

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Material Penyusun Beton

3.1.1 Semen

Semen Portland merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker (yang didapatkan dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur, silika, alumunium dan besi hingga tersinter) dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk tadi bila dicampur dengan air selang beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat hidrolis.

Tabel 3.1 Susunan Unsur-Unsur Semen Portland

Bahan Dasar	Rumus Kimia	% dalam PC
Kapur	CaO	60 – 65
Silika	SiO ₂	17 – 25
Alumina	AL ₂ O ₂	3 - 8
Besi oksida	Fe ₂ O ₂	0,5 – 6

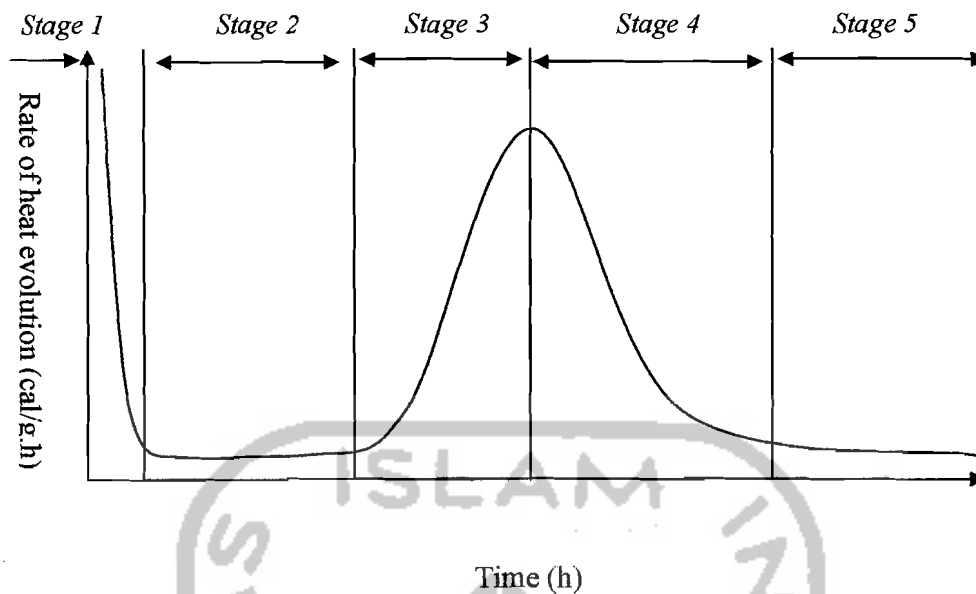
Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992

Unsur-unsur kimia yang terdapat dalam *Portland Cement* diatas jika bereaksi membentuk senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan. ada empat macam yang paling penting, yaitu :

- a. *Tricalcium Aluminate* (C_3A)
- b. *Tricalcium Silikat* (C_3S)
- c. *Dicalcium silikat* (C_2S)
- d. *Tetracalcium Aluminoferrite* (C_4AF)

Unsur yang paling dominan dalam memberikan sifat semen yaitu C_3S dan C_2S . Bila semen terkena air C_3S mulai berhidrasi dan menghasilkan panas dan berpengaruh besar terhadap pengerasan semen terutama sebelum mencapai umur 14 hari, sebaliknya C_2S bereaksi lebih lambat dan berpengaruh setelah umur 7 hari dan memberikan kekuatan akhir serta mengurangi besar susutan pengeringan.

Sewaktu bercampur dengan air perkembangan panas cepat dapat terjadi (*stage 1*), dan berhenti \pm 15 menit. Kemudian diikuti dengan periode tanpa aktifitas atau *dormant period* (*stage 2*), periode ini menjadi alasan kenapa semen tetap dalam keadaan plastis selama beberapa jam. Ikatan awal terjadi dalam 2- 4 jam yaitu kira-kira C_3S telah bereaksi kembali dengan menghimpun tenaga pada akhir *dormant period*. Silikat terus berhidrasi sangat cepat dan kecepatan maksimum terjadi pada akhir periode percepatan (*stage 3*). Dalam waktu 4- 8 jam ikatan akhir telah terjadi dan pengerasan telah dimulai kemudian kecepatan reaksi diperlambat (*stage 4*) sampai daerah keadaan stabil (*stage 5*) dalam waktu 12- 24 jam. Proses perubahan kecepatan panas selama hidrasi dari C_3S dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Perubahan Kecepatan Panas Selama Hidrasi dari C_3S (Mindes, 1981)

Penggunaan bahan tambah (penunda waktu ikat) dapat menurunkan kecepatan hidrasi awal dari C_3S dengan meningkatkan perpanjangan periode dormant pada tahap 2. Pada tahap 2 ini tidak terjadi ikatan sehingga waktu ikat yang diukur dengan alat vicat dapat tertunda (Mindess, 1981).

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen Portland dibagi dalam 5 jenis [PUBI – 1982] :

- Jenis I : Untuk konstruksi pada umumnya, dimana tidak diminta persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lainnya.
- Jenis II : Untuk konstruksi pada umumnya terutama sekali bila disyaratkan agak tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
- Jenis III : Untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan-kekuatan awal yang tinggi.

Jenis IV : Untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.

Jenis V : Untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

3.1.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat dalam beton kira-kira 70%, agregat mempengaruhi "*durability*" atau ketahanan terhadap beton (Kardiyono, 1992).

Agregat dibedakan dalam dua jenis yaitu agregat halus dan agregat kasar yang dibuat secara alami maupun buatan.

Agregat yang akan digunakan sebagai bahan campuran beton terlebih dahulu harus diketahui antara lain :

3.1.2.1 Gradasi Agregat.

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang seragam maka volume pori akan besar, sebaliknya bila butirnya bervariasi maka volume pori akan kecil. Gradasi dipakai nilai prosentase dari berat butiran yang tertinggal atau lewat didalam suatu susunan ayakan. Susunan ayakan yang digunakan dengan lubang 76 mm, 38 mm, 19 mm, 9,60 mm, 4,80 mm, 2,40 mm, 1,20 mm, 0,60 mm, 0,30 mm, 0,15 mm (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1992).

3.1.2.2 Berat Jenis Agregat

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil proses alami dari batuan atau batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dengan ukuran 5–40 mm (SK SNI T-15-1991-03). Berdasarkan berat jenisnya agregat kasar dibedakan menjadi 3 golongan (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1992), yaitu :

a. Agregat normal.

Adalah agregat yang berat jenisnya antara $2,5 - 2,7 \text{ gr/cm}^3$. Agregat ini biasanya berasal dari agregat basalt, granit, kuarsa, dan sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis sekitar $2,3 \text{ gr/cm}^3$.

b. Agregat berat

Adalah agregat yang mempunyai berat jenis lebih dari $2,8 \text{ gr/cm}^3$, misalnya *magnetic* (FeO_4), *barit* (BaSO_4) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis tinggi sampai 5 gr/cm^3 . Penggunaannya dipakai sebagai pelindung dari radiasi.

c. Agregat ringan.

Adalah agregat yang mempunyai berat jenis kurang dari $2,0 \text{ gr/cm}^3$ yang biasanya dibuat untuk beton non struktural atau dinding beton. Kebaikannya adalah berat sendiri yang rendah sehingga strukturnya ringan dan pondasinya lebih ringan.

3.1.3 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting namun harganya paling murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 30 persen dari berat semen, namun pada kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan.

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

- a) Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram /liter
- b) Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter
- c) Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter
- d) tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter

(Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, 1992).

3.1.4 Bahan Tambah

Disamping semen, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan – bahan lain, dapat pula ditambahkan bahan campuran (*admixture*) pada campuran beton segera atau ketika sedang mencampur, sehingga dapat dipakai untuk mengubah sifat dari beton agar dapat berfungsi lebih baik atau lebih ekonomis. Sifat-sifat yang dapat diubah itu antara lain kecepatan hidrasi (waktu ikatan), kemudahan pengerjaan, dan sifat kedap air.

Menurut PUBI 1982 bahan kimia dibedakan menjadi 5 jenis :

1. Bahan kimia tambahan untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Dengan pemakaian bahan ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai slump yang sama.
2. Bahan kimia tambahan untuk memperlambat proses ikatan dan pengerasan beton.
3. Bahan kimia tambahan untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.
4. Bahan kimia tambahan berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan dan pengerasan beton.
5. Bahan kimia tambahan berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

Penelitian ini menggunakan bahan tambah jenis *Superplastisator* yang berfungsi mengurangi air sampai sebesar 12% atau lebih dan memperlambat ikatan beton.

Superplastisator adalah bahan tambah kimia (*chemical admixture*) yang mempunyai pengaruh dalam memperlambat pengerasan beton dan mengurangi kadar air tanpa terjadinya segregasi. Bahan ini dapat digunakan untuk memperlambat pengerasan beton terutama pada iklim tropis dimana beton cepat kaku setelah dicampur apalagi jika jarak pengangkutan relatif jauh dari lokasi proyek (L.J Murdock dan K.M Brook, 1991).

Menurut SK SNI S-18-1990-03 persyaratan fisis bahan tambahan untuk beton dapat dilihat pada Tabel 3.2.

1. Bahan tambah tipe A adalah suatu bahan tambah yang digunakan untuk mengurangi jumlah air dalam campuran untuk menghasilkan beton dengan konsistensi yang ditetapkan.
2. Bahan tambah tipe B adalah suatu bahan tambah yang digunakan untuk memperlambat waktu ikatan beton.
3. Bahan tambah tipe C adalah suatu bahan tambah yang digunakan untuk mempercepat waktu ikatan dan menambah kekuatan awal beton.
4. Bahan tambah tipe D adalah suatu bahan tambah yang digunakan untuk mengurangi jumlah air dalam campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu ikatan beton.
5. Bahan tambah tipe E adalah suatu bahan tambah yang digunakan untuk mengurangi jumlah air dalam campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan dan juga untuk mempercepat waktu ikatan dan menambah kekuatan awal beton.
6. Bahan tambah tipe F adalah suatu bahan tambah yang digunakan untuk mengurangi jumlah air dalam campuran sebesar 12% atau lebih, untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan.
7. Bahan tambah tipe G adalah suatu bahan tambah yang digunakan untuk mengurangi jumlah air dalam campuran sebesar 12% atau lebih, untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton.

Tabel 3.2 Persyaratan Fisis Bahan Tambah Untuk Beton

NO	MACAM PENGUJIAN	TIPE			
		A	B	D	G
1.	Kadar air, maks terhadap pembanding	95		95	88
2.	Waktu pengikatan penyimpangan yang diperbolehkan terhadap pembanding, menit.				
	a. Waktu pengikatan awal				
	- minimum	-	60 menit lebih lambat	60 menit lebih cepat	60 menit lebih lambat
	- maksimum	60 menit lebih cepat dan juga 90 menit lebih lambat	210 menit lebih lambat	210 menit lebih lambat	210 menit lebih lambat
	b. Waktu pengikatan akhir				
	- minimum	-	-	60 menit lebih cepat	-
	- maksimum	60 menit lebih cepat dan juga 90 menit lebih lambat	210 lebih lambat		210 menit lebih lambat

Sumber : SK SNI S-18-1990-03

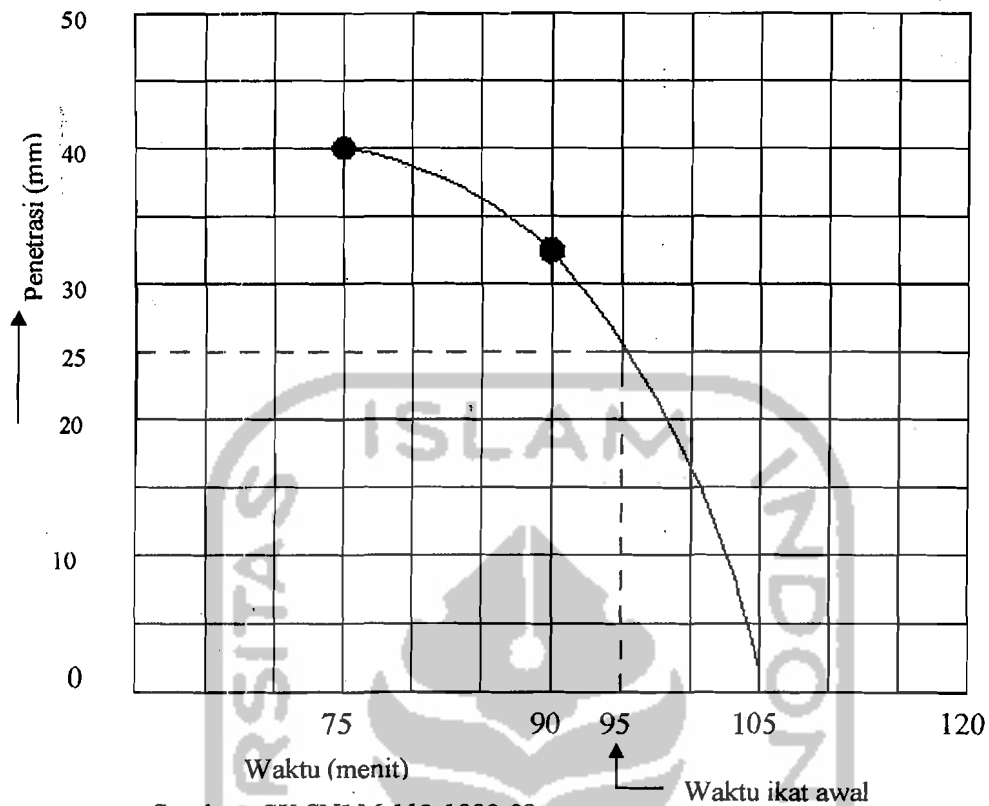
3.2 *Setting Time* (Waktu Ikatan)

Waktu ikatan yaitu waktu ketika semen dicampur dengan air membentuk bubur yang secara bertahap menjadi kurang plastis dan akhirnya menjadi keras dan cukup kaku untuk menahan suatu tekanan (Kardiyono,1996). Waktu ikat awal ditentukan dari grafik penetrasi waktu, yaitu waktu dimana penetrasi jarum vicat mencapai nilai 25 mm atau waktu dari pencampuran air dengan semen sampai saat kehilangan sifat keplastisannya. Waktu ikat akhir adalah waktu sampai mencapai pasta semen menjadi massa yang keras atau waktu dimana jarum vikat sudah tidak mampu lagi menembus pasta semen.

Grafik waktu penetrasi dapat dilihat pada Gambar 3.1

Manfaat yang dapat diperoleh dengan diketahuinya waktu ikatan yaitu sebagai berikut :

1. Dapat digunakan untuk merencanakan waktu pengadukan beton.
2. Dapat membantu merencanakan jadwal penyelesaian pekerjaan yang berhubungan dengan beton.



Gambar 3.2 Grafik Waktu Penetrasi

3.3 Kuat tekan beton

Sifat beton yang baik yaitu jika kuat desaknya lebih tinggi, untuk meninjau mutu beton secara umum hanya ditinjau pada kuat desaknya saja. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah :

1. Faktor Air Semen

Semakin rendah fas maka kuat tekan beton akan semakin besar sampai pada nilai faktor tertentu kemudian akan berubah menjadi semakin kecil.

2. Umur Beton.

Kuat desak beton bertambah sejalan dengan umur beton artinya semakin lama umur beton maka semakin besar kuat desaknya.

3. Jenis Semen

Jenis semen mempengaruhi kuat desak beton dalam hal laju kenaikan kekuatan selama proses perawatan.

4. Jumlah Semen dan Udara Terperangkap

Kuat desak beton menurun akibat adanya penurunan jumlah semen dan kuat desak tersebut akan menurun akibat banyaknya udara yang terperangkap.

5. Jenis Agregat

Kuat desak beton tidak lebih tinggi dari kekuatan agregat dalam hal ini adalah agregat kasar. Semakin baik kekuatan agregat maka kuat desak beton akan semakin baik pula (Tjokrodimulyo, 1995).

6. Perawatan

Perawatan pada beton sangat penting untuk mendapatkan kuat desak beton yang baik. Selama reaksi hidrasi semen berlangsung kelembaban beton harus dijaga.

kekuatan tekan beton yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tertentu, dihitung dengan rumus sebagai berikut : (SK SNI T-15-1990-03)

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana : f_c = Kuat tekan beton

P = Beban maksimum

A = luas penampang benda uji

Beton dari hasil pengujian perlu diperkirakan variasi kuat tekan beton dari keseluruhan sampel beban yang telah diuji. Standar deviasi untuk keseluruhan sampel benda uji dihitung dengan rumus :

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum(f'_c - f'_{cr})^2}{(n-1)}} \quad (3.2)$$

Dengan: S_d = Deviasi standar, MPa

f'_c = kuat tekan, MPa

f'_{cr} = Kuat tekan beton rata-rata, MPa

n = Jumlah benda uji

Sedangkan untuk menghitung kuat tekan beton yang disyaratkan dipakai rumus :

$$f'_{cr} = f'_c + m \quad (3.3)$$

$$m = k \cdot s_d \quad (3.4)$$

Dengan m = nilai tambah, MPa

k = 1,64

s_d = Deviasi standar, MPa

Tabel 3.5 Hubungan Faktor Air Semen Dengan Kuat Desak

Faktor Air Semen (fas)	Perkiraan Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,4
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 3.6 FAS Berdasarkan Pengaruh Dan Kondisi Beton

Kondisi Beton	Nilai FAS
1) Beton di dalam ruang bangunan :	
a. Keadaan keliling non-korosif	0,60
b. Keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	0,52
2) Beton di luar ruang bangunan :	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
3) Beton yang masuk ke dalam 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 didasarkan atas ukuran maksimum agregat dan penggunaan jenis strukturnya (Tabel 3.7).

Tabel 3.7 Nilai Slump Berdasarkan Penggunaan Jenis Elemen

Pemakaian Beton	Maks (cm)	Min (cm)
1. Dinding, pelat pondasi, dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
2. Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur dibawah tanah	9,0	2,5
3. Pelat, balok, kolom, dan dinding	15,0	7,5
4. Perkerasan jalan	7,5	5,0
5. Pembetonan missal	7,5	2,5

4. Menentukan jumlah air yang dibutuhkan

Kebutuhan air dalam setiap 1m^3 campuran adukan beton dapat ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump (Tabel 3.8).

Tabel 3.8 Perkiraan Kebutuhan Air Berdasarkan Ukuran Maksimum Agregat

Slump	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 berdasarkan hasil langkah kedua (didapat nilai FAS) dan langkah keempat (didapat jumlah air)

$$FAS = (W_{air} / W_{semen})$$

$$W_{semen} = (W_{air} / FAS)$$

6. Menetapkan volume agregat kasar

Volume agregat kasar dihitung berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai modulus halus butir pasir.

Tabel 3.9 Perkiraan Kebutuhan Agregat Kasar Per m³ Beton Berdasarkan Ukuran Maks Agregat Dan MHB Pasir (m³)

Ukuran maks agregat (mm)	Modulus Halus Butir Pasir			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,46	0,44	0,42	0,40
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 agregat halus yang diperlukan

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

8. Penambahan zat aditif Sikament 520 sebanyak 0,5% sampai 2% dari berat semen dengan mengurangi air sebesar 20% dari kebutuhan air.