

BAB II

BETON BERTULANG

II.1. LATAR BELAKANG HISTORIS

Joseph Monier seorang warga negara Perancis yang pertama menggunakan beton bertulang pada tahun 1867. Dia telah banyak mengenal penggunaan beton dan berhasil menemukan dan mengembangkan cara-cara baru dalam penggunaan beton. Pada tahun 1867 Monier mendapatkan satu hak paten dari Perancis untuk balok beton bertulang dan diikuti yang lainnya untuk pipa dan tangki pada tahun 1868, plat datar pada tahun 1869 dan jembatan tahun 1873 dan tangga tahun 1875, serta diikuti hak paten lainnya yang ia peroleh. Selain di Perancis beton bertulang juga sudah mulai berkembang seperti di Amerika, Jerman, Austria, dan Hungaria.

Selama Jangka waktu 1850-1900 penerbitan mengenai beton bertulang ataupun analisis desain bertulang relatif sedikit karena para teknisi menganggap pengetahuan beton bertulang ataupun analisisnya serta pelaksanaan pembangunannya adalah rahasia dagang. Salah satu terbitan buku pedoman beton bertulang yang pertama dikeluarkan adalah dikeluarkan oleh Considere pada tahun 1899. Pada pergantian alat terjadi pelipat gandaan yang dilakukan oleh beberapa negara, tetapi belum terjadi keseragaman didalam prosedur perencanaan, tegangan yang diijinkan dan sistem penguatan. Percobaan yang seksama tentang sifat balok, kekuatan-kekuatan dari beton

dan modulus elastisitas dilakukan oleh Arthur N Talbot di University of Illinois, Frederick E. Turneure dan Morton O. Whitney di Univerity of Wiconsin dan Bach di Jerman. Dari sekitar tahun 1916 sampai dengan tahun 1930-an penelitian terpusat pada sifat dari kolom terhadap pembebanan aksial. Diakhir tahun 1930-an dan 1940-an kolom dengan beban eksentris, fondasi dan kekuatan batas dari balok mendapat perhatian khusus. Pada pertengahan tahun 1950 perencanaan analisa beton bertulang mulai berkembang diantaranya metode elastis dan metode ultimit.[1]

II.2. STRUKTUR BETON BERTULANG

Tiga jenis bahan yang paling sering dipakai dalam suatu struktur adalah kayu, baja dan beton dengan tulangan penguat. Beton bertulang adalah dua jenis bahan yang terdiri dari baja tulangan dan beton yang dipadukan menjadi satu kesatuan. Baja dan beton dapat bekerja sama atas dasar beberapa alasan:

1. Lekatan (bond, atau interaksi antara baja dengan beton keras sekelilingnya) yang mencegah slip dari baja terhadap beton.
2. Campuran beton yang memadai memberikan sifat anti resap yang cukup dari beton untuk mencegah karat baja.

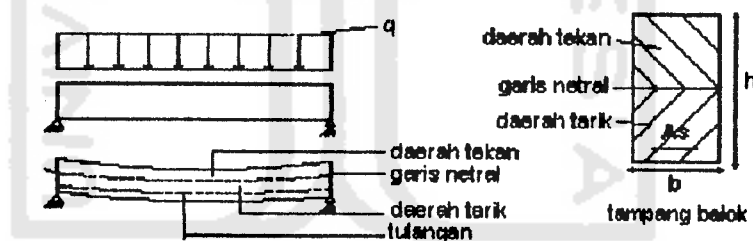
Beton bertulang merupakan gabungan dua jenis bahan yaitu:

1. Beton polos yang memiliki kekuatan tekan yang relatif tinggi dan kekuatan tarik yang relatif rendah. Kuat tarik beton berkisar $\pm 10 \%$ dari kuat tekan dan biasanya kuat

tarik ini diabaikan, maka untuk memikul gaya tarik yang bekerja pada beton ini diberikan baja tulangan yang akan memikul gaya tarik yang bekerja pada beton.

2. Batangan baja yang ditanamkan kedalam beton mempunyai kekuatan tarik dan tekan yang relatif besar dimana baja tulangan ini akan mampu memikul gaya tekan dan tarik pada suatu struktur beton bertulang.

Penggabungan kedua elemen tersebut yaitu beton dan baja akan menjadikan kesatuan kekuatan tarik dan tekan yang saling melengkapi, maka struktur beton bertulang ini akan mampu menahan beban-beban yang bekerja pada suatu struktur yang akan menimbulkan gaya dalam, baik itu didaerah tarik ataupun daerah tekan. [2,3]



Gbr.2.1. Bagian tarik dan tekan balok beton bertulang.

II.2.1. BETON

Beton polos merupakan campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air dan kadang-kadang campuran lain sebagai bahan tambah. Kekuatan beton tergantung dari proporsi campuran, kondisi temperatur dan kelembapan dari tempat dimana

campuran dilakukan dan kemudian mengeras. Apabila baja penguat ditempatkan dalam suatu tempat dengan jarak tertentu dan dituangkan beton yang basah yang kemudian mengeras maka dinamakan beton bertulang.[2]

II.2.2. SEMEN

Semen adalah jenis bahan yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya mineral-mineral lain menjadi suatu massa yang padat dengan adanya campuran air.

Suatu semen jika diaduk dengan air akan terbentuk adonan pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah dengan pasir menjadi mortar semen, dan jika ditambah lagi dengan kerikil atau batu pecah disebut beton. Semen yang biasa dipakai untuk beton bertulang biasanya semen portland, karena setelah dicampur air akan mengeras seperti batu portland (pulau Portland, Inggris).

Beton yang dibuat dengan semen portland umumnya membutuhkan waktu sekitar 14 hari sudah mempunyai kekuatan yang cukup, tetapi kekuatan rencana dari beton dicapai umur 28 hari dimana beban-beban yang bekerja sudah dapat dipikul oleh konstruksi.[2,3,4]

II.2.3. AGREGAT

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton.

Agregat biasanya mengisi 75 % dari isi total beton maka

agregat ini mempunyai pengaruh yang besar terhadap perilaku beton yang sudah mengeras. Agregat mempunyai pengaruh terhadap mutu beton, karena agregat lebih murah dari semen maka sangat wajar apabila menggunakannya, dengan persentase setinggi mungkin. Umumnya untuk kekuatan yang maksimum, ketahanan dan ekonomis, agregat dan semen harus disesuaikan porsinya. Dengan demikian agregat diatur takarannya berdasarkan ukuran. Suatu campuran yang layak telah menyatakan persentase yang sesuai antara perbandingan agregat kasar dan agregat halus.[1,3]

II.2.4. AIR

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 30% dari berat semen namun dalam kenyataan nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini dipakai sebagai pelumas. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air untuk pelumas tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan akan rendah serta betonnya porous. Selain itu kelebihan air akan bersama-sama dengan semen bergerak kepermukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (*bleeding*), yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang disebut selaput tipis (*laitance*) yang akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah.

Apabila ada kebocoran cetakan, air bersama-sama semen juga dapat keluar, sehingga terjadilah sarang-sarang kerikil.

Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Tidak mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik) 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.[3]

II.2.5. BAHAN TAMBAH

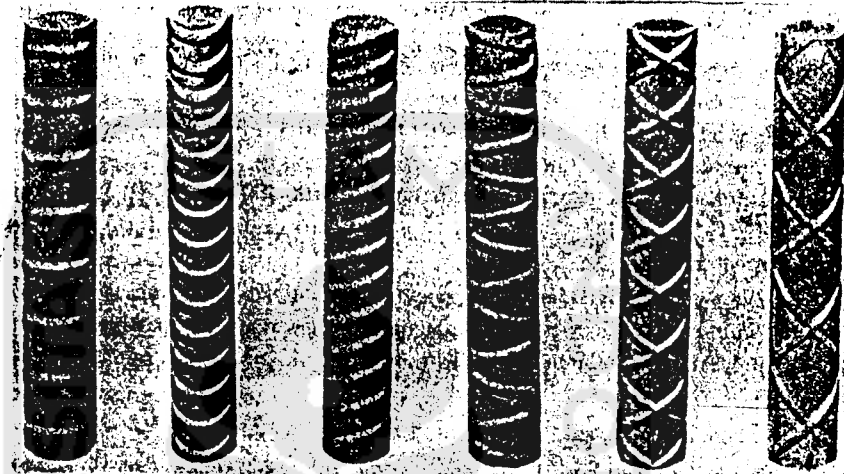
Selain semen, agregat halus dan agregat kasar serta air, bahan-bahan yang dikenal sebagai bahan tambah (*admixture*) dapat ditambahkan kecampuran beton ketika sedang mencampur. Bahan tambah berfungsi untuk merubah sifat dari beton agar dapat berfungsi lebih baik atau agar lebih ekonomis. Kegunaan dari campuran adalah diantaranya sebagai berikut :

1. Meningkatkan kekuatan dengan mengurangi kadar air sesuai porsinya.
2. Mempercepat perkembangan kekuatan dan pengeringan.[1,4]

II.2.6. TULANGAN PENGUAT

Tulangan penguat dapat terdiri dari batang tulangan yang mempunyai diameter tertentu. Bahan yang terbuat dari anyaman kawat yang dilas atau tali kawat . Untuk konstruksi

biasa digunakan tulangan yang mempunyai penonjolan (tulangan profil), tonjolan ini untuk mencegah pergeseran dari tulangan relatif terhadap beton sekelilingnya, seperti yang terlihat pada gambar 2.2. Serta untuk baja tulangan terdiri atas beberapa dimensi seperti diberikan dalam tabel 2.1. dibawah ini. [1,2,4]



Gbr.2.2 Baja - baja tulangan yang berprofil (Courtesy of Concrete Reinforcing Steel Institut .)

Tabel.2.1. Dimensi dan berat batang tulangan baja Standar Industri Indonesia (SII 01386-80)

Tulangan baja		diameter nominal (mm)	luas nominal (cm ²)	berat nominal (kg/m)
Polos	Deform			
P6	D6	6,00	0,283	0,222
P8	D8	8,00	0,503	0,395
P9	D9	9,00	0,636	0,499
P10	D10	10,00	0,785	0,617
P12	D12	12,00	1,131	0,888
P13	D13	13,00	1,327	1,040
P14	D14	14,00	1,540	1,210
P16	D16	16,00	2,011	1,580
P18	D18	18,00	2,545	2,000
P19	D19	19,00	2,835	2,230
P20	D20	20,00	3,142	2,470
P22	D22	22,00	3,801	2,980
P25	D25	25,00	4,909	3,850
P28	D28	28,00	6,157	4,830
P32	D29	29,00	6,605	5,190
	D32	32,00	8,043	6,310
	D36	36,00	10,179	7,990
	D40	40,00	12,565	9,870
	D50	50,00	19,635	15,400

II.2.7. KUAT TEKAN

Kuat tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar, agregat halus, air serta berbagai jenis bahan tambah. Perbandingan dari air terhadap semen merupakan faktor utama dalam penentuan kekuatan beton. Semakin rendah perbandingan air-semen semakin tinggi kuat tekan. Suatu perbandingan yang tepat air-semen diperlukan untuk memberikan aksi kimia didalam pengerasan beton, jika kelebihan air akan memudahkan pengerjaan pengecoran akan tetapi akan menurunkan kekuatan beton.

Percobaan slump dimana suatu cetakan logam berbentuk kerucut dengan tinggi 30 cm dapat menentukan jenis mutu beton secara kasar ditinjau dari perbandingan faktor air-semen. Kerucut tersebut diisi dengan adukan beton kemudian cetakan tersebut diangkat dan pengukuran dilakukan dengan merosotnya ketinggian puncak dari ketinggian semula. Lebih kecil nilai slump lebih kaku dan lebih besar nilai kuat tekan beton dan lebih sukar pengerjaan beton tersebut. Didalam pelaksanaan konstruksi penurunan slump 75 mm - 100 mm adalah umum. Penggetaran campuran beton dengan Vibrator akan memudahkan pengecoran beton sekalipun tanpa slump.

Kekuatan beton yang sebenarnya dilapangan dipengaruhi oleh pemeriksaan mutu untuk pengecoran, pengawasan dan pemeriksaan kuat tekan beton. Pemeriksaan kuat tekan biasanya dilakukan dengan uji desak beton yang berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Selain berbentuk silinder juga dapat berupa kubus yang mempunyai ukuran sisi

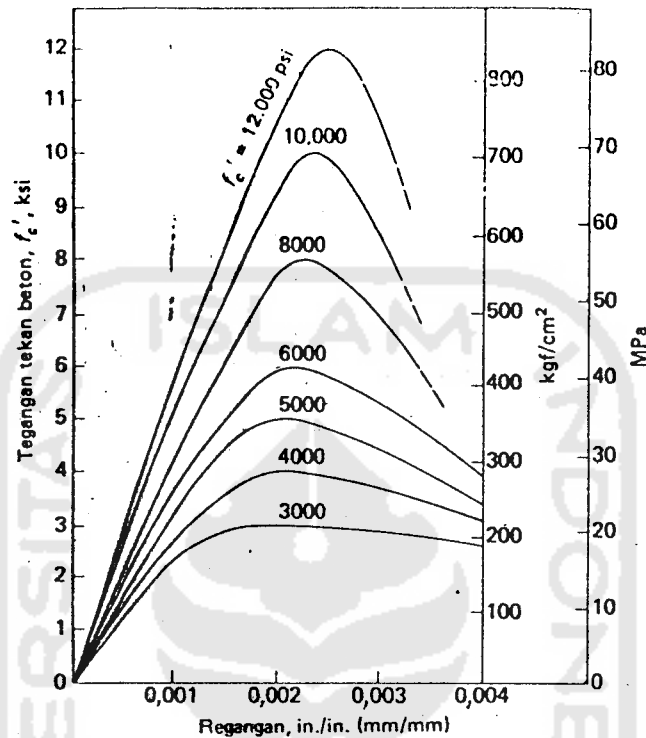
200 mm. Uji desak beton dilakukan dalam umur beton mencapai 7,14,21 dan 28 hari .

Penting untuk disadari bahwa kekuatan beton masing-masing berbeda tergantung kekuatan dari bentuk benda uji standar dan cara-cara percobaan. kekuatan silinder tidak sama persis dengan kekuatan benda uji kubus karena faktor kuat tarik beton dan ukuran bidang kontak dari mesin uji mempunyai pengaruh yang lebih besar terhadap kekuatan kubus daripada kekuatan silinder, sebagai rata-rata dapat dimisalkan untuk beton biasa kekuatan silinder ukuran 150 X 300 mm yaitu mempunyai kekuatan 80 % dari kubus berukuran 150 X 150 X 150 mm serta mempunyai kekuatan 83 % dari kekuatan kubus yang berukuran 200 X 200 X 200 mm. Untuk beton ringan kekuatan silinder dan kubus hampir sama.

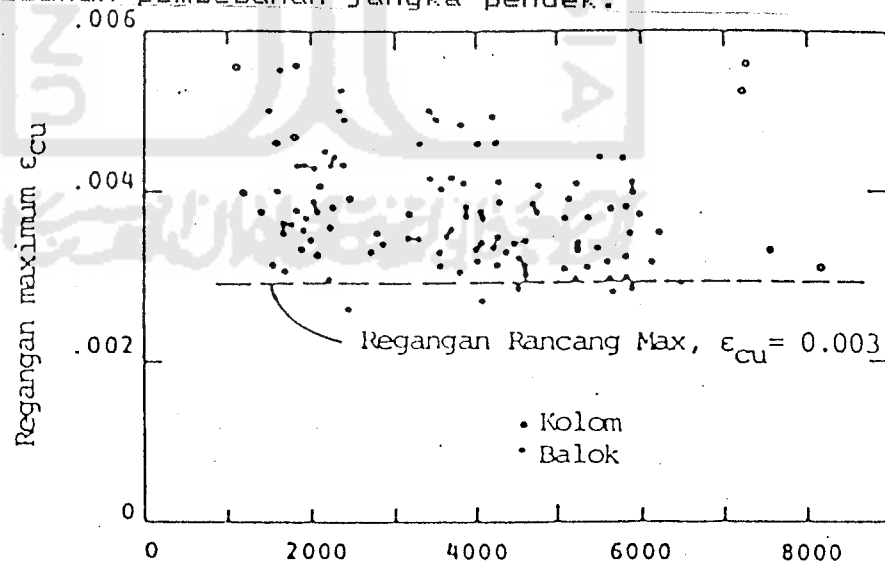
Sifat tegangan regangan adalah tergantung dari kekuatan, umur pada saat pembebanan, kecepatan pembebanan, sifat dari agregat dan semen serta jenis dan ukuran dari benda uji. Gambar 2.3. menyajikan kurva cirian (*Typical Curve*) untuk benda uji yang dibebani tekan pada umur 28 hari.

Dari gambar 2.4. diperlihatkan Regangan ultimit pada saat hancur berkisar antara 0,003 sampai 0,008 tetapi harga regangan maximum yang dapat dipakai dalam praktek adalah 0,003 sampai dengan 0,004. ACI menyatakan (ACI-10.2.3) bahwa "regangan maximum yang dapat dipakai pada serat tekan ekstrim harus diambil 0,003" tetapi regangan maximum 0,003 boleh jadi tidak konservatif untuk beton berkekuatan tinggi yang mempunyai f'_c antara 55 sampai dengan 83 Mpa (8000-

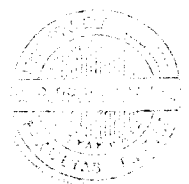
12000 lb/in) untuk beton berkekuatan tinggi tidak ada kesepakatan apakah kurva setelah tegangan maximum benar-benar bermanfaat atau tidak. [1,2,4,14]



Gbr.2.3. Hubungan tegangan dan regangan beton dalam tekan dibawah pembebanan jangka pendek.



Gbr.2.4. Batas regangan dari hasil-hasil penelitian.



II.2.8. KUAT TARIK

Kekuatan beton didalam tarik yang mempengaruhi perambatan dan ukuran dari retak didalam struktur. Kuat tarik dapat ditentukan dengan dengan percobaan pembelahan silinder, menurut ASTM C 496 (37) dimana silinder yang ukurannya sama dengan benda uji dalam percobaan tekan diletakkan sisinya diatas mesin uji dan diberi gaya P secara merata dalam arah diameter sepanjang benda uji. Benda uji silinder akan terbelah dua pada saat dicapainya kuat tarik. Tegangan dihitung dengan dengan [1]

$$2P/(\pi \times \text{diameter} \times \text{panjang}) \dots \dots \dots 2.1$$

Berdasarkan teori elastisitas untuk bahan yang homogen dalam pengaruh keadaan tegangan beraksial, kuat tarik adalah suatu sifat yang bervariasi dibanding dengan kuat tekan, dan besarnya berkisar 10-15 % dari kuat tekan.

kuat tarik didalam lentur dikenal sebagai modulus runtuh (*Modulus Of Rupture*) atau f_r yang dihitung berdasarkan rumus lentur [1]

$$f = \frac{M Y}{I} \dots \dots \dots 2.2$$

suatu harga rata-rata untuk f_r diambil sebesar [1]

$$f_r = 7,5 \sqrt{f'c} \text{ Mpa} \dots \dots \dots 2.3$$

dipandang sebagai suatu pilihan praktis untuk keperluan perencanaan. [1,5]

II.2.9. MODULUS ELASTISITAS

Modulus elastisitas beton tergantung pada umur beton, sifat agregat, semen, kecepatan pembebanan jenis dan ukuran

benda yang diuji. Biasanya modulus elastisitas diambil antara 25 % sampai dengan 50 % dari kuat desak beton (f'_c), dari benda yang diuji, untuk beton normal dan baja tulangan, modulus elastisitas diambil[8]

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \quad \text{Mpa} \dots\dots\dots 2.4$$

$$E_s = 200000 \quad \text{Mpa} \dots\dots\dots 2.5$$

II.2.10. RANGKAK DAN SUSUT

Rangkak adalah salah satu sifat dari beton dimana beton mengalami deformasi yang terus menerus menurut waktu di bawah beban yang dipikul pada satu satuan tegangan dalam batas elastis yang diperbolehkan. susut adalah perubahan volume yang tidak berhubungan dengan pembebanan. Seringkali rangkak ini dihubungkan dengan susut karena keduanya terjadi bersamaan.

Rangkak terjadi akibat salah satu gabungan :

1. aliran kristal didalam agregat dan pasta semen yang mengeras
2. aliran air keluar dari rongga semen karena pengeringan
3. menutupnya rongga-rongga dalam

Faktor yang mempengaruhi besarnya rangkak :

1. Komposisi dan kehalusan semen, campuran, ukuran, penggolongan mutu, dan isi mineral dari agregat.
2. perbandingan seperti kadar air, air dan semen.
3. suhu pada pengerasan.
4. lamanya pembebanan.
5. slump.[1,4,5]