

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Pengertian Beton

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI-03-4431-2011). Menurut Pedoman Beton 1989, Draft Konsesus (SKBI.1.4.53, 1989: 4-5) beton didefinisikan sebagai campuran semen portland atau sembarang semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan.

Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f^c) pada usia 28 hari. Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (Portland Cement), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (admixture atau additive). Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, dan untuk agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%. Disamping kualitas bahan penyusunnya, kualitas pelaksanaan pun menjadi penting dalam pembuatan beton. Kualitas pekerjaan suatu konstruksi sangat dipengaruhi oleh pelaksanaan pekerjaan beton langsung, seperti disebutkan oleh N. Jackson : “ *The quality of the concrete in the structure depends on the workmanship on site*” (Jackson, 1977 : 146). Ada empat bagian utama yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton, yaitu : (1). Proporsi bahan-bahan

penyusunnya, (2). Metode perancangan, Perawatan dan (4). Keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan. (Teknologi Beton, Ir. Tri Mulyono, M.T, 2004.

B. Klasifikasi Beton

Sifat dan karakteristik material penyusun beton akan mempengaruhi kinerja beton yang dibuat, Beton ini harus disesuaikan dengan kelas dan mutu beton (Mulyono, 2003). Menurut PBI-71 Beton dibagi dalam kelas dan mutu sebagai berikut :

Tabel 2.1. Kelas dan Mutu Beton

Kelas Beton	Mutu Beton	Kekuatan Tekan (Kg/cm ²)	Tujuan Pemakaian Beton
I	Bo	50 – 80	Non-Struktural
II	B1	100	Rumah Tinggal
	K125	125	Perumahan
	K175	175	Perumahan
	K225	225	Perumahan dan Bendungan
III	K > 225	> 225	Jembatan, Bangunan Tinggi, Terowongan Kereta Api

(Sumber : SNI 03-8793-2000)

C. Materi Penyusun Beton

Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya (Navy, 1985 : 8). Sehingga untuk memahami dan mempelajari perilaku beton, diperlukan pengetahuan tentang karakteristik

masing-masing komponen pembentuknya. Bahan pembentuk beton terdiri dari campuran agregat halus dan agregat kasar dengan air dan semen sebagai pengikatnya.

1. Semen

Semen berfungsi sebagai perekat butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang padat dan mengisi rongga-rongga di antara butir-butir agregat. Semen yang dimaksud di dalam konstruksi beton adalah bahan yang akan mengeras jika bereaksi dengan air dan lazim dikenal dengan nama semen hidrolik (hidraulic cement). Salah satu jenis semen hidrolik yang biasa dipakai dalam pembuatan beton adalah semen portland (portland cement). (Gambir, M., L., (1986). "*Concrete Technology*")

Menurut ASTM C-150,1985, Semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Bahan baku semen yaitu kapur (CaO), Silika (SiO₂), dan alumina (Al₂O₃). Semen Portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SNI.0013-81 atau Standar Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standar tersebut (PB. 1989 : 3 . 2 - 8). Jenis-jenis semen portland yang sering digunakan dalam konstruksi serta penggunaannya :

1. Semen Portland type I

Fungsi semen portland tipe I digunakan untuk keperluan konstruksi umum yang tidak memakai persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal. Cocok dipakai pada tanah dan air yang mengandung sulfat 0, 0% – 0, 10 % dan dapat digunakan untuk bangunan rumah pemukiman, gedung-gedung bertingkat, perkerasan jalan, struktur rel, dan lain-lain.

2. Semen Portland type II

Fungsi semen portland type II digunakan untuk konstruksi bangunan dari beton massa yang memerlukan ketahanan sulfat (Pada lokasi tanah dan air yang mengandung sulfat antara 0, 10 – 0, 20 %) dan panas hidrasi sedang, misalnya bangunan dipinggir laut, bangunan dibekas tanah rawa, saluran irigasi, beton massa untuk dam-dam dan landasan jembatan.

3. Semen Portland type III

Fungsi semen portland type III digunakan untuk konstruksi bangunan yang memerlukan kekuatan tekan awal tinggi pada fase permulaan setelah pengikatan terjadi, misalnya untuk pembuatan jalan beton, bangunan-bangunan tingkat tinggi, bangunan-bangunan dalam air yang tidak memerlukan ketahanan terhadap serangan sulfat.

4. Semen Portland type IV

Fungsi Semen Portland type IV digunakan untuk keperluan konstruksi yang memerlukan jumlah dan kenaikan panas harus diminimalkan. Oleh karena itu semen jenis ini akan memperoleh tingkat kuat beton dengan lebih lambat ketimbang Portland tipe I. Tipe semen seperti ini digunakan untuk

struktur beton masif seperti dam gravitasi besar yang mana kenaikan temperatur akibat panas yang dihasilkan selama proses curing merupakan faktor kritis.

5. Semen Portland type V

Fungsi semen portland type V dipakai untuk konstruksi bangunan-bangunan pada tanah/ air yang mengandung sulfat melebihi 0, 20 % dan sangat cocok untuk instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan, dan pembangkit tenaga nuklir.

Komposisi kimia dari kelima jenis semen tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.2. (Nawy,1985:11).

Tabel 2.2. Komposisi Kimia Semen

	Komposisi dalam persen (%)							Karakteristik Umum
	C3S	C2S	C3A	C4AF	CaSO ₄	CaO	MgO	
Tipe I, Normal	49	25	12	8	2.9	0.8	2.4	Semen untuk semua tujuan.
Tipe II, Modifikasi	46	29	6	12	2.8	0.6	3	Relatif sedikit pelepasan panas, digunakan untuk struktur besar.
Tipe III, Kekuatan Awal Tinggi	56	15	12	8	3.9	1.4	2.6	Mencapai kekuatan awal yang tinggi pada umur 3 hari.

(Sumber : Tri Mulyono 2004)

	Komposisi dalam persen (%)							Karakteristik Umum
	C3S	C2S	C3A	C4AF	CaSO4	CaO	MgO	
Tipe IV, Panas Hidrasi Rendah	30	46	5	13	2.9	0.3	2.7	Di pakai pada bendungan beton.
Tipe V, Tahan Sulfat	43	36	4	12	2.7	0.4	1.6	Dipakai pada saluran dan struktur yang diekspose terhadap sulfat.

(Sumber : Tri Mulyon 2004 : 39)

2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh, homogen, rapat, dan variasi dalam perilaku (Nawy, 1998). Berdasarkan ukuran besar butirnya, agregat yang dipakai dalam adukan beton dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

a) Agregat Halus

Agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pemecahan batu. Agregat halus ialah agregat yang semua butirnya menembus ayakan 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976).

Syarat Mutu Agregat Halus menurut SK SNI S – 04 – 1989 – F yaitu:

- 1) Butirannya tajam, kuat dan keras
- 2) Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- 3) Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :
 - a. Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12 %
 - b. Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%
- 4) Tidak boleh mengandung zat organik, karena akan mempengaruhi mutu beton. Bila direndam dalam larutan 3 % NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan perbandingan.
- 5) Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 1,5-3,8. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang

ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zone 1, 2, 3 atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :

a. Sisa di atas ayakan 4,8 mm, mak 2 % dari berat

b. Sisa di atas ayakan 1,2 mm, mak 10 % dari berat

c. Sisa di atas ayakan 0,30 mm, mak 15 % dari berat

6) Agregat halus tidak boleh mengandung Lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5 %. Apabila lebih dari 5 % maka pasir harus dicuc.

7) Tidak boleh mengandung garam.

b) Pasir Giling

Pasir giling atau Abu batu merupakan jenis batu split yang ukurannya paling kecil, yaitu yang memiliki diameter dibawah 4,75 mm yang banyak dihasilkan dalam industri pemecah batu dan jumlahnya tidak sedikit. Materi pembentuk Pasir giling yaitu silika dioksida. Pasir giling juga dapat digunakan untuk bahan bangunan bila dicampur Semen. Pasir giling tersebut mirip dengan pasir karena kandungan senyawa kimia SiO_2 di dalam Pasir giling, yang mana kandungan senyawa tersebut sama halnya dengan pasir.

c) Agregat Kasar

Agregat Kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976). Syarat Mutu Agregat Kasar menurut SK SNI S – 04 – 1989 – F yaitu:

- a Butirannya tajam, kuat dan keras
- b Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.
- c Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12 %. Jika dipakai Magnesium Sulfat , bagian yang hancur maksimum 10%.
- d Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 1 %. Apabila lebih dari 1 % maka kerikil harus dicuci.
- e Tidak boleh mengandung zat organik dan bahan alkali yang dapat merusak beton.

d) Agregat Kasar

Agregat Kasar ialah agregat yang semua butirnya tertinggal di atas ayakan 4.8 mm (SII.0052,1980) atau 4.75 mm (ASTM C33,1982) atau 5.0 mm (BS.812,1976). Syarat Mutu Agregat Kasar menurut SK SNI S – 04 – 1989 – F yaitu:

- a Butirannya tajam, kuat dan keras
- b Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca.

- c Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat. Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12 %.
Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.
- d Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 1 %.
Apabila lebih dari 1 % maka kerikil harus dicuci.
- e Tidak boleh mengandung zat organik dan bahan alkali yang dapat merusak beton.
- f Harus mempunyai variasi besar butir (gradasi) yang baik, sehingga rongganya sedikit. Mempunyai modulus kehalusan antara 6 – 7,10 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - a) Sisa di atas ayakan 38 mm, harus 0 % dari berat
 - b) Sisa di atas ayakan 4,8 mm, 90 % - 98 % dari berat
 - c) Selisih antara sisa-sisa komulatif di atas dua ayakan yang berurutan, mak 60 % dan min 10 % dari berat.
- g Tidak boleh mengandung garam.

Tabel 2.3. Batas Gradasi Agregat Kasar (British Standard)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir lewat Ayakan, Besar Butir Maks		
	40 mm	20 mm	12.5 mm
40	95-100	100	100
20	30-70	95-100	100
12.5	-	-	90-100
10	10-35	25-55	40-85
4.8	0-5	0-10	0-10

(Sumber : Tri Mulyono, 2004 : 94)

e) Air

Fungsi air di dalam adukan beton adalah untuk memicu proses kimiawi semen sebagai bahan perekat dan melumasi agregat mudah dikerjakan. Kualitas air yang digunakan untuk mencampur beton sangat berpengaruh terhadap kualitas beton itu sendiri. Air yang berlebihan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan mempengaruhi kekuatan beton. Jika beton menggunakan air yang tidak memenuhi syarat, kekuatan beton pada umur 7 hari atau 28 hari tidak boleh kurang dari 90% jika dibandingkan dengan kekuatan beton yang menggunakan air standar/suling (PB 1989:9). Pada umumnya air yang dapat diminum dapat digunakan sebagai air pengaduk pada beton. Adapun jenis-jenis air yang dapat digunakan untuk air pengaduk beton adalah :

- a. Air hujan, air hujan menyerap gas dan udara pada saat jatuh ke bumi. Biasanya air hujan mengandung unsur oksigen, nitrogen dan karbondioksida.
- b. Air Tanah, Biasanya mengandung unsur kation dan anion. Selain itu juga kadang-kadang terdapat unsur CO₂, H₂S dan NH₃.
- c. Air permukaan, terdiri dari air sungai, air danau, air genangan dan air reservoir. Air sungai atau danau dapat digunakan sebagai air pencampur beton asal tidak tercemar limbah industri. Sedangkan air rawa atau air genangan yang mengandung zat-zat alkali tidak dapat digunakan.

d. Air laut, Air laut mengandung 30.000 – 36.000 mg / liter garam (3 % - 3,6 %) dapat digunakan sebagai air pencampur beton tidak bertulang. Air laut yang mengandung garam di atas 3 % tidak boleh digunakan untuk campuran beton. Untuk beton pra tekan, air laut tidak diperbolehkan karena akan mempercepat korosi pada tulangnya. Air pada campuran beton akan berpengaruh terhadap :

1. Sifat workability adukan beton,
2. Besar Kecilnya nilai susut beton,
3. Kelangsungan reaksi dengan semen Portland, sehingga dihasilkan dan kekuatan selang beberapa waktu. Perawatan keras adukan beton guna menjamin pengerasan yang baik.

Penggunaan air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram / liter,
2. Tidak mengandung garam-garam yang merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 15 gram / liter,
3. Tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 5 gram / liter.

D. Mix Design

`Berdasarkan SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal, mix design beton normal dapat diringkas dalam langkah-langkah seperti dibawah ini.

1. Menentukan Kuat Letur Beton Karakteristik Yang Disyaratkan ($F'c$) Pada Umur Tertentu.

Tabel 2.4. Notasi Kuat Tekan Beton

	Bentuk Benda Uji	Ukuran	Umur
	Persegi	15cm x15cm x 60cm	28 hari

Sumber : SNI 4323-2011

2. Penetapan Jenis Semen *Portland*

Menurut SNI 15-2049-1994 di indonesia semen portland dibedakan menjadi lima jenis yaitu tipe I,II,III,IV,V. Jenis I merupakan jenis semen biasa, sedangkan jenis III merupakan semen yang dipakai untuk struktur yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi, atau dengan kata lain sering disebut cepat mengeras. Pada langkah ini ditetapkan apakah dipakai semen biasa atau semen yang cepat mengeras.

3. Penetapan Jenis Agregat

Jenis agregat kasar dan agregat halus ditetapkan, apakah berupa alami atau batu pecah.

4. Penetapan Faktor Air Semen (F.a.s)

Penetapan faktor air semen maksimum faktor air semen maksimum harus memenuhi SNI 03-1915-1992 tentang Spesifikasi Beton Tanah Sulfat dan SNI 03-2914-1994 tentang Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air.

Tabel 2.5. Pembetonan Dari Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	f.a.s

		max
1. Keadaan keliling non korosif.		0,6
2. Keadaan keliling non korosif oleh kondensasi.		0,52
3. Tidak terlindung dari hujan dan panas.		0,55
4. Terlindung dari hujan dan panas.		0,6
5. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti.		0,55

Sumber : SNI 03-2834-2000

5. Penetapan Nilai Slump

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

Tabel 2.6. Penetapan Nilai Slump

Pemakaian Beton	Maks	Min
Dinding, plat pondasi, dan telapak bertulang	12,5	5
Pondasi telapak tak bertulang, kaison, struktur bawah tanah	9	2,5
Plat, balok, dan dinding	15	7,5
Perkerasan jalan	7,5	5
Pembetonan masal	7,5	2,5

Sumber : (Tjokrodimulyo, 1995)

6. Penetapan Besarnya Butir Agregat Maksimum

Besar Butir Agregat Maksimum tidak boleh melebihi :

- a. Seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan.
- b. Sepertiga dari tebal pelat.
- c. Tiga perempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

7. Penetapan Jumlah Air Tiap 1 M3 Beton, Berdasarkan Ukuran Agregat, Jenis Agregat, Dan Nilai Slump Yang Diinginkan.

Tabel 2.7. Perkiraan Kebutuhan Air Bebas (Kg/M3)

Ukuran maks kerikil (mm)	Jenis Batuan	Slump			
		0-10	10-30	30-60	60-80
10	Alami	150	180	205	225
	Pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Pecah	170	190	210	255
40	Alami	115	140	160	175
	Pecah	155	175	190	205

Sumber : SNI 03-2834-2000

Dari tabel apabila agregat halus dan agregat kasar dari jenis yang berbeda maka jumlah air yang diperkirakan dengan rumus :

$$A = 0,67 Ah + 0,33 Ak \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

A = jumlah air yang dibutuhkan (liter/m3).

Ah = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halusnya(liter).

Ak = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya (liter).

8. Hitung Berat Semen Yang Diperlukan

Berat semen per m3 beton dihitung dengan membagi jumlah air (dari langkah 9) dengan f.a.s yang diperoleh pada (langkah 7).

9. Kebutuhan Semen Minimum

Tabel 2.8. Kebutuhan Semen Minimum

Jenis Pembetonan	Semen min
1. Keadaan keliling non korosif	275
2. Keadaan keliling non korosif oleh kondensasi	325
3. Tidak terlindung dari hujan dan panas	325
4. terlindung dari hujan dan panas	275
5. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325

Sumber : SNI 03-2834-2000

10. Penyesuaian Kebutuhan Semen

Apabila kebutuhan semen yang diperoleh dari no 10 ternyata lebih sedikit dari kebutuhan minimum no 11 maka kebutuhan semen harus dipakai yang minimum nilainya lebih besar.

11. Penyesuaian Jumlah Air Atau F.A.S

Jika semen ada perubahan akibat langkah 12 maka nilai f.a.s berubah.

Dalam hal ini dapat dilakukan dengan 2 cara :

- a. Pertama, faktor air semen dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum.
- b. 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.

A. Penentuan Daerah Gradasi Agregat Halus

Berdasarkan gradasinya (hasil analisis ayakan) agregat halus yang akan dipakai diklasifikasikan menjadi 4 daerah. Penentuan daerah gradasi tersebut didasarkan atas grafik gradasi yang ada dalam tabel berikut :

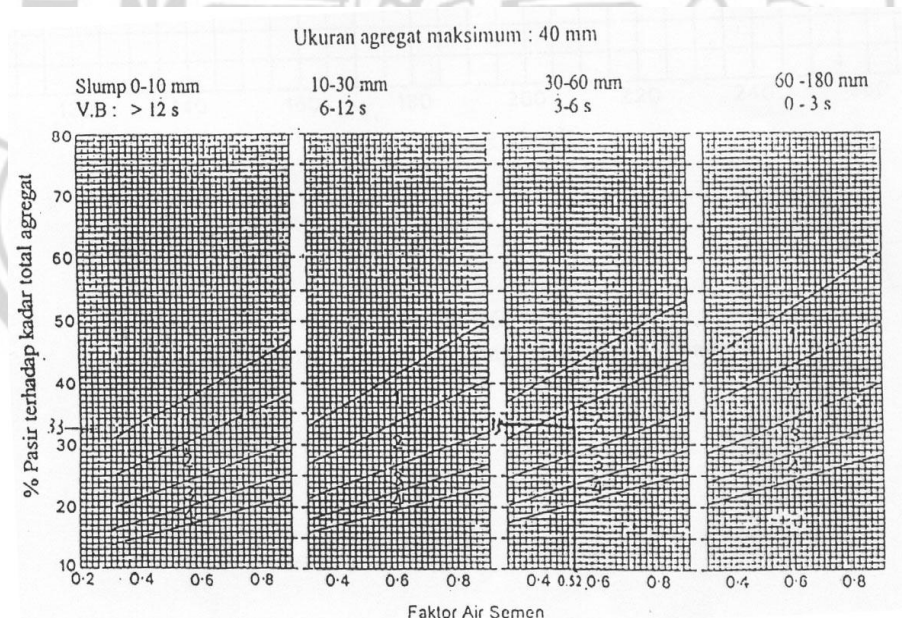
Tabel 2.9. Batas Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen butir yang lewat Ayakan			
	Gradasi No. 1	Gradasi No. 2	Gradasi No.3	Gradasi No. 4
9,50	100	100	100	100
4,75	90-100	90-100	90-100	95-100
2,36	60-95	75-100	85-100	95-100
1,18	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60	15-34	35-59	60-79	80-90
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : SNI 03-2834-2000

B. Perbandingan Agregat Halus Dan Agregat Kasar

Nilai banding antara berat agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik.



Gambar 2.1 Presentase Agregat Halus Terhadap Agregat Keseluruhan (SNI 03-2834-2000)

C. Berat Jenis Agregat Campuran

Berat jenis agregat campuran dapat dihitung dengan rumus

$$B_j \text{ campuran} = P100 \times b_j \text{ agregat halus} + K100 \times b_j \text{ agregat kasar}$$

Dengan :

B_j campuran = berat jenis agregat campuran kg/m^3 .

B_j agr halus = berat jenis agregat halus kg/m^3 .

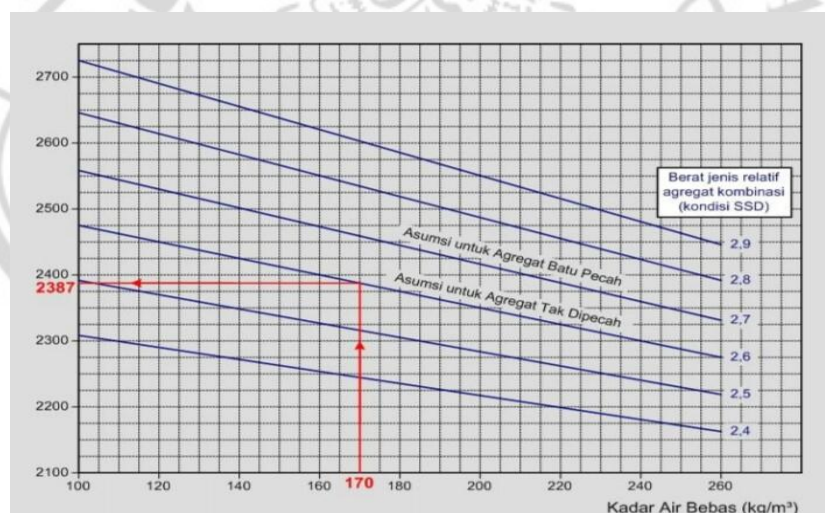
B_j agr kasar = berat jenis agregat kasar kg/m^3 .

P = persentase agregat halus terhadap agregat kasar (%).

K = persentase agregat kasar terhadap agregat halus (%).

D. Penentuan Berat Beton

Untuk menentukan berat beton dapat digunakan data berat jenis campuran dan kebutuhan air tiap m^3 , setelah itu kemudian data dimasukkan dalam grafik berikut :



Gambar 2.2 Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran Dan Berat Beton (SNI 03-2834-2000).

E. Menentukan Kebutuhan Pasir Dan Kerikil

Berat pasir + berat kerikil = berat beton – kebutuhan air – kebutuhan semen.

F. Menentukan Kebutuhan Pasir

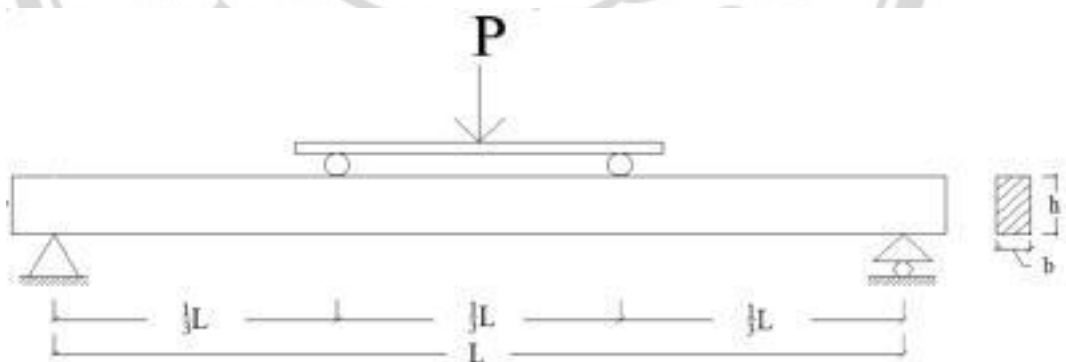
Kebutuhan pasir = kebutuhan pasir dan kerikil x % berat pasir.

G. Menentukan Kebutuhan Kerikil

Kebutuhan kerikil = kebutuhan pasir dan kerikil – kebutuhan pasir.

E. Kuat Lentur Balok Beton

Balok beton adalah bagian dari struktur yang berfungsi untuk menopang lantai di atasnya dan balok juga berfungsi sebagai penyalur momen menuju kolom-kolom. Balok dikenal berupa momen lentur dan juga geser. Kuat lentur balok beton adalah kemampuan balok beton yang diletakan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam MPa gaya tiap satuan luas. (SNI 03-4431-1997). Sketsa pengujian kuat lentur balok dapat ditunjukkan seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Pengujian Kuat Lentur Balok (SNI 4431-2011)

Rumus-rumus perhitungan yang digunakan dalam metode pengujian kuat lentur balok beton adalah sebagai berikut :

1. Pengujian dimana patahnya benda uji ada di daerah pusat (1/3 jarak titik perletakan) di bagian tarik dari beton, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan :

$$f_{lt} = \frac{P.L}{b.h^2} \dots\dots\dots(2.5)$$

2. Pengujian dimana patahnya benda uji ada di luar pusat (diluar daerah 1/3 jarak titik perletakan) di bagian tarik beton, dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari panjang titik perletakan, maka kuat lentur beton dihitung menurut persamaan :

$$f_{lt} = \frac{P.a}{b.h^2} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

f_{lt} : kuat lentur balok beton (MPa)

P : beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan balok uji (N)

l : panjang bentang di antara kedua blok tumpuan (mm)

b : lebar tampang lintang patah arah horizontal (mm)

h : lebar tampang lintang patah arah vertikal (mm)

a : jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan

luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sisi titik dari

bentang (mm)

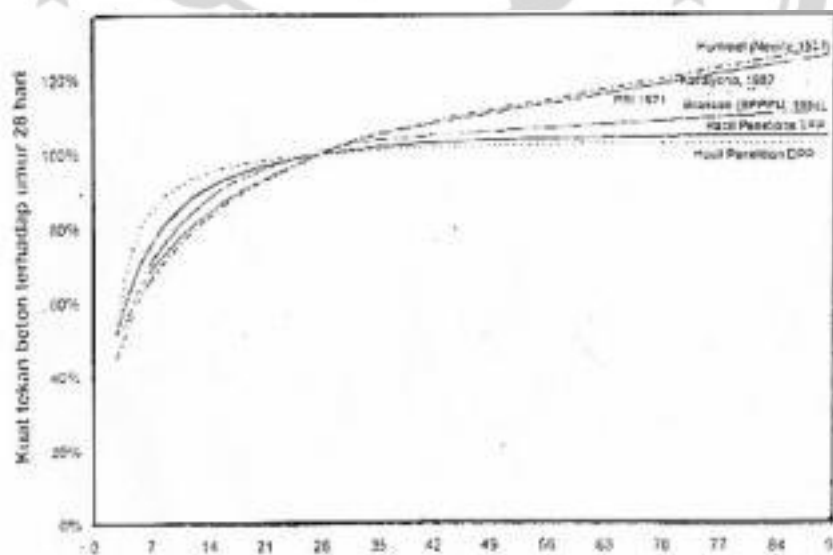
3. Untuk benda uji yang patahnya di luar 1/3 lebar pusat pada bagian tarik beton dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang, hasil pengujian tidak dipergunakan.

F. Umur Beton

Kekuatan tekan beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naiknya secara cepat (linier) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Kekuatan tekan beton pada kasus-kasus tertentu terus akan bertambah sampai beberapa tahun dimuka. Biasanya kekuatan tekan rencana beton dihitung pada umur 28 hari.

Untuk struktur yang menghendaki kekuatan awal tinggi, maka campuran dikombinasikan dengan semen khusus atau ditambah dengan bahan tambah kimia dengan tetap menggunakan jenis semen tipe 1 (OPC-I). Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan penyusunnya yang paling utama adalah penggunaan bahan semen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja tekannya. (Teknologi Beton, Ir. Tri Mulyono, MT, 2004:137-138).

Kekuatan beton pada umur 28 hari dianggap telah mencapai 100%, Hubungan antara umur beton dan kekuatan beton dapat dilihat pada gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 Umur Beton (SNI 03-2834-2000)

Menurut Samekto dan Rahmadiyanto (2001: 44) pada Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971, disebutkan perbandingan kekuatan tekan (desak) beton pada berbagai umur beton seperti disajikan pada tabel 2.12 dibawah ini.

Tabel 2.10. Perbandingan Kekuatan Beton Pada Berbagai Umur
(Samekto dan Rahmadiyanto, 2001 : 44)

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

((Sumber : Kasno, FT UNNES 2006))

G. Workability

Workability / Workabilitas merupakan tingkat kemudahan pengerjaan beton dalam pencampuran, pengangkutan, penuangan dan pemadatan. Suatu adukan dapat dikatakan workable jika memenuhi kriteria sebagai berikut :

- a. Plasticity, artinya adukan beton harus cukup plastis (Kondisi antara cair dan padat), sehingga dapat dikerjakan dengan mudah tanpa perlu usaha tambahan ataupun terjadi perubahan bentuk pada adukan.
- b. Cohesiveness, artinya adukan beton harus mempunyai gaya-gaya kohesi yang cukup sehingga adukan masih saling melekat selama proses pengerjaan.
- c. Fluidity, artinya adukan harus mempunyai kemampuan untuk mengalir selama proses penuangan.
- d. Mobility, artinya adukan harus mempunyai kemampuan untuk bergerak / berpindah tempat tanpa terjadi perubahan bentuk.

Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton. Makin cair adukan maka makin mudah pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian slump. Semakin tinggi nilai slump berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan. Dalam praktek ada tiga macam tipe slump yang terjadi yaitu :

- a. Slump sebenarnya, terjadi apabila penurunannya seragam tanpa ada yang runtuh.
- b. Slump geser, terjadi bila separuh puncaknya bergeser dan tergelincir kebawah pada bidang miring.
- c. Slump runtuh, terjadi bila kerucut runtuh semuanya.

H. Porositas

Porositas dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara volume lubang-lubang kosong yang dimiliki oleh zat padat (volume kosong) dengan jumlah dari volume zat yang ditempati oleh zat padat.

Porositas pada suatu material dinyatakan dalam persen (%) rongga fraksi volume dari suatu rongga yang ada dalam material tersebut. Besarnya porositas pada suatu material bervariasi mulai dari 0% sampai dengan 90% tergantung dari jenis dan aplikasi material tersebut. Ada dua jenis porositas yaitu porositas tertutup dan porositas terbuka. Porositas tertutup pada umumnya sulit untuk ditentukan pori tersebut merupakan rongga yang terjebak didalam padatan dan serta tidak ada akses ke permukaan luar, sedangkan porositas terbuka ada akses ke permukaan luar, walaupun rongga tersebut ada ditengah-tengah padatan.

I. Prosedur Pengujian di Laboratorium

Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Serta Agregat Halus. Dalam pengujian ini terdapat beberapa prosedur kerja yang harus diikuti sesuai langkah-langkah kerja sesuai dengan acuan yang dipakai, sehingga pengujian yang dilakukan menghasilkan nilai yang sebenarnya.

J. Perawatan Beton

Perawatan beton (curing) adalah suatu proses untuk menjaga tingkat kelembaban dan temperature ideal untuk mencegah hidrasi terjadi secara berkelanjutan. Curing secara umum dipahami sebagai perawatan beton, yang bertujuan untuk menjaga supaya beton tidak terlalu cepat kehilangan air, atau sebagai tindakan menjaga kelembaban dan suhu beton, segeralah setelah proses finishing beton selesai dan waktu total setting tercapai.

Tujuan pelaksanaan curing / perawatan beton adalah memastikan reaksi hidrasi senyawa semen termasuk bahan tambahan atau pengganti supaya dapat berlangsung secara optimal sehingga mutu beton yang diharapkan dapat tercapai, dan menjaga supaya tidak terjadi susut yang berlebihan pada beton akibat kehilangan kelembaban yang terlalu cepat atau tidak seragam, sehingga dapat menyebabkan retak.

Pelaksanaan Curing/ perawatan beton dilakukan segera setelah beton mengalami atau memasuki fase hardening (untuk permukaan beton yang terbuka) atau setelah pembukaan cetakan/ acuan/ bekisting, selama durasi tertentu yang dimaksudkan untuk memastikan terjaganya kondisi yang diperlukan untuk proses

reaksi senyawa kimia yang terkandung dalam campurannya beton. Lamanya curing sekitar 7 hari berturut-turut mulai hari kedua setelah pengecoran. Menurut SNI 03-2493-1991, perawatan benda uji harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

1. Penutupan Setelah Penyelesaian

Untuk menjaga penguapan air dari beton segar, benda uji setelah diselesaikan/ dilicinkan harus ditutup dengan bahan yang tidak mudah menyerap air, tidak reaktif dan mudah digunakan, tetapi juga harus dapat menjaga kelembaban sampai saat contoh uji dilepas dari cetakan.

Bila digunakan lembaran plastik tersebut dihindarkan melebihi permukaan dari seluruh benda uji untuk menjaga kelembabannya. Permukaan cetakan bagian luar harus dijaga jangan sampai berhubungan langsung dengan air selama 24 jam pertama setelah beton dicetak, sebab dapat merubah air dalam adukan dan menyebabkan rusaknya benda uji.

2. Pelepasan Benda Uji Cetakan

Lepaslah benda uji dari cetakan setelah 20 jam dan jangan lebih 48 jam setelah pencetakan.

3. Perawatan Benda Uji

Jika tidak ditentukan dengan cara lain, rendamlah seluruh benda uji dalam air yang mempunyai suhu $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ mulai pelepasan dari cetakan hingga saat pengujian dilakukan.

Ruang penyimpanan harus bebas dari getaran terutama pada waktu 48 jam pertama setelah benda uji disimpan. Untuk pencetakan

ulang, perlakuan kondisi perawatan harus sama seperti yang diuraikan di atas. Kondisi perawatan seperti ini juga dapat dilakukan dengan cara merendam di dalam air yang jenuh kapur juga dapat disimpan di dalam ruang lembab atau dalam lemari lembab, benda uji harus dijaga dari tetesan air atau aliran air dari luar.

