

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Beton

Beton dalam konstruksi teknik didefinisikan (dibataskan) sebagai batu buatan yang dicetak pada suatu wadah atau cetakan dalam keadaan cair atau kental, yang kemudian mampu untuk mengeras secara baik. Beton terdiri dari agregat halus, agregat kasar dan suatu bahan pengikat. Bahan pengikat yang lazim dipakai umumnya adalah bahan pengikat yang bersifat hidrolik dalam arti akan mengikat dan mengeras secara baik kalau dicampur dengan air (Soetjipto, 1978).

Beton normal adalah beton yang memiliki berat isi (2200–2500) kg/m³ menggunakan agregat alam yang dipecah. Bahan-bahan pengisi beton yaitu : semen, agregat kasar, agregat halus dan air. Sebelum melakukan pencampuran beton bahan–bahan pengisi beton harus di lakukan pengujian terdahulu agar dapat memenuhi spesifikasi untuk menjadi beton yang baik. Pengujian yang dilakukan pada bahan–bahan tersebut adalah pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar dan agregat halus. Didalam pembuatan beton ada yang dinamakan uji *slump* yaitu salah satu ukuran kekentalan adukan beton dinyatakan dalam mm ditentukan dengan alat kerucut abram (SNI 03-1972-1990) tentang pengujian slump beton semen *portland*).

B. Bahan Penyusun Beton

Bahan – bahan penyusun beton.

1. Semen

Pozolan adalah bahan yang mengandung *silika amorf*. Semen *Portland-pozolan* adalah campuran semen *Portland* dengan *pozolan* antara 15%-40% berat total campuran dan kandungan $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ dalam *pozolan* minimum 70%. (SNI 03-2834-2000). Semen *Portland* adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150, 1985 semen *Portland* didefinisikan sebagai

semen *hidraulik* yang dihasilkan dengan menggiling kliner yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

SK SNI S-04-1989F semen *portland* dibagi menjadi 5 jenis, yaitu sebagai berikut:

- a) jenis I, yaitu semen *portland* untuk konstruksi umum yang penggunaan tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lain,
- b) jenis II, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang,
- c) jenis III, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi,
- d) jenis IV, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah, dan
- e) jenis V, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

2. Sifat-sifat semen

Bahan dasar penyusun semen (Tabel 3.1) terdiri dari bahan-bahan yang terutama mengandung kapur, silika dan oksidasi besi. Maka bahan-bahan itu menjadi unsur-unsur pokok semen.

Tabel 3.1 Susunan unsur-unsur semen

Oksida	Persen (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO ₂)	17 – 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 6
Magnesia (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO ₃)	1 – 2
Potash (Na ₂ O+K ₂ O)	0,5 – 1

Sumber : SK SNI S-04-1989F

3. Air

Fungsi dari air disini antara lain adalah sebagai bahan pencampur antara semen dan agregat. Air harus bebas dari bahan yang bersifat asam

basa, dan minyak. Air yang mengandung tumbuh-tumbuhan busuk harus benar-benar dihindari karena dapat mengganggu pengikatan semen. Sebenarnya air minum juga memenuhi syarat untuk air membuat beton, kecuali air minum yang banyak mengandung senyawa kimia seperti sulfat.

Air yang mengandung kotoran yang cukup banyak akan mengganggu proses pengerasan atau ketahanan beton. Kotoran secara umum dapat menyebabkan hal-hal sebagai berikut:

- a) gangguan pada hidrasi dan pengikatan,
- b) gangguan pada kekuatan dan ketahanan,
- c) perubahan volume yang dapat menyebabkan keretakan,
- d) korosi pada tulangan baja maupun kehancuran beton, dan
- e) bercak-bercak pada permukaan beton.

4. Agregat Halus

Agregat halus adalah pengisi yang berupa pasir, agregat yang terdiri dari butir-butir yang tajam, keras dan berukuran antara 0,075–5 mm dan kadar bagian yang kurang dari 0,063 mm tidak lebih kurang dari 5% . Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari.

Persyaratan mutu agregat halus (pasir) untuk beton tertera pada (SK-SNI-S-04-1989-F).

- 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 berikut :
 - (1) jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%, dan
 - (2) jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.
- d) Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5%. Apabila lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.

- e) 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 pembanding.
- f) 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 :
- (1) sisa di atas ayakan 4,8 mm, maks 2 % dari berat,
 - (2) sisa di atas ayakan 1,2 mm, maks 10 % dari berat, dan
 - (3) sisa di atas ayakan 0,30 mm, maks 15 % dari berat.
- g) Tidak boleh mengandung garam.

Tahapan pengujian agregat halus (pasir) antara lain sebagai berikut ini.

- a) Pengujian gradasi agregat halus (pasir)

Analisa gradasi ini dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butir pasir dengan menggunakan saringan/ayakan. Pemeriksaan ini dilakukan dengan langkah-langkah berdasarkan SK SNI : 03-1968-1990.

Tabel 3.2 Batas gradasi agregat halus (SNI : 03-1968-1990)

Lubang (mm)	% Berat Butir Lolos Saringan			
	Daerah 1	Daerah 2	daerah 3	Daerah 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	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 :

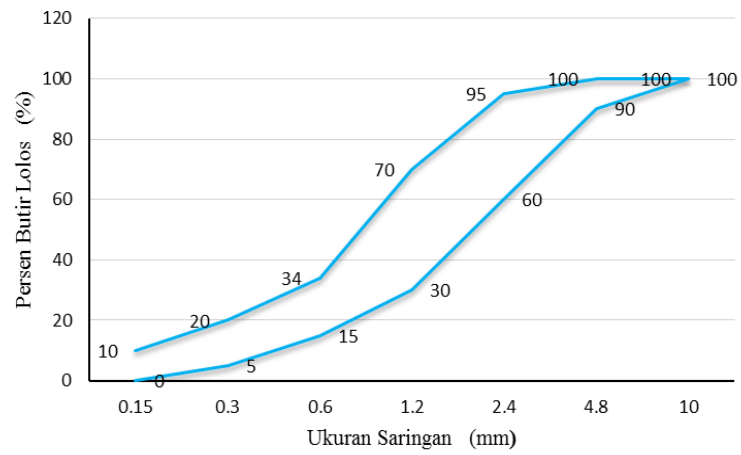
daerah gradasi I = pasir kasar

daerah gradasi II = pasir agak kasar

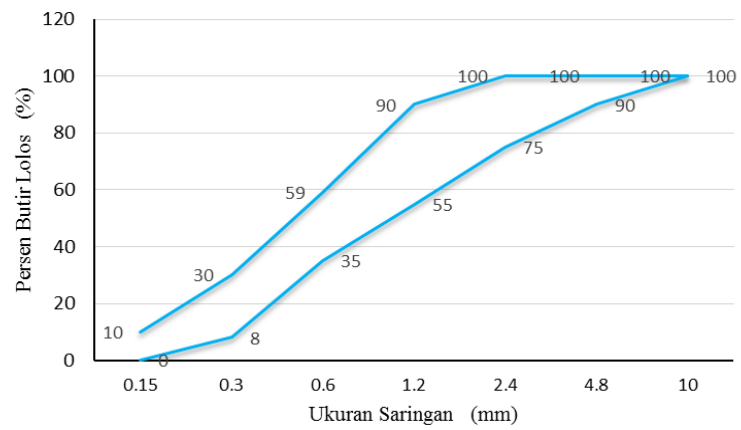
daerah gradasi III = pasir halus

daerah gradasi IV = pasir agak halus

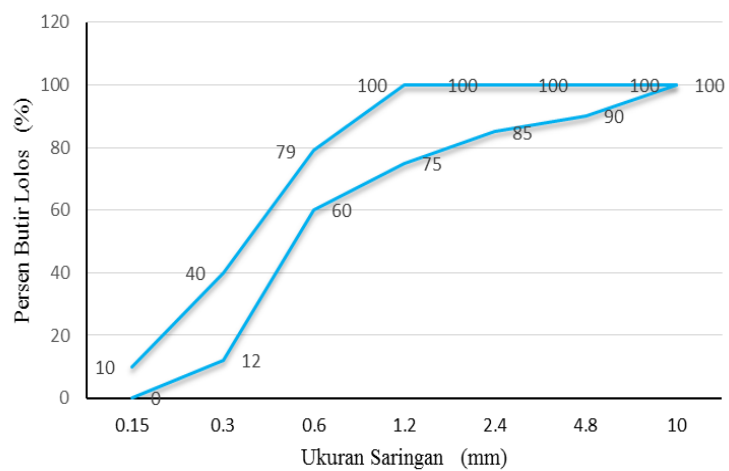
Agregat halus dikelompokkan dalam 4 daerah, berikut grafik batas gradasi agregat halus (SK SNI T-15-1990-3).



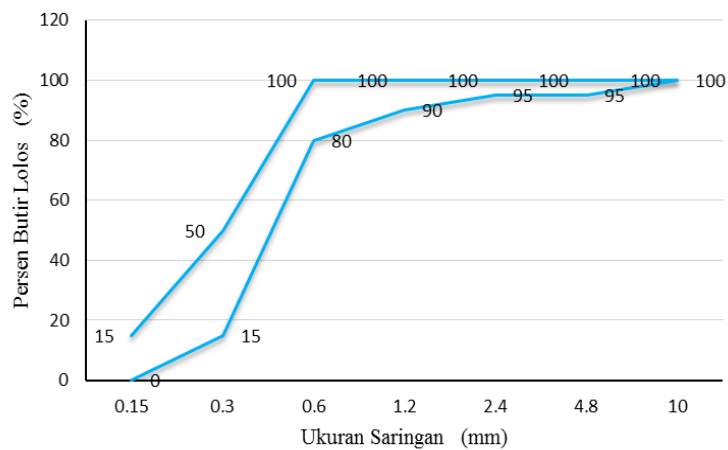
Gambar 3.1 Batas gradasi agregat halus daerah 1



Gambar 3.2 Batas gradasi agregat halus daerah 2



Gambar 3.3 Batas gradasi agregat halus daerah 3



Gambar 3.4 Batas gradasi agregat halus daerah 4

Gambar 3.1-3.4 diatas menunjukkan hubungan antara persen butir lolos terhadap ukuran saringan.

b) Pengujian berat jenis agregat halus (pasir)

Pemeriksaan ini dilakukan dengan langkah-langkah berdasarkan SNI 03-1970-1990.

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{A}{(B + A - C)} \quad (3.1)$$

dengan :

A = berat benda uji kering oven (gram) ,

B = berat piknometer yang berisi air (gram) , dan

C = berat piknometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (gram) .

c) Pengujian penyerapan air agregat halus (pasir)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui persentase penyerapan air pada agregat halus (pasir). Berdasarkan SNI 03-1970-1990.

$$\text{Penyerapan air} = \left(\frac{S - A}{A} \right) \times 100\% \quad (3.2)$$

dengan :

A = berat benda uji kering oven (gram), dan

S = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram).

d) Pengujian kadar lumpur agregat halus (pasir)

Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus berdasarkan SK SNI S-04-1989-F. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus (pasir).

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{B1-B2}{B1} \times 100\% \quad (3.3)$$

dengan :

B1 = Pasir jenuh kering muka (gram), dan

B2 = Pasir setelah keluar oven (gram).

e) Pengujian berat satuan agregat halus (pasir)

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat satuan agregat halus (pasir).

$$\text{Berat satuan} = \frac{W3}{V} \text{ kg/liter} \quad (3.4)$$

dengan :

W3 = Berat benda uji (kg), dan

V = Volume bejana kosong (m³).

5. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran 5 mm-40 mm. Agregat dapat diambil dari batuan alam ukuran kecil ataupun batu alam besar yang dipecah. Gradasi agregat kasar untuk ukuran maksimum tertentu dapat divariasikan tanpa berpengaruh besar pada kebutuhan semen dan air yang baik. Karena variasi sulit diantisipasi, sering lebih ekonomis untuk mempertahankan keseragaman penanganan daripada menyesuaikan proporsi untuk variasi gradasi. Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan *gel* semen.

Dalam pelaksanaannya agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok (Tjokrodimuljo, 1996) yaitu :

- 1) batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm,
- 2) kerikil, untuk besar butiran antara 5 mm dan 40 mm, dan
- 3) pasir, untuk besar butiran antara 0,15 mm dan 5 mm.

Tahapan pengujian agregat kasar antara lain sebagai berikut ini.

a) Pengujian berat jenis agregat kasar (*split*)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis dan mengetahui persentase berat air yang mampu diserap oleh agregat kasar.

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{A}{(B - C)} \quad (3.5)$$

dengan :

A = berat benda uji kering oven (gram),

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram),

C = berat benda uji dalam air (gram).

b) Penyerapan air agregat kasar (*split*)

Pengujian ini untuk mengetahui persentase penyerapan air pada agregat kasar.

$$\text{Penyerapan air} = \left[\frac{B - A}{A} \right] \times 100\% \quad (3.6)$$

dengan :

A = berat benda uji kering oven (gram), dan

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram).

6. Modulus Halus Butir (MHB)

Modulus halus butir (MHB) adalah suatu indeks yang dipakai untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Semakin besar nilai Modulus halus butir (MHB) suatu agregat maka semakin besar

butiran agregatnya. Kehalusan dan kekasaran agregat dapat mempengaruhi kelecakan dari mortar beton. Modulus halus butir (MHB) didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal diatas satu set ayakan (38; 19; 6; 4; 1; 2; 0,6; 0,3; 0,15 mm), kemudian nilai tersebut dibagi dengan seratus (Ilsley, 194). Umumnya agregat halus mempunyai Modulus halus butir (MHB) sekitar 1,50%–3,8% dan kerikil mempunyai Modulus halus butir (MHB) 5%–8%. Nilai ini dapat juga dipakai sebagai dasar untuk mencari perbandingan dari campuran agregat. Untuk agregat campuran nilai Modulus halus butir (MHB) yang bisa dipakai berkisar 5,0%–6,0%. Hubungan ketiga nilai Modulus halus butir (MHB) tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut ini.

$$W = \frac{(K - C)}{(C - P)} \times 100\% \quad (3.7)$$

dengan :

W = persentase berat agregat halus (pasir) terhadap berat agregat kasar (kerikil/batu pecah),

K = modulus halus butir agregat kasar,

P = modulus halus butir agregat halus, dan

C = modulus halus butir agregat campuran.

C. *Self Compacting Concrete* (SCC)

Self Compacting Concrete (SCC) adalah suatu beton yang ketika masih berbentuk beton segar mampu mengalir memenuhi ruang secara padat tanpa melakukan proses pemadatan manual maupun getaran mekanik. Kandungan *Self Compacting Concrete* (SCC) sama dengan beton konvensional, hanya saja diberi suatu *admixture* kimiawi berupa *viscocrete* dan bahan *pozolan*.

Banyak sekali keuntungan yang diberikan *Self Compacting Concrete* (SCC), antara lain : (1) Tidak terjadinya segregasi maupun *bleeding* karena *Self Compacting Concrete* (SCC) sangat kohesif, (2) Lebih cepat mengeras dibandingkan dengan beton konvensional, sehingga dapat mengurangi

curing time, waktu pekerjaan dan biaya konstruksi sehingga lebih ekonomis, (3) Meningkatkan kualitas struktur beton secara keseluruhan.

Dalam pembuatan *Self Compacting Concrete* (SCC), syarat sifat-sifat beton segar *Self Compacting Concrete* (SCC) tersaji pada Tabel 3.2 dan komposisi agregat kasar dan halus sangat diperhatikan. Banyaknya agregat halus berbanding lurus dengan daya alir beton segar. Berbeda dengan beton konvensional yang memiliki komposisi agregat kasar lebih banyak dibandingkan agregat halus. Ada beberapa pengujian *fresh properties* pada *Self Compacting Concrete* (SCC) sebagai berikut ini.

1) *V-Funnel Test*

V-Funnel Test digunakan untuk mengukur *filling ability* dan stabilitas dari beton segar. Peralatan terdiri dari corong berbentuk V (Gambar 3.5) dan dibagian bawah terdapat pintu yang dapat dibuka tutup. Dibawah corong disediakan ember untuk menampung beton segar yang nantinya akan dialirkan. Campuran beton segar diisi secara penuh kedalam corong, kemudian diamkan selama satu menit dan pintu dibawah corong dibuka. Catat waktu total hingga seluruh campuran beton segar habis mengalir. Menurut *European Federation Of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products* (EFNARC) durasi yang dibutuhkan oleh beton segar untuk mengisi ruang berkisar antara 6-12 detik. Alat yang digunakan adalah *V-Funnel*.

2) *L-Box Test*

L-Box test digunakan untuk mengamati karakteristik material terhadap *flowability blocking* dan segregasi dalam melewati tulangan diuji dengan *L-Box test*. Menurut *European Federation Of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products* (EFNARC) *L-Box test* digunakan dengan perbandingan $h_2/h_1 \geq 0,8$. Bentuk alat pengujian *L-Box* tersedia pada Gambar 3.6.

Gambar 3.5 Alat pengujian *V-Funnel*Gambar 3.6 Alat pengujian *L-Box*

Tabel 3.3 Batas-batas sifat beton segar SCC

Parameter	Kisaran
$T_{50 \text{ cm}}$	2 – 5 sec
V-Funnel	6 – 12 sec
L-Box, H_2/H_1	$\geq 0,8$
Diameter aliran J-Ring	$\pm 10 \text{ mm}$

Sumber : (EFNARC, 2002)

D. Abu Sekam Padi (*Rice Husk Ash*)

Abu sekam padi (*rice husk ash*) adalah sisa pembakaran sekam padi yang diperoleh dari tanaman padi. Abu sekam padi merupakan salah satu bahan pozzolan yang cukup potensial digunakan untuk keperluan konstruksi karena sifat pozzolanik yang tinggi dari kandungan silikanya. Sekam padi menghasilkan abu lebih banyak dibandingkan dari sisa pembakaran lain. Sekam yang dihasilkan oleh tanaman padi setelah panen berkisar 18-28%. Pada umumnya, sekam padi mengandung 40%-45% *cellulose*, 25%-30% *lignin*, 15%-20% abu, 8%-15% air. Abu yang dihasilkan oleh sekam berasal dari *opaline* yang memiliki struktur seluler dan mengandung 90% *silica*.

Tabel 3.4 Sifat fisik abu sekam padi

Bahan	Abu sekam padi
Jari-jari pori rata-rata,	0,56
Berat jenis	2,00
Distribusi butiran median,	28,78
Luas permukaan spesifik, m ² /g	183,8
Volume kumulatif, m ³ /g	1263,3

Sumber : (Ilham, 2005)



Gambar 3.7 Abu Sekam Padi

E. *Superplasticizer (Viscocrete-1003)*

Membuat suatu *Self-Compacting Concrete*, dibutuhkan suatu zat aditif berupa *superplasticizer*. Pada penelitian ini, *superplasticizer* yang digunakan adalah *Viscocrete-1003* (Gambar 3.4). *Viscocrete-1003* merupakan *superplasticizer* dengan kemampuan mengalir yang baik bersamaan dengan kohesi yang optimal juga pengurangan air sehingga nilai kuat tekannya meningkat dengan *workability* yang baik.



Gambar 3.8 *Superplasticizer merk Sika viscoconcrete-1003*

F. Kuat Tekan Beton

Tujuan pengujian kuat tekan ini untuk memperoleh kuat tekan dengan prosedur yang benar. Pengujian dilakukan terhadap beton segar (*fresh concrete*) yang mewakili campuran beton, bentuk benda uji berwujud silinder ataupun kubus (SNI 03-1974-1990). Hasil pengujian ini dapat digunakan dalam pekerjaan berikut :

- a. perencanaan campuran beton, dan
- b. pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pembeconan.

Didalam kuat tekan beton ada cara perhitungan, perhitungan tersebut adalah sebagai berikut ini.

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} . \text{kg/cm}^2 \quad (3.7)$$

dengan :

P = beban maksimum (kg), dan

A = luas penampang (cm²).