

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Konsep Dasar Beton

Beton merupakan jenis material yang paling banyak digunakan dalam konstruksi bangunan, karena beton lebih ekonomis dan lebih tahan lama. Beton merupakan suatu material dari campuran yang mempunyai proporsi tertentu dari semen, pasir, koral atau agregat lainnya serta air untuk membuat campuran tersebut menjadi keras dalam cetakan sesuai bentuk dan dimensi struktur yang diinginkan (Winter & Nilson, 1993 ).

Beton terbuat dari bahan dasar semen, air, agregat kasar dan halus, namun kadang-kadang dalam merancang pembuatan spesi beton masih diperlukan tambahan bahan additive. Tujuan penggunaan bahan additive adalah untuk memperbaiki karakteristik spesi beton yang masih plastis maupun beton yang telah mengeras (Partowiyatmo, 2003).

Menurut Frick dan Koesmartadi (2003), kualitas beton tergantung pada kualitas semen, perbandingan campuran antara bahan-bahan penyusunnya, agregat campuran halus dan kasar, cara pencampuran komponen, agregat kasar (kerikil atau batu pecah), dan cara pengecoran. Beton yang berkualitas adalah beton yang memiliki kuat tarik tinggi, kuat tekan tinggi, kuat lekat tinggi, tahan aus, rapat air, tahan cuaca, tahan terhadap zat-zat kimia, modulus elastisitas tinggi dan susut pengerasannya kecil (Tjokrodimulyo, 1995 ).

Pembuatan beton melalui beberapa tahapan kerja yang teratur dan terkontrol. Mulai dari pemilihan bahan baku, penakaran bahan baku yang sesuai dengan perhitungan dan kemudian sampai pada proses pencampuran, peretakan dan pemeliharaan. Dalam proses pencampuran dapat diberikan bahan tambah berupa zat kimia (additive) ataupun bahan tambah berupa admixture yang diharapkan dapat memperbaiki kualitas dan kinerja beton. Penggunaan ban bekas sebagai salah satu bahan



tambah berupa admixture diharapkan dapat meningkatkan kinerja beton dalam menghadapi bahaya kebakaran (Olivares & Barluenga, 2004)

## 2.2 Komponen – Komponen Penyusun Beton

### 1) Agregat

Hampir sebagian besar komposisi beton terdiri dari agregat. Berdasarkan ukuran butirnya, agregat dapat dibagi menjadi dua yaitu agregat halus dimana semua butirnya menembus saringan no. 4 standar ASTM C33 ( $\phi$  4,76 cm) dan agregat kasar yaitu agregat yang butirnya tertinggal diatas saringan no.4 standar ASTM C33 ( $\phi$  4,76 cm).

Untuk menghasilkan mutu beton yang baik, agregat harus memiliki gradasi, bentuk dan tekstur yang memadai, kekuatan dan ketahanan abrasi yang tinggi, permukaannya bersih, bebas dari lapisan lumpur atau tanah liat (Partowiyatmo, 2003 ).

Hampir seluruh agregat strukturnya berpori – pori, letaknya ada di bagian dalam agregat maupun terbuka di permukaan. Untuk satu jenis batuan ukuran pori – pori dan total volumenya sangat beragam. Air dapat meresap masuk kedalam agregat, jumlah dan kecepatannya tergantung ukuran pori – pori, kontinuitas dan total volumenya.

Spesifikasi standar pemeriksaan agregat beton dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

**Tabel 2.1 Spesifikasi standar pemeriksaan agregat**

No.	Jenis pemeriksaan	Standar spesifikasi		
		Agregat halus	Agregat kasar	
1	Kadar lumpur (%)	< 5	-	ASTM C 142 SNI 03-1970- 1990 SNI 03- 1969-1990
2	Berat jenis ( $\text{gr/cm}^3$ )			
	a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,58-2,83	2,58-2,83	
	b. <i>Bulk specific gravity (kering)</i>	2,58-2,83	2,58-2,83	
	c. <i>Bulk spesific gravity (ssd)</i>	2,58-2,83	2,58-2,83	
	d. <i>Absorption (%)</i>	2-7	2-7	
3	Kadar air (%)	3-5	3-5	
4	Modulus kehalusan	1,5-3,8	-	SNI 03-1971-

5	Berat volume (gr/cm <sup>3</sup> )			1990
	a. Kondisi gembur	1,4-1,9	1,4-1,9	
	b. Kondisi padat	1,4-1,9	1,4-1,9	
6	Ketahanan aus (mesin Los Angeles) (%)	-	< 10	SNI 03-2417-1991

Menurut peraturan di Inggris (*British Standard*) yang juga dipakai di Indonesia, kekasaran agregat halus dapat dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya. Keempat kelompok agregat halus tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

**Tabel 2.2 Gradasi agregat halus berdasarkan BS 882:2, 1973 (Murdock & Brook, 1990)**

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lolos ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Keterangan: Daerah I = pasir kasar  
 Daerah II = pasir agak kasar  
 Daerah III = pasir agak halus  
 Daerah IV = pasir halus

## 2) Semen

Menurut PUBLI 1982 semen Portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan melalui penghalusan klinker terutama yang terdiri dari silikat – silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahannya. Semen berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak dan padat. Selain itu, semen juga berfungsi untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat sebesar 7%-15% dari volume beton.

Semen terbagi atas beberapa tipe yang dibedakan berdasarkan sifatnya terhadap proses hidrasi. Semen Portland mempunyai lima tipe

yang bisa digunakan sesuai dengan kebutuhan (Tjokrodimulyo, 1995). Tipe I adalah semen yang biasa digunakan pada konstruksi beton yang tidak mengalami perubahan cuaca dan proses kimia. Tipe II memiliki kelebihan yaitu dapat meningkatkan ketahanan beton terhadap sulfat dan menghasilkan panas hidrasi yang lebih rendah. Sedangkan tipe III, IV dan V masing-masing digunakan pada konstruksi beton yang memerlukan kekuatan awal tinggi, menuntut persyaratan panas hidrasi rendah dan tahan terhadap sulfat.

### 3) Faktor Air Semen (fas)

Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air dan berat semen di dalam campuran adukan beton (Tjokrodimulyo, 1992).

Faktor air semen sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton, semakin besar faktor air semen, maka semakin rendah kuat tekan betonnya dan sebaliknya.

Pada dasarnya semen membutuhkan air sekitar 30 % berat semen untuk bereaksi secara sempurna, akan tetapi apabila berat air kurang dari 40 % berat semen, reaksi kimia tersebut tidak dapat selesai dengan sempurna karena adukan beton sulit untuk dipadatkan.

Menurut Partowiyatmo (2003) jika faktor air semen besar dari 40 % maka akan terjadi kelebihan air yang tidak bereaksi dengan semen dan akan berada di dalam pori-pori kapiler menjadi air kapiler. Dalam peristiwa kebakaran pada bangunan gedung, air kapiler bisa mengakibatkan terjadinya pengelupasan selimut beton.

## 2.3 Perilaku Api

Perilaku api adalah proses yang diawali saat api mulai menyala sampai penjarannya kemudian diikuti dengan proses pendinginan (Partowiyatmo, 2003).

Perilaku api tergantung pada jumlah dan jenis bahan yang mudah terbakar serta distribusi dan susunannya dalam ruangan, geometri dan

dimensi ruangan, sifat termal dinding pelindung serta kondisi ventilasi ruangan.

Menurut Partowiyatmo (2003) karakteristik kebakaran digambarkan melalui tiga fase dan ditandai dengan perkembangan suhu gas panas :

- a. Fase pertama disebut fase penyalaan, termasuk di dalamnya kenaikan suhu gas panas yang cepat. Perkembangan suhu dalam fase ini merupakan fungsi utama dari perilaku pembakaran (*burning behaviour*), beban api termasuk penyebaran apinya.
- b. Fase kedua berikutnya adalah fase pembakaran. Fase kedua ini pada dasarnya dipengaruhi oleh ukuran ruangan api, sifat – sifat fisis dinding, dan ukuran serta posisi bukaan/ ventilasi. Hal yang terakhir ini berarti terkait dengan jumlah oksigen yang tersedia di dalam ruangan yang terbakar. Umumnya, suhu maksimum akan dicapai selama periode ini. Durasi fase pembakaran terbatas pada energi yang tersedia di dalam ruangan.
- c. Fase ketiga disebut fase pendinginan. Selama fase ini energi panas yang dibebaskan tidak cukup untuk menaikkan suhu atau paling tidak sekedar menjaga level suhunya konstan. Secara tidak langsung hal ini menyatakan bahwa sejumlah aliran panas tertentu akan terjadi dari lingkungan yang panas kembali ke dalam ruangan. Dalam fase ini energi panas yang meninggalkan dinding pelindung akan mempengaruhi sepenuhnya suhu gas panas.

Berdasarkan sifat bahan bangunan yang diuji bakar, menurut Departemen Pekerjaan Umum (1987) klasifikasi sifat bahan terhadap api yaitu bahan yang tahan api (sukar terbakar) dan bahan yang tidak tahan api (mudah terbakar). Untuk dapat memenuhi kriteria bahan tahan api, bahan harus memenuhi persyaratan pengujian bakar dengan ketentuan pada saat pengujian bakar kenaikan suhu dalam tungku tidak melebihi 50°C dan tidak terjadi nyala api selama 10 detik. Daftar klasifikasi sifat bahan terhadap api dapat dilihat pada Tabel 2.3 di bawah ini :

Tabel 2.3. Daftar Klasifikasi Sifat Bahan Terhadap Api

Klasifikasi sifat bahan	Bahan tidak terbakar M1		Sukar terbakar M2	Bahan dapat terbakar menghambat api M3		agak menghambat M4	mudah terbakar M5
	Pengamatan						
Pengujian Bakar	Kenaikan suhu dalam tungku pengujian bakar		Kenaikan suhu dari/sama dengan 50 <sup>0</sup> C dalam tungku tidak terjadi nyala kontinu selama 10 detik atau lebih.	Kenaikan suhu dalam tungku di atas 50 <sup>0</sup> C			
Penjalaran api pada permukaan (surface test)	Luas kurva suhu waktu (t d <sub>0</sub> ) C.menit	t d <sub>0</sub> = 0	tidak lebih dari 100	tidak lebih dari 350	tidak lebih dari 350	tidak terbatas	tidak terbatas
	Kepadatan asap (CA)	CA < 30	tidak lebih dari 60	tidak lebih dari 120	tidak terbatas	tidak terbatas	
	Perubahan bentuk	- Tidak terjadi lelehan melebihi tebalnya - Tidak terjadi deformasi yang membahayakan					
	Retak	Kedalaman retak pada permukaan bagian belakang harus lebih kecil dari 1/10 tebalnya.					
	Nyala api	Tidak terjadi nyala lebih dari 30 detik setelah pembakaran dihentikan.					
	Lain-lain	Tidak mengeluarkan gas beracun.					

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum (1987)

## 2.4 Ban Karet

Ban karet merupakan salah satu komponen yang sangat penting pada kendaraan. Tanpa ban karet yang melapisi, roda kendaraan akan cepat rusak dan tentu saja menimbulkan ketidaknyamanan dalam berkendara. Dengan banyaknya jenis kendaraan yang ada pada saat ini, jenis ban yang akan digunakan juga akan berbeda-beda. Untuk kendaraan besar seperti truk dan trailer dapat menggunakan ban yang berukuran besar dan tebal. Sedangkan untuk mobil penumpang, ban yang digunakan tentunya akan lebih kecil dan tipis dibandingkan ban truk. Selain itu, untuk sepeda motor dan sepeda yang ukurannya lebih kecil tentunya menggunakan ban yang berbeda dan sesuai dengan kebutuhan. Menurut Anonim (2004), ban karet dapat dibagi menjadi beberapa jenis yaitu :

- Ban mobil penumpang
- Ban truk kecil
- Ban mobil balap
- Ban Off-The-Road (*giant/earthmover*)

Pembagian jenis ini berdasarkan perbandingan campuran antara bahan karet sintetis dan karet alam sebagai bahan dasar pembuatan ban.

Selain menjadi salah satu komponen penting pada suatu kendaraan, ban karet juga merupakan salah satu bahan tambah pilihan dalam pembuatan campuran beton, hal ini disebabkan karena sifatnya yang fleksibel sehingga dapat meningkatkan daktilitas beton. Tabel 2.4 menunjukkan sifat-sifat nominal yang dimiliki oleh ban karet truk. Sedangkan sifat-sifat ban karet lainnya yang sangat mendukung pemilihan ban karet sebagai salah satu bahan tambah dalam pembuatan campuran beton menurut Tjokrodimuljo (1992) adalah :

- a. Tidak meneruskan panas
- b. Dapat berisi udara atau air
- c. Dapat menyerap kejutan (shock)
- d. Dapat diperpanjang dengan cara diberi gaya tarik
- e. Tidak kaku
- f. Dapat dengan mudah dibentuk menjadi bentuk yang sesuai dengan keinginan
- g. Sifatnya dapat diubah dengan cara vulkanisasi
- h. Karet alami harus dijaga jangan sampai terkena sinar matahari langsung, minyak dan cairan organis lain.

Tabel 2.4 Sifat-sifat Ban Karet

<b>Young Modulus</b>	
@ 100 %	1,97 MPa
@ 300 %	10 MPa
@ 500 %	22,36 MPa
Tension strength	28,1 MPa
Break point strain	590 %
<b>Resilience</b>	
@ 23o C	44 %
@ 75o C	55 %

(Sumber : Waddell & Evans, 1996)

Dengan berbagai kelebihan yang dimiliki ban karet diharapkan pada saat beton yang diberi bahan tambah berupa ban karet terkena panas yang cukup tinggi akibat kebakaran maka ban dapat bereaksi untuk mencegah terjadinya ledakan pada beton akibat spalling yang disebabkan oleh kebakaran.

## 2.5 Kuat Tekan Beton

Salah satu kelebihan beton sebagai bahan bangunan adalah kekuatan beton menahan gaya tekan yang disebut dengan kuat tekan beton. Tinggi rendahnya mutu beton ditentukan oleh besar kecilnya kuat tekan beton. Oleh karena itu, pengujian kuat tekan beton merupakan salah satu hal yang paling penting dalam menentukan mutu beton yang akan diteliti atau digunakan dalam pembuatan suatu bangunan.

Tegangan tekan maksimum ( $f_c$ ) beton merupakan parameter yang menunjukkan besar kecilnya kuat tekan beton dan diberikan dalam satuan  $N/mm^2$  atau MPa (Mega Pascal). Menurut Dipohusodo (1997), nilai kuat tekan beton berumur 28 hari berkisar antara 10 – 65 MPa. Untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton harus melalui tata cara pengujian standar yaitu menggunakan mesin uji tekan dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji beton (baik silinder maupun kubus) hingga hancur. Tata cara pengujian standar yang digunakan umumnya adalah standar ASTM (American Society for Testing Materials) C39-86. Tegangan tekan maksimum  $f_c$  bukan tegangan yang timbul pada saat benda uji hancur, melainkan tegangan maksimum yang terjadi pada saat regangan beton mencapai nilai  $\pm 0,002$ .

Dari hasil pengumpulan data kekuatan hancur tekan beton, dilakukan penentuan tegangan tekan karakteristik beton. Tegangan tekan karakteristik beton ini diperoleh dengan menggunakan rumusan sebagai berikut :



- a. Menentukan nilai deviasi standar benda uji.

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\sigma'_b - \sigma'_{bm})^2}{N-1}} \quad (1)$$

dengan :

$\delta$  = deviasi standar

$\sigma'_b$  = kekuatan tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji (kg/cm<sup>2</sup>)

$\sigma'_{bm}$  = kekuatan tekan beton rata-rata (kg/cm<sup>2</sup>) menurut

rumus :

$$\sigma'_{bm} = \frac{\sum_{i=1}^N \sigma'_b}{N} \quad (2)$$

$N$  = jumlah seluruh nilai hasil pemeriksaan

- b. Menghitung nilai kekuatan tekan beton karakteristik dengan 5% kemungkinan adanya kekuatan yang tidak memenuhi syarat :

$$\sigma'_{bk} = \sigma'_{bm} - 1,64\delta$$

- c. Nilai kekuatan tekan beton karakteristik yang diperoleh pada langkah b dibandingkan dengan nilai kuat tekan rencana.

Benda uji dikatakan memenuhi persyaratan mutu kekuatan tekan beton apabila nilai kuat tekan yang didapat lebih besar daripada nilai kuat tekan rencana.

## 2.6 Beton Serat

Beton serat (*Fibre Concrete*) ialah bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain berupa serat yang dapat dijadikan sebagai bahan agregat yang bentuknya tidak bulat (Tjokrodimuljo, 1995). Bahan

serat yang digunakan dapat berupa: serat asbestos, serat tumbuh-tumbuhan (rami, bambu, ijuk), serat plastik (*polypropylene*), maupun potongan kawat baja.

Penggunaan beton berserat karet di dalam konstruksi merupakan salah satu kreasi yang bisa meningkatkan daktilitas dan durabilitas beton. Menurut Tjokrodimuljo (1995) serat dalam beton berguna untuk mencegah adanya retak-retak, sehingga menjadikan beton serat lebih dektail daripada beton biasa. Keunikan penggunaan beton berserat karet akan dapat ditemukan pada beberapa konstruksi yang menggunkannya seperti pada konstruksi jalan raya berfungsi sebagai penyerap getaran (*shock absorber*), sebagai penahan suara (*sound absorber*) pada ruangan yang khusus dibuat agar kedap suara dan juga bisa berfungsi sebagai penahan getaran akibat gempa bumi (*earthquake shock-wave absorber*) sehingga bangunan tidak akan langsung roboh dan hancur apabila terkena gempa bumi (Topcu & Avcular, 1997).