

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Fiber Glass

Fiber glass adalah kaca cair yang ditarik menjadi serat tipis dengan garis tengah sekitar 0,005 mm – 0,01 mm. Serat ini dapat dipintal menjadi benang atau ditenun menjadi kain, yang kemudian diresapi dengan resin sehingga menjadi bahan yang kuat dan tahan korosi untuk digunakan sebagai badan mobil dan badan kapal (http://id.wikipedia.org/wiki/Kaca_serat).

Setiap helai serat kaca yang terstruktur memiliki sifat kaku dan kuat dalam proses peregangan dan saat melalui proses kompresi atau pemberian tekanan di sepanjang sumbunya. Berikut adalah spesifikasi dari *fiber glass* (<http://fcfibreglass.com/fiberglass-serat-kaca/>).

Tabel 2.1. Tabel Spesifikasi *Fiber Glass*

Bahan	Grafiti Spesifik	Kekuatan Regangan (MPa)	Kekuatan Tekanan (MPa)
Polyester resin (tidak diperkuat)	1,28	55	140
Polyester dengan laminasi <i>Chopped Strand Mat 30% E-glass</i>	1,4	100	150
Polyester dengan laminasi <i>Woven Rovings 45% E-glass</i>	1,6	250	150
Polyester dengan laminasi <i>Satin Weave Cloth 55% E-glass</i>	1,7	300	250
Polyester dengan laminasi <i>Continuous Rovings 70% E-glass</i>	1,9	800	350
<i>E-glass Epoxy Composite</i>	1,99	1,770 (257 ksi)	N/A
<i>S-glass Epoxy Composite</i>	1,95	2,358 (342 ksi)	N/A

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 yang membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan adiktif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas, dan waktu pengerasan (McCormac, 2000).

Kekuatan, keawetan, dan sifat beton yang lain tergantung pada sifat-sifat bahan-bahan dasar, nilai perbandingan bahan-bahannya, cara pengadukan maupun cara pengerjaan selama penuangan adukan beton, cara pemadatan, dan cara perawatan selama proses pengerasan (Tjokrodimuljo, 1992).

Sesuai dengan tingkat mutu beton yang hendak dicapai, perbandingan campuran bahan susun harus ditentukan agar beton yang dihasilkan memberi:

1. kelecakan dan konsistensi yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, perataan, pemadatan) dengan mudah ke dalam acuan dan sekitar tulangan baja tanpa menimbulkan kemungkinan terjadinya segregasi atau pemisahan agregat dan *bleeding* air.
2. ketahanan terhadap kondisi lingkungan khusus (kedap air, korosif, dan lain-lain).
3. memenuhi uji kuat yang akan dicapai.

Nilai kekuatan serta daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya ialah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pengecoran, pelaksanaan *finishing*, temperatur, dan kondisi

perawatan pengerasannya. Nilai kuat 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 diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang menahan gaya tarik (Dipohusodo, 1994).

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Nilai kuat desak beton didapatkan melalui cara standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban desak bertingkat terhadap silinder benda uji yang berukuran tinggi 300 mm dan diameter 150 mm sampai hancur. Kuat desak masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan desak tertinggi (f'_c) pada saat regangan beton $\pm 0,002$ yang dicapai benda uji pada umur 28 hari. Besar kecilnya penambahan kuat tekan beton dipengaruhi salah satunya oleh nilai faktor air semen (fas), dengan bertambahnya fas maka kuat tekan beton akan berkurang (Antono, 1993).

2.3. Kolom

Kolom adalah batang vertikal dari rangka (*frame*) struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih 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 runtuhnya batas lokal (*ultimate total collapse*) seluruh struktur. Oleh karena itu, dalam merencanakan kolom perlu lebih waspada, yaitu dengan memberikan kekuatan cadangan yang lebih tinggi daripada yang dilakukan pada balok dan elemen struktur horizontal lainnya, terlebih lagi karena keruntuhan tekan tidak memberikan peringatan awal yang cukup jelas (Nawy, 1990).

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

Kolom beton murni dapat mendukung beban sangat kecil, tetapi kapasitas daya dukung bebannya akan meningkat cukup besar jika ditambahkan tulangan longitudinal. Pengikatan kekuatan yang lebih besar dapat dibuat dengan memberikan kekangan lateral pada tulangan longitudinal ini. Akibat beban tekan, 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 atau spiral yang membungkus sekeliling tulangan longitudinal (McCormac, 2000).

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. Maka sebagai tambahan faktor reduksi kekuatan untuk memperhitungkan eksentrisitas minimum, peraturan memberikan ketentuan bahwa kekuatan nominal kolom dengan pengikat sengkang direduksi 20% dan untuk kolom dengan pengikat spiral direduksi 15% (Dipohusodo, 1994).

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 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 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

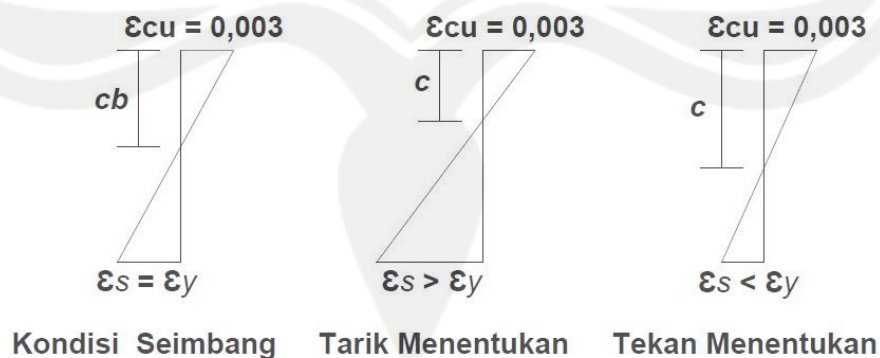
ukuran penampang lintangnya kecil dibandingkan dengan tinggi bebasnya (tinggi yang tidak ditopang). Semakin langsing atau semakin panjang suatu kolom, kekuatan penampangnya akan berkurang, bersamaan dengan timbulnya masalah tekuk yang dihadapi. Keruntuhan kolom langsing lebih ditentukan oleh kegagalan tekuk (*buckling*) lateral daripada kuat lentur penampangnya.

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 di atas, diperlukan pembatasan eksentrisitas minimum yang diperhitungkan (Dipohusodo, 1994).

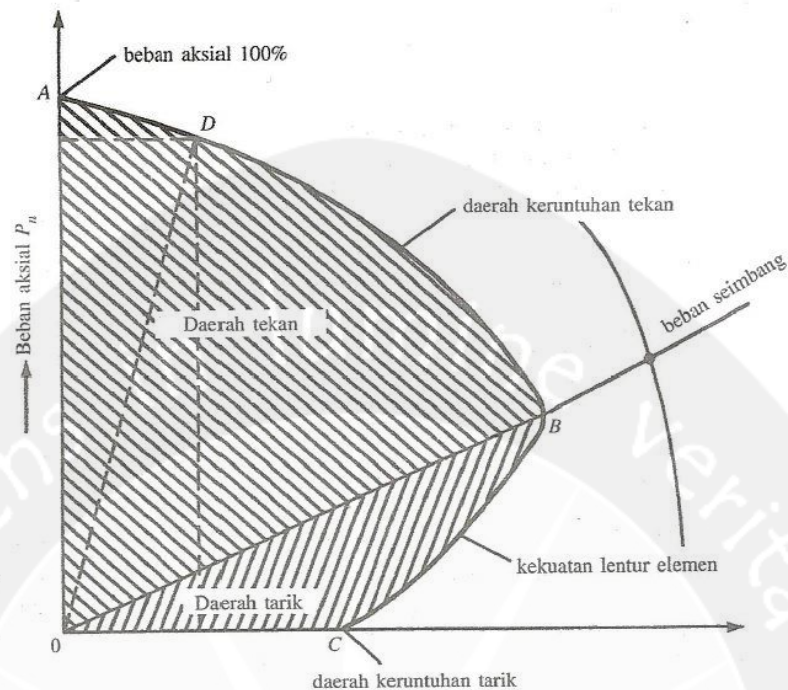
Menurut Wang dan Salmon (1990) untuk yang disebut sebagai kolom pendek ini, kekuatan dicapai apabila regangan dari serat beton ekstrim mencapai 0,003. Tergantung pada perbandingan dari M_n terhadap P_n , diagram regangan pada gambar 2.1. akan menunjukkan dua kategori yang khas. Kemungkinan terjadi:

1. tekan pada hampir semua penampang sedemikian hingga regangan tekan dalam beton mencapai 0,003 sebelum tulangan tarik meleleh, yang dikenal sebagai daerah tekan menentukan
2. tarik di sebagian besar penampang sedemikian hingga regangan dalam tulangan tarik melampaui regangan leleh ($\epsilon_y = f_y / E_s$) ketika regangan tekan dalam beton mencapai 0,003 yang dikenal sebagai daerah di mana tarik menentukan
3. pemisah dari daerah tekan menentukan dan tarik menentukan adalah regangan berimbang di mana regangan beton 0,003 dan regangan leleh tulangan $\epsilon_y = f_y / E_s$ dicapai secara bersamaan.

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 2.2. (Nawy, 1990).



Gambar 2.1. Diagram Regangan



Gambar 2.2. Diagram Interaksi Beban Aksial versus Momen Lentur (P – M)
(McCormac, 2000)

2.4. Perkuatan Kolom Dengan *Fiberglass Jacket* Yang Dibebeani Eksentrik

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Mahendra (2013) diperoleh hasil bahwa pengujian kolom beton bertulang yang diberi lapisan *fiber glass* mampu meningkatkan kemampuan tekan aksial maksimum kolom untuk satu lapis, dua lapis, dan tiga lapis *fiber glass* secara berturut-turut sebesar 48,70%, 48,87%, dan 74,46% jika dibandingkan dengan kolom normal. Untuk pengujian modulus elastisitas, penambahan lapisan *fiber glass* mampu meningkatkan modulus elastisitas beton sebesar 6,54% untuk satu lapis, 8,93% untuk dua lapis, dan 22,36% untuk tiga lapis *fiber glass*. Kemudian besaran peningkatan untuk kuat tekan silinder beton untuk satu lapis, dua lapis, dan tiga lapis sebesar 14,61%, 30,80%, dan 47,82% jika dibandingkan dengan kolom normal.

2.5. Perkuatan Kolom Dengan Fiberglass Jacket Yang Dibebani Konsentrik

Dari hasil pengujian yang dilakukan oleh Nugroho (2013), kolom beton bertulang yang diberi lapis *fiber glass* mampu meningkatkan kemampuan kuat tekan kolom untuk satu lapis, dua lapis dan tiga lapis *fiber glass* secara berturut-turut yaitu sebesar 13,76%, 24,54% dan 34,58%. Untuk pengujian modulus elastisitas penambahan lapis *fiber glass* mampu meningkatkan modulus elastisitas sebesar 5,31% untuk satu lapis *fiber glass*, 13,08% untuk dua lapis *fiber glass* dan 26,12% untuk 3 lapis *fiber glass*.

2.6. Perkuatan Kolom Bulat Beton Bertulang Dengan Lapis Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP)

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sudarsana dan Sutapa (2007), menunjukkan bahwa GFRP dengan sambungan 100% dan 150% mengalami gagal geser pada sambungan sedangkan GFRP dengan sambungan 200% sampai dengan 300% gagal tarik (putus) di luar sambungan. Hasil pengujian menunjukkan perkuatan kolom bulat beton bertulang dengan metode *jacketing/ wrapping* dengan satu lapis GFRP mampu meningkatkan daya dukung aksial sebesar 11,86% sampai dengan 15,25% dan daktilitas aksial sebesar 12,41% sampai dengan 47,14%.