

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Pustaka**

##### **1. Umum**

Beton adalah campuran dari agregat dan pasta. Beton juga dapat didefinisikan sebagai bahan bangunan dan konstruksi yang sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih.

Menurut SNI 03-2834-2000, Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

Menurut ACI (*American Concrete Institute*) Committee 544 beton berserat diartikan sebagai beton yang terbuat dari semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar dan sejumlah kecil serat yang tersebar secara acak, yang mana masih dimungkinkan untuk diberi bahan-bahan additive. Maksud utama penambahan serat dalam beton adalah untuk menambah kuat tarik beton, mengingat kuat tarik beton sangat rendah. Kuat tarik yang sangat rendah berakibat beton sangat mudah retak, yang pada akhirnya mengurangi keawetan beton. Dengan adanya serat, ternyata beton menjadi lebih tahan retak. Perlu diperhatikan bahwa pemberian serat tidak banyak menambah kuat tekan beton, namun hanya menambah daktilitas. (Tjokrodimulyo, 1996).

## 2. Studi Terdahulu Mengenai Topik Penulisan

Luhar dan Khandelwal (2015) melakukan percobaan mengenai *compressive strength of translucent concrete* yang menggunakan serat optik sebagai bahan utama dalam pembuatan benda ujinya. Serat optik sendiri memiliki kemampuan mengantarkan cahaya yang baik sehingga dapat dimanfaatkan dalam pembuatan beton transparan atau beton tembus. Pada penelitian ini benda uji dibuat berupa kubus berukuran 7 cm x 7cm x 7cm sebanyak 3 benda uji, dua benda uji sebagai beton kontrol dan satu benda uji sebagai beton transparan, jumlah serat yang digunakan sebesar 1% dari volume kubus tersebut. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa benda uji kubus sebagai kontrol memiliki berat 760 gram dengan kuat tekan sebesar 38,77 N/mm<sup>2</sup> dan berat 780 gram dengan kuat tekan 40,23 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan benda uji kubus sebagai beton transparan memiliki berat 750 gram dengan kuat tekan sebesar 36,70 N/mm<sup>2</sup>. Hal ini menunjukkan kuat tekan beton transparan hampir sama dengan kuat tekan beton normal.

Pratiwi (2016) melakukan percobaan berdasarkan penelitian pengaruh penambahan serat fiber optik 0,1%; 0,15%; 0,2% dan pecahan kaca 20% terhadap kuat tekan beton serat yang dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- a. Kuat tekan rata-rata kadar serat 0,1%; 0,15%; dan 0,2% berturut-turut diperoleh sebesar 22,43 MPa, 24,31 MPa, dan 29,63 MPa.
- b. Penambahan serat dari 0,1% menjadi 0,15% mengalami peningkatan kuat tekan rata-rata sebesar 8,4% dan penambahan serat dari 0,15%

menjadi 0,2% mengalami peningkatan kuat tekan rata-rata sebesar 21,9%.

- c. Nilai modulus elastisitas yang diperoleh berturut-turut adalah 22259,35 Mpa, 23173,43 Mpa, dan 25583,72 Mpa.

Darul (2014) mengkaji pengaruh serat ijuk terhadap kuat tarik belah beton k-175. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serat ijuk terhadap karakteristik beton. Perencanaan campuran beton menggunakan peraturan SK SNI-151990-03 yang diadopsi dari British standar, pengujian menggunakan benda uji berbentuk silinder yang berukuran 15 cm x 30 cm, masing-masing variasi terdiri dari 3 benda uji dengan variasi 0%; 0,5%; 1%; 1,5%; dan 2% dari berat agregat halus. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tarik belah setelah umur 28 hari. Dari pengujian terlihat bahwa kuat tarik beton naik dengan semakin bertambahnya serat ijuk. Kuat tarik belah maksimum dihasilkan pada persentase 2% dengan nilai 396,43 kg/cm<sup>2</sup> dan kuat tarik belah terkecil diperoleh pada persentase 0% dengan nilai 296,59 kg/cm<sup>2</sup> (beton normal). Berdasarkan hasil pengujian tersebut dapat diketahui bahwa penambahan serat ijuk terhadap beton dapat meningkatkan mutu beton, namun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kandungan-kandungan kimia dalam serat ijuk, sifat dan karakteristik serat ijuk dalam campuran beton, dan pengaruh serat ijuk terhadap permeabilitas dan durability beton dengan persentase lebih dari 2%.

## **B. Landasan Teori**

### **1. Bahan Penyusun Beton**

#### **a. Semen Portland**

Semen Portland ialah semen hidrolis yang terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silica, alumina, dan oksida besi. Semen Portland memiliki sifat-sifat yang dapat meningkatkan kekuatan. Sifat yang paling penting dari semen Portland adalah mampu mengeras melalui suatu reaksi kimia dengan air yang disebut hidrasi. Semen Portland dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk Kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Jenis dan penggunaan semen Portland:

- 1) Jenis I, yaitu semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
- 2) Jenis II, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- 3) Jenis III, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- 4) Jenis IV, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

**Tabel 2.1 Persyaratan Kimia Semen Portland**

No	Uraian	Jenis semen portland				
		I	II	III	IV	V
1	SiO <sub>2</sub> , minimum	-	20,0	-	-	-
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , maksimum	-	6,0	-	-	-
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , maksimum	-	6,0	-	6,5	-
4	MgO, maksimum	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
5	SO <sub>3</sub> , maksimum					
	Jika C <sub>3</sub> A ≤ 8,0	3,0	3,0	3,5	2,3	2,3
	Jika C <sub>3</sub> A > 8,0	3,5	-	4,5	-	-
6	Hilang pijar, maksimum	5,0	3,0	3,0	2,5	3,0
7	Bagian tak larut, maksimum	3,0	1,5	1,5	1,5	1,5
8	C <sub>3</sub> S, maksimum	-	-	-	35	-
9	C <sub>2</sub> S, minimum	-	-	-	40	-
10	C <sub>3</sub> A, maksimum	0	8,0	15	7	5
11	C <sub>4</sub> AF + 2 C <sub>3</sub> A atau C <sub>4</sub> AF + C <sub>2</sub> F, maksimum	-	-	-	-	25

(Sumber: SNI 15-2049-2004)

**Tabel 2.2 Persyaratan fisik semen Portland Tipe I**

No	Uraian	Nilai
1	Kehalusan	
	Uji permeabilitas udara <i>Turbidimeter</i>	160 (m <sup>2</sup> /kg)
2	<i>Blaine</i>	280 (m <sup>2</sup> /kg)
	Kekekalan	
3	Pemuaian dengan <i>autoclave</i> , maksimal	0,8 %
	Kuat tekan	
4	Umur 1 hari	-
	Umur 3 hari	125 kg/cm <sup>2</sup>
	Umur 7 hari	200 kg/cm <sup>2</sup>
	Umur 28 hari	280kg/cm <sup>2</sup>
5	Waktu pengikatan (metode alternatif) dengan alat: <i>Gilmore</i>	
	Awal	60 menit
6	Akhir	600 menit
	<i>Vicat</i>	
7	Awal	45 menit
	Akhir	375 menit
8	Pengikatan semu penetrasi akhir	50 %
9	Kandungan udara mortal (volume)	12 %

(Sumber: SNI 15-2049-2004)

## b. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Pengaruh kekuatan agregat terhadap beton begitu besar, karena umumnya kekuatan agregat lebih besar dari kekuatan pasta semennya. Kira-kira 70 % volume mortar atau beton diisi oleh agregat. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton (Tjokrodinuljo,1996). Terdapat 2 jenis agregat yang dibutuhkan yaitu:

### 1) Agregat Halus (Pasir)

Pasir dalam campuran mortar sangat menentukan kemudahan workability, kekuatan, dan tingkat keawetan dari mortar yang dihasilkan. Pasir biasanya didapatkan dari alam dengan cara memompa dari sungai atau melalui endapan. Pada beberapa daerah, pasir didapat melalui tambang pasir atau pecahan batu.

Pasir sebagai agregat halus harus memenuhi gradasi dan persyaratan yang telah ditentukan. Syarat-syarat agregat halus sesuai (standar PBI/NI-2 Pasal 33) adalah sebagai berikut:

- a) Agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras.
- b) Agregat halus tidak boleh memiliki kadar lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering).

- c) Agregat halus tidak boleh mengandung zat organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dan Abrams-Harder (dengan larutan NaOH).
- d) Agregat halus terdiri dari butir-butir yang beranekaragam dan melewati ayakan sebesar 4,75 mm.
- e) Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk lembaga pemeriksaan bahan yang diakui.

## 2) Agregat Kasar (Batu Pecah)

Agregat Kasar adalah agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar (antara 5 mm sampai 40 mm). Sifat dari agregat kasar yang mempengaruhi kekuatan akhir beton dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek merusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan semen.

Sifat-sifat bahan bangunan perlu untuk diketahui, karena dengan mengetahui sifat dan karakteristik dari bahan tersebut, dapat ditentukan langkah-langkah yang diambil dalam menangani bahan bangunan tersebut. Sifat-sifat dari agregat kasar yang perlu untuk diketahui antara lain ketahanan (hardness), bentuk dan tekstur permukaan (shape and texture surface), berat jenis agregat (specific gravity), ikatan agregat kasar (bonding), modulus halus butir (fineness modulus), dan gradasi agregat

(grading). Batasan susunan butiran agregat kasar dapat dilihat pada tabel 2.3.

**Tabel 2.3 Persyaratan gradasi agregat kasar**

Ukuran saringan (mm)	Persentase lolos saringan	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	22-55
4,8	0-5	0-10

(Sumber: Tjokrodinuljo, 1996)

c. Air

Air dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan beton jika air tersebut tidak mengandung minyak, asam, alkali, garam, bahan organik, dan bahan-bahan lain yang dapat merusak beton maupun tulangnya. Selain itu, air tersebut juga harus air yang bersih, tidak berbau, dan tidak keruh.

## 2. Beton Serat

Beton serat (*fibre concrete*) merupakan bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat, serat yang digunakan pada umumnya berupa batang-batang dengan diameter 5-500  $\mu\text{m}$  (mikro meter) dan panjang sekitar 25 mm sampai 100 mm. Bahan serat dapat berupa: serat asbestos, serat tumbuh-tumbuhan (rami, bambu, ijuk), serat plastik (*polypropylene*), atau potongan kawat baja (Tjokrodinuljo, 2010).

Beton serat menurut (ACI 544.1R-96) juga didefinisikan sebagai beton yang dibuat dari semen hidrolik, agregat, dan bahan lain yang memperkuat berupa serat-serat. Serat yang cocok untuk memperkuat beton telah diproduksi dari baja, kaca, dan polimer organik (serat-serat sintetis). Salah satu sifat penting dari beton adalah daktilitas. Daktilitas beton yang rendah dicerminkan oleh

kurva tegangan regangannya yang memiliki penurunan kekuatan tekan yang cepat pada daerah beban pasca puncak, sehingga menyebabkan secara relatif keruntuhan terjadi tiba-tiba. Penambahan serat yang mempunyai modulus elastisitas yang lebih rendah dari modulus elastisitas matrik beton diharapkan dapat membuat beton lebih daktail. Dengan sifat daktail tersebut, serat yang dicampurkan kedalam beton diharapkan dapat digunakan untuk memperbaiki karakteristik beton (Darul, Syahroni, Edison, B. 2014).

### 3. *Fiber Optic*

Bahan serat optik (*fiber optic*) dibuat dari bahan *silica* yang murni baik sebagai “*Core*” maupun “*Cladding*”. Untuk membedakan antara indeks bias *core* dan *cladding*, bahan *silica* murni tersebut diberi campuran yang kadarnya berbeda untuk *core* dan *cladding*. Bentuk penampang kabel serat optik (*fiber optic*) yang berbentuk lingkaran diameternya adalah  $125\mu\text{ m}$  (10-6 meter) atau sekitar 1/8 mm (Wahyudi, 2011).

Kelebihan fiber optik jika digunakan dalam pembuatan beton adalah sebagai berikut : a) Aman, tidak ada listrik, panas, atau sinar ultraviolet di kabel serat optik. Ideal untuk digunakan di dalam dan sekitar air, artefak berharga, lukisan, permukaan yang mudah terbakar, dll. b) Serba guna, dapat digunakan dalam berbagai aplikasi. c) Ramah pemakaian, kabel ini tahan lama, tidak berkarat, dan dilindungi UV plastik, sehingga tidak ada yang pecah atau terbakar, hampir bebas perawatan (Shanmugavadivu, dkk, 2014).

#### 4. Mix Design

Metode perhitungan yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan SNI 03-2834-2000. Kuat tekan beton yang direncanakan sebesar 20 MPa. Langkah-langkah yang dilakukan dalam menggunakan metode ini adalah sebagai berikut:

- a. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan ( $f_c'$ ).

Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat.

- b. Menetapkan nilai deviasi standart (sd)

Standar deviasi ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton. Semakin baik mutu pelaksanaan semakin kecil nilai deviasi standar. Untuk memberikan gambaran cara menilai tingkat pengendalian mutu pekerjaan, diberikan pedoman dengan melihat tabel berikut ini:

**Tabel 2.4 Nilai Sd untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan**

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (MPa)
Memuaskan	2.8
sangat Baik	3.5
Baik	4.2
Cukup	5.6
Jelek	7
Tanpa Kendali	8.4

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

c. Menghitung nilai tambah (margin)

$$M = k \cdot Sd$$

Dengan:  $M$  = nilai tambah (Mpa)

$$K = 1,64$$

$Sd$  = deviasi standar rencana (Mpa)

d. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

Kuat tekan beton rata-rata yang direncanakan diperoleh dengan rumus:

$$f'_{cr} = f'_c + M$$

Dimana :  $f'_{cr}$  = kuat tekan rata-rata (Mpa)

$f'_c$  = kuat tekan yang disyaratkan (Mpa)

$M$  = nilai tambah (Mpa)

e. Menetapkan jenis semen

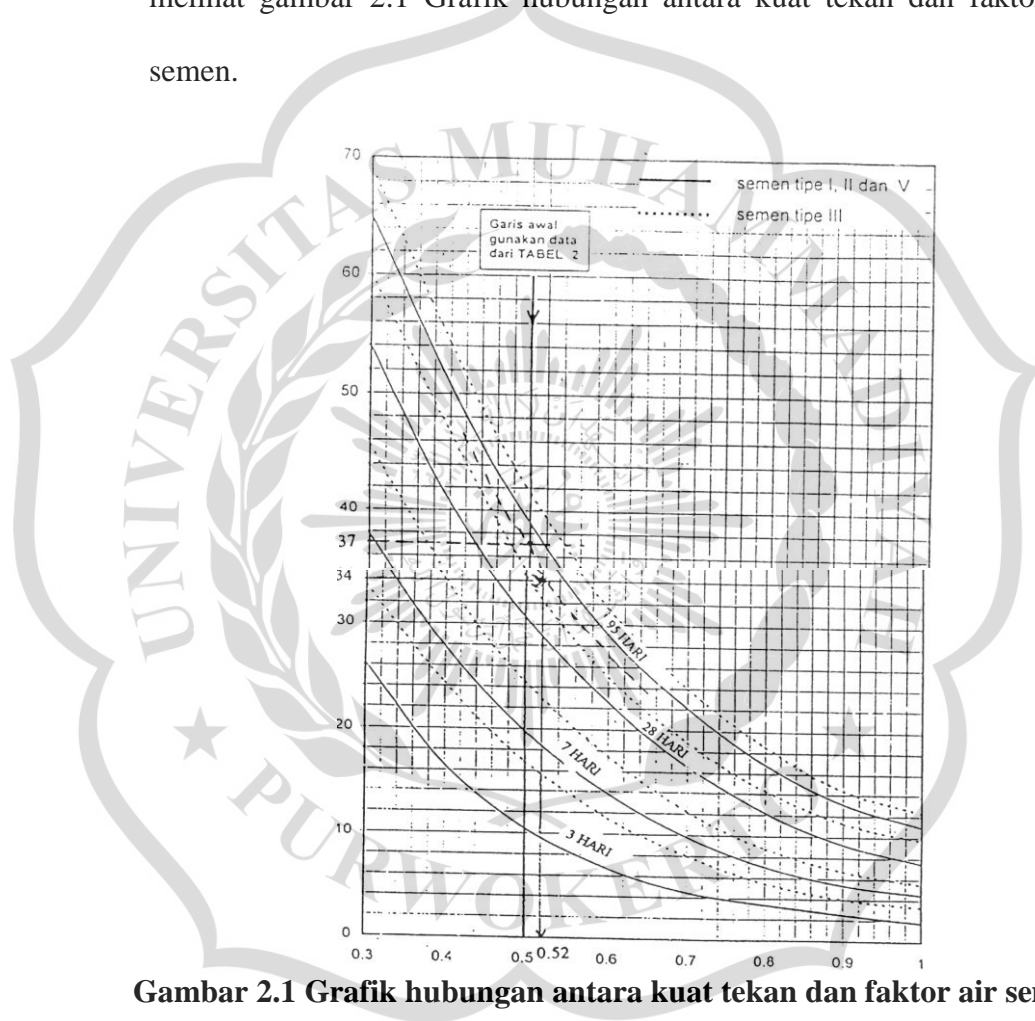
Menurut PUBLI 1982 di Indonesia Semen Portland dibedakan menjadi 5 jenis, yaitu jenis I, II, III, IV, dan V. Jenis I merupakan jenis semen biasa, sedangkan jenis III merupakan jenis semen yang dipakai untuk struktur yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi, atau dengan kata lain sering disebut semen cepat mengeras. Pada langkah ini ditetapkan apakah dipakai semen biasa ataukah semen yang cepat mengeras.

f. Menetapkan jenis agregat

Jenis kerikil dan pasir ditetapkan, apakah berupa agregat alami (tak dipecahkan) ataukah agregat jenis batu pecah (*crushed aggregate*).

g. Menetapkan faktor air semen

Penetapan faktor air semen pada penelitian ini berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan faktor air semen dengan melihat gambar 2.1 Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen.



Gambar 2.1 Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

h. Menetapkan faktor air semen maksimum

Agar beton yang diperoleh tidak cepat rusak, maka perlu ditetapkan nilai f.a.s maksimum. Jika nilai f.a.s maksimum ini lebih rendah

dari nilai f.a.s pada langkah 7, maka nilai f.a.s maksimum ini yang dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

**Tabel 2.5 Perkiraan kekuatan (MPa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia**

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)				Bentuk Uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen portland tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat tipe II, IV	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen portland tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

**Tabel 2.6 Persyaratan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus**

Lokasi	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:	
a. keadaan keliling non-korosif	0.6
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	0.52
Beton di luar ruangan bangunan:	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.6
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.6
Beton masuk ke dalam tanah:	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0.55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	lihat tabel 2.4
Beton yang kontinu berhubungan:	



				Portland Pozolan Tip ell atau Tipe V	290	330	380	0.5
4	1,0-2,0	3,1-5,6	2,5-5,0	Tip ell atau Tipe V	330	370	420	0.45
5	Lebih dari 2,0	Lebih dari 5,6	Lebih dari 5,0	Tip ell atau Tipe V Lapisan pelindung	330	370	420	0.45

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

**Tabel 2.8 Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat**

Jenis beton	Kondisi lingkungan yang berhubungan dengan	faktor air semen maksimum	Tipe semen	Kandungan semen minimum (Kg/m <sup>3</sup> )	
				Ukuran nominal maksimum agregat	
				40 mm	20 mm
bertulang atau Pra tegang	Air tawar	0.5	Tipe-V	280	300
	Air payau	0.45	Tipe 1 + Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozalen		
		0.5	Tip ell atau Tipe V	340	380
	Air laut	0.45	Tipe II atau Tipe V		

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

i. Menetapkan nilai slump

Penetapan nilai slump dilakukan dengan memperhatikan pelaksanaan pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan maupun jenis strukturnya.

j. Menetapkan besar butir agregat maksimum

Penetapan besar butir agregat maksimum dilakukan berdasarkan nilai terkecil dari ketentuan-ketentuan berikut :

- 1) Seperlima jarak terkecil antara bidang samping dari cetakan.
- 2) Sepertiga dari tebal pelat.
- 3) Tiga perempat dari jarak bersih minimum antar batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

k. Menetapkan jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan slump yang diinginkan.

**Tabel 2.9 Perkiraan Kebutuhan Air Per Meter Kubik Beton**

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	-	-	-	-
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Catatan: Untuk suhu di atas 25 °C harus ditambah air 5 liter per m<sup>3</sup> adukan beton (Sumber: SNI 03-2834-2000)

1. Menghitung Berat Semen yang Diperlukan

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan membagi jumlah air (dari langkah 11) dengan faktor air semen yang diperoleh pada langkah 7 dan 8.

m. Menetapkan Kebutuhan Semen Minimum

**Tabel 2.10 Kebutuhan semen minimum per m<sup>3</sup> beton**

Lokasi	Jumlah semen minimum Per m <sup>3</sup> beton (kg)
Beton di dalam ruang bangunan:	
a. keadaan keliling non-korosif	275
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325
Beton di luar ruangan bangunan:	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275
Beton masuk ke dalam tanah:	
d. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325
e. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	
Beton yang kontinu berhubungan:	
a. air tawar	
b. air laut	

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

Kebutuhan semen minimum ini ditetapkan untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus, misalnya lingkungan korosif, air payau, dan air laut.

n. Menyesuaikan kebutuhan semen

Apabila kebutuhan semen yang diperoleh dari langkah 12 ternyata lebih sedikit dari pada kebutuhan semen minimum pada langkah 13, maka kebutuhan semen yang harus dipakai adalah yang minimum (yang nilainya lebih besar).

o. Menyesuaikan Jumlah Air atau Faktor Air Semen

Jika jumlah semen ada perubahan akibat langkah 14, maka nilai faktor air semen berubah. Dalam hal ini, dapat dilakukan dua cara berikut:

- 1) cara pertama, faktor air semen dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum.
- 2) Cara kedua, jumlah air disesuaikan dengan mengalikan jumlah semen minimum dengan faktor air semen.

Catatan: cara pertama akan menurunkan faktor air semen, sedangkan cara kedua akan menaikkan jumlah air yang diperlukan.

p. Menentukan Daerah Gradasi Agregat Halus

Berdasarkan gradasinya (hasil analisis ayakan) agregat halus yang akan dipakai dapat diklasifikasikan menjadi 4 daerah. Penentuan daerah gradasi itu didasarkan atas grafik gradasi yang diberikan dalam tabel 2.8.

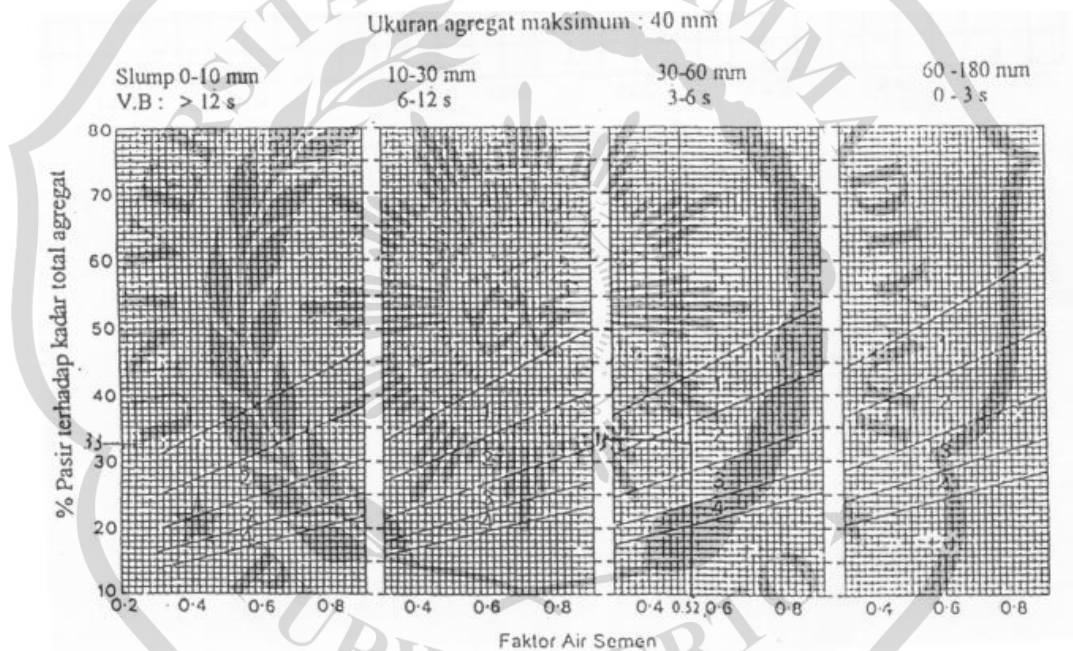
**Tabel 2.11 Batas Gradasi Pasir**

Lubang ayakan (mm)	Persen berat yang lewat ayakan			
	1	2	3	4
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	34 – 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

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

q. Menentukan Perbandingan Agregat Halus dan Agregat Kasar

Nilai banding antara agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi aregat campuran yang baik. Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dan berat agregat campuran. Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slam, faktor air semen, dan daerah gradasi agregat halus. (Sumber: SNI 03-2834-2000)



**Gambar 2.2** Grafik persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 40 mm

r. Berat jenis agregat campuran

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus :

$$B_j \text{ camp} = \frac{P}{100} \times b_j \text{ agg. hls} + \frac{K}{100} \times b_j \text{ agg. ksr}$$

Dengan :  $B_j \text{ camp}$  = berat jenis agregat campuran

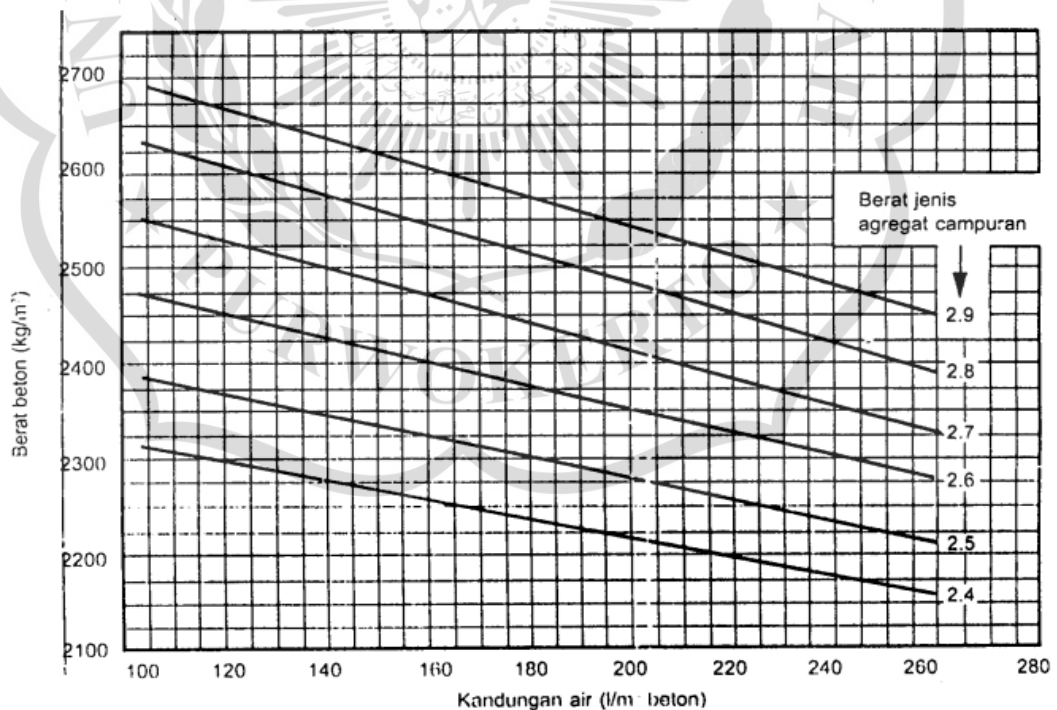
$B_j \text{ agg. Hls}$  = berat jenis agregat halus

$B_j \text{ agg. Ksr}$  = berat jenis agregat kasar

$P$  = persentase agregat halus terhadap agregat campuran

$K$  = persentase agregat kasar terhadap agregat campuran

Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium, namun jika tidak ada dapat diambil sebesar 2,60 untuk agregat tak pecah/alami dan 2,70 untuk agregat pecahan.



**Gambar 2.3** Grafik perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai didapatkan

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

s. Penentuan berat jenis beton

Dengan data berat jenis agregat campuran dari langkah (18) dan kebutuhan air tiap meter kubik betonnya maka dengan grafik pada Gb. 2.3 dapat diperkirakan berat jenis betonnya. Caranya sebagai berikut:

- 1) Dari berat jenis agregat campuran pada langkah 17 dibuat garis kurva berat jenis gabungan yang sesuai dengan garis kurva yang paling dekat dengan garis kurva pada gambar 2.3 kebutuhan air yang diperoleh pada langkah (11) dimasukkan dalam gambar 2.3 kemudian dari nilai ini ditarik garis vertikal ke atas sampai garis kurva yang dibuat pada nomor diatas.
  - 2) Dari titik potong ini kemudian ditarik garis horizontal kekiri sehingga diperoleh nilai berat jenis beton.
- t. Kebutuhan agregat campuran dihitung dengan cara mengurangi berat beton per-meter kubik dikurangi kebutuhan air dan semen.
- u. Hitung berat agregat halus yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (17) dan (20). Kebutuhan agregat halus dihitung dengan cara mengalikan kebutuhan agregat campuran dengan persentase berat agregat campuran dengan persentase berat agregat halusnya.
- v. Hitung berat agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (20) dan (21). Kebutuhan agregat kasar dihitung dengan cara mengurangi kebutuhan agregat campuran dengan kebutuhan agregat halus. Untuk mempermudah pelaksanaan, maka pada halaman berikut ini diberikan formulir isian.

## 5. Kuat Tekan Beton

Berdasarkan teori kekuatan tekan beton, dijelaskan bahwa kekuatan tekan beton sangat tergantung pada karakteristik komponen-komponen pembentuk beton. Telah diketahui bersama bahwa sifat beton pada umumnya lebih baik jika kuat tekannya lebih tinggi. Untuk meninjau mutu beton biasanya secara kasar hanya ditinjau dari kuat tekannya saja.

Untuk mengetahui kuat tekan benda uji ( $f_c$ ) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$f_c = \frac{P}{A}$$

Keterangan:  $f_c$  = kuat tekan beton (Mpa)

$P$  = beban maksimal (N)

$A$  = luas bidang tekan ( $\text{mm}^2$ )

Dari hasil kuat tekan masing-masing benda uji kemudian dihitung kuat tekan rata-rata ( $f_{cr}$ ) yaitu:

$$f_{cr} = \frac{\sum f_c}{n}$$

Keterangan:  $f_{cr}$  = kuat tekan rata-rata

$f_c$  = kuat tekan beton masing-masing benda uji

$n$  = jumlah sampel

**Tabel 2.12 Perbandingan Kekuatan Tekan Beton Pada Berbagai Benda Uji**

Benda Uji	Perbandingan kekuatan beton
Kubus 15 x 15 x 15 cm	1,0
Kubus 20 x 20 x 20 cm	0,95
Silinder 15 x 30 cm	0,83

(Sumber: PBI 1971)

Untuk keperluan perhitungan kekuatan dan pemeriksaan mutu beton, perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur terhadap beton yang berumur 28 hari, dapat diambil berdasarkan tabel berikut ini

**Tabel 2.13 Konversi Beton**

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	96	365
Semen <i>Portland</i> biasa	0,40	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen <i>Portland</i> dengan kekuatan awal tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

(Sumber: PBI 1971)