok memanjang.

Adapun fungsi dari struktur kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Selain itu juga berfungsi sangat penting agar bangunan tidak mudah roboh. Beban sebuah bangunan di mulai dari atap. Beban atap akan meneruskan beban yang di terimanya ke kolom dan seluruh beban yang di terima kolom akan di distribusikan ke permukaan tanah di bawahnya.

Struktur dalam kolom di buat dari besi dan beton yang keduanya merupakan gabungan antara material yang tahan tarikan dan tekanan, sedangkan beton adalah material yang tahan tekanan. Gabungan dari kedua material ini dalam struktur beton memungkinkan kolom atau bagian struktural lain seperti sloof dan balok mampu menahan gaya tekan dan gaya tarik pada bangunan.

Kolom harus di rencanakan untuk memikul beban aksial berfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum yang berasal dari beban berfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang di tinjau. Untuk konstruksi rangka atau struktur menerus, pengaruh dari adanya beban yang tak seimbang pada lantai atau atap terhadap kolom luar ataupun dalam harus di perhitungkan. Kolom bertulang hampir selalu mengalami lentur, selain juga gaya aksial, sebagai akibat kondisi pembebanan dan hubungan dengan elemen struktur lain.

Elemen struktur kolom mempunyai nilai perbandingan antara panjangnya dengan dimensi penampang melintang relatif kecil di sebut kolom pendek dan kegagalannya di tentukan oleh tekuk. Dalam perhitungan momen akibat beban gravitasi yang bekerja pada kolom dapat di anggap terjepit, selama ujung-ujung tersebut menyatu dengan komponen struktur lainnya. Momen yang bekerja di setiap level lantai atau atap harus di pada kolom atas dan di bawah berdasarkan kekakuan relatif kolom.

Perbandingan b/h dari kolom tidak $<$ dari 0,4 dan dimensi minimumnya = 300 mm. diameter tulangan yang di gunakan pada kolom harus $>$ 12 mm. diameter minimum sengkang untuk kolom harus 8mm. lusan tulangan minimum untuk beban = 1% dari luas penampang dan luas tulangan maksimumnya = 6%.

Semua dimensi kolom berbentuk bujur sangkar dengan lebar minimal sama dengan lebar balok yang di tumpuhnya, dan harus memenuhi ketentuan pada “*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*” pasal 3.14.4 ayat 1.

$b_{min} = 300\text{mm}$, dimana

$$\frac{b}{h} \geq 0,4 \text{ dan } \frac{L}{b} \leq 16 \quad (2)$$

dimana :

b = dimensi penampang terpendek (mm)

h = dimensi penampang yang tegak lurus penampang terpendek (mm)

L = tinggi kolom (mm)

2.8.2. Struktur balok

Balok merupakan bagian elemen struktur yang lurus dan terbebani secara transversal. Di katakan terbebani secara transversal karena elemen ini biasanya terbebani oleh gaya dari berbagai arah yaitu gaya vertikal, horizontal dan momen. Biasanya pada bangunan gedung, elemen balok akan menerima beban dari pelat lantai yang di atasnya dan kemudian di salurkan ke kolom.

Balok dapat memiliki banyak nama seperti balok anak (joist), balok utama (girder), kasau atau rusuk (rafter), dan purlin. Balok dapat juga dapat menumpu gaya-gaya aksial. Apabila gaya aksial tersebut merupakan gaya dalam yang merupakan gaya tekan, maka elemen struktur itu di sebut dengan istilah balok-kolom.

Balok penumpuh beban-beban dalam sebuah jarak tertentu yang di sebut bentang. Beban-beban balok dapat merupakan sebuah gaya terpusat, atau sebuah beban yang merata pada beberapa ataupun seluruh bagian dari balok.

Hal utama yang di alami oleh suatu balok adalah kondisi tekan dan tarik dan tekan pada tulangan pada setiap penampang komponen struktur beton bertulang harus di salurkan pada masing-masing sisi penampang melalui panjang pengangkuran. Kait atau alat mekanis sebaiknya tidak di pergunakan untuk menyalurkan tulangan yang berada dalam kondisi tekan.

Perencanaan suatu balok adalah penetapan penampang lintang yang mampu menyediakan ketahanan paling efektif terhadap aksi lentur dan geser yang di akibatkan oleh pembebanan yang bekerja. Ada 2 bagian analisis untuk perencanaan balok yaitu :

- 1) Penetapan berupa gaya-gaya geser dan momen lentur ketika balok harus menyangga sistem pembebanan tertentu.
- 2) Berkaitan dengan upaya pemilihan dimensi penampang lintang agar mampu menahan gaya-gaya geser dan momen lentur yang di dapat dari bagian pertama.

Dari bentuknya balok di kelompokkan menjadi tiga yaitu balok T, balok L, dan balok persegi. Adapun jenis-jenis perletakan pada balok yaitu :

- Perletakan sendi (*pin support*)

Sendi menghasilkan komponen gaya reaksi transversal dan komponen-komponen gaya reaksi longitudinal, perletakan sendi tidak dapat menahan rotasi, yang tidak ada momen reaksi pada sebuah tumpuan sendi.

- Perletakan roll (*roller*)

Perletakan ini menghasilkan reaksi balok transversal tetapi tidak dapat menghasilkan gaya reaktif dalam arah longitudinal, atau reaksi momen. Bagian struktur yang paling umum adalah sebuah balok yang di beri tumpuan sendi pada ujung dari bentang, dan dari tumpuan roll pada ujung yang lainnya. Balok ini di sebut balok sederhana.

- Perletakan jepit (*fixed end*)

Pada perletakan ini menghasilkan komponen-komponen gaya reaktif dan longitudinal dan komponen-komponen gaya yang reaktif transversal serta sebuah momen reaktif. Balok kantilever adalah balok yang di tumpuh oleh seluruh ujung jepit dengan ujung lainnya.

Balok harus mempunyai perbandingan lebar/tinggi $> 0,3$ dan lebar balok harus lebih besar dari 250 mm dan tidak boleh lebih besar dari kolom yang mendukungnya di tambah $\frac{3}{4}$ kali tinggi balok.

Syarat dimensi awal balok harus memenuhi ketentuan pada “*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*” Tabel 3.2.5(a) dan pasal 3.14.3 ayat 1.

Syarat minimum :

untuk balok dengan dua tumpuan sederhana

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \quad (3)$$

$$b_{\min} = \frac{b}{h} \geq 0,3 \quad (4)$$

dimana :

b = lebar penampang balok (mm)

h = tinggi penampang balok (mm)

L = panjang bentang balok, di ukur dari As ke As (mm)

1). Tulangan Longitudinal Balok

- a. untuk mendapatkan daktilitas yang cukup presentasi tulangan memanjang di batasi maksimum 2,5%.
- b. Luas tulangan memanjang minimum

$$\frac{1,4}{F_y} \times h \times b \quad (5)$$
- c. Pemakaian tulangan geser miring sebaiknya di hindarkan.
- d. Pemutusan penulangan harus di dasarkan bahwa sendi plastis yang di rencanakan tempat terjadinya harus di jamin lokasinya sehingga tidak menimbulkan penampang-penampang kritis baru, pemutusan semua penulangan pada satu tempat sebaiknya dapat di hindari.
- e. Kait dan bengkokan harus di sesuaikan dengan peraturan SNI
- f. Pada balok beton yang merupakan bagian struktur rangka terbuka menahan beban gempa maka kapasitas momen positif harus minimal sebesar 50% kapasitas momen negatifnya dan sedikit-dikitnya ada dua buah tulangan memanjang pada seluruh batang balok.
- g. Sebaiknya untuk tulangan memanjang pada balok di gunakan baja lunak untuk menjamin terbentuknya sendi plastis pada balok.

2. Sengkang Pada Balok

- a. Diameter minimum sengkang sebaiknya 8 mm.
- b. Penulangan sengkang minimum harus di pasang dengan jarak $4h$ dari ujung balok.
- c. Gaya geser tidak boleh diterima oleh tulangan tarik miring.
- d. Sengkang yang lebih di sarankan adalah sengkang tertutup, sengkang terbuka juga dapat di gunakan asalkan panjang penyalurannya cukup dan di beri sengkang penutup.
- e. Bila syarat-syarat sengkang tidak di tentukan oleh perhitungan geser maka syarat minimum pendetailan balok harus di penuhi.

2.8.3. Pelat lantai

Pelat merupakan salah satu elemen struktur horizontal yang dipengaruhi oleh panjang bentang dan beban yang bekerja padanya. Pelat juga merupakan salah satu elemen struktur yang lebih dominan memikul momen lentur dan gaya geser, jika di bandingkan dengan gaya aksial. Oleh sebab itu perlu di perkuat dengan tulangan baja terutama pada daerah serat taiknya.

Adapun fungsi plat lantai adalah sebagai berikut :

1. Memisahkan ruang atas dan ruang bawah
2. Sebagai tempat berpijak penghuni di lantai atas
3. Untuk meletakkan kabel listrik dan lampu pada ruang bawah
4. Meredam suara dari ruang atas maupun dari ruang bawah
5. Menambah kekuatan bangunan pada arah horizontal

Plat lantai harus direncanakan kaku, rata, lurus dan waterpas (mempunyai ketinggian yang sama dan tidak miring), agar terasa mantap dan enak saat di jadikan pijakan kaki. Ketebalan plat lantai di tentukan oleh beban yang harus di dukung, besar lendutan yang di ijinakan, lebar bentangan atau jarak antar balok-balok pendukung, bahan konstruksi dari plat lantai.

Pada plat lantai hanya di perhitungkan adanya beban tetap saja (penghuni, perabotan, berat lapis tegel, berat sendiri plat) yang bekerja secara tetap dalam waktu lama. Sedangkan beban tak terduga seperti gempa, angin, getaran tidak di perhitungkan.

Plat lantai umumnya di cor di tempat bersama-sama balok penumpu dan kolom pendukungnya. Dengan demikian akan di peroleh hubungan yang kuat yang menjadi satu kesatuan, hubungan ini di sebut jepit-jepit, tulangan plat lantai harus dikaitkan kuat pada tulangan balok penumpu. perencanaan dan hitungan plat lantai dari beton harus mengikuti persyaratan yang tercantum dalam buku SNI beton.

Pelat lantai dari beton mempunyai keuntungan antara lain:

1. Mampu mendukung beban besar
2. Merupakan isolasi suara yang baik
3. Tidak dapat terbakar dan dapat lapis kedap air, jadi di atasnya boleh di buat dapur dan kamar mandi/wc
4. Dapat di pasang tegel untuk keindahan lantai
5. Merupakan bahan yang kuat dan awet, tidak perlu perawatan dan dapat berumur panjang.

Penulangan pelat yang di rencanakan untuk menahan beban-beban gravitasi yang biasanya merupakan suatu kesatuan struktur balok dan lantai berperilaku cukup baik sebagai penahan beban lentur dan sebagai diafragma horisontal untuk menyebarkan gaya-gaya gempa. Diameter minimum tulangan pelat adalah 8 mm.

Untuk menghindari lenturan yang besar, maka bentangan plat lantai jangan di buat terlalu lebar, untuk itu dapat di buat balok-balok sebagai tumpuan yang juga berfungsi menambah kekuatan plat.

Bentangan plat yang besar juga akan menyebabkan plat tebal dan jumlah tulangan yang di butuhkan akan menjadi lebih banyak, itu berarti berat bangunan akan menjadi lebih besar dan harga persatuan luas akan menjadi mahal.

Pelat merupakan salah satu elemen struktur horizontal yang dipengaruhi oleh panjang bentang dan beban yang bekerja padanya. Pelat merupakan salah satu elemen struktur horizontal yang lebih dominan memikul momen lentur dan gaya geser, jika di bandingkan dengan gaya aksial. Penulangan pelat yang di rencanakan untuk menahan beban-beban gravitasi yang biasanya merupakan suatu kesatuan struktur balok dan lantai berperilaku cukup baik sebagai penahan beban lentur dan sebagai diafragma horizontal untuk menyebarkan gaya gempa. Untuk tulangan pelat diameter minimum yang di gunakan adalah 8mm.

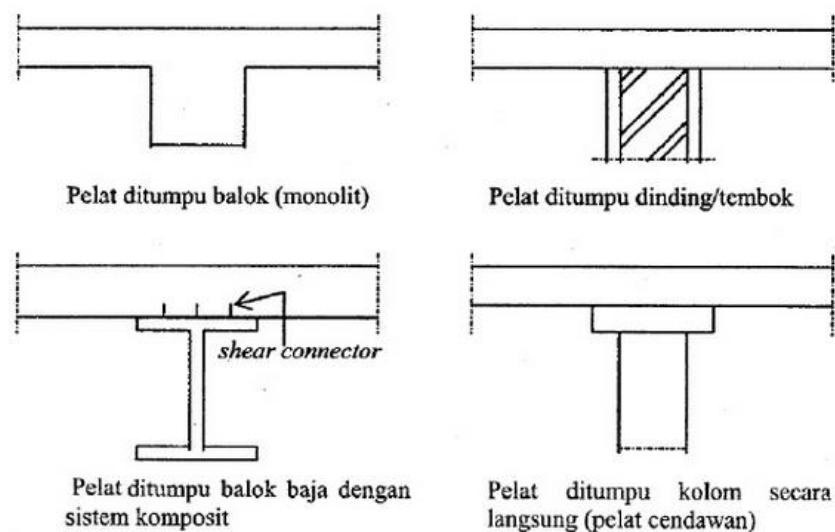
Tulangan tarik minimum pada setiap arah dan pada kedua sisi harus sebesar 0,15% untuk tulangan mutu tinggi dan 0,25% untuk baja lunak. Tebal pelat dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan

pada “*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*”. Pasal 3.2.5 Ayat 3.

Di dalam konstruksi beton bertulang pelat di pakai untuk mendapatkan permukaan datar yang berguna. Sebuah pelat beton bertulang merupakan sebuah bidang datar yang lebar, biasanya mempunyai arah horizontal, dengan permukaan atas dan bawahnya sejajar atau biasanya nya pelat di cor dengan satu kesatuan dengan gelagar tersebut, oleh dinding pasangan batu atau dinding beton bertulang, oleh batang-batang struktur baja, secara langsung oleh kolom-kolom, atau tertumpuh secara menerus oleh tanah.

Untuk bangunan gedung, umumnya pelat tersebut di tumpu oleh balok-balok dengan berbagai sistem sebagai berikut :

- ✓ Monolit, yaitu pelat dan balok di cor bersama-sama sehingga menjadi satu kesatuan.
- ✓ Di tumpu dinding-dinding atau tembok bangunan.
- ✓ Di dukung oleh balok-balok baja dengan sistem komposit.
- ✓ Di dukung oleh kolom secara langsung tanpa balok, dikenal dengan pelat cendawan.



Gambar 2.2. Penumpu Pelat

Jenis-jenis perletakan pelat pada balok antara lain :

✓ Terletak bebas

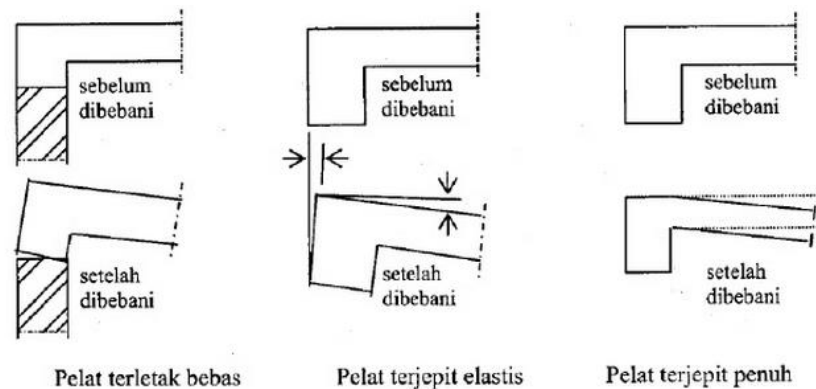
Jika pelat di letakan begitu saja di atas balok, atau antar pelat dan balok tidak dicor bersama-sama sehingga pelat dapat berotasi bebas pada tumpuan tersebut.

✓ Terjepit elastis

Jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, tetapi ukuran balok cukup kecil sehingga balok tidak cukup kuat untuk mencegah terjadinya rotasi.

✓ Terjepit penuh

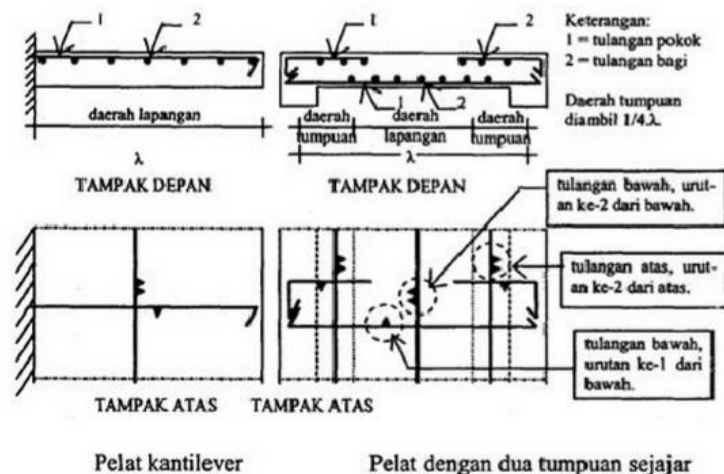
Jika pelat dan balok dicor bersama-sama secara monolit, dan ukuran balok cukup besar sehingga mampu untuk mencegah rotasi pelat.



Gambar 2.3. Jenis Perletakan Pelat Pada Balok

2.8.3.1. Penulangan Pelat Satu Arah

Pelat dengan tulangan pokok satu arah ini dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja.



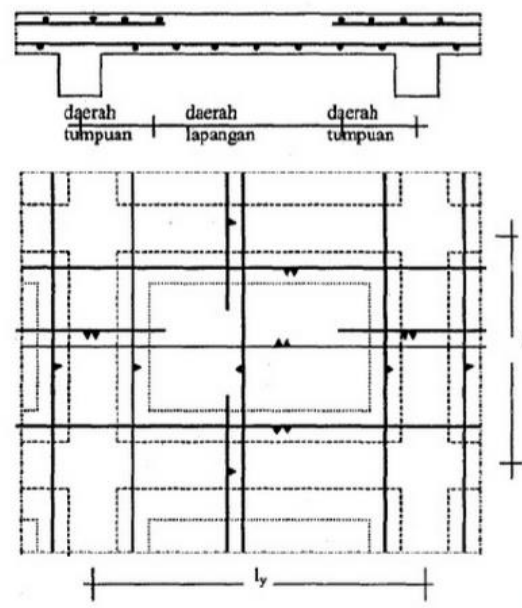
Gambar 2.4. Contoh Pelat Dengan Penulangan Satu Arah

Karena momen lentur hanya bekerja pada satu arah saja yaitu searah dengan bentang λ , maka tulangan pokok juga di pasang satu arah yang searah bentang λ tersebut. untuk menjaga kedudukan tulangan pokok pada saat pengecoran beton tidak berubah dari tempat semula, maka di pasang pula tulangan tambahan yang arahnya tegak lurus tulangan pokok. Tulangan tambahan ini di sebut tulangan bagi.

Kedudukan tulangan pokok dan tulangan bagi selalu bersilangan tegak lurus, tulangan pokok di pasang dekat tepi luar beton. Sedangkan tulangan bagi di pasang di bagian dalamnya dan menempel pada tulangan pokok.

2.8.3.2. Penulangan Pelat Dua Arah

Pelat dengan tulangan pokok dua arah ini akan di jumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah.



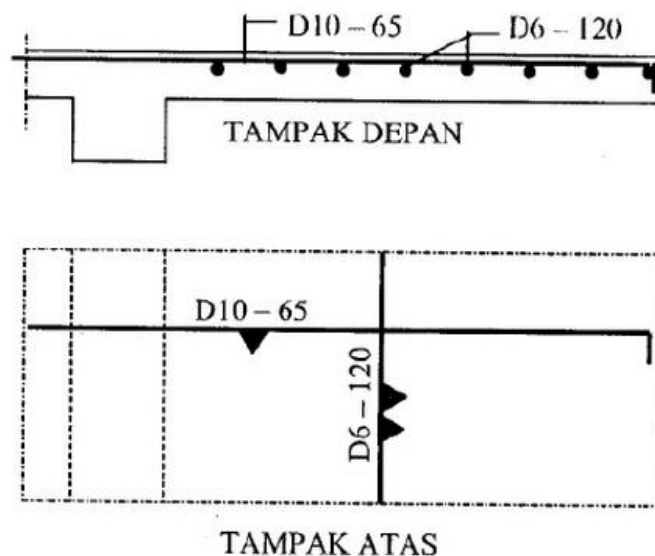
Gambar 2.5. Pelat Dengan Penulangan Dua Arah

Karna momen lentur bekerja pada dua arah yaitu searah dengan bentang l_x dan bentang l_y , maka tulangan pokok juga di pasang pada dua arah yang saling tegak lurus (bersilangan), sehingga tidak perlu lagi tulangan bagi.

1.8.3.3. Pelat Dengan Satu Tumpuan

Pelat yang ditumpu satu sisi (tumpuan jepit). Pada umumnya pelat satu tumpuan sering di sebut pelat luifel atau pelat kantilever. Pelat ini termasuk pada jenis pelat satu arah, karena beban lentur yang bekerja pada satu arah saja yang menghasilkan momen negatif.

Karena termasuk pelat satu arah, maka harus di hitung tulangan pokok serta tulangan bagi (tulangan susut dan suhu) dan karena momen lenturnya negatif, maka kedua tulangan tersebut di pasang di bagian atas.

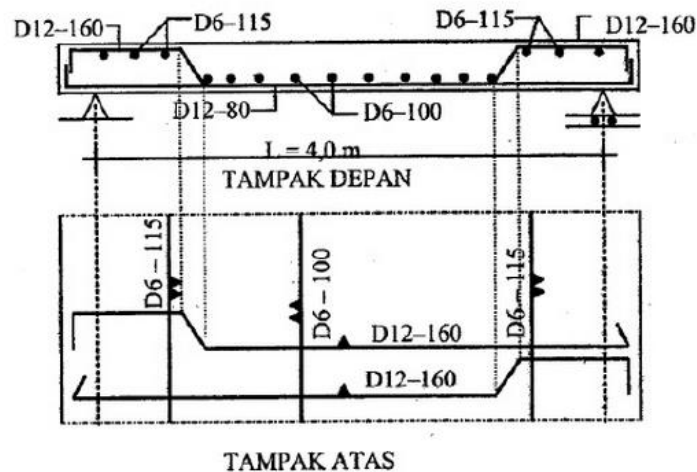


Gambar 2.6. Penulangan Pelat Dengan Satu Tumpuan

2.8.3.3. Pelat Dengan Dua Tumpuan Sejajar

Pelat yang di tumpu oleh dua tumpuan berpasangan, yang dapat berupa tumpuan bebas, tumpuan jepit elastis, meupun tumpuan jepit penuh. Pelat ini termasuk jenis pelat satu arah yang dapat menghasilkan momen positif di lapangan atau bentang tengah dan momen negatif di ujung pelat.

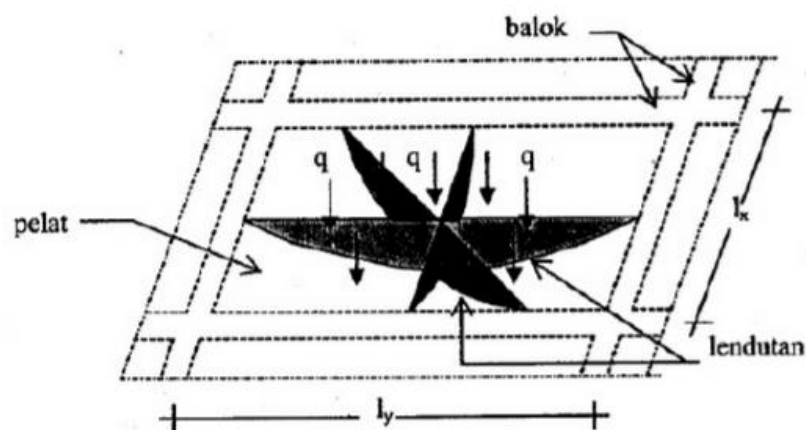
Untuk daerah momen positif yaitu di daerah bentang tengah tulangan dipasang di bawah, sedangkan untuk momen negatif yaitu di daerah ujung pelat tulangan di pasang di atas. Baik daerah momen positif maupun momen negatif tersebut harus di pasang dua jenis tulangan, yaitu tulangan pokok dan tulangan bagi.



Gambar 2.7. Penulangan Pelat Dengan Dua Tumpuan Sejajar

2.8.3.5. Pelat Dengan Empat Tumpuan Saling Sejajar

Pelat dengan empat tumpuan yang saling sejajar termasuk pelat dua arah, karena menahan momen lentur dalam dua arah yaitu arah l_x dan arah l_y . Beban merata q yang bekerja di atas pelat dapat mengakibatkan lendutan pada pelat, sehingga pelat melengkung ke bawah. Lendutan maksimal pada pelat akan terjadi di tengah bentang, kemudian melebar ke semua arah di antara bentang l_x maupun bentang l_y dan secara berangsur-angsur lendutannya semakin kecil menuju ke tumpuan (balok).

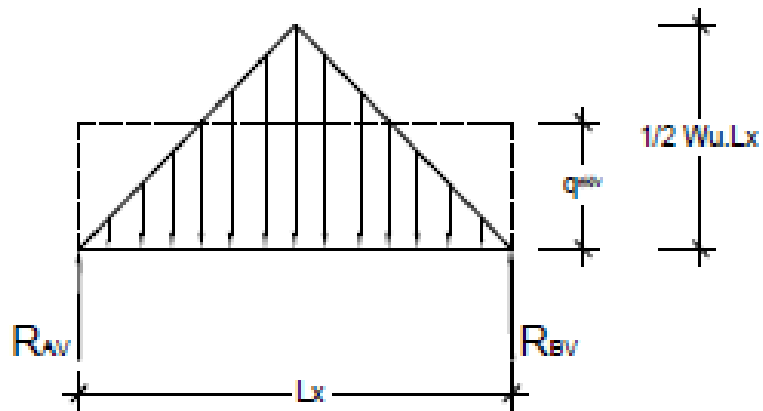


Gambar 2.8. Pelat Dengan Empat Tumpuan Saling Sejajar

Lendutan dan momen lentur yang terjadi merupakan fungsi dari beban yang bekerja pada pelat. Semakin besar beban yang bekerja di atas pelat, semakin besar pula lendutan maupun momen lentur yang akan di timbulkannya.

2.9. Pembebanan

a) Beban segitiga



Gambar 2.9 Beban Sigitiga

$$\begin{aligned}
 R_A = R_B &= \frac{1}{2} \cdot [(q \cdot l_x \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}) + (q \cdot l_x \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2})] \\
 &= \frac{1}{2} \cdot [(q \cdot l_x \cdot \frac{1}{4}) + (q \cdot l_x \cdot \frac{1}{4})] \\
 &= \frac{1}{4} q \cdot l_x^2
 \end{aligned} \tag{6a}$$

Jika $q = \frac{1}{2} \cdot W_u \cdot l_x$, maka :

$$\begin{aligned}
 R_A = R_B &= \frac{1}{4} \left(\frac{1}{2} \cdot W_u \cdot l_x \right) \cdot l_x \\
 &= \frac{1}{8} \cdot W_u \cdot l_x^2
 \end{aligned}$$

$M_{\max}$ segitiga di tengah bentang :

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= R_A \cdot \frac{1}{2} \cdot l_x - [(q \cdot l_x \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}) \cdot (l_x \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3})] \\
 &= R_A \cdot \frac{1}{2} \cdot l_x - \left[\left(\frac{q l_x^2}{24} \right) \right]
 \end{aligned}$$

Jika $R_A = \frac{1}{8} \cdot W_u \cdot l_x^2$

$$q = \frac{1}{2} \cdot W_u \cdot l_x$$

maka :

$$M_{\max} = \left(\frac{1}{8} \cdot W_u \cdot l_x^2 \right) \cdot \frac{1}{2} \cdot l_x - \left(\frac{1}{2} \cdot W_u \cdot l_x \cdot \frac{l_x^2}{24} \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{16} \cdot W_u \cdot l_x - \left(\frac{1}{2} \cdot W_u \cdot l_x^3 \right) \\
 M_{\max} &= \boxed{\frac{1}{24} \cdot W_u \cdot l_x^3} \quad (6b)
 \end{aligned}$$

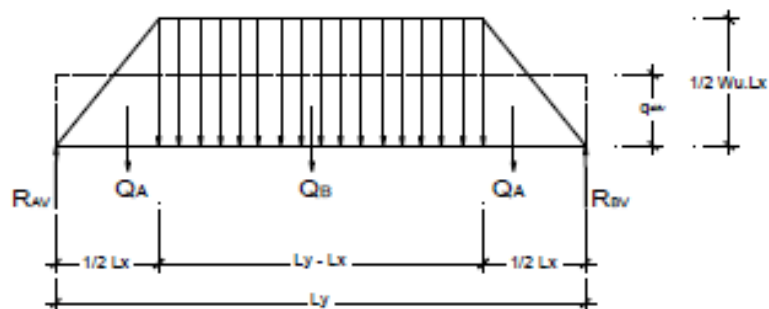
Beban segitiga tersebut diekivalensikan menjadi beban persegi sehingga

$$M_{\max} = \boxed{\frac{1}{8} \cdot q_{\text{eq}} \cdot l_x^2} \quad (6c)$$

$M_{\max \text{ segitiga}} = M_{\max \text{ persegi}}$

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{24} \cdot W_u \cdot l_x^3 &= \frac{1}{8} \cdot q_{\text{eq}} \cdot l_x^2 \\
 \boxed{q_{\text{ekuivalen}} = \frac{1}{3} \cdot W_u \cdot l_x} &\quad (6d)
 \end{aligned}$$

b) Pembebanan Trapesium



Gambar 2.10 Beban Trapesium

Dimana :

$$R_{Av} = R_{Bv}$$

$$= q \cdot (1-a)/2$$

$$q = \frac{1}{2} \cdot W_u \cdot l_x$$

$$l = l_y$$

$$a = \frac{1}{2} \cdot l_x \quad (7a)$$

maka :

$$\begin{aligned}
 R_A = R_B &= \frac{1}{2} \cdot W_u \cdot l_x \cdot \frac{\frac{1}{2} \cdot W_u \cdot l_x (l_y - \frac{1}{2} l_x)}{2} \\
 &= \frac{1}{8} \cdot W_u \cdot l_x \cdot (2l_y - l_x) \\
 M_{\max} &= \frac{1}{2} W_u \cdot l_x \cdot (3l_y^2 - l_x^2) \quad (7b)
 \end{aligned}$$

$$M_{\max} \text{ persegi} = M_{\max} \text{ trapesium}$$

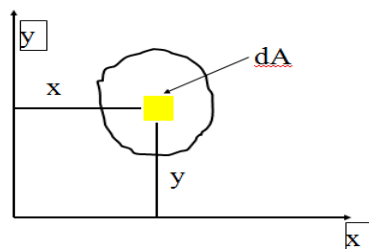
$$\frac{1}{8} \cdot Q_{ek} \cdot l_y^2 = \frac{1}{48} \cdot W_u \cdot l_x (3l_y^2 - l_x^2)$$

$$Q_{ekuivalen} = \frac{1}{6} \cdot W_u \cdot l_x \cdot (3 - (l_x/l_y)^2) \quad (7c)$$

2.10. Momen Inersia

Momen inersia adalah suatu sifat kekakuan yang ditimbulkan dari hasil perkalian luas penampang dengan kwadrat jarak ke suatu garis lurus atau sumbu. Momen inersia di dalam perhitungan diberi simbol I, jika terhadap sumbu X maka diberi simbol I_x dan jika terhadap sumbu Y diberi simbol I_y . Momen inersia merupakan momen kedua dari bidang.

Momen inersia suatu bentuk bidang terhadap sumbu x dan y di bidangnya masing - masing didefinisikan dengan integral-integral

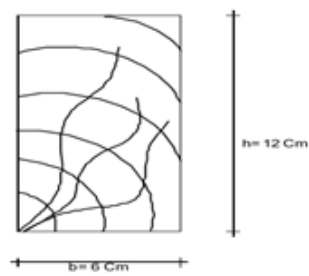


$$I_x = \int y^2 dA$$

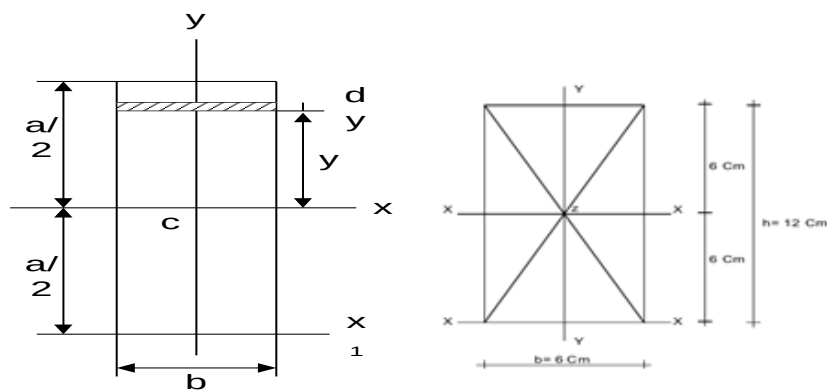
$$I_y = \int x^2 dA$$

Misalnya :

diketahui suatu penampang berbentuk empat persegi panjang dengan $b = 6$ cm dan $h = 12$ cm seperti pada gambar di bawah ini.



Untuk menghitung momen kelembaman atau momen inersia teradap sumbu x dan y yang melalui titik berat penampang.



Maka momen inersia terhadap sumbu x adalah

$$I_x = 2 \int_0^{a/2} y^2 dA$$

$$= 2 \int_0^{a/2} y^2 (b \cdot dy)$$

$$= 2b \int_0^{a/2} y^2 dy$$

$$= 2b \left[\frac{1}{3} y^3 \right]_0^{a/2}$$

$$= \frac{ba^3}{12}$$

Jadi,

$$\begin{aligned} I_x &= 1/12 \cdot b \cdot h^3 \\ &= 1/12 \cdot 6 \text{ cm} \cdot (12 \text{ cm})^3 \\ &= 864 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Momen inersia terhadap sumbu y adalah :

$$I_y = 2 \int_0^{b/2} x^2 dA$$

$$\begin{aligned}
&= 2 \int_0^{b/2} x^2 (a \cdot dx) \\
&= 2a \int_0^{b/2} xy^2 dy \\
&= 2a \left[\frac{1}{3} x^3 \right]_0^{b/2} \\
&= \frac{ab^3}{12}
\end{aligned} \tag{8}$$

Jadi,

$$\begin{aligned}
I_x &= 1/12 \cdot 12 \text{ cm} \cdot (6 \text{ cm})^3 \\
&= 216 \text{ cm}^4
\end{aligned}$$

2.11. Metode CROSS

Metode CROSS atau biasa disebut metode distribusi momen pertama kali diperkenalkan oleh Harry Cross pada tahun 1933 dalam bukunya yang berjudul “Analysis of Continuous Frames by Distributing Fixed-End Moments”. Metode ini merupakan salah satu metode yang dipakai untuk analisis struktur balok menerus dan portal statis tak tentu.

Metode distribusi momen didasarkan pada anggapan sebagai berikut:

1. Perubahan bentuk akibat gaya normal dan gaya geser diabaikan, sehingga panjang batang-batanganya tidak berubah,
2. Semua titik simpul (buhul) dianggap kaku sempurna.

Langkah-langkah menyelesaikan metode cross pada balok menerus adalah sebagai berikut :

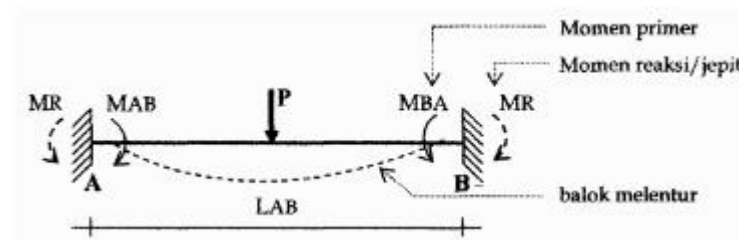
- 1) Mencari momen primer untuk setiap batang yang terbebani beban luar
- 2) Menentukan faktor kekakuan batang
- 3) Menentukan faktor distribusi untuk setiap titik kumpul
- 4) Menghitung momen ujung jepit (*fixed-end momen*)
- 5) Perataan momen atau distribusi momen cross tergantung dari pada momen primer didistribusikan sesuai dengan kekakuan yang dinyatakan dengan koefisien distribusi dan faktor pemindah (*carry over factor*) = $\frac{1}{2}$. Perataan momen dengan tabel cross menghasilkan momen titik (karena diperhatikan

dari titik kumpul). Banyaknya kolom pada tabel sama dengan jumlah momen yang akan dihasilkan sesuai bentuk perletakan.

- 6) Untuk perhitungan yang benar akan didapat momen pada satu titik berlawanan tanda atau jumlahnya sama dengan nol.
- 7) Perhitungan reaksi perletakan dengan mengubah momen hasil distribusi menjadi momen batang gambar bidang momen, lintang dan normal.

2.11.1. Momen Primer

Momen primer adalah momen yang terjadi pada ujung batang sebagai akibat dari beban-beban yang bekerja di sepanjang batang. Besarnya momen primer sama dengan momen jepit (momen reaksi) dengan tanda atau arah yang berlawanan. Momen primer biasanya digambarkan melengkung pada bagian dalam ujung batang dengan arah tertentu sesuai dengan pembebanan.

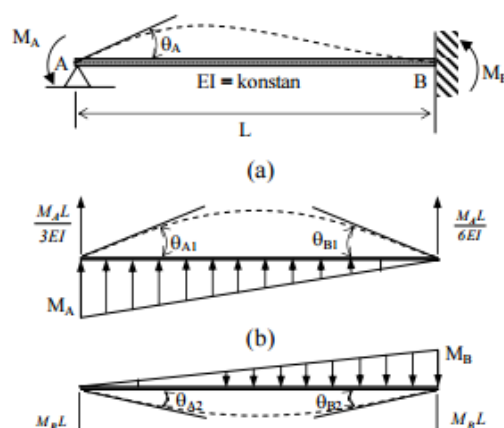


Gambar 2.9. Momen Primer dan Momen Reaksi

2.11.2. Angka Kekakuan Dan Induksi

Untuk mengembangkan detail tentang prosedur metode distribusi momen (Cross), perlu diketahui beberapa hal yang akan di kemukakan berikut ini.

Jika momen M_A dikerjakan pada ujung sendi dari suatu balok yang memiliki momen inersia seragam, dimana menumpu pada sendi pada salah satu ujungnya dan jepit di ujung lainnya seperti yang di tunjukan pada gambar 2.10(a), maka pada ujung sendi akan terjadi rotasi sebesar θ_A dan momen M_B pada ujung jepitnya.



Gambar 2.10. Penentuan Angka Kekakuan Dan Angka Induksi Ujung Jepit

Diagram momen lentur balok tersebut dapat diuraikan menjadi seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.10 (b) dan (c). Berdasarkan teorema balok konjugasi,

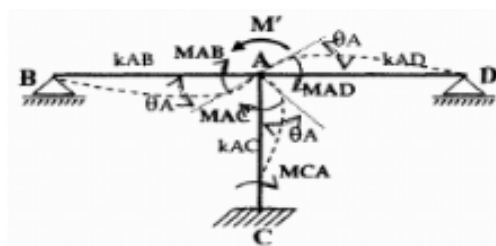
$$\text{besarnya } \theta_B = \theta_{B1} - \theta_{B2} = \frac{MAL}{6EI} - \frac{MBL}{3EI} = 0$$

maka diperoleh :

$$M_B = \frac{1}{2} M_A. \quad (9)$$

2.11.3. Faktor Distribusi Momen

Apabila struktur portal bekerja momen primer sebesar M' di simpul A (gambar 2.11), maka di masing-masing ujung batang simpul A akan terjadi distribusi momen sebesar M_{AB} , M_{AC} , dan M_{AD} dengan arah berlawanan momen primer M' . Hal ini terjadi karena simpul A kaku sempurna, sehingga batang-batang berputar menurut garis elastisnya guna mendapatkan keseimbangan.



Gambar 2.11. Contoh Distribusi Momen

Faktor distribusi diperhitungkan terhadap titik kumpul (titik pertemuan 2 batang atau lebih)

$$\mu = \frac{K}{\Sigma K} \quad (9)$$

K = faktor kekakuan batang

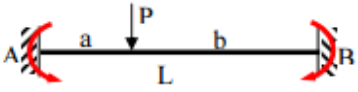
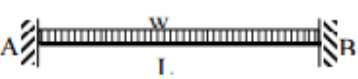
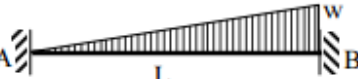
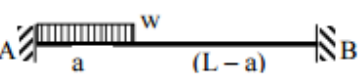
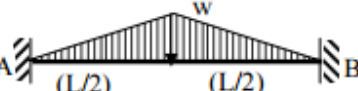
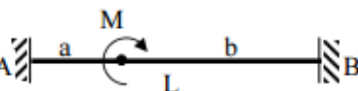
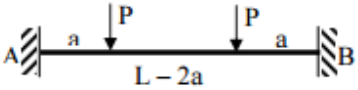
Σk = jumlah faktor kekakuan titik kumpul

Untuk memenuhi persyaratan keseimbangan pada titik buhul, jumlah angka distribusi pada suatu titik buhul adalah harus sama dengan satu, misalnya pada titik buhul A yang di tinjau seperti pada gambar 2.10 di atas maka jumlah $AB + AD + AC$ harus sama dengan 1.

2.11.4. Momen Ujung Jepit (*Fixed-end Moment*)

Jika suatu balok yang tumpuannya adalah jepit-jepit untuk melawan rotasi atau traslasi menerima beban luar arah transversal, maka balok tersebut dinamakan dengan balok ujung jepit (*fixed-end beam*). Momen yang bekerja akibat beban luar ini di sebut dengan momen ujung jepit (*Fixed-end Moment*).

Tabel 2.4. Beberapa Jenis Momen Ujung Jepit (FEM)

FEM _{AB}	Pembebanan	FEM _{BA}
$\frac{Pab^2}{L^2}$		$-\frac{Pa^2b}{L^2}$
$\frac{wL^2}{12}$		$-\frac{wL^2}{12}$
$\frac{wL^2}{30}$		$-\frac{wL^2}{30}$
$\frac{wL^2}{12} \left(6 - 8\frac{a}{L} + 3\frac{a^2}{L^2} \right)$		$-\frac{wL^2}{12} \left(4 - 3\frac{a}{L} \right)$
$\frac{wa^3}{60L} \left(5 - 3\frac{a}{L} \right)$		$-\frac{wa^2}{60} \left(16 - 10\frac{a}{L} + 3\frac{a^2}{L^2} \right)$
$\frac{5wL^2}{96}$		$-\frac{5wL^2}{96}$
$-b(2a-b)\frac{M}{L^2}$		$-a(2b-a)\frac{M}{L^2}$
$\frac{Pa}{L}(L-a)$		$-\frac{Pa}{L}(L-a)$

2.11.5. Perataan momen (Distribusi momen cross)

Perataan momen atau distribusi momen cross tergantung dari pada momen primer didistribusikan sesuai dengan kekakuan yang dinyatakan dengan koefisien distribusi dan faktor pemindah (*carry over factor*) = $\frac{1}{2}$. Perataan momen dengan tabel cross menghasilkan momen titik (karena diperhatikan dari titik kumpul).

Banyaknya kolom pada tabel sama dengan jumlah momen yang akan dihasilkan sesuai bentuk perletakan.

Berikut merupakan langkah-langkah penyelesaian hitungan perataan momen yang telah disajikan pada Gambar 2.12 di bawah dengan bantuan Microsoft Excel :

1. masukkan nama titik kumpul (*joint*) ke baris yang telah disiapkan dalam tabel (titik A, B, C, dan D),
2. masukkan nama batang (*member*) ke baris yang telah disiapkan dalam tabel (batang AB, BA, BC, CD, DC, dan D),
3. masukkan nilai kekakuan relatif (K) yang telah dicari kedalam baris yang telah disiapkan dalam tabel (kekakuan kantilever $DD' = 0$),
4. masukkan faktor distribusi (DF) yang telah dicari kedalam baris yang telah disiapkan dalam tabel (perletakan jepit titik A = 0 dan sendi titik D = 1),
5. masukkan momen primer (FEM) yang telah dicari kedalam baris yang telah disiapkan dalam tabel,
6. hitung besarnya "momen pengimbang" (BAL) pada baris yang telah disiapkan dalam tabel (ingat $BAL = -\mu \times M^0$),
7. hitung besarnya momen induksi (CO) pada baris yang telah disiapkan dalam tabel (ingat induksi terjadi "(CO " adalah sebesar " $\frac{1}{2}$ " dari besarnya moment pada batang yang sama), dan
8. selanjutnya dikerjakan dengan cara yang untuk masing-masing siklus (*cycle*), dengan cara meng-copy rumus perhitungan sebelumnya.

D8	=D7/(D7+E7)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	THE MOMENT DISTRIBUTION METHOD								
2									
3	Moment Distribution Table								
4									
5	Joint.....		A	B		C		D	
6	Member.....		AB	BA	BC	CB	CD	DC	DD'
7	K.....		3	3	5	5	1.5	1.5	-
8	cycle	DF	0	0.375				1	
9	1	FEM	36	-36	156	-156	32	-16	18
10		BAL							
11	2	CO							
12		BAL							

Gambar 2.12 Tabel Perataan Momen

2.11.6. Reaksi Perletakan

✓ Jenis dan Sifat Perletakan serta komponennya.

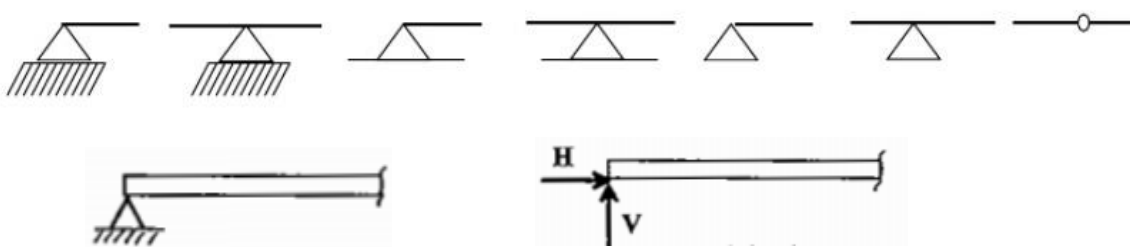
Perletakan/tumpuan adalah titik pertemuan yang berfungsi sebagai landasan seperti yang ada pada pertemuan pada bentang balok dengan kolom atau sebaliknya. Titik pertemuan ini yang dianggap sebagai perletakan/tumpuan. Penggunaan jenis perletakan/tumpuan ini tergantung pada sistem struktur yang diinginkan dan biasanya yang digunakan berupa kombinasi perletakan/tumpuan.

Terdapat 3 macam perletakan/tumpuan dasar, yaitu :

1. Perletakan/ tumpuan sendi, ciri-cirinya :

- Perletakan/tumpuan ini mencegah translasi tetapi tidak mencegah rotasi, dengan kata lain dapat menahan gaya dari segala arah, tetapi tidak dapat menahan momen (perputaran)
- Tumpuan ini mempunyai dua komponen, yang satu dalam arah horizontal (gaya arah sejajar bidang perletakan) dan yang lainnya dalam arah vertikal (gaya arah tegak lurus bidang perletakan). Jadi, pada tumpuan ini terdapat 2 reaksi perletakan (2 variabel yang tidak diketahui).

Simbol atau tanda perletakan sendi :



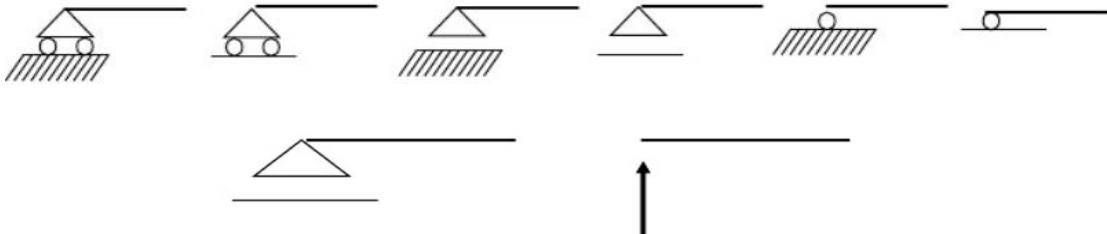
Gambar 2.13 Permodelan Perletakan/Tumpuan Sendi

2. Perletakan/ tumpuan rol, ciri-cirinya :

- Tumpuan ini hanya bisa menahan gaya vertikal saja (mencegah translasi dalam arah gaya tegak lurus bidang perletakan), sebab apabila menerima gaya horisontal, rol akan bergerak atau bergeser sesuai arah gaya yang bekerja.

- b) Tumpuan ini mempunyai satu komponen, dalam arah gaya tegak lurus bidang perletakan. Jadi, pada tumpuan ini terdapat 1 reaksi perletakan (1 variabel yang tidak diketahui).

Simbol atau tanda perletakan/tumpuan rol :

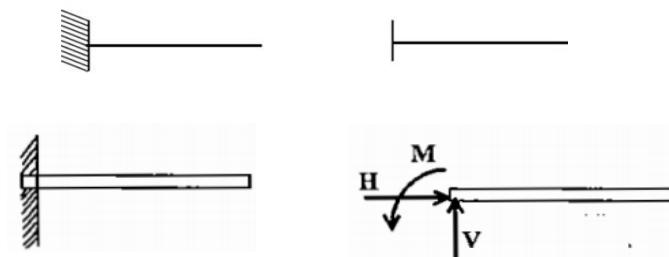


Gambar 2.14 Permodelan Perletakan/Tumpuan rol

3. Perletakan/ tumpuan jepit, ciri-cirinya :

- a) Perletakan/tumpuan ini sering disebut perletakan kaku, artinya tidak dapat mengalami translasi (perpindahan) dalam semua arah dan tidak dapat mengalami rotasi (perputaran).
- b) Tumpuan ini mampu menahan gaya arah sejajar bidang perletakan (gaya horisontal) dan gaya tegak lurus bidang perletakan (gaya vertikal), serta mampu menahan momen. Jadi, pada tumpuan ini terdapat 3 reaksi perletakan. (3 variabel yang tidak diketahui).

Simbol atau tanda perletakan/tumpuan jepit :



Gambar 2.14 Permodelan Perletakan/Tumpuan rol

Langkah perhitungan reaksi perletakan :

- a) Sketsa kembali
- b) Periksa apakah stuktur tersebut statis tertentu dan stabil.

- c) Jika struktur tersebut statis tertentu dan stabil, maka misalkan arah kerja reaksi perletakan sesuai dengan jenis perletakan dan beri nama setiap reaksinya sesuai dengan titik dimana reaksi itu bekerja.
- d) Uraikan semua gaya yang diperlukan (misalnya gaya yang miring dan beban terbagi rata)
- e) Hitung reaksi dengan persamaan keseimbangan :
 - $\Sigma V = 0$ (Jumlah komponen vertikal gaya sama dengan nol)
 - $\Sigma H = 0$ (Jumlah komponen horisontal gaya sama dengan nol);
 - $\Sigma M = 0$ (Jumlah momen disekitar suatu titik tertentu sama dengan nol).
- f) Kontrol hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan yang belum pernah dipakai dalam perhitungan struktur yang sedang dihitung reaksi perletakannya.

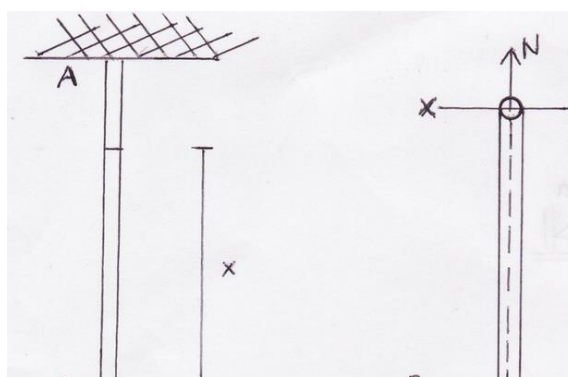
2.11.7. Gaya- gaya Dalam

Gaya dalam adalah gaya rambat yang diimbangi oleh gaya yang berasal dari bahan konstruksi, berupa gaya lawan, dari konstruksi.

Analisa hitungan gaya dalam dan urutan hitungan ini dapat diuraikan secara singkat sebagai berikut :

- 1) Menetapkan dan menyederhanakan konstruksi menjadi suatu sistem yang memenuhi syarat yang diminta.
- 2) Menetapkan muatan yang bekerja pada konstruksi.
- 3) Menghitung keseimbangan luar.
- 4) Menghitung keseimbangan luar.
- 5) Menghitung keseimbangan dalam.
- 6) Memeriksa kembali semua hitungan.

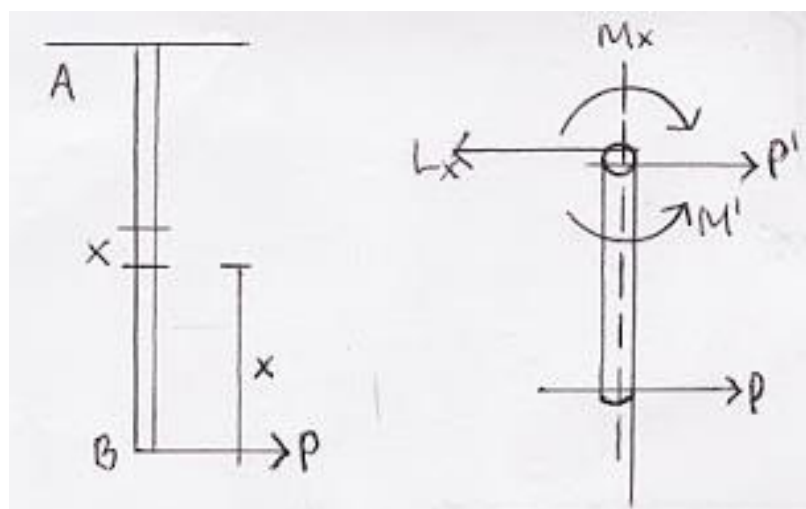
Dengan syarat demikian konstruksi yang dibahas akan digambarkan sebagai suatu garis sesuai dengan sumbu konstruksi, yang selanjutnya disebut : *Truktur* misalkan pada balok dijepit salah satu ujungnya dibebani oleh gaya P seperti dalam gambar 2.15.



Gambar 2.15. Balok Dengan Dengan Tumpuan jepit

Maka dapat diketahui dalam konstruksi tersebut timbul gaya dalam. Apabila konstruksi dalam keadaan seimbang, maka pada suatu titik X sejauh x dari B akan timbul gaya dalam yang mengimbangi P . Gaya dalam yang mengimbangi gaya aksi ini tentunya bekerja sepanjang sumbu batang sama besar dan mengarah berlawanan dengan gaya aksi ini. Gaya dalam ini di sebut gaya Normal (N).

Bila gaya aksi berbalik arah maka berbalik pula arah gaya normalnya. Nilai gaya normal di titik X ini dinyatakan sebagai N_x .



Gambar 2.16. Gaya-gaya yang bekerja pada balok

Gambar 2.16 menggambarkan gaya P yang merambat sampai titik X dan menimbulkan gaya sebesar P' dan M' . Apabila struktur dalam keadaan seimbang maka tiap-tiap bagian harus pula dalam keadaan seimbang. Selanjutnya gaya P' dan

M' harus pula diimbangi oleh suatu gaya dalam yang sama besar dan berlawanan arah, yaitu gaya dalam L_x dan M_x . Gaya tersebut merupakan sumbangan dari bagian XA yang mengimbangi P'M'. Gaya dalam yang tegak lurus sumbu disebut Gaya lintang, disingkat LX dan momen yang menahan lentur pada bagian ini disebut disebut momen lentur (M_x).