

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Bata

2.1.1 Pengertian Umum Batu Bata

Batu bata merupakan bahan bangunan yang terbuat dari tanah liat dengan atau tanpa campuran bahan lain, dibakar pada suhu tinggi hingga tidak hancur lagi bila direndam air. Batu bata yang baik sebagian besar terdiri atas pasir (silika) dan tanah liat (alumina), yang dicampur dalam perbandingan tertentu sedemikian rupa sehingga bila diberi sedikit air menjadi bersifat plastis. Sifat plastis ini penting agar tanah dapat dicetak dengan mudah, dikeringkan tanpa susut, retak-retak maupun melengkung. Bata merupakan salah satu bahan bangunan yang tertua yang digunakan. Biasanya disusun sebagai dinding, baik sebagai pengisi maupun struktur penahan beban. Penggunaan bata mempunyai keuntungan karena memungkinkan digunakan sebagai beberapa fungsi yang pada struktur portal tidak mungkin dilakukan. Dinding bata secara bersama berfungsi sebagai komponen struktur penyekat ruangan, penyekat suara dan panas, dan juga perlindungan terhadap api dan cuaca. Selain itu mempunyai harga yang murah dan tahan lama (Lisa K.D, 2011).

Batu bata yang baik memiliki ciri-ciri antara lain permukaannya kasar, warnanya merah seragam (merata), jika dipukul bunyinya nyaring serta tidak mudah hancur atau patah. Ukuran batu bata yang diproduksi dapat ditentukan dengan bebas sesuai kesepakatan antara konsumen dan produsen. Adapun contohnya adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1.Ukuran Standar Bata Merah

Modul	Ukuran		
	Tebal	Lebar	Panjang
M-5 a	65	90	190
M-5 b	65	140	190
M-6	55	110	230

Sumber: Anonim¹, 1978

Batu merah dapat dibagi atas tiga tingkat seperti berikut: (Tamrin, 2008)

1. Batu merah mutu tingkat I dengan kuat tekan rata-rata lebih besar dari 100 kg/cm² dengan ukuran yang sama tanpa penyimpangan.
2. Batu merah mutu tingkat II dengan kuat tekan rata-rata antara 80 kg/cm² dan 100 kg/cm² dan ukurannya menyimpang 10%.
3. Batu merah mutu tingkat III dengan kuat tekan rata-rata antara 60 kg/cm² dan 80 kg/cm² dan ukurannya menyimpang 20%

2.1.2 Kekuatan Batu Bata

Batu bata memiliki kekuatan yang berbeda berdasarkan tingkatannya. Batu bata dibedakan menjadi tiga tingkat yaitu:

1. Tingkat I dengan kuat tekan rata-rata ≥ 100 kg/cm²
2. Tingkat II dengan kuat tekan rata-rata antara 80-100 kg/cm²
3. Tingkat III dengan kuat tekan rata-rata antara 60-80 kg/cm²

Dari tiap-tiap percobaan, kuat tekannya tidak diperbolehkan lebih dari 20% dari harga rata-rata terendah (Ismoyo DH, 1984).

Rumus yang digunakan untuk perhitungan tegangan batu bata adalah sebagai berikut

$$\sigma_b = \frac{P}{A} \quad (2-1)$$

Dimana: σ_b = tegangan batu bata (kg/cm²)

P = beban tekan (kg)

A = luas penampang bidang tekan bata (cm²)

2.2 Mortar

2.2.1 Pengertian Umum Mortar

Menurut beberapa sumber pengertian mortar adalah sebagai berikut:

1. *Mirriam Webster Dictionary*. Mortar adalah bahan bangunan lentur (seperti campuran semen, kapur atau gipsum dengan pasir & air) yang dapat mengeras dan bahan tersebut biasanya digunakan pada pekerjaan batu atau pekerjaan plesteran.
2. Kamus Inggris – Indonesia Hasan Shaddily & John M. Echol. Mortar adalah adukan semen.

3. Secara umum mortar adalah bahan bangunan berupa adukan semen yang biasa digunakan dalam pekerjaan tukang batu yaitu sebagai plesteran.

Adukan semen secara umum digunakan sebagai bahan untuk pekerjaan membentuk unsur penutup bangunan seperti pada dinding & lantai yang bukan merupakan elemen struktur bangunan (<http://www.google.co.id> diakses April 2011). Mortar digolongkan menurut penggunaannya, misalnya untuk sambungan, tembok, tahan air, tahan api dan seterusnya. Mortar untuk sambungan digunakan untuk menyambung bata, batu dan blok beton. Perbandingan semen dan pasir adalah 1 : 2,75.

2.2.2. Bahan Penyusun Mortar

2.2.2.1. Semen *Portland*

Material semen adalah material yang memiliki sifat adhesif (*adhesive*) dan kohesif (*cohesive*) yang memungkinkan untuk mengikat fragmen-fragmen mineral/agregat-agregat menjadi suatu masa yang padat mempunyai kekuatan. Semen yang mengeras dengan adanya air yang dinamakan dengan semen hidraulik (*hydraulic cement*). Semen jenis ini terdiri dari silikat dan lime yang terbuat dari batu kapur dan tanah liat yang digerinda, dicampur, dibakar dalam pembakaran kapur (*klin*), kemudian dihancurkan menjadi tepung. Semen hidrolik biasa yang dipakai untuk mortar dinamakan semen *portland* (*portland cement*) (Nawy, 1990). Dalam buku *Portland Cement Association* (1975), diuraikan nama-nama penemu semen yang pertama kali yaitu sebagai berikut:

1. John Smeaton (1756), bahwa mortar/beton yang baik diperoleh jika *pozzolan* semen dicampur dengan batu kapur (*limestone*) yang banyak mengandung material tanah liat.
2. Joseph Aspdin (1824), Pembuatan semen *portland* dengan jalan memanaskan campuran butir-butir halus tanah liat dan batuan kapur keras dalam tungku pembakaran, sampai CO₂ hasil pembakaran tersebut keluar dari campuran.
3. Issac Johnson (1845), memperbaiki cara Joseph Aspdin dengan jalan membakar campuran tanah liat dengan kapur sampai mengklinker sehingga reaksi yang diperlukan untuk membentuk tingkatan material semen terjadi.

Semen *portland* adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Semen *portland* didefinisikan sebagai semen hidraulik yang dihasilkan dengan menggiling kliner yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya (Anonim², 1985).

2.2.2.2. Agregat Halus

Agregat halus adalah pengisi yang berupa pasir, agregat yang terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan (Istimawan Dipsohusodo, 1994). Pasir umumnya terdapat disungai-sungai yang besar. Akan tetapi sebaiknya pasir yang digunakan untuk bahan-bahan bangunan dipilih yang memenuhi syarat. Syarat-syarat untuk pasir adalah sebagai berikut:

1. Butir-butir pasir harus berukuran antara (0,15 mm dan 5 mm).
2. Harus keras, berbentuk tajam, dan tidak mudah hancur dengan pengaruh perubahan cuaca atau iklim.
3. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (persentase berat dalam keadaan kering).
4. Bila mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasirnya harus dicuci.
5. Tidak boleh mengandung bahan organik, garam, minyak, dan sebagainya.

Pasir untuk pembuatan adukan harus memenuhi persyaratan diatas, selain pasir alam (dari sungai atau galian dalam tanah) terdapat pula pasir buatan yang dihasilkan dari batu yang dihaluskan dengan mesin pemecah batu, dari terak dapur tinggi yang dipecah-pecah dengan suatu proses.

Agregat dinilai dari tingkat kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatan pada pasta semen, porositas dan penyerapan air dapat mempengaruhi daya tahan beton terhadap serangan alam dari luar dan ketahanan terhadap penyusutan selama proses penyaringan agregat (Daryanto, 1994).

2.2.2.3. Air

Air yang dimaksud disini adalah air sebagai bahan pembantu dalam konstruksi bangunan meliputi kegunaannya dalam pembuatan dan perawatan mortar. Air diperlukan pada pembuatan mortar untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan mortar. Kekuatan dari pasta pengerasan semen ditentukan oleh perbandingan berat antara semen dan faktor air. Persyaratan mutu air adalah sebagai berikut: (Anonim³, 1982)

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual dan tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2gr/l.
3. Tidak mengandung garam yang dapat larut dan dapat merusak beton/mortar (Winter, 1993).

Air sangat dibutuhkan dalam pelaksanaan bahan, tanpa air konstruksi bahan tidak akan terlaksana dengan sempurna.

2.2.3. Kuat Tekan Mortar

Kuat tekan mortar didefinisikan sebagai kemampuan mortar untuk menahan gaya luar yang datang pada arah sejajar serat yang menekan mortar. Kuat tekan mortar berdasarkan jenisnya dapat di lihat dalam tabel 2-3. Rumus yang dapat digunakan untuk perhitungan percobaan kuat tekan mortar adalah :

$$\sigma_m = \frac{P_{maks}}{A} \quad (2-2)$$

Dimana : σ_m = kuat tekan mortar (kg/cm^2)

P = beban tekan (kg)

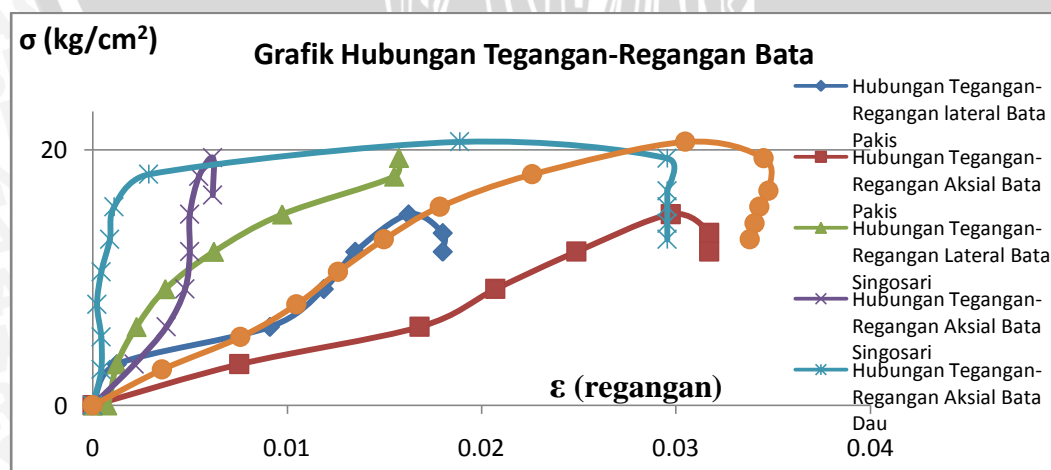
A = luas penampang mortar (cm^2)

Tabel 2.2 Persyaratan Kuat Tekan Mortar

Jenis adukan	Uraian	Kesesuaian Konstruksi	Kekuatan tekan Rata-rata Minimum pada 28 Hari
M	Adukan kekuatan tinggi	Pasangan-batu yang dikenai beban lateral atau tekan tinggi atau aksi beku : Pasangan batu di bawah tanah.	2500 psi (17,25 MPa)
S	Adukan kekuatan tinggi-sedang	Pasangan-batu yang membutuhkan kekuatan ikat lentur yang tinggi tetapi hanya dikenai beban tekan normal.	1800 psi (12,40 MPa)
N	Adukan kekuatan sedang	Penggunaan umum di atas tanah	750 psi (5,17 MPa)
O	Adukan kekuatan sedang-rendah	Dinding dan sekat bagian non-pendukung beban.	350 psi (2,40 MPa)

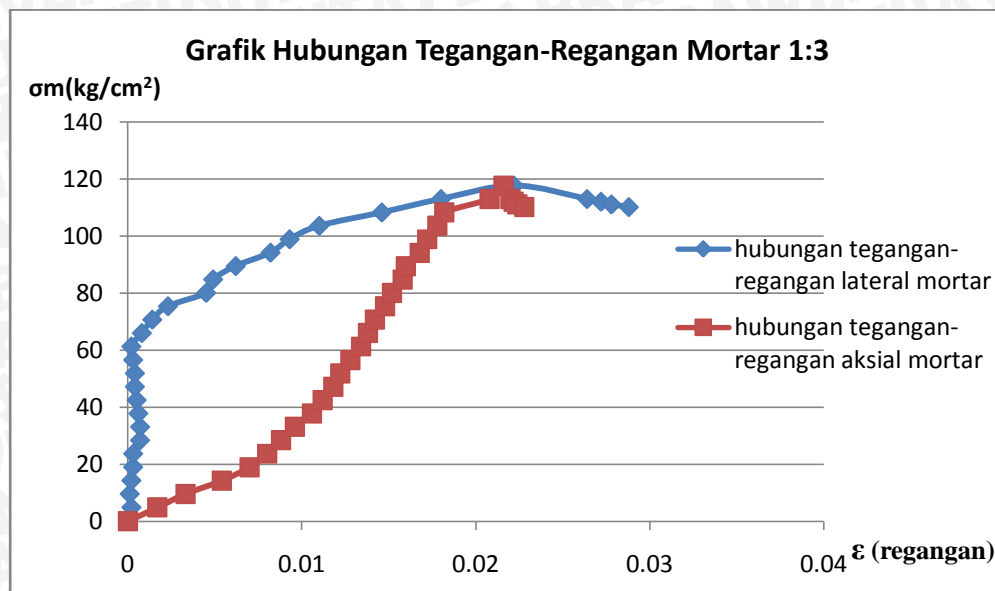
Sumber : Anonim⁴,2004

Di Indonesia, kuat tekan mortar jauh melebihi kuat tekan bata. Ini sangat berbeda dengan yang terjadi di negara lain, dimana kekuatan mortar umumnya berada di bawah kekuatan bata. Hal ini terjadi karena bata Indonesia memiliki kekuatan tekan yang relatif rendah. Untuk mortar, umumnya sama. Karena kekuatannya tergantung komposisi penyusunnya. Semakin banyak kadar semen pada mortar, semakin kuat mortar tersebut. Semakin banyak kadar air, semakin rendah kekuatannya. Berikut beberapa hasil penelitian yang telah dibuat mengenai perbandingan kekuatan tekan mortar dan batu bata di Indonesia, khususnya di daerah Malang.



Grafik 2.1 Hubungan Tegangan Regangan Bata Beberapa Daerah di Malang

Sumber : Lisa K.D, 2010



Grafik 2.2 Hubungan Tegangan Regangan Mortar Komposisi 1:3
Sumber : Lisa K.D, 2010

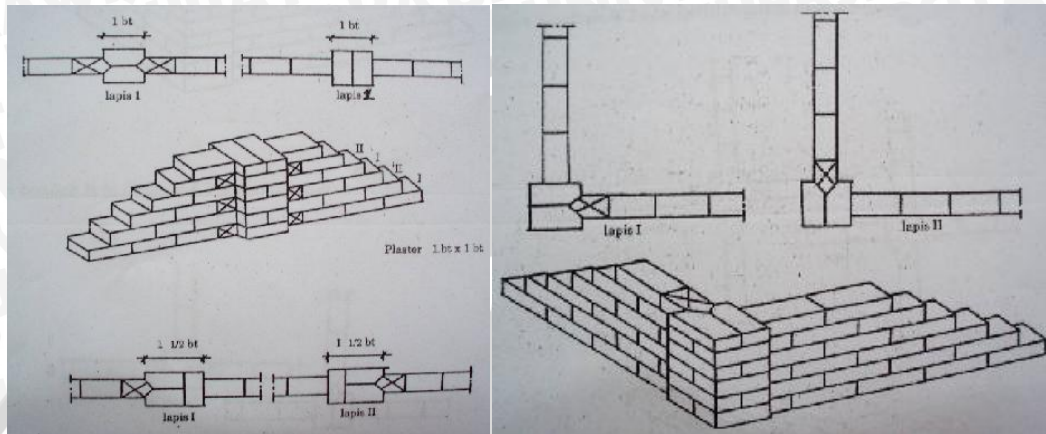
2.3 Pasangan Batu Bata

2.3.1 Aturan Pemasangan Batu Bata

Dengan aturan pemasangan batu merah kita menghubungkan batu merah masing-masing bersama mortar menjadi suatu kesatuan yang juga dapat menerima beban. Siar-siar vertikal selalu diusahakan agar tidak merupakan satu garis, harus bersilang, seperti terlihat pada gambar berikut. Siar vertikal pada umumnya kita pilih sebesar 1 cm dan siar horisontal setebal 1,5 cm. Dalam membangun konstruksi bata kita harus memperhatikan syarat penting dalam pasangan batu bata, misalnya hubungan harus dibuat sesederhana mungkin yaitu lapisan-lapisannya terdiri dari dua macam lapisan saja yaitu lapisan melintang dan membujur (lapisan *kop* dan *strek*) pada dua lapisan yang berturut – turut, siar tegak tidak boleh terletak yang satu diatas yang lain: pada sudut-sudut, pertemuan-pertemuan, dan persilangan tembok lapisan- lapisannya saling ganti-berganti, diteruskan dan dihentikan. Lapisan yang diteruskan harus lapisan *strek* dan yang dihentikan lapisan *kop* (Pijil, 1982).

Dalam pelaksanaan pekerjaan pasangan tembok, tembok batu diberi kolom. Kolom ini gunanya untuk memperkuat kedudukan tembok agar kuat mendukung beban di atasnya. Pasangan *pilaster* pada umumnya dipasang ditempat - tempat tertentu dengan ukuran sesuai kebutuhan, ada kalanya pilaster sebagai hiasan (pemanis) ruangan belaka. Cara memasang *pilaster* tetap mengacu pada ikatan

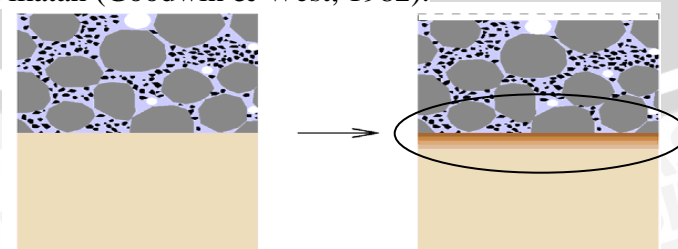
pasangan yang berlaku untuk tebal tembok yang telah ditentukan oleh ukuran *pilaster* tersebut, sedang ikatan untuk tembok disebelahnya tetap digunakan seperti aturan terdahulu. Untuk itu diberikan beberapa contoh kolom pada pertemuan setengah batu (Anonim⁵, 2011).



Gambar 2.1 Pertemuan Tembok Sudut, Ikatan Batu dengan Kolom.
 Sumber: Anonim⁵, 2011

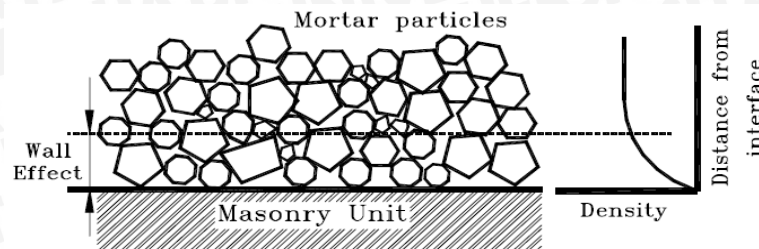
2.3.2 Kuat Lekat Pasangan Batu Bata

Pasangan batu bata merupakan struktur komposit gabungan dari kekuatan yang dimiliki mortar dan kekuatan batu bata itu sendiri. Hal ini dapat ditunjukkan dengan kekuatan ikatan antara mortar dan bata tersebut sehingga menjadi satu struktur yang solid. Kekuatan ikatan antara mortar dan batu bata tergantung pada banyak faktor yang saling berhubungan yang secara langsung misalnya penyerapan permukaan, struktur pori, komposisi mortar atau secara tidak langsung mempengaruhi kekuatan ikatan misalnya unit tekstur permukaan dan pengerjaan. Kualitas mortar dan kriteria penyerapan permukaan unit pasangan bata adalah parameter yang paling signifikan dalam mengembangkan ikatan yang baik dan kekuatan ikatan (Goodwin & West, 1982).



Gambar 2.2 Proses Desorpsi Lapisan Mortar Kontak dengan Bata
 Sumber: Hendrickx *et al*, 2009

Gambar 2.2 menunjukkan adanya proses desorpsi lapisan mortar kontak dengan batu bata. Hal ini diasumsikan bahwa jumlah udara dalam mortar tetap sama dan bahwa butir mendekati bersama-sama.



Gambar 2.3 Efek Dinding Langsung di Sekitar Unit Bata
Sumber: Baché, 1981

Gambar 2.3 menunjukkan skema diagram yang menggambarkan efek dinding partikel mortar di permukaan pasangan unit bata. Kekasaran permukaan pasangan bata unit dapat menetralkan efek dinding pada antarmuka unit bata (Lange *et al*, 1999).

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat lekatan adalah sebagai berikut :

$$f_b = \frac{P}{A} \quad (2-3)$$

Dimana f_b = kuat lekatan batu bata (kg/cm^2)
 P = beban tarik (kg)
 A = luas penampang mortar (cm^2)

2.4 Bambu

2.4.1 Pengertian Umum Bambu

Bambu adalah tanaman yang dapat tumbuh dari daerah rendah sampai ke daerah pegunungan dengan ketinggian 3000 m dari permukaan laut. Di tempat terbuka dan bebas dari genangan air sangat cocok untuk pertumbuhan bambu. Bambu tumbuh sangat cepat, selama kurang lebih 2,5 tahun tinggi bambu mencapai 50 sampai 100 ft. Jumlah spesies yang ada di Asia Selatan dan Asia Tenggara adalah 80% dari keseluruhan spesies bambu yang ada di dunia. Lebih dari 75 *genera* dan 1250 spesies bambu tumbuh di dunia. Genus *Bambusa* mempunyai jumlah spesies paling banyak, tersebar di daerah tropis terutama di Indonesia (Sharma & Mehra, 1970).

Terdapat bermacam-macam bambu, tetapi dari ratusan jenis tersebut hanya ada empat macam saja yang dianggap penting. Jenis bambu tersebut umum dipasarkan di Indonesia, yaitu bambu petung, bambu tali, bambu duri dan bambu wulung. (Frick & Koesmatardi, 1990) Bambu petung di Indonesia dikenal dengan nama botani *Dendrocalamus sp.* Bambu dapat disamakan dengan kayu karena sama-sama organisme natural yang memiliki kemampuan beradaptasi dengan lingkungan sekitar yang cukup baik.

Tanaman ini dapat hidup di lingkungan tropis hingga subtropis dan dapat ditemukan hampir di semua benua (Kai & Xuhe, 2006). Bambu jenis ini mempunyai rumpun agak rapat, dapat tumbuh di dataran rendah sampai pegunungan dengan ketinggian 2000 m di atas permukaan air laut. Pertumbuhan cukup baik khususnya untuk daerah yang tidak terlalu kering. Warna kulit batang hijau kekuning-kuningan. Batang dapat mencapai panjang 10- 14 m, panjang ruas berkisar antara 40-60 cm, dengan diameter 6-15 cm, tebal dinding 10-15 mm. Kuat tarik rata-rata bambu petung lebih tinggi dari tegangan luluh baja, hanya satu spesimen yang mempunyai kuat tarik lebih rendah dari tegangan luluh baja (Morisco, 1990).

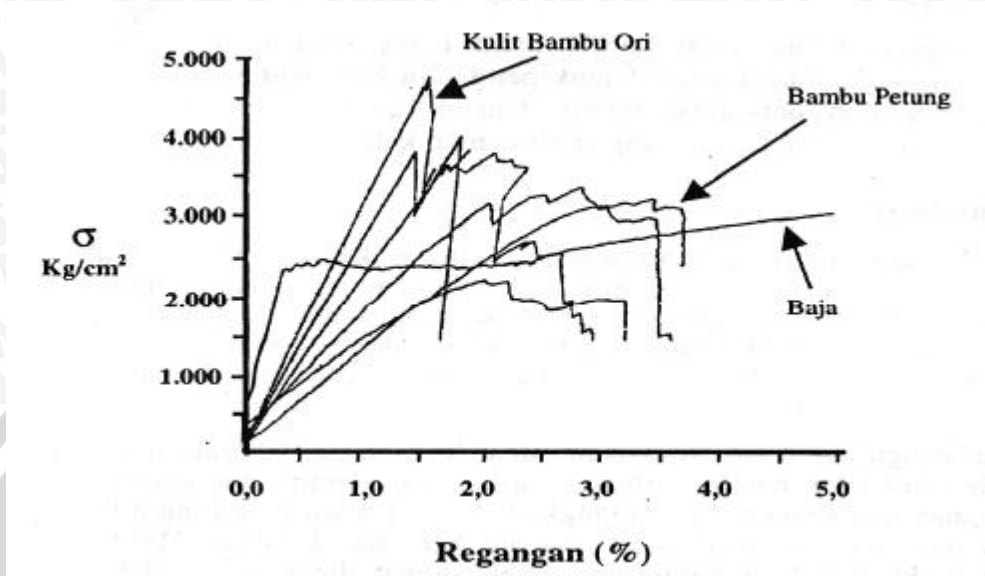
2.4.2 Sifat Mekanika Bambu

Penggunaan bambu untuk tingkat lanjut atau untuk tujuan konstruksi dengan skala besar hendaknya dilakukan pengujian terhadap mutu dan kualitas dari bambu yang akan digunakan. Jenis bambu yang sama namun tumbuh di daerah berbeda juga tidak dapat menjamin memberikan kekuatan yang sama.

Penelitian mengenai bambu telah dilakukan oleh Janssen sejak tahun 1974 dengan melakukan pengujian yang didasarkan pada sifat mekanik bambu yaitu termasuk di dalamnya adalah kuat tarik, kuat lentur dan geser baik dengan pembebanan jangka panjang ataupun pembebanan jangka pendek. Berdasarkan rangkaian pengujian tersebut diperoleh bahwa kuat tarik sejajar serat mencapai 2000 –3000 kg/cm², kuat lentur diperoleh rata-rata sebesar 840 kg/cm², dan kuat geser bambu rata-rata adalah 22,5 kg/cm². berikut adalah rumus kuat tarik bambu.

$$f_s = \frac{P}{A} \quad (2-4)$$

Dimana f_s = kuat tarik (kg/cm^2)
 P = beban tarik (kg)
 A = luas penampang (cm^2)



Grafik 2.3 Diagram Tegangan-Regangan Bambu dan Baja
 Sumber: Morisco, 1990

Tabel 2.3 Kuat Batas dan Tegangan Ijin Bambu

Macam tegangan	Kuat batas (kg/cm^2)	Tegangan ijin (kg/cm^2)
Tarik	981-3920	294,2
Lentur	686-2940	98,07
Tekan	245-981	78,45
E tarik	98070-294200	$196,1 \times 10^3$

Sumber: Tular & Sutidjan, 1996

Selain kuat tarik, bambu juga memiliki kuat tekan. Kuat tekan bambu dibedakan menjadi kuat tekan sejajar serat dan tegak lurus serat. Sebagai material yang memiliki serat, bambu memiliki kekuatan tekan yang berbeda ditinjau dari arah seratnya. Perhitungan nilai kuat tekan bambu seperti pada umumnya, dirumuskan sebagai berikut.

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (2-5)$$

Dimana f_c = kuat tekan bambu (kg/cm^2)
 P = beban tekan (kg)
 A = luas penampang bambu (cm^2)



2.5 Kolom

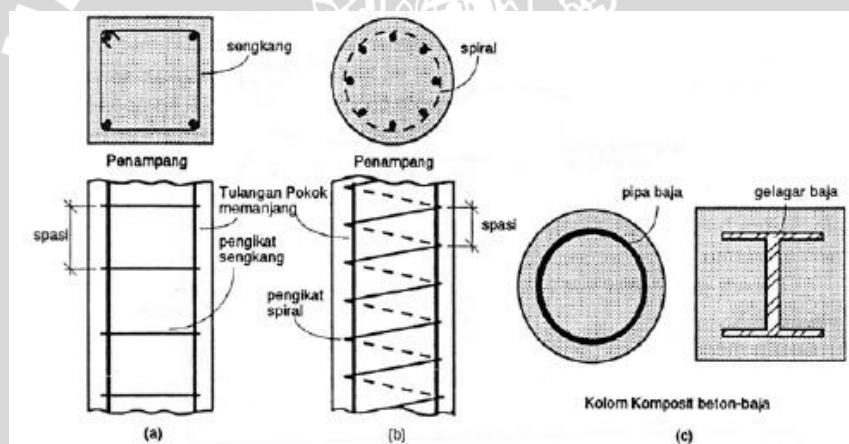
2.5.1 Pengertian Umum

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang menerima beban aksial tekan (Salmon *et al*, 1990). Beban kritis yang ditemukan oleh Euler adalah bahwa kapasitas pikul beban suatu kolom selalu berbanding terbalik dengan kuadrat panjang elemen, sebanding dengan modulus elastis material, dan sebanding dengan momen inersia penampang melintang (Schodek, 1991). Pengaruh geser terhadap pengurangan kekuatan kolom sebanding dengan besarnya deformasi yang ditimbulkan oleh gaya geser. Penampang berbadan solid memiliki deformasi geser yang lebih kecil. Pengaruh gaya geser yang kecil pada kolom berbadan solid dapat diabaikan dengan aman (Salmon *et al*, 1990).

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil (Anonim⁶, 2002). Sebagai bagian dari suatu kerangka bangunan dengan fungsi dan peran seperti itu, kolom menempati posisi penting didalam sistem struktur bangunan. Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan bangunan.

Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan struktur bangunan. Pada umumnya kegagalan atau keruntuhan komponen tekan tidak diawali dengan tanda peringatan yang jelas, bersifat mendadak. Oleh karena itu, dalam merencanakan struktur kolom harus memperhitungkan secara cermat dengan memberikan cadangan kekuatan lebih tinggi daripada untuk komponen struktur lainnya. Selanjutnya, oleh karena penggunaan didalam praktek umumnya kolom tidak hanya bertugas menahan beban aksial vertikal, defenisi kolom diperluas dengan mencakup tugas menahan kombinasi beban aksial dan momen lentur. Atau dengan kata lain, kolom harus diperhitungkan untuk menyangga beban aksial tekan dengan eksentrisitas tertentu. Secara garis besar ada tiga jenis kolom bertulang, yaitu: (Istimawan Dipsohusodo, 1994)

1. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral. Kolom ini merupakan kolom beton yang ditulangi dengan batang tulangan pokok memanjang, yang pada jarak spesi tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral. Sengkang tersebut berfungsi untuk mengurangi bahaya pecah (*splitting*) beton yang dapat mempengaruhi daktilitas kolom tersebut.
2. Kolom menggunakan pengikat spiral. Bentuknya sama dengan pengikat lateral, hanya saja sebagai pengikat tulangan pokok memanjang adalah tulangan spiral yang dililitkan keliling membentuk heliks menerus di sepanjang kolom. Lilitan melingkar atau spiral memberikan tekanan kekang (*confine*) di sekeliling penampang.
3. Struktur kolom komposit. Merupakan komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi tulangan pokok memanjang.



Gambar 2.4 Macam-Macam Jenis Kolom dan Penampangnya
Sumber: Istimawan Dipsohusodo, 1994

2.5.2 Sengkang

2.5.2.1.1 Pengertian Umum Sengkang

Sengkang pada kolom berpengaruh pada kekuatan penampangnya sehingga akan berkurang bersamaan dengan timbulnya masalah tekuk yang dihadapi. Semakin pendek jarak sengkang pada kolom semakin besar kekuatan kolom tersebut (Istimawan Dipsohusodo, 1994). Apabila tulangan baja leleh maka baja akan terjadi keruntuhan yang disebabkan karena adanya gaya tarik atau terjadinya kehancuran pada beton yang tertekan. Berdasarkan besarnya regangan

pada tulangan baja yang tertarik, penampang kolom dapat dibagi menjadi dua kondisi awal keruntuhan

1. Keruntuhan tarik yang diawali dengan lelehnya tulangan yang tertarik.
2. Keruntuhan tekan yang diawali dengan runtuhnya beton yang tertekan.

Kondisi *balanced* terjadi apabila keruntuhan diawali dengan lelehnya tulangan yang tertarik sekaligus juga hancurnya beton yang tertekan (Nawy, 1990).

2.5.2.1.2 Fungsi Sengkang

1. Sengkang sebagai penahan gaya geser

Sebagaimana pada balok, kolom juga terdapat gaya geser. Kedua-duanya hampir sama. Kalau pada balok gaya geser terjadi akibat adanya beban gravitasi dan momen ujung. Sedangkan pada kolom gaya geser hanya terjadi akibat momen ujung saja.

2. Sengkang sebagai *confinement*

Confinement yang dimaksud adalah sebagai “pengekang” agar akibat gaya aksial suatu kolom tetap menyatu tidak pecah. Sebagaimana diketahui bahwa akibat gaya aksial, kolom disatu sisi akan mengalami pemendekan tetapi disisi lain kolom akan mengembang kearah samping. Maka dari itu tugas sengkang adalah mengikat kolom agar kolom betonnya tidak pecah.

3. Sengkang sebagai penahan *buckling*

Pada saat beton mengalupas (*sapalling*) maka baja tulangan berkemungkinan lepas dengan betonnya. Pada kondisi tersebut baja tulangan akan berfungsi sebagai batang desak yang rawan terhadap bahaya tekuk/*buckling*. Menurut teori kestabilan, bahaya tekuk akan dipengaruhi oleh kelangsingan. Sedangkan pada sengkang kolom kelangsingan tulangan pokok akan bergantung pada:

- a. Diameter tulangan pokok
- b. Jarak sengkang (S)

Maka dengan demikian selain diameter sengkang dan tegangan lelehnya, jarak sengkang S memegang peranan penting.

4. Sengkang sebagai pengikat tulangan pokok

Pada fungsi ini merupakan fungsi teknis yang paling praktis yaitu untuk mengikat tulangan pokok agar tempat, jarak atau posisinya dalam kondisi yang benar. Selain itu dengan adanya pengikat dari sengkang, pemasangan tulangan menjadi rapi. Sehingga tempat, jarak dan posisi tulangan harus dalam kondisi benar baik selama perangkaian tulangan maupun selama cor beton dilakukan (Widodo, 2008).

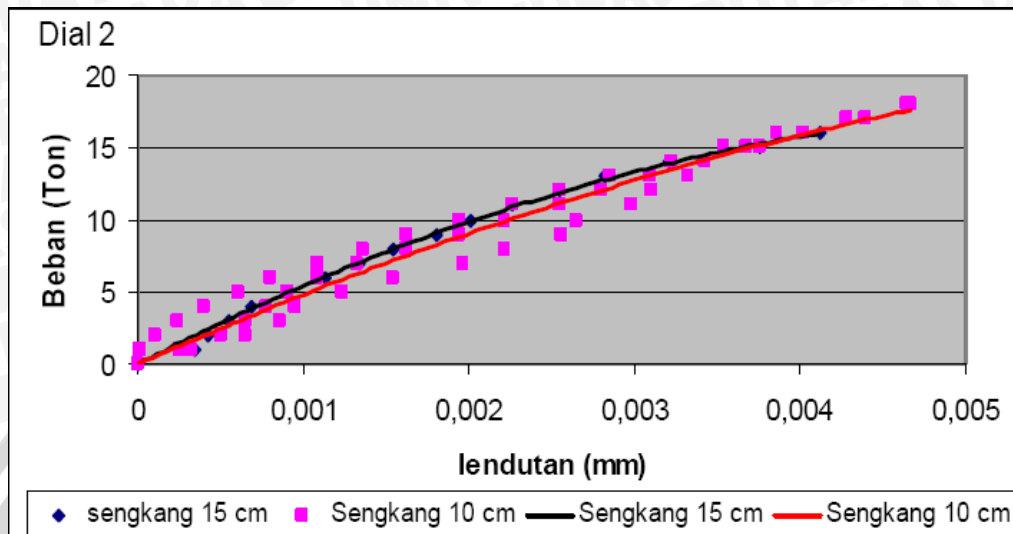
2.5.2.1.3 Syarat Sengkang

Tulangan memanjang kolom senantiasa harus diikat oleh sengkang-sengkang dengan jarak maksimum sebesar ukuran terkecil penampang, 15 kali diameter (diameter pengenal) batang tulangan memanjang terkecil atau 30 cm. Apabila oleh alasan-alasan praktis sengkang-sengkang tidak dapat dipasang (misalnya pada persilangan-persilangan), maka pengikatan tulangan memanjang harus dilakukan dengan cara-cara yang lain. Diameter batang sengkang tidak boleh diambil kurang dari $\frac{1}{4}$ diameter (diameter pengenal) batang tulangan memanjang yang terbesar dengan minimum 6 mm pada jenis baja lunak dan baja sedang dan 5 mm pada baja jenis keras (Anonim⁹, 1971).

2.5.2.1.4 Pengaruh Jarak Sengkang

Sengkang pada kolom berpengaruh pada kekuatan penampangnya sehingga akan berkurang bersamaan dengan timbulnya masalah tekuk (*buckling*) yang dihadapi. Pada eksentrisitas dapat terjadi akibat timbulnya momen yang antara lain disebabkan oleh kekangan pada ujung-ujung kolom yang dicetak secara monolit dengan komponen lain, pelaksanaan pemasangan yang kurang sempurna, ataupun penggunaan mutu bahan yang tidak merata. Maka untuk itu diperlukan kekuatan nominal kolom dengan pengikat sengkang direduksi 20% dengan jarak sengkang yang ditentukan sebagai pengaruh kekuatan kolom. Semakin pendek jarak sengkang pada kolom semakin besar kekuatan kolom tersebut. Maka faktor keamanan yang lebih tinggi diberikan untuk kolom berpengikat sengkang dalam hal ini penggunaan jarak sengkang dalam rangka penting juga dapat memperhitungkan kecenderungan runtuh secara mendadak serta berpengaruh pada terbatasnya kemampuan menyerap energi dengan jarak sengkang yang pendek pada kolom. Dan jarak antar sengkang sangat berpengaruh

secara signifikan terhadap kekuatan kolom dalam menahan beban aksial. Semakin pendek jarak sengkang, semakin besar beban sentris yang mampu ditahan oleh kolom (Kristiadi, 2008).



Grafik 2.4 Beban yang Dapat Ditahan Kolom Vs Jarak Sengkang
Sumber : Kristiadi, 2008

2.5.2.1.5 Sengkang Ikat

Semua tulangan yang diikat di dalam kolom, harus dikelilingi dengan sengkang yang sedikitnya terdiri dari tulangan no. 3. Apabila dipakai tulangan utama yang mempunyai ukuran sampai dengan no. 10, dan sedikitnya terdiri dari tulangan no. 4. Apabila dipakai untuk mengikat tulangan utama sengan ukuran no. 11, 14, dan 18 atau gabungannya. Jarak antar ikatan tidak boleh melampaui 16 kali diameter tulangan utama, 48 kali diameter tulangan sengkang atau ukuran terkecil dari kolom. Sengkang-sengkang tersebut harus disusun sedemikian rupa sehingga tiap-tiap sudut dan tulangan utama secara berselang-seling mempunyai tahanan lateral yang diberikan oleh suatu sengkang yang mempunyai sudut dalam yang besarnya tidak melebihi 135° . Dan tulngan tidak boleh mempunyai jarak bersih lebih besar dari 6 inchi pada kedua sisinya dihitung dari tulangan yang ditahan secara lateral. Untuk menggantikan sengkang-sengkang tersebut dapat dipakai kawat ulir atau kawat-kawat yang yang dilas di pabrik dengan luas sama. Apabila tulang diletakkan disekeliling suatu lingkaran, maka dapat dipakai sengkang-sengkang melingkar (Winter & Nilson, 1993).

Kolom bersengkang memiliki keruntuhan sesuai rumus :

$$P_n = 0.85f'_c A_c + f_y A_s \quad (2-6)$$

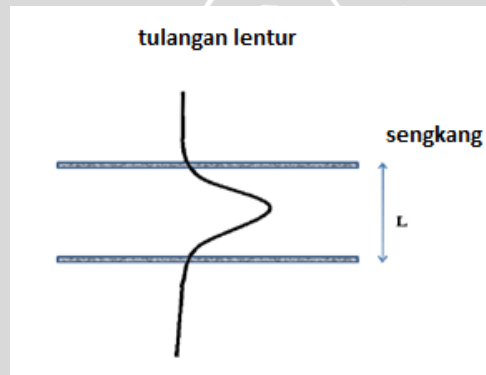
Dimana : f'_c = kuat tekan beton (kg/cm^2)

A_c = luas penampang beton (cm^2)

f_y = tegangan leleh baja (kg/cm^2)

A_s = luas tulangan baja (cm^2)

Jarak minimal sengkang pada sengkang ikat, bisa dihitung dengan mengasumsikan bahwa tulangan lentur pada kolom tidak boleh mengalami tekuk. Karena terdapat banyak sengkang yang dipasang pada suatu kolom, maka kita bisa meninjau tulangan lentur yang berada di bagian tengah bentang, yaitu yang memiliki kemungkinan tekuk paling besar. Kita ketahui sebelumnya, tulangan lentur pada struktur kolom sangat rawan tertekuk karena bentuknya yang panjang dan memiliki luas penampang yang kecil (Anonim¹⁰, 2011).



Gambar 2.5 Resiko Tulangan Lentur yang Tertekuk

Sumber: Anonim¹⁰, 2011

Kemudian, tulangan yang tertekuk sepanjang L diasumsikan sebuah *simple beam* yang ditumpu sendi-sendi di kedua ujungnya. Karena tumpuannya sendi di kedua ujungnya, maka faktor tekuk adalah satu. Gaya batas yang menyebabkan batang tertekuk dirumuskan : (Anonim¹⁰, 2011)

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \quad (2-7)$$

Sedangkan momen inersia dari penampang tulangan yang berbentuk lingkaran adalah:

$$I = \frac{\pi D^4}{64} \quad (2-8)$$

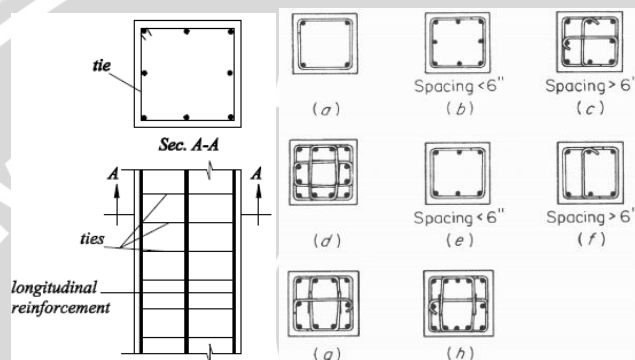
Dengan menambahkan :

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{4P_{cr}}{\pi D^2} \quad (2-9)$$

Maka :

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{16(L/D)^2} \quad (2-10)$$

Dan kita akan mengetahui nilai jarak antar sengkang L jika kita masukkan harga tegangan leleh dan modulus elastisitas tulangan lentur tersebut.



Gambar 2.6 Sengkang Ikat dan Macam-Macam Bentuk Penampangnya
Sumber: Anonim¹¹, 2011

2.5.2.1.6 Sengkang Spiral

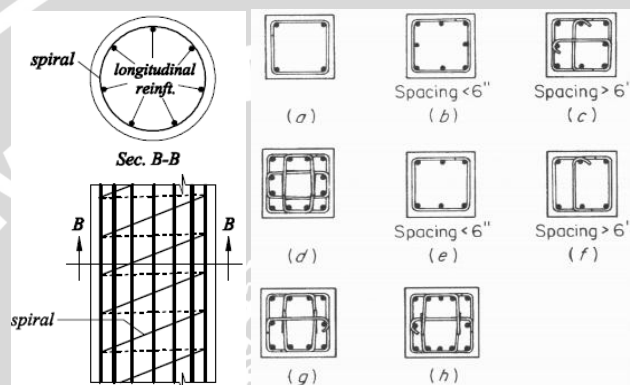
Pada suatu kolom yang mempunyai tulangan spiral, apabila besar beban yang sama telah dicapai, tulangan utama dan beton yang terletak dalam inti dicegah dari kegagalan oleh tulangan-tulangan spiral. Namun demikian, beton pada cangkang luar yang tidak mendapat pengaruh dari tulangan spiral, tetap mengalami keruntuhan, yaitu cangkang beton bagian luar pecah dan terlepas dari kolom setelah besar beban P_n dicapai. Pada tingkat inilah aksi pikul dari tulangan spiral memperlihatkan keefektifannya. Apabila dipakai tulangan spiral dengan ukuran yang sesuai, maka besar beban yang akhirnya akan membuat kolom mengalami keruntuhan dengan melelehnya tulangan spiral atau menekuk keluar akan jauh lebih besar dibandingkan dengan beban yang menyebabkan hancurnya beton (Winter & Nilson, 1993).

Jarak antara sengkang spiral dirumuskan dengan :

$$s \leq \frac{\pi f_y d_b^2}{0.45 h_c f'_c \left[\left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \right]} \quad (2.11)$$

- Dimana : s = jarak as ke as antara sengkang spiral (cm)
 F_y = tegangan leleh baja sengkang (kg/cm^2)
 D_b = diameter sengkang (cm^2)
 H_c = diameter inti beton diukur keluar-untuk-keluar dari spiral (cm)
 A_g = luas penampang kolom (cm^2)
 A_c = luas penampang beton (cm^2)

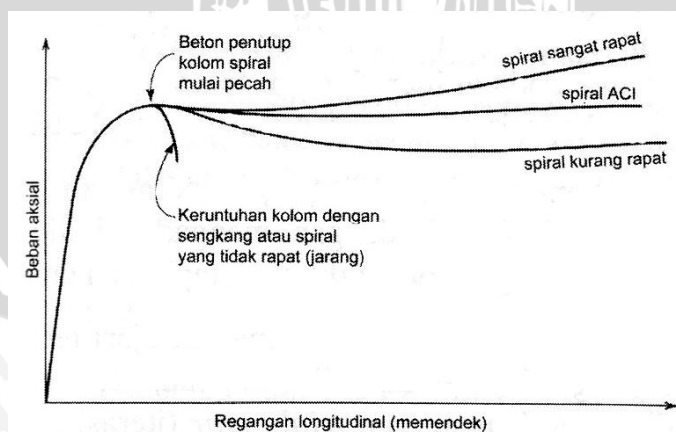
ACI mensyaratkan jarak antar sengkang spiral adalah antara 2 sampai dengan 6 inci



Gambar 2.7 Sengkang Spiral dan Macam-Macam Bentuk Penampangnya

Sumber: Anonim¹¹, 2011

Pada grafik dibawah dapat kita lihat barwa sengkang spiral lebih baik daripada sengkang biasa dalam hal keruntuhan. Hasil kali beban dengan perpindahan adalah usaha. Kita dapat lihat, usaha atau energi yang dapat dilakukan oleh sengkang spiral lebih besar. Ini berarti waktu runtuh sengkang spiral sampai putus lebih lama daripada sengkang biasa.



Grafik 2.5 Keruntuhan Kolom Spiral dan Ikat

Sumber: Wiryanto Dewobroto, 1996

Perbedaan kekuatan kolom spiral dengan sengkang baru terlihat pada kondisi setelah puncak. Untuk itu diperlihatkan perilaku kedua kolom tersebut

berdasarkan kurva beban dan lendutan. Pada tahap awal sampai puncak, kedua kolom memperlihatkan perilaku yang sama. Setelah beban maksimum tercapai dan mulai mengalami kondisi plastis, maka terlihat bahwa kolom sengkang akan mengalami keruntuhan terlebih dahulu yang sifatnya mendadak (non daktail), sedangkan kolom spiral masih bertahan (daktail) Kolom spiral digunakan jika daktilitas sangat dipentingkan atau beban yang besar sehingga cukup efisien untuk memanfaatkan nilai ϕ (faktor reduksi) spiral yang lebih tinggi, yaitu 0,70 dibandingkan ϕ pakai sengkang yaitu 0,65.

2.5.3 Kekakuan

Kekakuan didefinisikan sabagai gaya yang dibutuhkan suatu elemen untuk menghasilkan satuan lendutan. Rumus umum untuk kekakuan adalah : (Genre & Timoshenko, 1996)

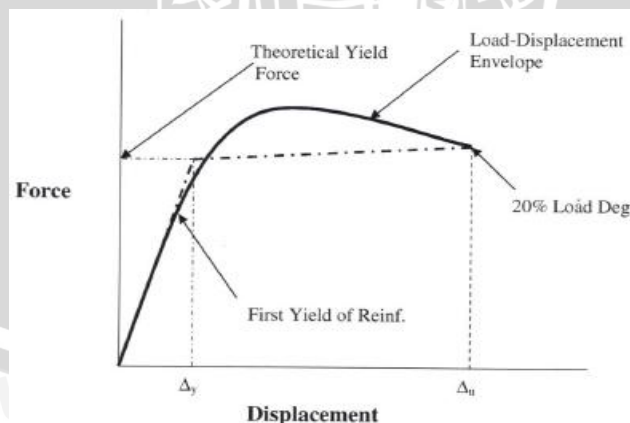
$$k = \frac{P}{x} \quad (2-12)$$

Dimana : P = beban yang terjadi (kg)

x = deformasi searah beban (m)

k = kekakuan struktur (kg/m)

Kekakuan memiliki nilai yang berbeda pada setiap tingkat bebannya. Sesuai dengan bentuk diagram gaya dan perpindahan suatu bahan, ada beberapa kondisi yang memiliki nilai kekakuan berbeda seperti berikut.



Grafik 2.6 Gaya Vs Deformasi Material yang Dibebani Aksial
Sumber : Snook, 2005

Dari grafik tersebut, ada beberapa nilai kekakuan yaitu kekakuan pada kondisi elastis, leleh, *ultimate*, dan runtuh. Kekakuan elastis sering didefinisikan sebagai kemampuan suatu struktur untuk kembali ke bentuk awal setelah dibebani.

(Anonim¹², 2009) Sedangkan pada grafik hubungan gaya dan deformasi seperti di atas, nilai kekakuan elastis didapat dari tangen arah kurva yang berbentuk linier. Setelah struktur tersebut mengalami fase elastis, fase plastis akan muncul bila beban terus ditambah. Di fase plastis inilah mulai terbentuk sendi plastis dan kemampuan elastis struktur mulai hilang yang berarti struktur tidak dapat kembali ke bentuk semula setelah dibebani. Fase plastis ditandai dengan mulai keluarnya retak awal. Jika beban terus ditingkatkan, maka struktur akan mencapai batas *ultimate*, yaitu ketika struktur sudah tidak mampu menahan beban lagi. (Wiratman, 2002) Fase terakhir dari kekakuan adalah kekakuan runtuh yang terjadi setelah beban *ultimate* dicapai.

Fase plastis biasa dijumpai pada tingkat kurang lebih 50% dari beban *ultimate*. Runtuh terjadi kurang lebih pada tingkat 80% setelah beban *ultimate* dicapai. (Vaughan, 2010)

2.5.4 Daktilitas

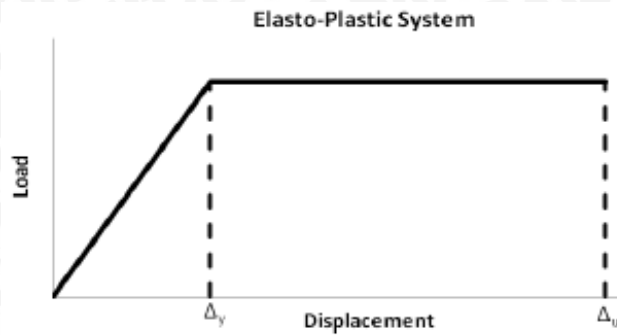
Keliatan (*Ductility*) adalah sifat dari suatu bahan yang memungkinkannya bisa dibentuk secara permanen melalui perubahan bentuk yang besar tanpa kerusakan. Misalnya seperti tembaga yang dibentuk menjadi kawat. Tembaga, aluminium, dan besi tempa termasuk logam-logam yang ulet. Ukuran keliatan adalah presentase pertambahan panjang suatu spesimen uji patah. Keliatan diperlukan pada batang atau bagian yang mungkin mengalami beban yang besar secara tiba-tiba, karena perubahan bentuk yang berlebihan akan memberikan tanda-tanda ancaman kerusakan. (Anonim¹³, 2010) Nilai daktilitas suatu bahan didapat dengan perbandingan antara regangan *ultimate* dan regangan leleh. Regangan *ultimate* dan leleh yang dimaksud adalah regangan yang didapat dari grafik pada sistim *elasto-plastic* dari suatu material

$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta u}{\Delta y} \quad (2-13)$$

Dimana : μ_{Δ} = nilai daktilitas

Δu = deformasi *ultimate* (cm)

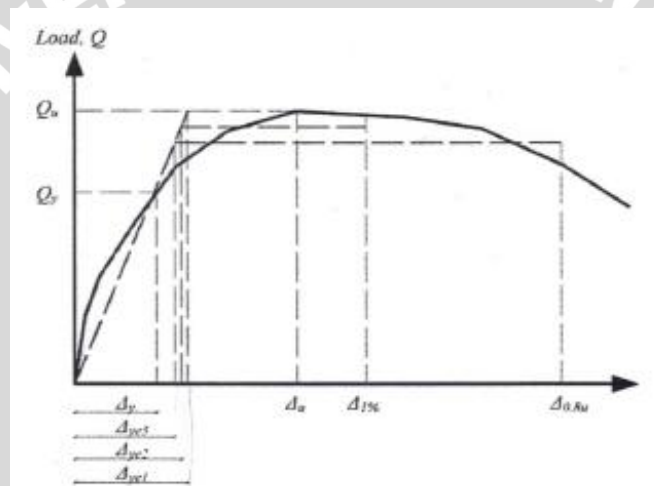
Δy = deformasi leleh (cm)



Grafik 2.7 Sistem *Elasto-Plastic*

Sumber : Vaughan, 2010

Namun demikian, ada beberapa definisi lain dalam pengambilan harga daktilitas. Karena ada beberapa jenis bahan yang sukar untuk dibuat grafik sistem *elasto-plastic*. Berikut beberapa cara dalam menentukan harga daktilitas suatu bahan.



Grafik 2.8 Beberapa Definisi Pengambilan Harga Daktilitas

Sumber : Shedid *et al*, 2008

2.6 Hipotesa Penelitian

Setelah mempelajari uraian di atas, maka dapat diambil hipotesis kesimpulan sebagai berikut :

1. Diduga variasi komposisi mortar berpengaruh terhadap kekakuan kolom bata
2. Diduga pemberian perkuatan berpengaruh terhadap kekakuan kolom bata.
3. Diduga pemberian perkuatan berpengaruh terhadap daktilitas kolom bata.