

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (*frame*) struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang paling bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh batas total (*ultimate total collapse*) seluruh struktur. Oleh karena itu, dalam merencanakan kolom perlu lebih waspada, yaitu dengan memberikan kekuatan cadangan yang lebih tinggi dari yang dilakukan pada balok dan elemen struktural horisontal lainnya, terlebih lagi karena keruntuhan tekan tidak memberikan peringatan awal yang cukup jelas. (Nawy, 1990)

Pada umumnya dalam praktek penggunaan kolom tidak hanya melulu bertugas menahan beban tekan aksial, definisi kolom diperluas dengan mencakup juga tugas menahan kombinasi beban tekan aksial dan momen lentur. Dengan kata lain, kolom harus diperhitungkan untuk menyangga beban tekan aksial dengan eksentrisitas tertentu. (Dipohusodo, 1994)

Eksentrisitas beban dapat terjadi akibat timbulnya momen yang antara lain disebabkan oleh kekangan pada ujung-ujung kolom yang dicetak secara monolit dengan komponen lain, pemasangan yang kurang sempurna, ataupun penggunaan mutu bahan yang tidak merata. Bahkan sering dijumpai kolom dalam bangunan

gedung yang menopang balok sama besar sebelah-menyebelah dengan bentang sama, tetapi kolom menerima beban tidak sama berat dari kedua balok karena pola beban hidup yang berbeda. (Dipohusodo, 1994)

Apabila beban tekan aksial pada kolom bertambah, maka retak akan banyak terjadi di seluruh tinggi kolom pada lokasi-lokasi tulangan sengkang. Dalam keadaan batas keruntuhan (limit state of failure), selimut beton diluar sengkang akan lepas sehingga tulangan memanjangnya akan mulai kelihatan. Apabila bebannya terus bertambah, maka terjadi keruntuhan dan tekuk lokal (local buckling) tulangan memanjang pada panjang tak tertumpu sengkang. Dapat dikatakan bahwa dalam keadaan batas keruntuhan, selimut beton lepas dahulu sebelum lekatan baja-beton hilang. (Nawy, 1990)

Akibat beban tekan aksial, kolom cenderung tidak hanya memendek dalam arah memanjang tetapi juga mengembang dalam arah lateral karena pengaruh efek poisson. Kapasitas kolom semacam ini dapat meningkat tinggi dengan memberikan kekangan lateral dalam bentuk sengkang persegi dengan jarak yang berdekatan membungkus tulangan longitudinal. Sengkang mencegah tulangan longitudinal bergerak selama pembangunan dan sengkang menahan kecenderungan tulangan longitudinal untuk menekuk ke arah luar akibat beban tekan aksial, yang dapat menyebabkan selimut beton bagian luar pecah dan gompal. (McCormac, 2000)

Seperti halnya balok, kekuatan kolom juga dievaluasi berdasarkan prinsip-prinsip sebagai berikut (Nawy, 1990):

1. Distribusi regangan pada tebal kolom bersifat linier.

2. Tidak ada slip antara beton dengan tulangan baja (berarti regangan pada baja sama dengan regangan pada beton yang membungkus tulangan baja).
3. Regangan beton maksimum yang diijinkan pada keadaan gagal adalah 0,003.
4. Kekuatan tarik beton tidak digunakan dalam perhitungan.

Menurut Dipohusodo peraturan tidak memberikan definisi batas panjang maksimum kolom pendek, tetapi menetapkan digunakannya suatu proses evaluasi kelangsingan pada batas nilai rasio kelangsingan tertentu. Dengan demikian, komponen struktur tekan digolongkan menjadi dua, yaitu komponen struktur kolom pendek dan langsing. Kolom pendek yaitu struktur kolom yang karena panjang atau tingginya sedemikian rupa sehingga tidak memerlukan peninjauan terhadap efek tekuk lateral. Keruntuhan kolom yang demikian ditandai dengan kegagalan unsur bahannya, yaitu hancurnya beton pada peristiwa runtuh tekan atau luluhnya baja tulangan pada runtuh tarik. Kolom langsing yaitu kolom yang dimensi atau ukuran penampang lintangnya kecil dibandingkan dengan tinggi bebasnya (tinggi yang tidak ditopang). Semakin langsing atau semakin panjang suatu kolom, kekuatan penampangnya akan berkurang bersamaan dengan timbulnya masalah tekuk yang dihadapi. Keruntuhan kolom langsing lebih ditentukan oleh kegagalan tekuk (*buckling*) lateral daripada kuat lentur penampangnya.

Berdasarkan keadaan alami, struktur kolom beton pada umumnya bersifat lebih massal (besar) dibandingkan dengan kolom struktur gelagar baja, dengan

demikian secara struktural menjadi lebih kaku dan permasalahan kelangsingan akan berkurang untuk kolom beton bertulang. (Dipohusodo, 1994)

Beban aksial bekerja dalam arah sejajar sumbu memanjang dan titik kerjanya tidak harus di pusat berat kolom, berada di dalam penampang melintang, atau pusat geometrik. Apabila beban aksial berimpit dengan sumbu memanjang kolom, berarti tanpa eksentrisitas, perhitungan teoritis menghasilkan tegangan tekan merata pada permukaan penampang lintangnya dapat disebut kolom dengan beban aksial tekan eksentrisitas kecil. Sedangkan untuk kondisi kolom dengan beban aksial tekan eksentrisitas besar, gaya aksial bekerja disuatu tempat berjarak e tertentu terhadap sumbu memanjang, kolom akan cenderung melentur seiring dengan timbulnya momen $M=P(e)$. Sehingga tegangan tekan yang terjadi tidak merata pada seluruh permukaan penampang tetapi akan timbul lebih besar pada satu sisi terhadap sisi lainnya. Jarak e dinamakan eksentrisitas gaya terhadap sumbu kolom. Dengan perbedaan kondisi diatas, diperlukan pembatasan eksentrisitas minimum yang harus diperhitungkan. (Dipohusodo, 1994)

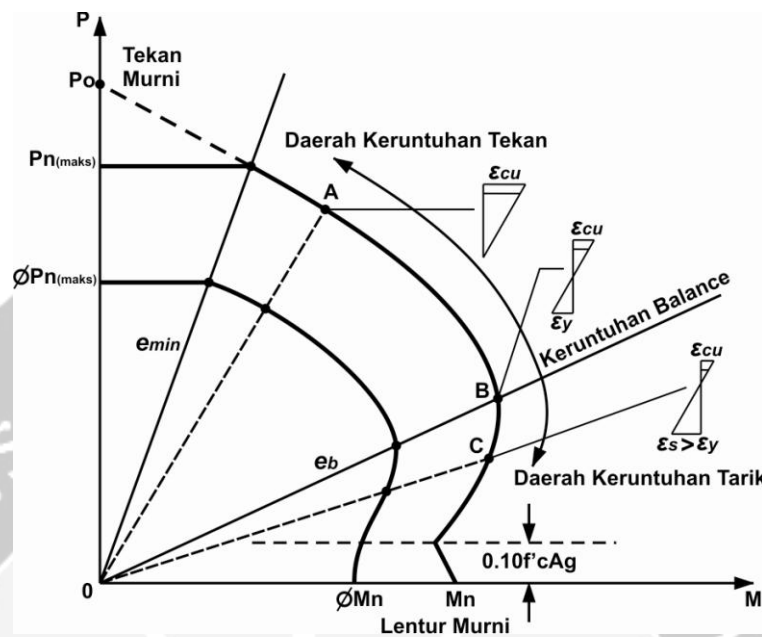
Sesuai penjelasan Dipohusodo diatas, maka kolom dapat diklasifikasikan menjadi dua. Berdasarkan posisi beban tekan aksial pada potongan melintang dari kolom, yaitu kolom yang dibebani secara sentris atau kolom dengan beban aksial tekan eksentrisitas kecil dan kolom yang dibebani secara eksentris atau kolom dengan beban aksial tekan eksentris besar.

Berdasarkan besarnya regangan pada tulangan baja yang tertarik penampang kolom dapat dibagi menjadi dua kondisi awal keruntuhan, yaitu : keruntuhan tarik yang diawali dengan lelehnya tulangan yang tertarik dan

keruntuhan tekan yang diawali dengan hancurnya beton yang tertekan. Kondisi *balance* terjadi apabila keruntuhan diawali dengan lelehnya tulangan yang tertarik atau tulangnya mengalami regangan leleh sekaligus juga hancurnya beton yang tertekan dengan mengalami regangan batasnya (0,003). Perlu ditekankan bahwa dalam setiap masalah analisis, besarnya P_{nb} , M_{nb} , dan juga e_b harus dievaluasi untuk digunakan dalam penyelidikan apakah keruntuhan yang terjadi merupakan keruntuhan tekan atau tarik. Apabila P_n adalah beban aksial dan P_{nb} adalah beban aksial pada kondisi *balance*, maka (Nawy, 1990):

1. Keruntuhan tarik $P_n < P_{nb}$, $e > e_b$, tegangan leleh f_y sebagai tegangan pada tulangan tarik dan tegangan f'_s pada tulangan tekan dapat lebih kecil atau sama dengan tegangan leleh baja.
2. Keruntuhan *balance* $P_n = P_{nb}$.
3. Keruntuhan tekan $P_n > P_{nb}$, $e < e_b$, tegangan pada tulangan tariknya lebih kecil dari tegangan lelehnya.

Dari pembahasan diatas dapat diduga bahwa kapasitas penampang beton bertulang untuk menahan kombinasi beban tekan aksial dan momen lentur yang sesuai dengan lokasi sumbu netralnya, dapat digambarkan dalam bentuk suatu kurva interaksi antara kedua gaya dalam tersebut. Diagram interaksi dapat dibagi menjadi daerah keruntuhan tarik dan daerah keruntuhan tekan seperti pada gambar 2.1. (Nawy, 1990)



Gambar 2.1 Diagram Interaksi P - M

2.2 Beton

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan. (McCormac, 2000)

Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, di antaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan finishing, temperatur dan kondisi perawatan pengerasannya. (Dipohusodo, 1994)

Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya dan beton merupakan bahan bersifat getas. Nilai kuat tariknya hanya berkisar 9%-15% saja dari kuat tekannya. Pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton mampu diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerjasama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang menahan tarik. (Dipohusodo, 1994)

2.3 Material Pembentuk Beton

Material-material yang diperlukan untuk membentuk beton antara lain semen, agregat dan air. Keseluruhan material didalam beton memiliki ketentuan masing-masing yang harus dipenuhi untuk mendapatkan kualitas beton sesuai harapan, yaitu kualitas beton yang baik.

2.3.1. Semen

Semen *portland* merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan dan sebagai fungsinya untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat. (Tjokrodinuljo, 1992)

Semen *Portland* mengandung kalsium dan aluminium silika. Dibuat dari bahan utama *limestone* yang mengandung kalsium oksida (CaO) dan lempung yang mengandung silika dioksida (SiO_2) serta aluminium oksida (Al_2O_3). Semen *Portland* yang dipakai harus memenuhi syarat SII 0013-81 dan Peraturan Umum

Bahan Bangunan Indonesia (PUBI) 1982, sedangkan Semen *Portland Pozzolan* harus memenuhi syarat SII 0132-75. (Dipohusodo, 1994)

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen *portland* di Indonesia (PUBI-1982) dibagi menjadi 5 jenis, yaitu (Tjokrodimuljo, 1992):

Jenis I : Semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lain.

Jenis II : Semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.

Jenis III : Semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.

Jenis IV : Semen *Portland* yang dalam dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.

Jenis V : Semen *Portland* yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat

2.3.2. Agregat

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 1992).

Agregat ini menempati $\pm 70-75\%$ dari seluruh volume massa padat beton. Untuk mencapai kuat beton perlu diperhatikan kepadatan dan kekerasan massanya, karena umumnya semakin padat dan keras massa agregat akan makin tinggi kekuatan dan *durability*-nya, yakni daya tahan terhadap penurunan mutu

akibat pengaruh cuaca. Untuk itu, gradasi dari ukuran partikel dalam agregat mempunyai peranan yang sangat penting untuk menghasilkan susunan beton yang padat (Dipohusodo, 1996).

Menurut Tjokrodimuljo (1992), umumnya jenis agregat dibedakan berdasarkan ukuran butir-butirnya. Dalam teknologi beton, agregat yang butirannya lebih besar dari 4,80 mm disebut agregat kasar (contohnya kerikil, batu pecah atau *split*), sedangkan agregat yang butirannya lebih kecil dari 4,80 mm disebut agregat halus (contohnya pasir).

Agregat yang dipakai sebagai bahan bangunan mempunyai syarat-syarat sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 1992):

- a. Butir-butirnya tajam, kuat, dan bersudut. Ukuran kekuatan agregat dapat dilakukan dengan pengujian ketahanan aus dengan mesin uji *Los Angeles*, atau dengan bejana *Rudeloff*. Persyaratan menurut konsep Pedoman Beton 1989 dapat dibaca dalam Tabel 2.1..

Tabel 2.1 Persyaratan Kekerasan Agregat untuk Beton
(Tjokrodimuljo, 1992)

Kelas dan Mutu Beton	Bejana <i>Rudeloff</i> . Maksimum bagian yang hancur menembus ayakan 2 mm (%)		Mesin Los Angeles. Maksimum bagian yang hancur menembus ayakan 1,7 mm (%)
	Ukuran Butir 19 – 30 mm	Ukuran Butir 9,5 – 19 mm	
Kelas I, mutu B ₀ serta B ₁	30	32	50
Kelas II, mutu K ₁₂₅ – K ₂₂₅	22	24	40
Kelas III, Mutu beton diatas K ₂₂₅	14	16	27

- b. Tidak mengandung tanah atau kotoran lain yang lewat ayakan 0,075 mm. Pada agregat halus jumlah kandungan kotoran ini harus tidak boleh lebih dari 5 persen untuk beton sampai mutu k-125, dan 2,5 persen untuk mutu beton yang lebih tinggi. Pada agregat kasar kandungan kotoran ini dibatasi sampai maksimum 1 persen. Jika agregat mengandung kotoran lebih dari batas-batas maksimum, maka harus dicuci dengan air bersih.
- c. Harus tidak mengandung garam-garam yang menghisap air dari udara.
- d. Harus benar-benar tidak mengandung zat organis. Kandungan zat organis dapat mengurangi mutu beton. Bila direndam dalam larutan 3% NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna pembanding.
- e. Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit (untuk pasir modulus halus butirnya antara 1,50 – 3,80). Pasir yang seperti ini hanya memerlukan pasta semen yang sedikit.
- f. Bersifat kekal, tidak hancur atau berubah karena cuaca. Sifat kekal tersebut diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
- 1). Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12 persen.
 - 2). Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 18 persen.

Untuk agregat kasar, tidak boleh mengandung butiran-butiran yang pipih dan panjang lebih dari 20 persen dari berat keseluruhan.

2.3.3. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat, dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton. Air yang digunakan dalam campuran beton tidak boleh mengandung senyawa-senyawa berbahaya, karena hal tersebut dapat menurunkan kualitas beton. (Tri Mulyono, 2004)

Air diperlukan dalam campuran beton untuk bereaksi dengan semen, serta menjadi pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 30 % berat semen. (Tjokrodimuljo, 1992)

Tjokrodimuljo (1992) menambahkan bahwa kelebihan air dalam campuran adukan beton akan menyebabkan turunnya kekuatan beton dan akan terjadi *bleeding* yang kemudian menjadi buih dan merupakan lapisan tipis yang dikenal dengan *laitance* (selaput tipis). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapisan-lapisan beton dan merupakan bidang sambung yang sangat lemah. Secara umum air yang dapat dipakai untuk bahan pencampur beton ialah air yang bila dipakai akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air suling.

Air yang digunakan untuk campuran beton merupakan air yang harus memenuhi syarat sebagai berikut (Tjokrodimuljo, 1992) :

1. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.

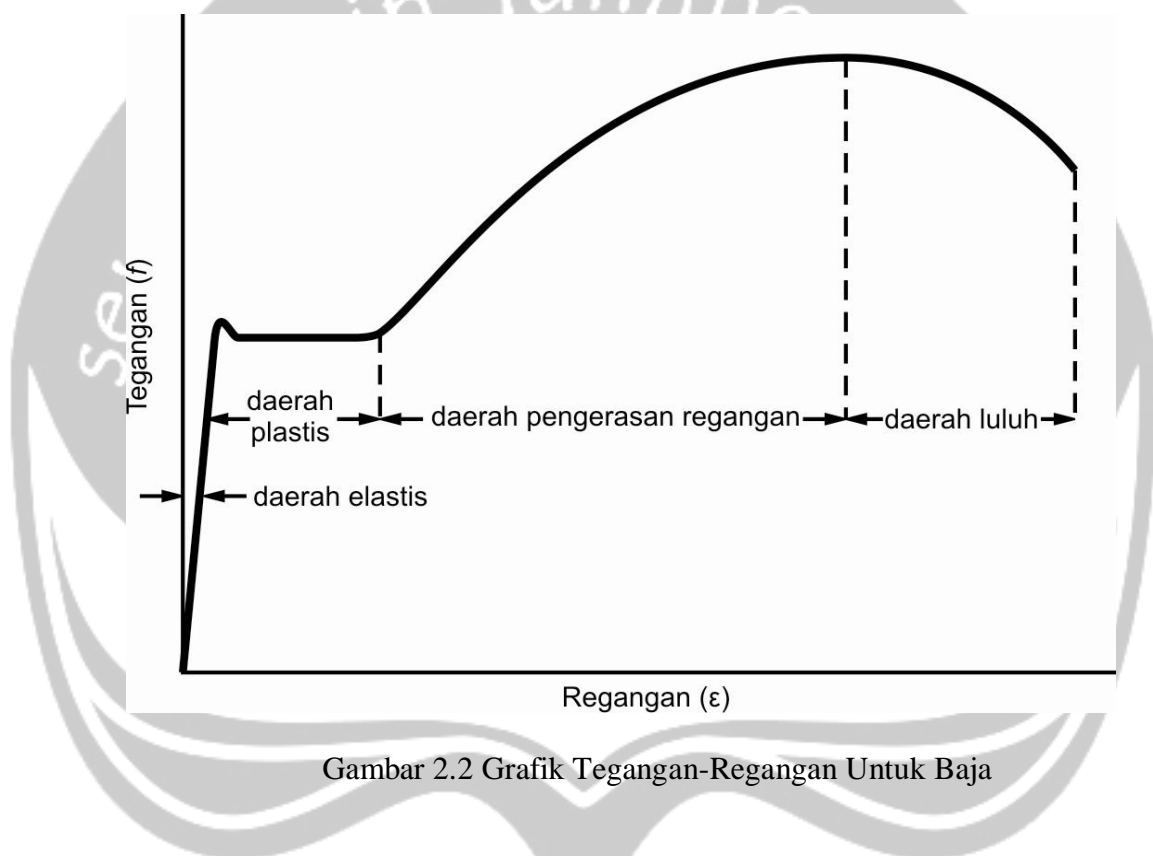
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dsb) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung klorida (*Cl*) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

2.4 **Baja**

Baja adalah salah satu bahan konstruksi yang penting. Sifat utamanya dalam penggunaan konstruksi adalah kekuatannya yang tinggi dan sifat keliatannya. Keliatan (*ductility*) adalah kemampuan untuk berdeformasi secara nyata baik dalam tegangan maupun dalam kompresi sebelum terjadi kegagalan. Pertimbangan-pertimbangan yang lainnya dalam penggunaan baja termasuk mudahnya untuk menyediakannya secara luas dan daya tahannya (*durability*), khususnya dengan menyediakan proteksi terhadap cuaca sekedarnya. (Bowles,1985)

Baja konstruksi adalah *alloy steel* (baja paduan), yang pada umumnya mengandung lebih dari 98% besi dan biasanya kurang dari 1% karbon). Sekalipun komposisi aktual kimiawi sangat bervariasi untuk sifat-sifat yang diinginkan, seperti kekuatannya dan tahanannya terhadap korosi, baja dapat juga mengandung elemen paduan lainnya, seperti silikon, magnesium, sulfur, fosfor, tembaga, krom dan nikel, dalam berbagai jumlah. Baja merupakan sumber yang tidak dapat diperbaharui (*renewable*), tetapi dapat didaur ulang (*recycled*), dan komponen utamanya paling banyak besi. (Spiegel, 1991)

Ada dua buah karakteristik yang dapat menggambarkan perilaku sebuah material untuk struktur yaitu kekuatan dan daktilitas. Gambar. 2.2 menunjukkan sebuah grafik perilaku karakteristik pada baja. Pada gambar tersebut ditunjukkan beberapa perilaku daerah perilaku dari baja yang berbeda yaitu : daerah elastis, daerah plastis, daerah pengerasan regangan dan daerah luluh. (Tall, 1974)



Gambar 2.2 Grafik Tegangan-Regangan Untuk Baja

Produk-produk baja struktural dari pabrikan dibuat dengan 2 buah cara pembentukan, yaitu dibentuk dalam keadaan panas (*hot rolled steel*) dan pembentukan dalam keadaan dingin (*cold-formed*). Profil yang dibentuk dalam keadaan panas dibuat dengan cara digilas sewaktu profil-gilas setengah jadi masih panas sedangkan batang-batang yang dibentuk dalam keadaan dingin berasal dari gulungan-gulungan atau lembaran-lembaran baja pipih. (Johnston, 1978)