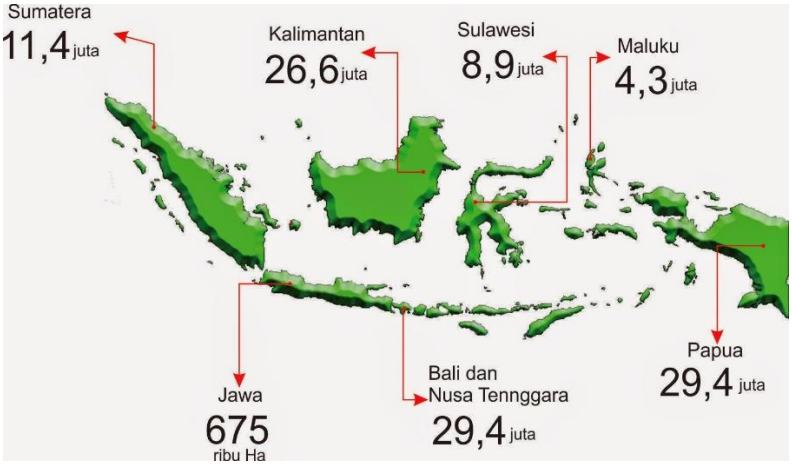
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kondisi Hutan Indonesia

Dalam kurun waktu tahun 2009 sampai tahun 2013 laju kehilangan tutupan hutan alam (*deforestasi*) mencapai sekitar 4,5 juta ha. Data *Forest Watch Indonesia* (FWI) menyebutkan tahun 2013 luas hutan Indonesia tersisa sekitar 82,3 juta ha. Tahun 2004 luas tutupan hutan Indonesia diperkirakan sekitar 94 juta ha. Ada beberapa hal yang mempengaruhi terjadinya *deforestasi* hutan di Indonesia. Salah satunya adalah lemahnya tata kelola kehutanan di Indonesia. Tanpa adanya tata kelola dan pembenahan hutan yang baik, diperkirakan dalam beberapa tahun sekitar 73 juta ha hutan alam Indonesia terancam akan habis, karena adanya penebangan dan pembalakan secara liar.

Berdasarkan kajian FWI, pada periode 2009 sampai 2013, laju berkurangnya tutupan hutan atau *deforestasi* rata-rata 1,13 juta ha pertahun. Angka ini jauh melebihi data Kementrian Kehutanan, yang menyebutkan laju *deforestasi* telah menurun menjadi dibawah 700.000 ha pertahun, dalam periode yang sama. Luas hutan yang hilang di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut (Diana,2015).



Gambar 2.1 Luas Hutan yang Hilang di Indonesia (Diana,2015)

Pada gambar 2.1 dijelaskan luas hutan yang hilang di Indonesia. Berdasarkan gambar tersebut, diperlukan adanya upaya pengurangan laju *deforestasi* dan menyelamatkan kondisi hutan di Indonesia. Salah satu upaya mengurangi laju *deforestasi* adalah dengan cara mengurangi penggunaan kayu pada pembuatan rumah bertingkat yang dikembangkan konstruksi beton yang lebih efektif.

2.2 Teknologi Balok Beton

Ada beberapa jenis teknologi balok beton sebagai contoh yaitu, beton berpori (Baliton CLC) dan keraton (keramik komposit beton).

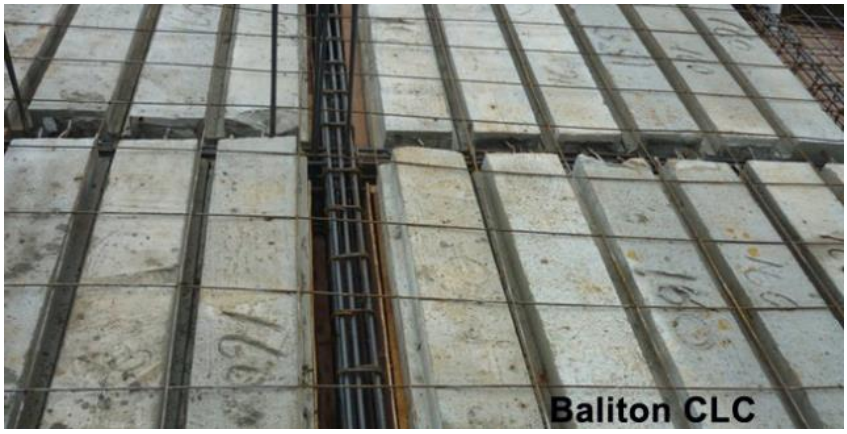
2.2.1 Beton Berpori (Baliton CLC)

Baliton singkatan dari balok lantai beton. *CLC* singkatan dari *Cellular Lightweight Concrete.* Baliton adalah beton yang memiliki berat jenis lebih ringan daripada beton konvensional, yang umum digunakan masyarakat Indonesia. Pada umumnya berat beton ringan berkisar antara 600 – 1600 kg/m^3. Sehingga keunggulan beton ringan utamanya ada pada berat, jika digunakan pada bangunan tinggi (*high rise building*) akan dapat secara signifikan mengurangi berat bangunan, yang selanjutnya

berdampak pada perhitungan pondasi. Baliton CLC merupakan teknologi Internasional berstandar Jerman. Teknologi yang sudah diaplikasikan di lebih dari 40 negara di dunia, ribuan bangunan rumah dan apartemen, sarana pendidikan, sarana ibadah, industri dan bangunan komersial lainnya.

Baliton CLC menggunakan tulangan besi ulir dan di dalamnya mengunakan eraman besi yang standar untuk pengecoran lantai beton. Pengecoran menggunakan Baliton CLC tanpa menyediakan bekisting, kayu kaso, papan kayu lapis untuk perancak cetak, yang biayanya mencapai 35 % dari proses produksi. Tanpa menunggu beton mengering selama minimal 14 hari agar dapat membongkar bekisting.

Baliton CLC memiliki keunggulan kompetitif penggunaan beton ringan dibandingkan dengan material bangunan tradisional yaitu: isolator suara, struktur materialnya memberikan sifat kedap suara, tahan terhadap kelembaban, daya serap air kurang dari 16% jadi tidak memerlukan penyelesaian yang bersifat melindungi, aman terhadap lingkungan (ekologis), dan beton ringan bukan merupakan benda yang mudah rusak dan cepat rapuh. Dimensi Baliton CLC yaitu memiliki ketebalan 12 cm, lebar 25 cm, dan panjangnya dapat dipesan sesuai kebutuhan. Harga Baliton CLC per-m^2 berkisar Rp 450.000, -, jika dengan pemasangan dan finishing sekitar Rp 650.000, - (www.baliton.net,2015).



Gambar 2.2. Beton Berpori (Baliton CLC)
(sumber : http://www.baliton.net)

Gambar 2.2 adalah gambar beton berpori (Baliton CLC) yang dapat digunakan untuk membangun dan membuat bangunan bertingkat. Penggunaan beton berpori ini dapat mengurangi penggunaan kayu.

2.2.2 Keraton (Keramik Komposit Beton)

Dak keraton (keramik komposit beton) merupakan bahan alternatif lantai beton yang dalam pemasangannya dapat dilakukan oleh tenaga-tenaga yang telah berpengalaman dalam pekerjaan proyek konstruksi agar waktu lebih efisien, rapih, tidak boros material, atau terjadinya kegagalan struktur. *Ceiling brick* ini terbuat dari tanah liat (keramik) yang di buat dengan cara di *extrude* sehingga berbentuk menyerupai kubus dengan lubang-lubang dibagian tengahnya. Keramik ini mempunyai rongga menyerupai huruf “V”. Untuk membuat plat *ceiling brick* ini dirangkai dan direkatkan dengan beton.

Gambar 2.3. Dak Keraton (Keramik Komposit Beton) yang Tersusun (sumber : http://dakbetonkeraton.com)

Gambar 2.3 adalah gambar dak keraton yang sudah tersusun. Untuk memperkuat strukturnya, *ceiling brick* juga diberi tulangan baja yang diletakkan di keempat sisinya dan kemudian dicor dengan beton. Pemberian tulang dilakukan dengan penulangan searah. Ini karena tulangan hanya dikaitkan dengan dua balok yang berhadapan. Dak *ceiling brick* lahir atas kerjasama beberapa negara di Eropa (Jerman dan Belanda) sekitar seratus tahun yang lalu. Kemudian, teknologi material ini dibawa ke Indonesia melalui proyek Bantuan Teknis Pembangunan Industri Bahan Bangunan yang diawasi oleh UNIDO/ UNDP (PBB Project INS/ 740/ 034) oleh Mursodo dikembangkan lagi modifikasi keuntungan menggunakan dak *ceiling brick* (Keramik Komposit Beton) adalah :

1. Bobotnya lebih ringan (±130-150 kg/m^2) dibandingkan dengan beton (±288 kg/m^2). Menurut Mursodo, keuntungan bobot yang ringan akan memperkecil gaya gempa yang diterima oleh stuktur bangunan.

2. Ekonomis dibandingkan dengan beton. Dak beton dibentuk dari pasir, batu pecah dan semen kemudian diberi tulangan baja. Bila menggunakan *ceiling brick*, maka pemakaian beton dapat dihemat hingga 60%. Ini karena pengecoran beton hanya dilakukan pada lapisan diatas *ceiling brick* (setebal 1-3 cm) dan celah antara satu keraton dengan keraton lainnya. Tulangan baja yang digunakannya pun juga lebih sedikit karena menggunakan sistem tulangan searah.
3. Bila menggunakan beton, plat/dak lantai harus diberi bekisting untuk menahan cetakannya. Sedangkan dengan keraton tidak perlu menggunakan cetakan dan bekisting dalam jumlah yang banyak. Bekisting hanya diletakkan pada ujung tumpuan balok.
4. Isolator, rongga didalam bata *ceiling brick* ini juga memberikan keuntungan tambahan yaitu dapat meredam panas dan bunyi karena berfungsi sebagai isolator.

Unsur aman pengecoran dak keraton kekuatan dak *ceiling brick* (keramik komposit beton) sudah diuji laboratorium yang mendapat hasil bahwa *ceiling brick* akan melendut pada beban diatas 500 kg/m^2. Hasil ini sesuai dengan loading Test-II No LB/ BPPU/ 001-12/ IX/ 9906.09.99. Dak Keraton memiliki dua jenis yaitu yang memiliki katebalan 10 cm dan 12 cm (Gambar 2.4). Harga per-satuan dak Keraton Rp 9.500,- untuk ketebalan 12 cm dan Rp 8.500,- untuk ketebalan 10 cm. Harga pemasangan dan *finishing* per-m^2 berkisar Rp 550.000,- sampai Rp 750.000,- (http://dakbetonkeraton.com,2015)

Gambar 2.4. Dak Keraton Satuan
(sumber : http://dakbetonkeraton.com)

2.3 Konstruksi Beton

Beton dan bahan dasar butiran halus *(cementitious)* telah digunakan sejak zaman Yunani atau bahkan peradaban kuno terdahulu. Tahun 1801, *F. Ciognet* menandai permulaan perkembangan teknolgi beton dengan mengaryakan desain perahu semen kecil yang kita kenal *ferrocement*. Perkembangan pesat teknologi beton terjadi pada tahun 1910 yang dipelopori oleh *German Committee for Reiforced Concrete* (Komite Jerman untuk Beton Bertulang), *Austrian Concrete Committee* (Komite Beton Austria), *British Concrete Institute* dan *American Concrete Institute* (Institut Beton Amerika) dengan perkembangan beton bertulang, dan pada tahun 1920 era prategang (ACI Commitee, 1992).

Beton adalah konstruksi bangunan sipil yang paling banyak digunakan. Hal tersebut dikarenakan beton memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahan-bahan konstruksi lain diantaranya karena harga yang relatif murah (ekonomis), kemampuan menahan gaya tekan yang tinggi, dapat dibentuk sesuai kebutuhan konstruksi yang diinginkan, mudah dalam perawatannya

serta ketahanan yang baik terhadap cuaca dan lingkungan sekitar. Oleh karena itu, beton dianggap sangat penting untuk terus dikembangkan.

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

1. Beton memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan kebanyakan bahan lain.
2. Beton bertulang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap api dan air, bahkan merupakan bahan struktur terbaik untuk bangunan yang banyak bersentuhan dengan air. Pada peristiwa kebakaran dengan intensitas rata-rata, batang-batang struktur dengan ketebalan penutup beton yang memadai sebagai pelindung tulangan hanya mengalami kerusakan pada permukaanya saja tanpa mengalami keruntuhan.
3. Beton bertulang tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi.
4. Beton biasanya merupakan satu-satunya bahan yang ekonomis untuk pondasi telapak, dinding *basement*, dan tiang tumpuan jembatan.
5. Salah satu ciri khas beton adalah kemampuanya untuk dicetak menjadi bentuk yang beragam, mulai dari pelat, balok, kolom yang sederhana sampai atap kubah dan cangkang besar.
6. Di bagian besar daerah, beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang murah (pasir, kerikil, dan air) dan relatif hanya membutuhkan sedikit semen dan tulangan baja, yang mungkin saja harus didatangkan dari daerah lain.

Selain itu, Mc Cormac (2004) menyatakan kekurangan dari penggunaan beton sebagai suatu bahan struktur yaitu:

1. Beton memiliki kuat tarik yang sangat rendah, sehingga memerlukan penggunaan tulangan tarik.
2. Beton bertulang memerlukan bekisting untuk menahan beton tetap ditempatnya sampai beton tersebut mengeras.
3. Rendahnya kekuatan persatuan berat dari beton mengakibatkan beton bertulang menjadi berat. Ini akan sangat berpengaruh pada struktur bentang panjang dimana berat beban mati beton yang besar akan sangat mempengaruhi momen lentur.
4. Rendahnya kekuatan persatuan volume mengakibatkan beton akan berukuran relatif besar, hal penting yang harus dipertimbangkan untuk bangunan-bangunan tinggi dan struktur-struktur berbentang panjang.
5. Sifat-sifat beton sangat bervariasi karena bervariasinya proporsi campuran dan pengadukannya. Selain itu, penuangan dan perawatan beton tidak bisa ditangani dengan teliti seperti yang dilakukan pada proses produksi material lain seperti baja dan kayu lapis.

Untuk mengantisipasi kekurangan pada beton maka, beton di beri tulangan yang dapat manahan tegangan tarik yang disebut beton bertulang. Beton bertulang adalah mengkombinasikan beton dan tulangan baja dengan cara menyatukan dan membiarkan keduanya bekerja bersama–sama sesuai fungsinya yaitu beton menahan beban tekan dan tulangan akan menahan beban tarik yang terjadi akibat *load.*

Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum dan direncanakan berdasarkan asumsi

bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja (SNI - 03 - 2847 – 2002).

Berikut ini merupakan Tabel 1 sifat material beton yang berkomposisi semen dan pasir dengan perbandingan 1:2. Tabel 2 menunjukkan sifat material besi baja untuk tulangan beton.

Tabel 1. Sifat Material Beton (*Concrete*)

Parameter	Nilai
Modulus elastisitas	4100 MPa
Poisson's ratio	0,21
Shear modulus	17 MPa
Mass density	2200 kg/m^3
Tensile strength	5 MPa
Compressive strength	40 MPa

Sumber : www.engineeringtoolbox.com

Tabel 2. Sifat Material Besi Beton

Parameter	Nilai
Modulus elastisitas	120 GPa
Poisson's ratio	0,26
Shear modulus	6500 MPa
Mass density	7250 kg/m^3
Tensile strength	450 MPa
Yield strength	240 MPa

Sumber : www.engineeringtoolbox.com

2.2.1. Ketentuan Perencanaan Pembebanan

Dalam perencanaan pembebanan ini digunakan beberapa standar, yaitu sebagai berikut:

1) Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002).
2) Standar Perencanaan Ketahan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726-2002).

3) Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (SKBI-1987).

Berdasarkan peraturan-peraturan di atas, struktur sebuah gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap beban-beban berikut:

1. Beban Mati *(Dead Load)*

2. Beban Hidup *(Live Load*)

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

1. Beban Mati

   Beban mati yang diperhitungkan dalam struktur gedung bertingkat ini merupakan berat sendiri elemen struktur bangunan yang memiliki fungsi struktural menahan beban. Beban tersebut harus disesuikan dengan volume elemen struktur yang akan digunakan. Beban dari berat sendiri elemen-elemen tersebut diantaranya sebagai berikut:

   - Beton = 2200 kg/m^3
   - Tegel (keramik) tebal per cm = 24 kg/m^3
   - Spesi tebal per cm = 21 kg/m^3

2. Beban Hidup

   Beban hidup yang digunakan untuk lantai bangunan gedung/rumah bertingkat mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada, yaitu sebesar 250 kg/m^2. Agar beban yang diberikan pada beton bertulang dapat diketahui distribusi tegangannya.

2.4 Tegangan

Tegangan adalah besaran pengukuran intensitas gaya atau reaksi dalam yang timbul per satuan luas. Dalam praktik teknik, gaya umumnya diberikan dalam *pound* atau *newton*, dan luas yang menahan dalam inch^2 atau mm^2. Akibatnya tegangan biasanya dinyatakan dalam pound/inch^2 yang sering disingkat *psi* atau Newton/mm^2 (MPa). Tegangan yang dihasilkan pada keseluruhan benda tergantung dari gaya yang bekerja. Dalam praktik, kata tegangan sering memberi dua pengertian :

a. Gaya per satuan luas atau intensitas tegangan, yang umumnya ditunjukkan sebagai tegangan satuan.
b. Gaya dalam total suatu batang tunggal yang umumnya dikatakan sebagai tegangan total.

Pada saat benda menerima beban sebesar *P* kg, maka benda akan bertambah panjang sebesar ΔL mm. Saat itu pada material bekerja tegangan yang dapat dihitung dengan rumus (*engineering stress*) :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \tag{1}$$

Keterangan:

σ = tegangan (pascal, N/m2)

F = beban yang diberikan (*Newton*,)

Ao = luas penampang mula - mula (mm^2).

Sedangkan *true stress* adalah tegangan hasil pengukuran intensitas gaya reaksi yang dibagi dengan luas permukaan sebenarnya (*actual*). True stress dapat dihitung dengan (Beer dan Jhonson, 1987):

$$\sigma = \mathrm{F/A} \tag{2}$$

dengan:

σ = *True stress* (MPa)

F = Gaya (N)

A = Luas permukaan sebenarnya (mm^2)

Tegangan normal dianggap positif jika menimbulkan suatu tarikan (*tensile*) dan dianggap negatif jika menimbulkan penekanan (*compression*). Namun, tegangan pada balok beton sama dengan tegangan normal pada balok.

2.4.1. Tegangan Normal pada Balok

Suatu tegangan σ_x bekerja dalam arah normal terhadap penampang sebuah balok dari regangan normal ϵ_x . Tiap serat longitudinal dari sebuah balok hanya dikenakan beban tarik dan tekan (yaitu, serat-serat dalam tegangan uniaksial). Sehingga diagram tegangan-regangan bahan akan memberikan hubungan sebanding antara (σ_x) dan (ϵ_x). Jika bahannya elastis dengan suatu diagram tegangan-regangan linier, maka dapat digunakan Hukum Hooke untuk tegangan uniaksial ($\sigma = E_\epsilon$) dan diperoleh :

$$\sigma_x = E \in_x = -E_{Ky}$$

Jadi, tegangan normal yang bekerja pada penampang berubah secara linier terhadap jarak sumbu y dari permukaan netral. Jenis distribusi tegangan ini ditunjukkan pada Gambar 2.5, yaitu tegangan relatif (tekan) di bawah permukaan netral apabila kopel M_o bekerja dalam arah yang ditunjukkan. Kopel ini menghasilkan suatu kelengkungan positif K dalam balok, meskipun menyatakan suatu momen lentur negatif M.

Tegangan normal pada suatu balok digambarkan oleh persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{My}{I} \tag{3}$$

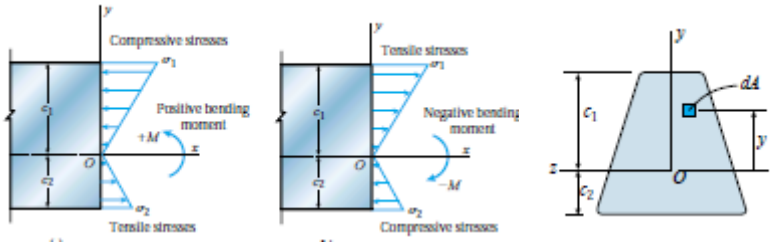
Dimana,

σ : tegangan normal, N

M : momen lentur pada penampang, Nmm

y : jarak dari sumbu netral ke *centroid*, mm

I : momen inersia, mm^4



Gambar 2.5. Penyebaran Tegangan Normal pada Sebuah Balok Dari Bahan Elastis Linier

Pada fiber terluar balok nilai koordinat y dinotasikan dengan simbol c, sehingga tegangan normal maksimumnya menjadi:

$$\sigma_{maks} = \frac{Mc}{I} \qquad \text{atau} \qquad \sigma_{maks} = \frac{M}{I/c}$$

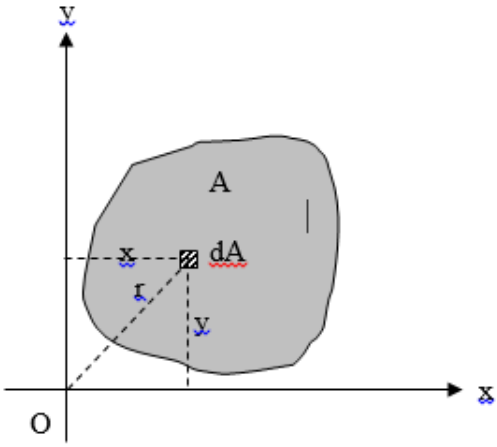
I/c disebut modulus penampang yang umumnya dinotasikan dengan simbol Z. Sehingga tegangan lentur maksimum digambarkan oleh persamaan (Thimoshenko S.P. dan Goodier J.N, 2004):

$$\sigma_{maks} = \frac{M}{Z} \tag{4}$$

Setiap bentuk suatu balok dapat mempengaruhi tegangan yang terjadi, penyebabnya yaitu besar momen inesia yang berbeda. Besar momen berkaitan langsung dengan bentuk permukaan suatu balok beton.

2.5 Momen Inersia

Momen inersia dapat disebut juga momen kedua. Data momen inersia suatu penampang dari komponen struktur akan diperlukan pada perhitungan-perhitungan tegangan lentur, tegangan geser, tegangan torsi, defleksi balok, kekakuan balok/kolom dan sebagainya. Luasan A pada Gambar 2.6. merupakan bidang datar yang menggambarkan penampang dari suatu komponen struktur, dengan dA merupakan suatu luasan/elemen kecil (Cheng,1997).



Gambar 2.6. Potongan Penampang

Secara sistematis momen inersia ditentukan dengan persamaan-persamaan berikut:

Momen Inersia terhadap sumbu x:

$$I_x = \int y^2 \, dA \tag{5}$$

Momen Inersia terhadap sumbu y:

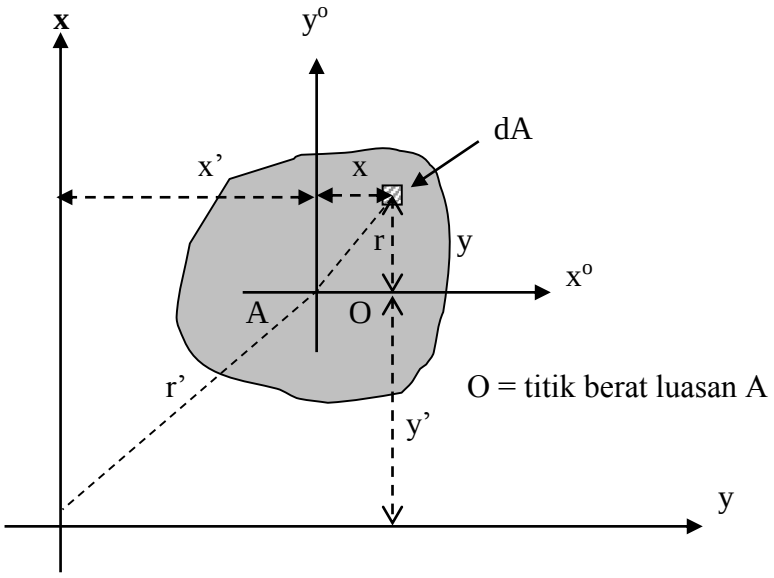
$$I_y = \int x^2 \, dA \tag{6}$$

Momen Inersia Perkalian (*Product of Inertia*):

$$I_{xy} = \int xy \, dA \tag{7}$$

Momen inersia pada Persamaan (5) dan Persamaan (6), selalu bertanda positif, sedangkan momen inersia perkalian pada Persamaan (7) dapat bertanda negatif. Momen inersia pada ketiga persamaan tersebut penggunaannya terbatas pada momen inersia bidang tunggal, sedangkan secara umum banyak bidang/penampang merupakan gabungan dari beberapa penampang tunggal. Misalnya penampang yang berbentuk L adalah gabungan dari dua penampang segi empat. Untuk menyelesaikan momen inersia pada penampang gabungan diperlukan pengembangan dari Persamaan (5), (6), dan (7). yang disebut dengan Teori Sumbu Sejajar (Cheng, 1997).

a. Teori Sumbu Sejajar



Gambar 2.7. Penampang dengan Sumbu Transformasi

Momen inersia terhadap sumbu x:

$$I_x = \int (y + y')^2 \, dA$$

$$I_x = \int y^2 dA + \int 2yy' \, dA + \int y'^2 \, dA$$

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

Sumbu x^o melalui titik berat bidang A, maka $\int y dA = 0$, sehingga:

$$I_x = I_x^o + Ay'^2 \qquad (8)$$

Momen inersia terhadap sumbu y:

$$I_y = \int (x + x')^2 \, dA$$

$$I_y = \int x^2 dA + \int 2xx' \, dA + \int x'^2 \, dA$$

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

Sumbu y^o melalui titik berat bidang A, maka $\int x dA = 0$, sehingga:

$$I_y = I_y^o + Ax'^2 \qquad (9)$$

Momen inersia polar:

$$I_p = \int \left[(x + x')^2 + (y + y')^2 \right] dA$$

$$I_p = \int \left[x^2 + 2xx' + x'^2 + y^2 + 2yy' + y'^2 \right] dA$$

$$I_p = \int (x^2 + y^2) dA + (x'^2 + y'^2) \int dA + 2x' \int x dA + 2y' \int y dA$$

Sumbu x^o dan sumbu y^o melalui titik berat luasan A, maka :

$\int xdA = 0$ dan $\int ydA = 0$

Sehingga:

$$I_p = I_p^o + Ar'^2 \quad (10)$$

Momen inersia perkalian:

$$I_{xy} = \int (x + x')(y + y')dA$$

$$I_{xy} = \int xydA + y'\int xdA + x'\int ydA + x'y'\int dA$$

Sumbu x^o dan sumbu y^o melalui titik berat luasan A, maka

$\int xdA = 0$ dan $\int ydA = 0$

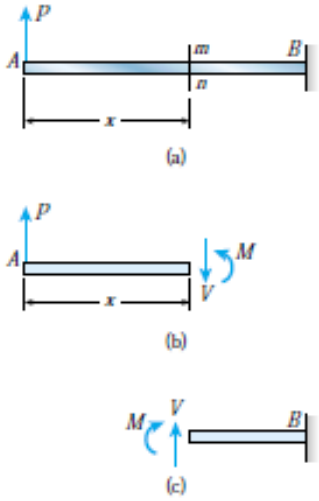
Sehingga:

$$I_{xy} = I_{xy}^o + Ax'y' \quad (11)$$

Untuk mempermudah tampilan distribusi tegangan yang terjadi maka dibuatkan diagram yaitu diagram gaya gesar dan momen lentur.

2.6 Diagram Gaya Geser dan Momen Lentur

Pada saat suatu balok dibebani oleh gaya atau kopel, tegangan dan regangan akan terjadi di seluruh bagian interior balok. Untuk menentukan besarnya tegangan dan regangan, harus ditentukan gaya internal dan kopel internal yang bekerja pada balok.



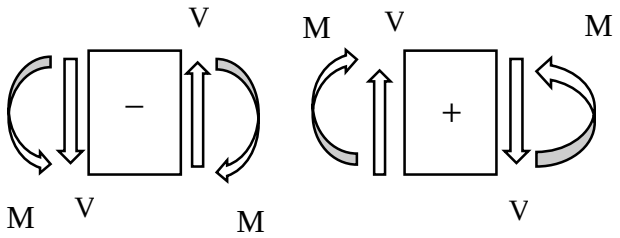
Gambar 2.8. Gaya Geser dan Momen Lentur pada Balok

Balok dipotong melintang *mn* yang terletak pada jarak *x* dari ujung bebas. Resultan dari tegangan yang bekerja di penampang adalah gaya geser (*V)* dan momen lentur (*M)*. Beban (*P)* beban berarah transversal terhadap sumbu balok, maka tidak ada gaya aksial pada penampang. Gaya geser dan momen lentur dihitung dari persamaan keseimbangan :

$$\Sigma V = 0 \rightarrow \mathrm{P} - \mathrm{V} = 0 \rightarrow \mathrm{V} = \mathrm{P}$$

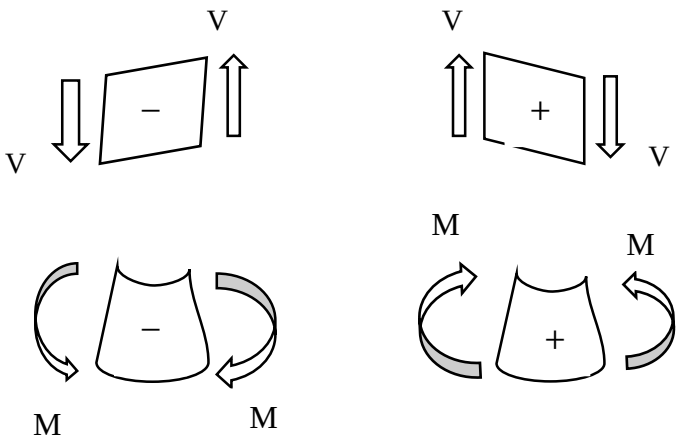
$$\Sigma M = 0 \rightarrow M - Px = 0 \rightarrow M = Px$$

Gaya dan momen bekerja pada elemen balok yang dipotong antara dua penampang yang jaraknya berdekatan satu sama lain. Pada balok, gaya geser positif bekerja searah jarum jam terhadap bahan dan gaya geser negatif bekerja berlawanan jarum jam terhadap bahan. Momen lentur positif menekan bagian atas balok dan momen lentur negatif menekan bagian bawah balok.



Gambar 2.9. Perjanjian Tanda Untuk Gaya Geser dan Momen Lentur

Gaya geser positif cendrung mengubah bentuk elemen dengan muka kanan bergerak ke bawah relatif terhadap muka kiri. Momen lentur positif menekan (memperpendek) bagian atas dan menarik bagian bawah balok (Wang dan Charles,1984).



Gambar 2.10. Deformasi Akibat Gaya Geser dan Momen Lentur

$$R_A = \frac{Pb}{L};\ R_B = \frac{Pa}{L}$$

$$V = R_A = \frac{Pb}{L} \rightarrow (0 < x < a)$$

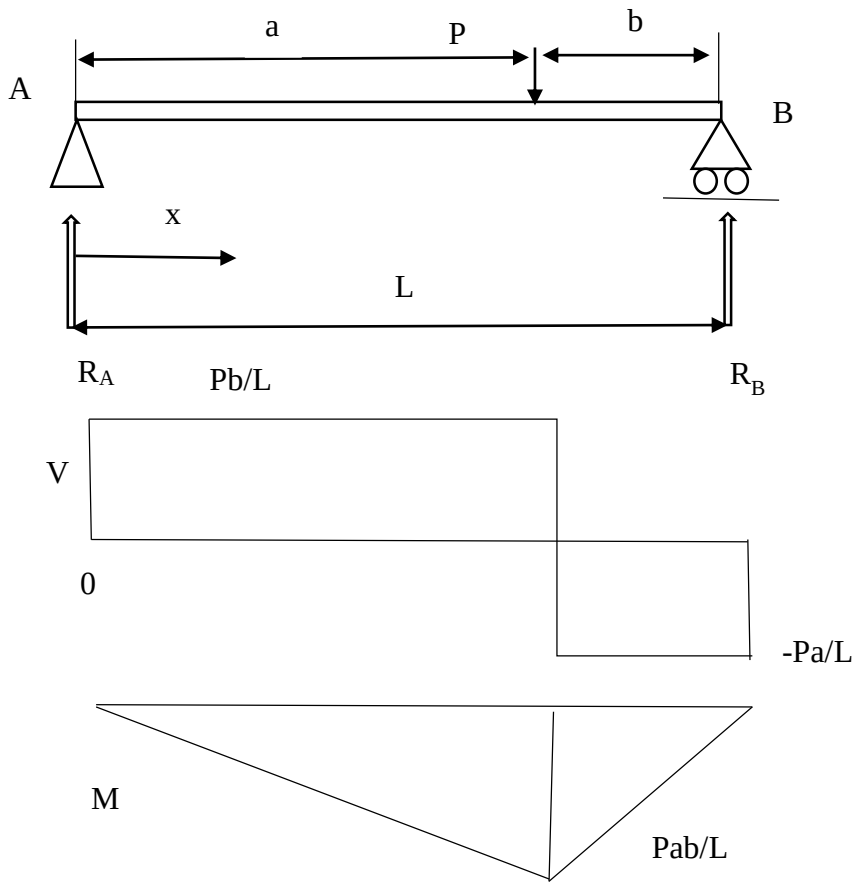
$$M = R_A x = \frac{Pbx}{L}$$

$$V = R_A - P = \frac{Pb}{L} - P = \frac{Pa}{L} \rightarrow (a < x < L)$$

$$M = R_A x - P(x - a) = \frac{Pbx}{L} - P(x - a)$$

$$M = \frac{Pa}{L}(L - a)$$
$$M_{max} = \frac{Pab}{L}$$

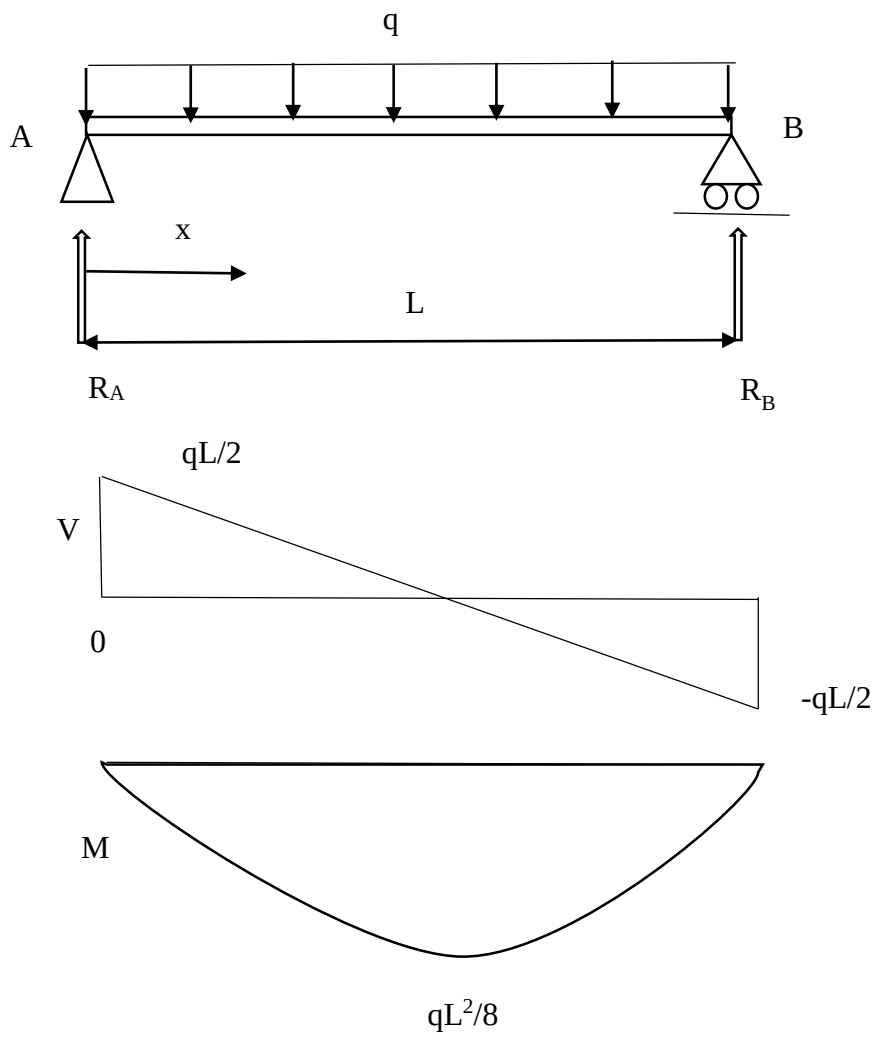
Persamaan tersebut menghasilkan diagram gaya geser dan momen lentur pada Gambar 2.11 di bawah ini. Diagram pada Gambar 2.11 menunjukkan kondisi balok jika menerima beban terpusat.



Gambar 2.11. Diagram Gaya Geser dan Momen Lentur Beban Terpusat

$$R_A = R_B = \frac{qL}{2}$$
$$V = R_A - qx = \frac{qL}{2} - qx \rightarrow (0 < x < L)$$
$$M = R_A x - qx = \frac{qL}{2} - qx$$
$$M_{max} = \frac{qL^2}{8}$$

Persamaan tesebut menghasilkan diagram gaya geser dan momen lentur pada gambar 2.12 di bawah. Diagram pada gambar 2.12 menunjukkan kondisi balok jika menerima beban terdistribusi di sepanjang balok.

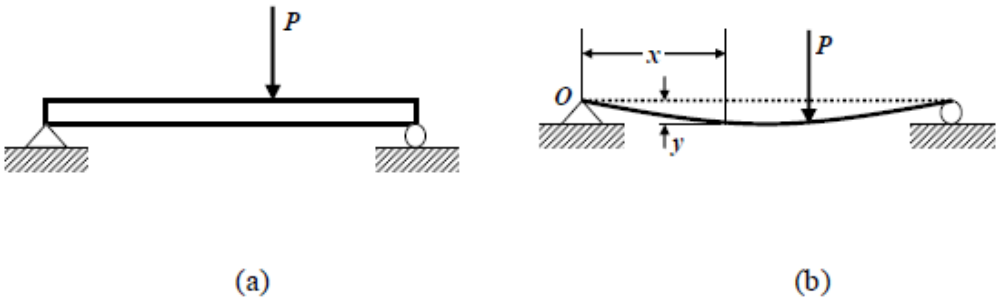


Gambar 2.12. Diagram Gaya Geser dan Momen Lentur Beban Terbagi Rata

Untuk menunjang data distribusi tegangan maka menentukan defleksi atau perubahan bentuk harus diketahui.

2.7 Defleksi

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah sumbu y akibat adanya pembebanan vertical yang diberikan pada balok atau batang. Deformasi pada balok secara sangat mudah dapat dijelaskan berdasarkan defleksi balok dari posisinya sebelum mengalami pembebanan. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Konfigurasi yang diasumsikan dengan deformasi permukaan netral dikenal sebagai kurva elastis dari balok. Gambar 2.13.(a) memperlihatkan balok pada posisi awal sebelum terjadi deformasi dan Gambar 2.13.(b) adalah balok dalam konfigurasi terdeformasi yang diasumsikan akibat aksi pembebanan (Thimoshenko S.P. dan Goodier J.N, 2004).



Gambar 2.13. (a)Balok sebelum terjadi deformasi,(b)Balok dalam konfigurasi terdeformasi

Jarak perpindahan *y* didefinisikan sebagai defleksi balok. Dalam penerapan, kadang kita harus menentukan defleksi pada setiap nilai *x* disepanjang balok. Hubungan ini dapat ditulis dalam bentuk persamaan yang sering disebut persamaan defleksi kurva (atau kurva elastis) dari balok.

Sistem struktur yang di letakkan horizontal dan yang terutama di peruntukkan memikul beban lateral, yaitu beban yang bekerja tegak lurus sumbu aksial batang. Beban semacam ini khususnya muncul sebagai beban gravitasi, seperti misalnya bobot sendiri, beban hidup vertikal, dan lain-lain. Contoh sistem balok dapat di kemukakan antara lain, balok lantai gedung, gelagar jembatan, balok penyangga keran, dan sebagainya. Sumbu sebuah batang akan terdeteksi dari kedudukannya semula bila benda dibawah pengaruh gaya terpakai. Dengan kata lain suatu batang akan mengalami pembebanan *transversal* baik itu beban terpusat maupun terbagi merata akan mengalami defleksi.

a. Teori Momen Luas Pertama

Sudut θ antara tangen A dan tangen B sama dengan luasan diagram M antara kedua titik dibagi EI.

$$\theta = \int_B^A \frac{M\,dx}{EI} \tag{12}$$

Keterangan: θ = Sudut Kemiringan

M = Momen Lentur dengan jarak x dari titik B

E = modulus Elastisitas

I = momen Inersia

Teori ini dipergunakan untuk:

1. Menghitung lendutan.
2. Menghubungkan putaran sudut antara titik-titik yang dipilih sepanjang sumbu balok.

b. Teori Momen Luas Kedua

Jarak vertikal B pada kurva defleksi dan tangen A sama dengan momen dikali jarak (*centroid area*) dibagi EI.

$$\Delta = \int_{B}^{A} \frac{Mxdx}{EI} \tag{13}$$

Δ = Defleksi

Teori momen luasan kedua berguna untuk mendapatkan lendutan, karena memberikan posisi dari suatu titik pada balok terhadap garis singgung disuatu titik lainnya (Thimoshenko S.P. dan Goodier J.N, 2004).