

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lain, agregat kasar, agregat halus, dan air, dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SK SNI T-15-1991-03,1991).

Beton bertulang adalah bahan yang banyak digunakan untuk sistem-sistem struktur. Beton dihasilkan dari interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya. Beton dibuat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah atau bahan semacam lainnya, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia semen sebagai bahan pengikat selama proses pengerasan beton berlangsung. Beton yang terbentuk ini mempunyai kekuatan tekan yang tinggi dan kekuatan tarik yang rendah, kuat tarik beton kira-kira 7-10 % dari kekuatan tekannya. Oleh karena itu, penguatan tarik dan geser harus diberi tulangan pada daerah tarik penampang beton. Hal ini dilakukan agar beton dapat digunakan untuk komponen struktur yang mampu menahan gaya tarik dan tekan secara bersamaan.

Beton serat adalah beton yang terbuat dari campuran semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar, dan serat dengan jumlah tertentu. Ide ini pada dasarnya

adalah memberi tulangan pada beton dengan serat yang disebarkan secara merata kedalam adukan beton dengan orientasi yang random. Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya beton serat tersebut terbukti dapat meningkatkan kekuatan dari beton bertulang.

3.2 Material Penyusun Beton

Masing-masing komponen beton untuk beton bertulang terdiri dari partikel-partikel agregat yang dilekatkan oleh pasta yang terbuat dari semen portland dan air. Pasta tersebut mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel agregat dan setelah beton segar dicorkan akan mengeras sebagai akibat dari reaksi-reaksi kimia eksotermis antara semen dan air, membentuk bahan struktur yang padat dan dapat tahan lama. Dengan demikian perlu dibicarakan fungsi dari masing-masing komponen tersebut sebelum mempelajari beton secara keseluruhan.

3.2.1 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat.

Suatu semen jika diaduk dengan air akan terbentuk adukan pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar semen, dan jika ditambah lagi dengan kerikil disebut dengan beton. Semen yang

dimaksudkan untuk struktur beton bertulang adalah bahan jadi dan mengeras dengan adanya air yang dinamakan semen hidrolis (semen portland).

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis, bersama bahan tambahan yang biasa digunakan adalah gypsum (Kardiyono, 1996). Semen portland dibagi menjadi 5 jenis (PUBI-1982) yaitu :

1. Jenis I yaitu semen portland untuk penggunaan umum tanpa memerlukan persyaratan khusus.
2. Jenis II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
3. Jenis III yaitu semen portland yang menuntut persyaratan awal yang tinggi.
4. Jenis IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan tahan terhadap sulfat.

3.2.2 Agregat Halus

Agregat halus merupakan butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran < 5 mm. Agregat halus atau pasir dapat berupa pasir alam atau debu hasil dari pecahan batu yang dihasilkan alat/mesin pemecah batu (*stone crusher*). Walaupun hanya sebagai pengisi, akan tetapi agregat menempati sekitar 70 % volume beton,

karena itu agregat adalah komponen yang paling berpengaruh terhadap sifat-sifat dan kekuatan dalam beton.

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada analisis ukuran butir-butirnya.

3.2.3 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan kerikil dari desintegrasi alami dari batuan alam atau berupa batu pecah dengan ukuran 5-40 mm. Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 golongan sebagai berikut ini (Kardiyono, 1996).

1. Agregat Normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5-2,7 gram/cm³.

Agregat ini biasanya berasal dari basalt, granit, kuarsa dan sebagainya.

2. Agregat Berat

Agregat berat adalah agregat yang memiliki berat jenis lebih dari 2,8 gram/cm³. Beton yang dihasilkan dari jenis agregat ini biasanya digunakan sebagai pelindung radiasi.

3. Agregat Ringan

Agregat ringan adalah agregat yang memiliki berat jenis lebih kecil dari 2,0 gram/cm³, yang biasanya dibuat sebagai beton ringan.

Agregat kasar harus memenuhi persyaratan gradasi yang disyaratkan. Pada pelaksanaan beton diinginkan komposisi butiran dengan kemampuan tinggi, maka

diperlukan agregat dengan ukuran butiran bervariasi karena ukuran butiran yang bervariasi akan didapat volume pori yang kecil sehingga hanya membutuhkan bahan-ikat yang sedikit pula.

3.2.4 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah pengerjaannya (Murdock dan Brook, 1991).

Kekuatan semen yang telah mengeras tergantung pada jumlah air yang diperlukan untuk waktu proses hidrasi berlangsung. Air yang diperlukan dalam adukan beton hanya sekitar 20-30 % dari berat semen., penambahan jumlah air akan mengurangi kekuatan setelah mengeras (Kardiyono, 1996). Sebagai pelumas penambahan air diperlukan pada saat nilai fas (faktor air semen) kecil. Penambahan air sebagai pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan berkurang.

Hal yang penting dalam pemilihan air antara lain kejernihannya dan air tidak mengandung bahan-bahan perusak (fosfat, minyak, asam alkali, bahan-bahan organis atau garam).

Secara umum air yang dapat dipakai untuk bahan pencampur beton ialah air yang bila dipakai akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih 90 % kekuatan beton yang memakai air suling (PBI 1971).

3.2.5 Bahan Serat

Penambahan serat pada adukan beton dapat memperbaiki sifat-sifat kurang baik dari beton. Ide dasarnya adalah menulangi beton dengan serat dicampurkan secara merata ke dalam adukan beton dengan orientasi yang random.

Bahan serat terdiri dari beberapa jenis antara lain adalah baja (*steel*), plastik (*polypropylene*), gelas (*glass*) dan karbon. Untuk keperluan konstruksi dapat juga dipakai serat dari bahan alamiah seperti ijuk, rami, bambu, serat tumbuh-tumbuhan lainnya.

Bahan serat yang sering dipakai adalah serat baja yang mempunyai diameter sekitar 0,80 mm, panjang sekitar 60 mm dengan bentuk geometrik yang beraneka ragam dengan tujuan agar menimbulkan daya rekat. Serat dari plastik dan kaca mempunyai kekurangan yaitu sifat-sifat mekanik untuk jangka panjang tidak diandalkan. Selain itu serat plastik mempunyai nilai modulus elastisitas rendah, mudah terbakar, dan rekatannya yang jelek terhadap adukan. Kekurangan pada serat kaca (gelas) adalah harganya sangat mahal dan sulit dalam pengadukannya karena diameternya sangat kecil.

Teknik pencampuran adukan pada beton serat memerlukan perhatian khusus dikarenakan hal ini dapat mempengaruhi kelecakan dalam adukan yang dapat mempengaruhi kualitas beton tersebut. Oleh karena itu perlu adanya modifikasi proporsi dan teknik pencampuran yang baik agar serat yang ditambahkan pada campuran dapat tersebar merata dengan orientasi yang random dalam adukan beton.

3.2.6 Bahan campuran tambahan

Bahan campuran tambahan adalah *admixtures* adalah bahan yang bukan air, agregat, maupun semen yang ditambahkan dalam campuran sesaat atau selama pencampuran untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton segar atau beton setelah mengeras, sifat kemudahan pengerjaan, kedap air dan waktu ikat semen.

3.3 Metode Perencanaan Adukan Beton

Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar ACI (*American Concrete Institute*). Tujuan dari perancangan campuran beton adalah untuk menentukan proporsi semen, agregat halus dan kasar serta air agar dipenuhi beberapa persyaratan dan mudah dikerjakan. Adapun urutan perencanaan campuran adukan beton dengan standar ACI adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan kuat desak rata-rata beton.

Perhitungan kuat desak rata-rata beton memiliki syarat terhadap nilai margin yang dihitung berdasarkan nilai deviasi standar (lihat Tabel 3.1) Untuk menetapkan kuat desak rata-rata yang direncanakan digunakan rumus berikut ini.

$$f_{cr}' = f_{c'} + k \cdot s_d$$

dengan : f_{cr}' = kuat desak rata-rata beton (MPa)

$f_{c'}$ = kuat desak rencana beton (MPa)

k = tetapan statistik ($k = 1,64$, untuk 5 % d efektif)

sd = standar deviasi

Tabel 3.1. Nilai deviasi standar (kg/cm^2)

Volume Pekerjaan (m^3)		Mutu Pelaksanaan		
		Baik sekali	Baik	Cukup
Kecil	<1000	$45 < \text{sd} < 55$	$50 < \text{sd} < 65$	$65 < \text{sd} < 85$
Sedang	1000-3000	$35 < \text{sd} < 45$	$45 < \text{sd} < 55$	$55 < \text{sd} < 75$
Besar	>3000	$25 < \text{sd} < 35$	$35 < \text{sd} < 45$	$45 < \text{sd} < 65$

Tabel 3.2 Kekuatan rata-rata yang diperlukan jika tidak tersedia data untuk menentukan simpangan baku

Kekuatan tekan yang dispesifikasikan f_c' (Psi)	Kekuatan rata-rata yang diperlukan f_{cr}' (Psi)
<3000	$f_c' + 1000$
3000 - 5000	$f_c' + 1200$
>5000	$f_c' + 1400$

Tabel 3.3 Faktor modifikasi simpangan baku jika data uji yang tersedia kurang dari 30 sampel

Banyaknya	Faktor pengali standar deviasi
<15	Gunakan tabel 3.4
15	1.16

lanjutan Tabel 3.3

20	1.08
25	1.03
30	1.0

2. Menentukan faktor air semen (fas)

Faktor air semen ditentukan dari nilai terendah antara pengaruh kuat desak rata-rata (Tabel 3.4) dengan pengaruh keawetan elemen struktur terhadap kondisi lingkungan (Tabel 3.5).

Tabel 3.4 Hubungan fas dengan kuat desak rata-rata silinder umur 28 hari

Faktor air semen (fas)	Perkiraan kuat desak
0.35	42
0.44	35
0.53	28
0.62	22.5
0.71	17.5
0.80	14

Tabel 3.5 Fas berdasarkan pengaruh tempat elemen struktur

Kondisi elemen struktur	Nilai fas
1. Beton dalam ruangan bangunan	
a. Keadaan keliling non korosif	0.6
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	0.52

lanjutan Tabel 3.5

2. Beton diluar ruangan bangunan	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.6
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.6
3. Beton yang masuk kedalam tanah	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0.55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0.52
4. Beton yang kontinyu berhubungan dengan	
a. Air tawar	0.57
b. Air laut	0.52

3. Menentukan besarnya nilai slump

Nilai slump ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan penggunaan elemen struktur (lihat Tabel 3.6).

Tabel 3.6 Nilai slump berdasarkan jenis elemen struktur

Jenis struktur	Nilai slump (mm)	
	Minimum	Maksimum
Pondasi bertulang, dinding, tiang	5	12.5
Tiang pondasi bertulang, caison	2.5	10
Pelat, balok, kolom	7.5	15
Beton untuk jalan (pavement)	5	7.5
Beton massa (struktur massa yang berat)	2.5	7.5

4. Menetapkan jumlah air yang dibutuhkan

Jumlah kebutuhan air dalam setiap 1 m^3 campuran adukan beton dapat ditentukan berdasarkan diameter maksimum agregat dan nilai slump seperti pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Perkiraan nilai slump berdasarkan ukuran agregat maksimum

Slump (mm)	Ukuran Maksimum Agregat (mm)		
	10	20	30
25-50	206	182	162
75-100	226	203	177
150-175	240	212	188
Udara terperangkap	3%	2%	1%

5. Menghitung kebutuhan semen didasarkan hasil penentuan langkah kedua (didapat nilai fas) dan keempat (didapat jumlah air) dengan membagi rasio kebutuhan air dengan fas.

$$\text{fas} = \frac{w \text{ air}}{w \text{ semen}} \quad w \text{ semen} = \frac{w \text{ air}}{\text{fas}}$$

6. Menetapkan volume agregat kasar didasarkan pada Tabel 3.8 dibawah ini.

Tabel 3.8 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per m^3 beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butir pasir (m^3)

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butir pasir			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,46	0,44	0,42	0,40

lanjutan Tabel 3.8

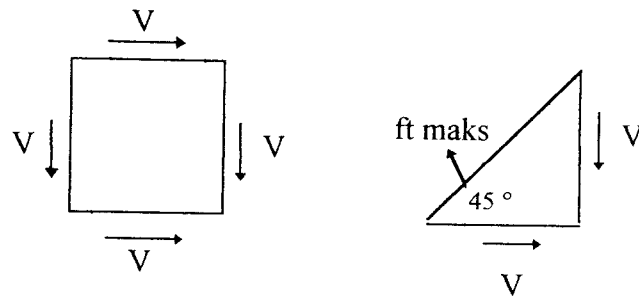
20	0,65	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,82	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,84

7. Menghitung Volume Agregat Halus

Perhitungan volume agregat halus didasarkan pada pengurangan volume absolute terhadap volume agregat kasar, volume semen, volume air serta persentase udara yang terperangkap dalam adukan.

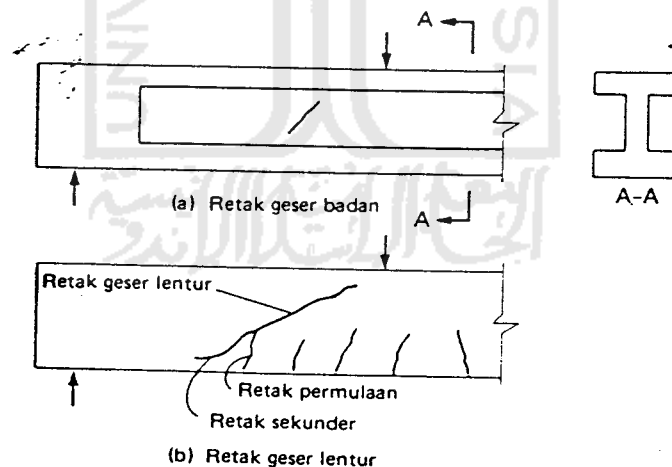
3.4 Geser pada balok beton bertulang konvensional

Pada sebuah balok beton bertulang dengan dukungan sederhana yang menerima beban vertikal, di bawah garis netral terdapat daerah geser dengan keadaan yang mendekati geser murni, yang menimbulkan suatu tegangan tarik yang sama besarnya dengan tegangan geser pada bidang dengan kemiringan 45° . Tarik diagonal ini merupakan penyebab utama dari retak miring. Dengan demikian keruntuhan balok yang lazimnya disebut keruntuhan geser (*shear failure*) sebenarnya adalah keruntuhan tarik di arah retak miring.



Gambar 3.1 Keadaan Geser Murni (Wang dan Salmon, 1987)

Retak miring di badan balok beton bertulang non prategang atau prategang dapat terjadi tanpa adanya retak lentur didaerah sekitar atau sebagai kelanjutan dari retak lentur yang terjadi sebelumnya. Retak miring yang terjadi pada balok yang sebelumnya tidak mengalami retak lentur dikenal sebagai retak geser badan (*web shear crack*) seperti yang terlihat pada Gambar 3.2 berikut ini.

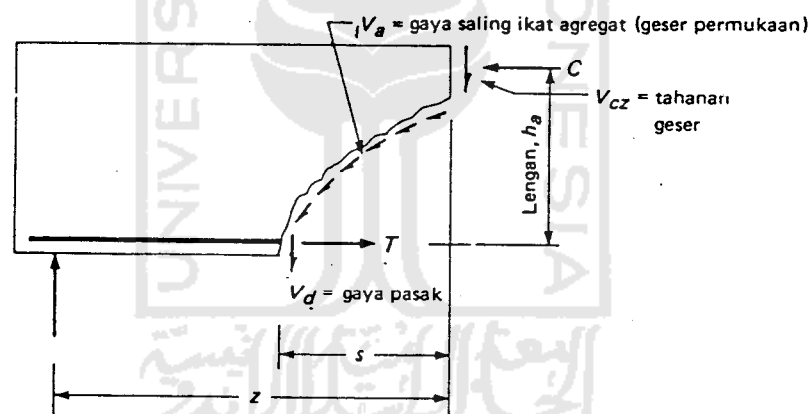


Gambar 3.2 Jenis-jenis retak miring (Wang dan Salmon, 1987)

Retak miring yang dimulai sebagai kelanjutan dari retak lentur yang telah ada sebelumnya dikenal sebagai retak geser lentur (*flexure shear crack*) seperti dapat dilihat pada Gambar 3.2. Retak geser lentur adalah jenis yang umum dijumpai pada beton bertulang dan beton prategang. Retak lentur yang biasanya cenderung

merambat hampir vertikal pada balok, tidak menimbulkan pengurangan tegangan sampai timbulnya suatu kombinasi yang kritis dari tegangan lentur dan geser didekat daerah dalam dari salah satu retak. Retak miring kemudian terbentuk. Kecepatan perubahan dari retak lentur awal menjadi retak lentur geser tergantung dari kecepatan pertumbuhan dan tinggi dari retak lentur, disamping besarnya tegangan geser yang bekerja dekat ujung atas retak lentur.

Transfer dari geser di dalam unsur-unsur beton bertulang terjadi suatu kombinasi dari beberapa maksimum sebagai berikut, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.3.



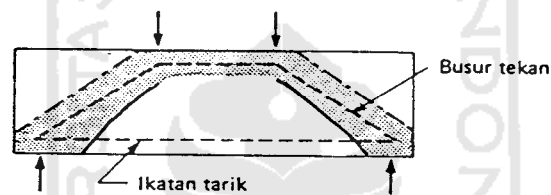
Gambar 3.3 Restribusi perlawanan geser sesudah terbentuknya retak miring (Wang dan Salmon, 1987)

Unsur-unsur yang berperan dalam restribusi perlawanan geser sesudah terbentuknya retak miring adalah sebagai berikut ini :

1. Perlawanan geser dari beton yang belum retak, V_{cz} .
2. Gaya ikat (*interlock*) antara agregat (atau transfer geser antara permukaan) V_a dalam arah tangensial sepanjang suatu retak, yang serupa dengan gaya gesek

akibat saling ikat yang tidak teratur dari agregat sepanjang permukaan yang kasar dari beton pada masing-masing pihak dari retak.

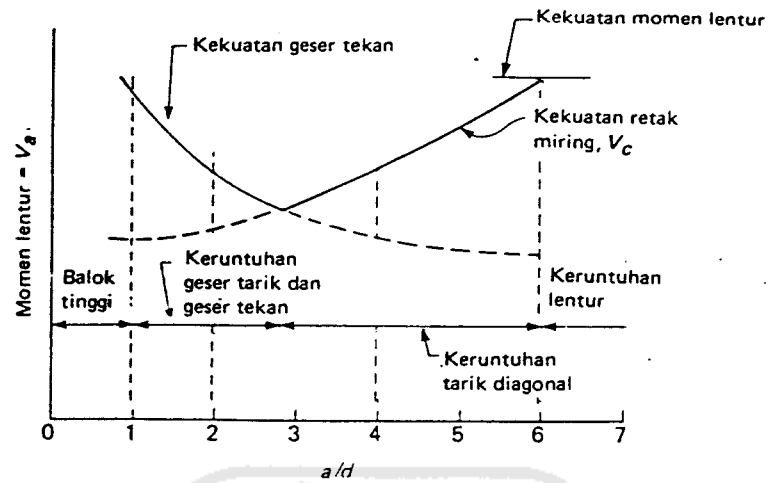
3. Aksi pasak (*dowel action*) V_d , sebagai perlawanan dari penulangan longitudinal terhadap gaya transversal.
4. Aksi pelengkung (*arch action*) lihat pada Gambar 3.4 pada balok yang relatif tinggi.
5. Perlawanan tulangan geser V_s dari sengkang vertikal atau miring.



Gambar 3.4 Aksi busur pelengkung

Kemampuan dari suatu balok untuk memikul tambahan beban setelah terbentuknya retak miring tergantung dari dapat tidaknya sebagian dari geser yang sebelumnya dipikul oleh beton yang tidak retak, didistribusikan kembali melalui retak miring.

Perbandingan bentang geser terhadap tinggi balok a/d (a = bentang geser, d = tinggi balok), secara eksperimen telah dibuktikan suatu faktor yang berpengaruh dalam menetapkan kekuatan geser. Bila faktor-faktor selain a/d diambil tetap, maka variasi kapasitas geser dapat ditunjukkan pada Gambar 3.5 dengan menggunakan hasil penelitian balok persegi.



Gambar 3.5 Variasi di dalam kekuatan geser sesuai dengan a/d untuk balok-balok persegi (Wang & Salmon 1987)

3.5 Geser pada balok beton bertulang serat

Data laboratorium yang didapatkan oleh beberapa peneliti mengindikasikan bahwa pada hakekatnya serat dapat meningkatkan kapasitas geser (tarik diagonal) balok beton bertulang konvensional atau balok mortar. Serat baja menunjukkan beberapa potensi yang menguntungkan bila digunakan untuk mengganti sebagian atau seluruh tulangan geser yang biasanya berupa sengkang vertikal atau miring. Keuntungan-keuntungan tersebut adalah sebagai berikut ini :

1. Serat bisa terdistribusi secara random keseluruhan volume beton, serta berjarak lebih rapat daripada yang diperoleh dengan penulangan dengan baja.
2. Kuat tarik retak pertama dan kuat tarik ultimit dari beton mortar akan meningkat oleh keberadaan serat dalam beton mortar tersebut.