

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton

Beton sebagai bahan yang berasal dari pengadukan bahan-bahan susun agregat kasar dan halus kemudian diikat dengan semen yang bereaksi dengan air sebagai bahan perekat, harus dicampur dan diaduk dengan benar dan merata agar dapat dicapai mutu beton baik (Dipohusodo, 1994). Sedangkan menurut (Nawy, 1985) mendefenisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya.

Kekuatan beton bergantung pada proporsi campuran, kualitas bahan dasar penyusun beton (air, semen, agregat kasar, agregat halus, dan bahan tambah), cara menakar dan mencampur, kelembaban di sekitar beton, dan metode perawatan (Murdock, L.J dkk, 1986). Agar kekuatan beton yang dihasilkan sesuai dengan rencana maka perlu dibuat rencana adukan beton atau *mix design* yang berguna untuk memperoleh kebutuhan semen, pasir, kerikil, dan air.

Menurut (Mulyono, 2004) macam dan jenis beton menurut bahan pembentuknya adalah:

- a. beton normal,
- b. beton bertulang,
- c. beton pracetak,
- d. beton pratekan.

Beton memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan beton diantaranya dapat dengan mudah dibentuk sesuai kebutuhan, mampu memikul beban yang

berat, tahan terhadap suhu tinggi, dan biayanya pemeliharaan yang relatif murah, sedangkan kekurangan beton adalah sulit merubah bentuk yang telah dibuat, berat, pengerjaan membutuhkan ketelitian tinggi, daya pantul suara yang besar, dan kuat tarik yang rendah. Kuat tarik beton yang lemah dapat diatasi dengan menambahkan baja tulangan ke dalam beton yang selanjutnya disebut sebagai beton bertulang.

Baja tulangan dan beton bekerjasama dalam memikul beban yang terjadi, dimana beton akan menahan gaya tekan sedangkan baja tulangan akan menahan gaya tarik dan sebagian gaya tekan.

2.2 Baja

Baja adalah salah satu dari material yang cukup penting dalam dunia konstruksi. Menurut Oentoeng (1999) baja dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis berdasarkan kekuatan dan bahan penyusunnya serta berdasarkan kadar karbon di dalam baja. Berdasarkan kadar karbon, baja yang sering digunakan sebagai material konstruksi adalah *mild carbon*, yaitu baja yang mengandung karbon antara 0,15% - 0,29%.

Baja konstruksi adalah *alloy steels* (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 juga dapat mengandung elemen paduan lainnya, seperti *silicon*, *magnesium*, *sulfur*, *fosfor*, tembaga, krom, nikel, dalam berbagai jumlah (Spiegel dan Limbrunner, 1991).

Sifat-sifat baja yang penting dalam penggunaan konstruksi adalah kekuatannya yang tinggi dibandingkan terhadap setiap bahan lain yang tersedia, serta sifat keliatannya. Menurut Bowles (1985) keliatan (*ductility*) adalah kemampuan untuk berdeformasi secara nyata baik dalam tegangan maupun dalam kompresi sebelum terjadi kegagalan. Penambahan kadar karbon dalam baja akan menambah tegangan leleh baja tetapi akan mengurangi daktilitas baja.

Beberapa keuntungan baja menurut Spiegel dan Limbrunner (1991) adalah keseragaman bahan, kestabilan dimensional, kemudahan pembuatan serta cepatnya pelaksanaan. Selain itu baja juga memiliki kuat tekan dan tarik yang tinggi. Baja tidak hanya memiliki keuntungan tetapi juga kerugian diantaranya mudah terkena korosi dan tidak tahan terhadap temperatur tinggi. Apabila terjadi korosi pada baja tulangan, maka akan diikuti dengan retak dan pecahnya lapisan beton yang tentunya akan mempercepat reaksi korosi, sehingga lekatan antara baja tulangan dan beton akan berkurang. Hal ini akan berdampak buruk pada umur struktur (McCormac, 2000).

Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI, 1971), setiap jenis baja tulangan yang dihasilkan oleh pabrik baja yang terkenal dapat dipakai. Setiap pabrik baja pada umumnya mempunyai standar mutu dan jenis baja, sesuai dengan yang berlaku di negara yang bersangkutan. Namun demikian, baja tulangan yang terdapat di pasaran Indonesia dapat dibagi dalam mutu - mutu seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.1 (PBI, 1971), sedangkan tegangan baja yang diijinkan untuk setiap mutu baja ditunjukkan dalam Tabel 2.2 (PBI, 1971) berikut.

Tabel 2.1 Mutu Baja Tulangan

Mutu	Sebutan	Tegangan Leleh Karakteristik (σ_{au}) atau Tegangan Karakteristik yang memberikan Regangan Tetap 0,2% ($\sigma_{0,2}$) (kg/cm ²)
U – 22	Baja lunak	2.200
U – 24	Baja lunak	2.400
U – 32	Baja sedang	3.200
U – 39	Baja keras	3.900
U – 48	Baja keras	4.800

Tabel 2.2 Tegangan Baja yang Diiijinkan

Mutu	Tegangan Tarik / Tekan yang Diiijinkan $\sigma_a = \sigma_a'$ (kg/cm ²)	
	Pembebanan Tetap	Pembebanan Sementara
U – 22	1250	1800
U – 24	1400	2.000
U – 32	1850	2650
U – 39	2250	3.200
U – 48	2750	4.000
Umum	0,58 σ_{au}	0,83 σ_{au}
	0,58 $\sigma_{0,2}$	0,83 $\sigma_{0,2}$

2.3 Balok

Balok adalah bagian dari struktural sebuah bangunan yang kaku serta dirancang untuk menanggung dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Selain itu ring balok juga berfungsi sebagai pengikat kolom-kolom agar apabila terjadi pergerakan kolom-kolom tersebut tetap bersatu padu mempertahankan bentuk dan posisinya semula. Beberapa jenis balok antara lain: (a) balok sederhana bertumpu pada kolom diujung-ujungnya, dengan satu ujung bebas berotasi dan tidak memiliki momen tahan, (b) kantilever adalah balok yang

diproyeksikan atau struktur kaku lainnya didukung hanya pada satu ujung tetap, (c) balok teritisasi adalah balok sederhana yang memanjang melewati salah satu kolom tumpuannya, (d) balok dengan ujung-ujung tetap (dikaitkan kuat) menahan translasi dan rotasi, (e) bentangan tersuspensi adalah balok sederhana yang ditopang oleh teritisasi dari dua bentang dengan konstruksi sambungan pin pada momen nol, (f) balok kontinu memanjang secara menerus melewati lebih dari dua kolom tumpuan untuk menghasilkan kekakuan yang lebih besar dan momen yang lebih kecil dari serangkaian balok tidak menerus dengan panjang dan beban yang sama (<http://tsipilbjb.blogspot.com/>).

Apabila beban pada balok bertambah maka terjadi deformasi dan regangan tambahan yang mengakibatkan timbulnya retak lentur di sepanjang retak balok. Bila bebannya semakin bertambah, pada akhirnya dapat terjadi keruntuhan elemen struktur, yaitu pada saat beban luarnya mencapai kapasitas elemen taraf pembebanan, demikian disebut keadaan limit dari keruntuhan pada lentur. Karena itulah perencanaan harus mendesain penampang elemen balok sedemikian rupa sehingga tidak terjadi retak yang berlebihan pada saat beban bekerja. Pada keadaan beban atas, balok beton bertulang bukanlah material yang homogen, juga tidak elastis sehingga rumus lentur balok tidak dapat menghitung tegangannya. Akan tetapi prinsip-prinsip dasar mengenai teori lentur masih dapat digunakan pada analisis penampang melintang balok beton bertulang (Nawy, 1985).

Beban yang bekerja pada balok akan mengakibatkan balok menjadi melendut. Lendutan itu mengakibatkan perpanjangan pada permukaan bawah dan perpendekan permukaan atas. Akibatnya akan menimbulkan tegangan tarik pada

permukaan bawah dan tegangan tekan pada permukaan atas (Vis dan Gideon, 1993).

2.4 Fiber Glass

Fiber glass adalah bahan yang ringan, sangat kuat dan kokoh, dan digunakan untuk banyak produk. Meskipun sifat kekuatannya agak lebih rendah dari serat karbon dan kurang kaku, *fiber glass* biasanya sangat tidak rapuh, dan bahan mentahnya juga cukup murah. Kekuatan material dan beratnya juga sangat menguntungkan bila dibandingkan dengan logam, dan dapat dengan mudah dibentuk menggunakan proses pencetakan. Penggunaan umum dari *fiber glass* termasuk pesawat kinerja tinggi (*glider*), perahu, perosotan, seluncur, *water boom*, bak sampah, bak pembenihan ikan, *septic tank*, bagian-bagian tertentu mobil, bak mandi, bak air panas, tangki air, atap, pipa, *cladding*, *gips*, papan selancar dan kulit pintu eksternal (<http://www.rumahfiber.com/2014/05/pengertian-fiberglass-atau-fibre-glass.html>).

Kaca serat (*fiber glass*) atau sering diterjemahkan menjadi serat gelas dapat juga di artikan sebagai 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 bangunan kapal. Dia juga digunakan sebagai agen penguat untuk banyak produk plastik, material komposit yang dihasilkan dikenal sebagai plastik diperkuat-gelas

(*glass-reinforced plastic*, GRP) atau epoxy diperkuat *glass-fiber* (GRE), disebut *fiber glass* dalam penggunaan umumnya (<http://id.wikipedia.org/wiki/Kaca-serat>).

2.5 Beberapa Penelitian Perkuatan Beton Bertulang Pada Kolom dan Balok

Caroline (2013), dalam penelitiannya yang menggunakan dimensi benda uji masuk dalam kolom pendek dengan besarnya eksentrisitas yaitu 70 mm dan 90 mm. Dengan dibungkus 3 lapis *fiber glass*. Dari hasil penelitiannya terdapat kenaikan beban maksimum pada kolom dengan eksentrisitas 70 mm yang diberi perkuatan *fiber glass* dimana kenaikan beban sebesar 35,8599% dan pada kolom eksentrisitas 90 mm kenaikan beban sebesar 57,5365%, bila dibandingkan dengan kolom pendek normal hitungan secara teoritis. Pada penelitian ini juga terjadi pengaruh terhadap besarnya defleksi yang terjadi pada kolom, dimana grafik yang diperoleh terlihat bahwa untuk kolom yang diberikan perkuatan *fiber glass* selalu berada di atas grafik kolom normal.

Djamaluddin, dkk., (2013), dalam penelitian yang dilakukan dengan menggunakan benda uji balok beton bertulang, dimana untuk lapisannya terdiri dari dua variasi, variasi I diperkuat dengan 1 lapis *GFRP* + 1 lapis *CFRP* dengan $\frac{1}{3}$ lebar balok, dan variasi II diperkuat 1 lapis *GFRP* permukaan penuh + $\frac{1}{3}$ lebar balok + *GFRP* permukaan penuh. Ukuran dimensi benda ujinya yaitu dengan lebar (*l*) 150 mm tinggi (*h*) 200 mm dan panjang benda uji (*lu*) 2700 mm. Dari hasil penelitiannya disimpulkan bahwa Hasil pengujian untuk balok beton bertulang yang telah diperkuat *GFRP* dan *CFRP* menunjukkan bahwa balok

mampu menahan kapasitas beban hingga mencapai 175,19% untuk balok Variasi I dan 214,69% untuk balok Variasi II terhadap balok normal.

Nugroho (2013), melakukan penelitian dengan perkuatan kolom beton bertulang dengan *fiber glass jacket* yang dibebani konsentrik. Kolom beton tersebut ditinjau kekuatannya setelah dibungkus dengan *fiber glass jacket*. Dimensi penampang benda uji kolom yang digunakan adalah 75 mm x 75 mm dengan panjang bersih (*lu*) 750 mm, merupakan benda uji berupa kolom pendek. Tulangan yang digunakan berdiameter 8 mm, diameter sengkang 5 mm, jarak antar sengkang 50 mm, dan tebal selimut beton 15 mm. Dari hasil penelitian ini di dapat kesimpulan bahwa mampu meningkatkan kemampuan kolom menahan beban aksial secara konsentrik sebesar 13,76% untuk 1 lapis *fiber glass*, 24,54% untuk 2 lapis *fiber glass*, 38,58% untuk 3 lapis *fiber glass*. Untuk pengujian modulus elastisitasnya mampu meningkatkan modulus elastisitas sebesar 5,31% untuk satu lapis *fiber glass*, 13,08% dua lapis *fiber glass*, 26,12% untuk tiga lapis *fiber glass*. Pada pengujian kuat tekan silinder beton yang dilapisi dengan *fiber glass* meningkatkan beban tekan beton sebesar 4,6% untuk 1 lapis *fiber glass*, 18,8% untuk 2 lapis *fiber glass*, dan 43 % untuk 3 lapis *fiber glass*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Mahendra (2013) memperoleh 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%, 74,46%, jika dibandingkan dengan kolom normal. Sedangkan pengujian kuat tekan silinder beton untuk satu lapis *fiber glass* 14,61%, dua lapis *fiber glass*

30,80%, dan tiga lapis *fiber glass* 47,82%, apa bila dibandingkan dengan kuat tekan beton normal. Kemudian pengujian modulus elastisitas beton dengan pembebanan sebesar 6,54%, 8,93%, 22,36% untuk satu, dua, dan tiga lapis *fiber glass*.

Pangestuti dan Prihanantio (2008), benda uji yang digunakan pada penelitian ini yaitu balok beton bertulang bentang 2000 mm, dengan lebar 150 mm dan tingginya 250 mm, benda uji terbuat dari beton dengan kuat tekan $f'_c = 34,4$ MPa. Dua buah tulangan tarik diameter 10 mm dengan tegangan leleh $f_y = 340$ MPa ditempatkan pada kedalaman 203,5 mm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada BCFW- $\frac{1}{2}$ b kapasitas momen naik sebesar 72,22%, daktilitas naik 119,3% terhadap balok kontrol. Sedangkan pada BCFW-b kapasitas momen 91,71%, daktilitas naik 233,33%. Sementara untuk BCFW-U kapasitas momen hanya mengalami kenaikan sebesar 8,33% dan daktilitasnya naik 7,72%. Dari hasil pengujian ini ternyata perkuatan dengan CFW yang paling efektif adalah pada BCFW- $\frac{1}{2}$ b. Karena dengan pemasangan CFW selebar $\frac{1}{2}$ b mampu meningkatkan kapasitas momen yang cukup signifikan dibandingkan benda uji lainnya. Untuk BCFW-U, pola perkuatan ini tidak disarankan karena peningkatan kapasitas momennya relatif kecil.

Petrico .G (2014), menggunakan dimensi benda ujinya yaitu tinggi (h) 150 mm, lebar (l) 100 mm dan panjang bentang bersih (lu) 1000 mm dengan jumlah benda uji sebanyak 9 sampel balok, dimana 3 balok beton bertulang normal, 3 balok beton bertulang dengan perkuatan *CFRP* dan 3 balok beton bertulang lainnya dengan perkuatan *GFRP*. Dari pengujiannya didapatkan peningkatan

beban, untuk perkuatan menggunakan *CFRP* dapat menambah beban kekuatan lentur balok sampai 65,934%, sedangkan *GFRP* hanya sebesar 43,956%. Sedangkan untuk perbandingan kedua material ini, *CFRP* lebih unggul daripada *GFRP* dalam hal menambah kekuatan lentur.

Tama (2014), pada penelitian yang dilakukan dengan benda ujinya dibungkus dengan 3 lapis *fiber glass* pada kolom dengan eksentrisitas 70 mm dan 90 mm. Hasil penelitiannya cukup bagus dimana kesimpulan beban yang dapat dibebani yaitu kolom normal menerima beban 4,717 ton sedangkan kolom dengan *fiber glass* menerima beban sebesar 7,7195 ton. Dari data tersebut dapat diketahui adanya peningkatan beban sebesar 38,8950% pada kolom eksentrisitas 90 mm. Demikian juga pada kolom dengan eksentrisitas 70 mm, 7,7195 ton pada kolom normal, setelah dilapisi *fiber glass* beban sebesar 11,389, dimana terjadi peningkatan beban sebesar 32,2197%. Pada grafik pengujian kolom normal dan *fiber glass* dengan eksentristas 70 mm dan 90 mm dapat dilihat bahwa dengan lendutan yang sama dibandingkan *fiber glass* dapat menerima beban akibat beban yang lebih besar dari pada beban yang dapat diterima kolom normal. Dengan demikian dapat diketahui bahwa penambahan *fiber glass* pada kolom dengan cara penempelan dapat menambah kekakuan pada kolom sehingga kolom dapat menerima beban yang lebih besar.