

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton adalah ikatan dari material-material pembentuk beton, terdiri dari campuran agregat (kasar dan halus), semen, air, dan pula ditambah dengan bahan campuran tertentu apabila dianggap perlu. Bahan air dan semen disatukan akan terbentuk pasta semen berfungsi sebagai bahan pengikat, sedangkan agregat halus dan agregat kasar sebagai pengisi (Nugraha dan Antoni, 2007).

Beton sebagai bahan konstruksi terbuat dari bahan penyusun beton yaitu agregat kasar, agregat halus, air, semen sebagai bahan pengikatnya dan bahan tambah lainnya. Komposisi bahan penyusun beton yang sebagian besar adalah agregat menyebabkan beton normal memiliki berat jenis 2300-2400 kg/m³ (Dipohusodo, 1994).

Beton yang baik dibuat dengan cara dicampur dan diaduk bahan penyusun beton sesuai persyaratan agar diperoleh beton segar yang sesuai spesifikasi. 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*).

Terdapat kelebihan dan kekurangan pada beton (Tjokrodimulyo, 1996). Kelebihan beton adalah sebagai berikut ini.

1. Beton mampu menahan gaya tekan yang baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
2. Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan.
3. Beton segar dapat disemprotkan pada permukaan beton lama yang retak maupun dapat diisikan kedalam retakan beton dalam proses perbaikan.
4. Beton segar dapat dipompakan sehingga dimungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit.
5. Beton tahan aus dan tahan bakar, sehingga perawatannya lebih murah.

Beton juga punya kekurangan. Kekurangan beton adalah sebagai berikut ini.

1. Beton dianggap tidak mampu menahan gaya tarik, sehingga mudah retak, oleh karena itu perlu diberikan baja tulangan sebagai penahan gaya tariknya.
2. Beton keras menyusut dan mengembang bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi (*expansion joint*) untuk mengatasi retakan – retakan akibat terjadinya perubahan suhu.
3. Agar didapatkan beton kedap air secara sempurna, harus dilakukan dengan pengerjaan yang teliti.
4. Beton bersifat getas (tidak daktil) sehingga harus dihitung dan diteliti secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa.

3.2 Bahan Penyusun Beton

3.2.1 Semen

Semen terdiri dari dua macam, yaitu semen hidraulik dan non hidraulik. Semen hidraulik adalah semen yang dapat mengikat dan mengeras didalam air. Sedangkan semen non–hidraulik adalah semen yang tidak dapat mengikat dan mengeras didalam air, akan tetapi perlu udara untuk dapat mengeras. 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 (*Portland cement*) adalah bahan ikat yang sangat penting dalam konstruksi beton, yang bersifat hidrolis, yaitu akan terjadi proses pengerasan jika dicampur air yang digunakan untuk mengikat bahan material menjadi satu kesatuan yang kuat. Suatu semen jika diaduk dengan air akan menjadi adukan pasta semen, Sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar semen, dan jika ditambah dengan kerikil menjadi beton (Tjokrodimujo, 1996).

Menurut ASTM C-150, 1985 semen *Portland* didefinisikan sebagai semen hidraulik yang dihasilkan dengan digilingnya kliner yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya terdapat kandungan satu atau lebih

bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. *Pozolan* adalah bahan yang terdapat silika amorf dikandungannya.

Semen *portland* dibagi menjadi 5 jenis kategori (SK SNI S-04-1989F), yaitu sebagai berikut ini.

1. Jenis I, yaitu semen *portland* untuk konstruksi umum yang penggunaan tidak diperlukannya persyaratan-persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Jenis II, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang diperlukannya ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Jenis III, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang harus terpenuhi persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis IV, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang harus terpenuhi persyaratan panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V, yaitu semen *portland* untuk konstruksi yang harus terpenuhi persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Silika, oksidasi besi dan bahan-bahan yang terdapat kapur dikandungannya merupakan bahan dasar penyusun semen (Tabel 3.1). 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

3.2.2 Air

Air sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi. Air adalah senyawa kimia hasil ikatan dari unsur hidrogen (H_2) yang bersenyawa dengan unsur oksigen (O) dan terbentuknya senyawa H_2O .

Air adalah bahan yang diperlukan dalam pembuatan beton untuk terpicunya proses kimiawi semen, membasahi agregat, memberikan kemudahan pengerjaan dan berfungsi sebagai bahan pencampur antara semen dan agregat.

Dalam campuran beton, air yang tercemar garam, minyak, gula, senyawa-senyawa berbahaya, atau bahan kimia lainnya dan air yang terdapat tumbuh-tumbuhan busuk harus dalam kandungannya harus dihindari karena dapat turunkan kualitas beton, terganggunya pengikatan semen, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

3.2.3 Agregat Halus

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 1996). Agregat halus merupakan agregat yang butirannya lolos saringan no. 4 butir-butir yang berukuran antara 0,075 – 5 mm, tajam, dan keras. Sebagai bahan pengisi campuran beton, agregat halus (pasir) yang digunakan sebaiknya sesuai persyaratan mutu SK-SNI-S-04-1989-F sebagai berikut ini.

1. Terdiri dari butir-butir tajam, dan keras.
2. Butiran bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur karena pengaruh cuaca, yaitu terik matahari dan hujan.
3. Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut ini.
 - 1) Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%.
 - 2) Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%.
4. Tidak mengandung lumpur (bagian yang dapat melewati ayakan 0,060 mm) lebih dari 5%. Apabila lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
5. Tidak mengandung bahan organik terlalu banyak, dapat di uji dengan percobaan warna dari *Abrams – Harder*. Bila direndam dalam larutan

3 % NaOH, cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.

6. Modulus kehalusan antara 1,5-3,8 dan punya butir yang beraneka ragam besarnya. Apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zona 1, 2, 3 atau 4 dan harus memenuhi syarat sebagai berikut ini.
 - 1) Sisa di atas ayakan 4,8 mm, mak 2 % dari berat.
 - 2) Sisa di atas ayakan 1,2 mm, mak 10 % dari berat.
 - 3) Sisa di atas ayakan 0,30 mm, mak 15 % dari berat.
7. Tidak boleh adanya alkali dalam kandungannya.

Pengujian agregat halus terdapat beberapa tahapan. Tahapan dalam pengujian agregat halus sebagai berikut ini.

1. Pengujian gradasi agregat halus (pasir)

Analisa gradasi ini dilakukan agar diketahui 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:

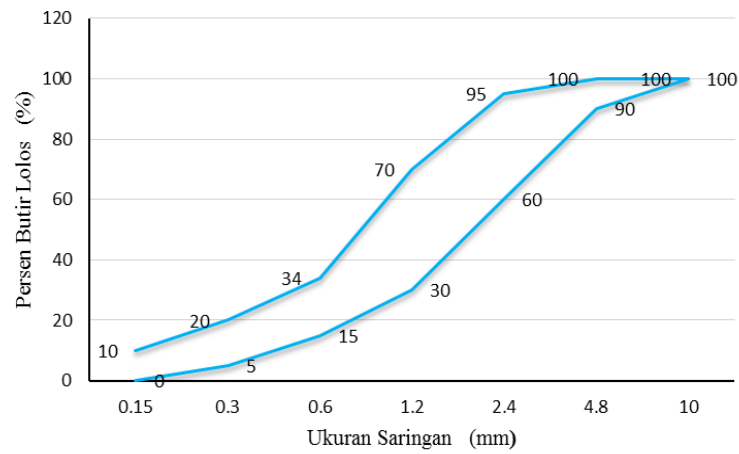
Daerah gradasi I = pasir kasar

Daerah gradasi II = pasir agak kasar

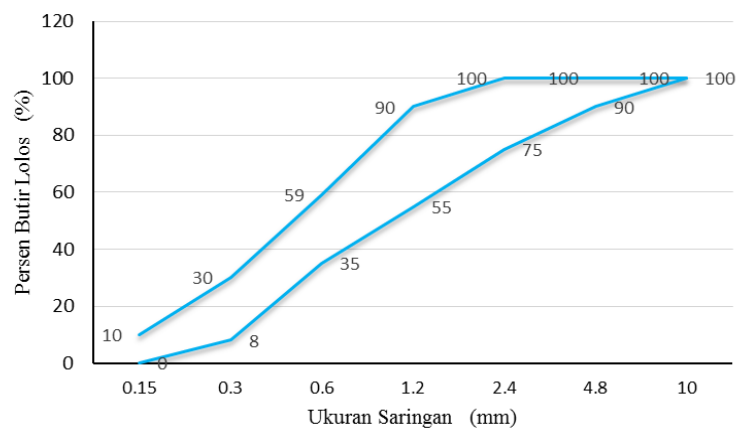
Daerah gradasi III = pasir halus

Daerah gradasi IV = pasir agak halus

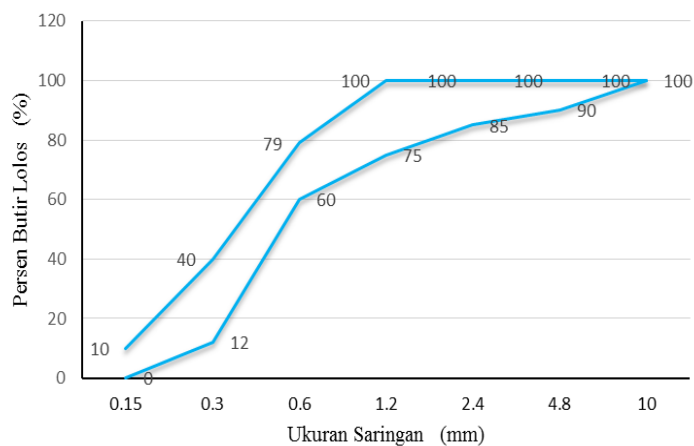
Agregat halus dikelompokkan dalam 4 daerah, berikut grafik batas gradasi agregat halus (SK SNI T-15-1990-3).



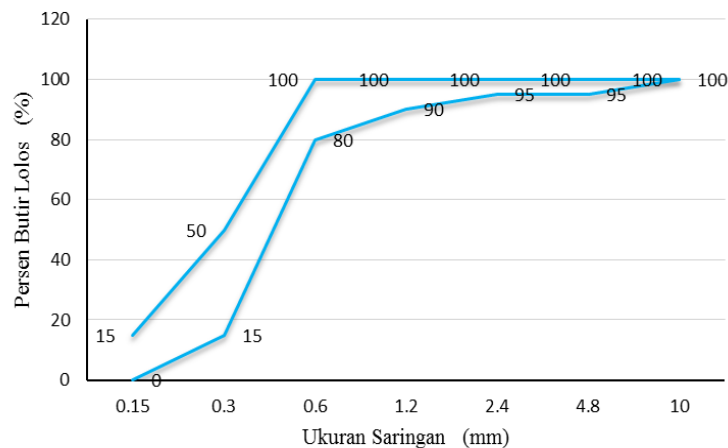
Gambar 3.1 Batas gradasi agregat halus daerah 1 (SK SNI T-15-1990-3)



Gambar 3.2 Batas gradasi agregat halus daerah 2 (SK SNI T-15-1990-3)



Gambar 3.3 Batas gradasi agregat halus daerah 3 (SK SNI T-15-1990-3)



Gambar 3.4 Batas gradasi agregat halus daerah 4 (SK SNI T-15-19903)

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

2. Pengujian berat jenis agregat halus (pasir)

Pada pemeriksaan ini dilakukan dengan langkah-langkah berdasarkan SK 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).

3. Pengujian penyerapan air agregat halus (pasir)

Pada pengujian ini dilakukan agar diketahui 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).

4. Pengujian kadar lumpur agregat halus (pasir)

Pada pemeriksaan kadar lumpur agregat halus berdasarkan SK SNI S-04-1989-F. Pemeriksaan ini dilakukan agar diketahui 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).

5. Pengujian berat satuan agregat halus (pasir)

Pada 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 Mould (m³).

3.2.4 Agregat Kasar

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI No: 1737-1989-F). Agregat kasar disebut juga dengan nama sikalit atau kerikil. Agregat dapat diambil dari batuan alam yang dipecah dalam ukuran kecil ataupun batu alam besar. Kandungan agregat yang cukup besar dalam campuran beton sangat berpengaruh dan membuat agregat tersebut menjadi penting. Agregat kasar mempunyai ukuran 5-40 mm. 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 dipertahankannya keseragaman penanganan daripada disesuaikan proporsi untuk variasi gradasi. Makin besar diameter maksimum maka akan semakin ekonomis. Kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya dipengaruhi oleh sifat

agregat kasar. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan *gel* semen. Dengan ukuran butirannya yang beragam, agregat kasar harus mampu mengisi rongga – rongga sehingga mengurangi penggunaan semen.

Tabel 3.3 Susunan besar butiran agregat kasar.

Diameter Saringan (mm)	Persentase Lolos (%)
38,1	95 – 100
19,1	35 – 70
9,52	10 – 30
4,75	0 - 5

Sumber: ASTM, 1991

Agregat umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok (Tjokrodimuljo, 1996) yaitu sebagai berikut ini.

1. Batu, untuk besar butiran lebih dari 40 mm.
2. Kerikil, untuk besar butiran antara 5 mm dan 40 mm.
3. Pasir, untuk besar butiran antara 0,15 mm dan 5 mm.

Sesuai Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (SK SNI S-04-1989-F), syarat – syarat yang harus dipenuhi agregat kasar sebagai berikut ini.

1. Terdiri dari butir keras dan tidak berpori.
2. Butir – butir agregat kasar Bersifat kekal, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
3. Jumlah butir pipih dan panjang dapat dipakai jika kurang dari 20% berat keseluruhan.
4. Mempunyai ukuran butir beranekaragam.
5. Tidak mengandung zat – zat yang dapat merusak beton, seperti zat – zat alkali.
6. Pada agregat kasar kandungan lumpur kurang dari 1% (terhadap berat kering).

Pada agregat kasar terdapat beberapa tahapan pengujian. Beberapa tahapan pengujian agregat kasar sebagai berikut ini.

1. Pengujian berat jenis agregat kasar (split)

Pengujian ini dilakukan agar diketahui berat jenis dan diketahuinyanpersentase 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), dan

C = berat benda uji dalam air (gram).

2. 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).

3.2.5 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. Kelecekan dari mortar beton dipengaruhi oleh kehalusan dan kekasaran agregat. 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 (Ilisley, 1942:232). 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. 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.

3.3 *Self Compacting Concrete (SCC)*

SCC adalah suatu beton yang ketika masih berbentuk beton segar mampu mengalir melalui tulangan dan memenuhi seluruh ruang yang ada didalam cetakan secara padat tanpa ada bantuan pemadatan manual atau getaran mekanik. (Tjaronge et.al 2006 dan Hartono, et.al 2007).

Beton memadat sendiri pertama kali dikembangkan di jepang pada tahun 1990-an sebagai upaya untuk mengatasi persoalan pengecoran komponen gedung artistik dengan bentuk geometri tergolong rumit bila dilakukan pengecoran beton normal. Riset tentang beton memadat mandiri masih terus dilakukan hingga sekarang dengan banyak aspek kajian, misalnya ketahanan (durability), permeabilitas dan kuat tekan (*compressive strength*). Kekuatan tekan beton kering >300 Mpa sudah dapat dicapai karena penggunaan admixture superplastiziser yang memungkinkan penurunan rasio air-semen (w/c) hingga nilai w/c = 0,3 atau lebih kecil. (Juvas, 2004).

Self Compacting Concrete (SCC) adalah suatu perkembangan teknologi beton di dunia konstruksi. *Self Compacting Concrete (SCC)* pertama kali diperkenalkan pada tahun 1990-an (Okamura, 1990). Beton yang dapat memadat sendiri biasa disebut SCC adalah campuran beton segar yang sangat plastis dan mudah mengalir memenuhi ruang dengan kemampuan memadat sendiri tanpa dilakukan proses pemadatan manual maupun getaran mekanik dengan alat pemadat (*vibrator*). *Self Compacting Concrete (SCC)* punya kandungan sama dengan beton konvensional, hanya saja diberi suatu

admixture kimiawi berupa *viscocrete* dan bahan *pozolan*. Karakteristik *Self Compacting Concrete* (SCC) adalah punya nilai slump berkisar antara 500-700 mm (Nagataki dan Fujiwara, 1995).

Penggunaan *Self Compacting Concrete* (SCC) dapat memberikan keuntungan, antara lain sebagai berikut ini.

1. Lebih cepat keras dibandingkan dengan beton konvensional, sehingga dapat berkurang *curing time*, waktu pekerjaan dan biaya konstruksi sehingga lebih ekonomis.
2. Peningkatkan kualitas struktur beton secara keseluruhan.
3. Tidak terjadinya segregasi maupun *bleeding* karena *Self Compacting Concrete* (SCC) sangat kohesif.

Self Compacting Concrete (SCC) punya syarat sifat-sifat beton segar dalam pembuatannya yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan komposisi agregat kasar dan halus harus sangat diperhatikan. Banyaknya agregat halus berbanding lurus dengan daya alir beton segar. Berbeda dengan beton konvensional yang punya komposisi agregat kasar lebih banyak dibandingkan agregat halus. Pada *Self Compacting Concrete* (SCC) terdapat beberapa pengujian *fresh properties* yaitu sebagai berikut ini.

1. *V-Funnel Test*

V-Funnel Test adalah pengujian yang digunakan untuk mengukur stabilitas dan *filling ability* dari beton segar. Pengujian *V-Funnel Test* dilakukan menggunakan alat uji *V-Funnel* dengan corong berbentuk V (Gambar 3.1a) yang terdapat pintu yang dapat dibuka tutup di bagian bawahnya. Dibawah corong alat uji diletakkan tempat penampungan berupa ember sebagai tempat tampungan beton segar yang akan dialirkan. Didalam corong diisi campuran beton segar secara penuh, diamkan campuran beton segar selama satu menit, kemudian membuka pintu yang berada dibawah corong. 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) kemampuan yang dibutuhkan oleh beton segar untuk mengisi ruang dengan durasi berkisar antara 6-12 detik.

2. *L-Box Test*

L-Box test adalah pengujian yang dilakukan dengan alat uji *L-Box* untuk pengamatan karakteristik material terhadap *flowability*, *blocking* dan segregasi dalam melewati tulangan. Bentuk alat pengujian *L-Box* dapat dilihat pada Gambar 3.1b. Menurut *European Federation Of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products* (EFNARC) *L-Box test* digunakan dengan perbandingan $h_2/h_1 \geq 0,8$.

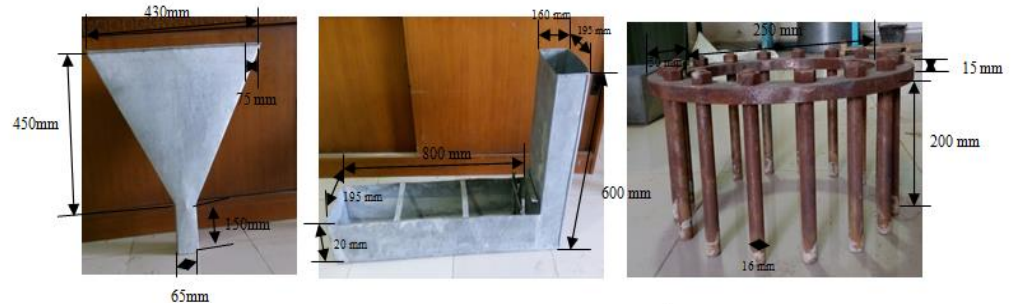
3. *J-Ring Test*

J-Ring test (Gambar 3.1c) adalah pengujian yang dilakukan untuk penentuan *passing ability* beton segar dengan alat uji *J-Ring*. Peralatan uji terdiri dari lingkaran tulangan baja terbuka dengan tulangan baja vertikal. Model ini dapat dianalogikan sebagai tulangan baja sesungguhnya. Diameter ukuran baja dan jarak antar tulangan dapat disesuaikan dengan kondisi aktual yang ingin dimodelkan. *J-Ring* digunakan untuk pengukuran luas aliran melewati hambatan, dimana luas aliran disarankan berdiameter 500 mm dalam rentang waktu 2-5 detik. Sementara diameter akhir pada pengujian *J-Ring* ± 10 mm. Peralatan test ini dapat dikombinasikan dengan peralatan *slump flow test* sehingga dalam satu alat dapat digunakan untuk mengukur *filling ability* dan *passing ability*.

4. Meja sebar T50

Pada beton SCC dilakukan pengujian meja sebar T50 untuk penentuan *flowability* (kemampuan alir) dan stabilitas SCC. Peralatan pada pengujian ini terdiri dari sebuah lingkaran berdiameter 50cm yang digambar pada sebuah tatakan datar. Alat uji kerucut *slump* diisi dengan beton segar kemudian diangkat keatas. Catat waktu ketika beton segar mencapai lingkaran 50cm. Saat campuran telah benar-benar berhenti mengalir, ukur diameter akhirnya dan amati segregasi pada ujung yang terjadi. Standar durasi

yang dibutuhkan oleh beton segar tercapai diameter 50cm 2-5 detik sesuai *European Federation of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products* (EFNARC). Alat pengujian meja sebar dapat dilihat pada gambar

Gambar. (a) *V-Funnel*Gambar. (b) *L-Box*Gambar (c) *J-Ring*

Gambar. (d) Meja sebar T50

Gambar 3.5 Alat pada pengujian : (a) *V-Funnel*, (b) *L-Box*, (c) *J-Ring*, dan (d) Meja sebar T50

Tabel 3.4 Batas-batas sifat beton segar

Parameter	Kisaran
T ₅₀ cm	2 – 5 sec
V-Funnel	6 – 12 sec
L-Box, H ₂ /H ₁	≥ 0,8
Diameter aliran J-Ring	± 10 mm

Sumber : (EFNARC,2002)

3.4 Abu Sekam Padi (*Rice Husk Ash*)

Sekam padi adalah kulit yang membugkus butiran beras dari tanaman padi, dimana akan terpisah dan jadi limbah atau buangan. Sekam yang dihasilkan oleh tanaman padi setelah dipanen berkisar 18-28%. Sekam padi punya kandungan 40-45% cellulose, 25-30% lignin, 15-20% abu, 8-15% air.

Jika sekam padi dibakar akan didapat Abu sekam padi (*rice husk ash*). Sekam padi menghasilkan abu lebih banyak dibandingkan dari sisa pembakaran lain. Abu sekam padi merupakan salah satu bahan *pozzolan* yang cukup potensial untuk digunakan karena mempunyai sifat pozzolanik yang tinggi dari kandungan silikanya dalam keperluan konstruksi. Abu yang dihasilkan oleh sekam berasal dari *opaline* yang punya struktur seluler dan kandungan 90% *silica*.

Tabel 3.5 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)

Tabel 3.6 Komposisi kimiawi abu sekam padi (*rice husk ash*)

Elemen	Abu Sekam
<i>Silicon diokxide (SiO₂)</i>	86,49
<i>Aluminum oxide (Al₂O₃)</i>	0,01
<i>Ferric oxide (Fe₂O₃)</i>	0,91
<i>Calcium oxide (CaO)</i>	0,50
<i>Magnesium oxide (MgO)</i>	0,13
<i>Sodium oxide (Na₂O)</i>	0,05
<i>Potassium oxide (K₂O)</i>	2,70
<i>Phosporus oxide (P₂O₅)</i>	0,69
<i>Titanium oxide (TiO₂)</i>	0,00
<i>Sulfur trioxide (SO₃)</i>	-
<i>Mangan oxide (MnO)</i>	0,07
<i>Carbon (C)</i>	3,21
<i>Loss on Ignition(LOI)</i>	8,83

Sumber: (Ilham, 2005)



Gambar 3.6 Abu sekam padi

3.5 *Superplasticizer (Viscocrete)*

Mulyono (2004) *Superplasticizer* adalah bahan kimia yang berfungsi sebagai pengurangan air yang sangat efektif. Pada pemakaian bahan tambahan ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama atau diperoleh adukan dengan kekentalan lebih encer dan faktor air semen yang sama, sehingga kuat tekan beton lebih tinggi.

Superplasticizer yang digunakan yaitu *Viscocrete-10* dengan merk dagang Sika® adalah bahan tambahan kimia yang termasuk dalam jenis *Sulfonated naphthalene-formaldehyde* condensates dan merupakan admixture tipe F (Lisantonno dan Hehanussa, 2008).

Penggunaan *superplasticizer* both tingkatan kontrol yang cukup tinggi terhadap penakaran bahan beton, terutama airnya, karena bila *superplasticizer* ditambahkan pada saat *workabilitas* yang tidak tepat maka akan terjadi segresi (Murdock dan Brock, 1999).

Dalam pembuatan *Self-Compacting Concrete* dibutuhkan bahan tambah *Superplasticizer* yang merupakan suatu zat kimia. Berdasarkan kandungan klorida, *Superplasticizer* dibagi menjadi tiga jenis, yaitu sebagai berikut ini (Paulus, Nugraha 1989).

1. *Sulfonat naftalin formaldehid* dengan kandungan klorida yang dapat diabaikan.
2. *Kondensasi sulfonat melamin formaldehid* dengan kandungan klorida sebesar 0,005%.
3. Modifikasi *lignosulfonat* tanpa kandungan klorida.

Pada penelitian ini, digunakan sika *Viscocrete-1003* generasi ke tiga dari *superplasticizer* (Gambar 3.7). *Viscocrete-1003* adalah produk *superplasticizer* dari Sika dengan tipe 1003 yang punya kemampuan untuk :

1. mengurangi penggunaan air hingga 30%,
2. mengurangi segregasi dan *bleeding* secara signifikan,
3. mengurangi penyusutan dan keretakan,
4. kemampuan mengalir yang baik bersamaan dengan kohesi yang optimal, dan
5. nilai kuat tekan meningkat dengan *workability* yang baik.



Gambar 3.7 *Superplasticizer* merk Sika

Tabel 3.7 Data teknis *Sika Viscocrete-1003*

Bentuk	Cair
Warna	Brownish
Kerapatan relative @20°C	1,06
Kandungan material kering	30
Dosis % berat semen	0,6-1,6
Ph	4,5
<i>Water Soluble Chloride Content %</i>	<0,1 <i>Chloride free</i>
Equivalent Sodium Oxide as Na ₂ O	0,30

Sumber: www.sika.com

3.6 Kawat Bendrat (serat)

Kawat bendrat adalah kawat tipis yang biasa digunakan dalam dunia konstruksi sebagai pengikat antar baja tulangan agar terbentuk struktur yang diinginkan. Penambahan serat adalah pemberian tulangan serat pada beton yang disebar merata secara acak (*random*) untuk pencegahan retak-retak yang terjadi akibat pembebanan (Sudarmoko, 1990). Ada beberapa jenis serat baja yang biasa digunakan menurut Soroushian dan Bayasi (1987) sebagai berikut ini.

1. Bentuk serat baja

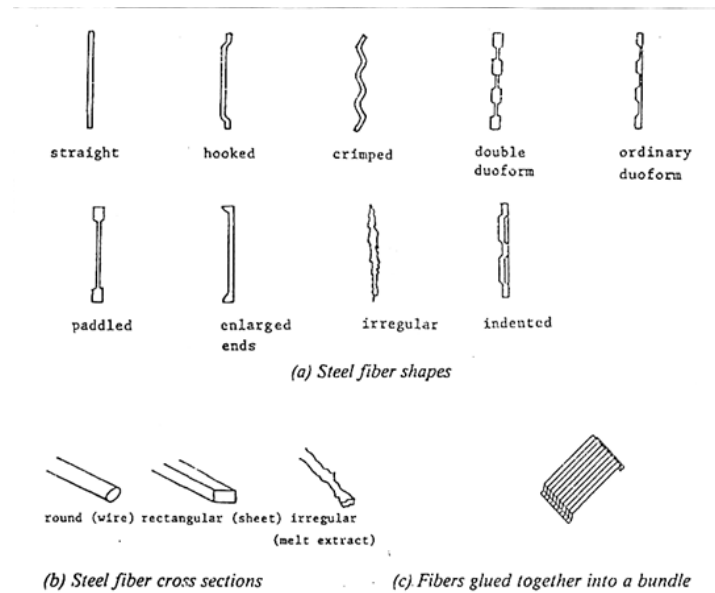
- 1) Lurus (*straight*)
- 2) Berkait (*hooked*)
- 3) Bergelombang (*crimped*)
- 4) *Double duo form*
- 5) *Ordinary duo form*
- 6) *Bundel (paddled)*
- 7) Kedua ujung ditekuk (*enlarged ends*)
- 8) Tidak teratur (*irregular*)
- 9) Bergerigi (*idented*)

2. Penampang serat baja

- 1) Lingkaran / kawat (*round / wire*)
- 2) Persegi / lembaran (*rectangular / sheet*)
- 3) Tidak teratur / bentuk dilelehkan (*irregular / melt extract*)

Serat baja dapat dilihat pada Gambar 3.4. Penggunaan serat bermanfaat untuk peningkatan kuat lentur, peningkatan kuat tarik, kuat tekan, kuat desak beton, pereduksi keretakan yang terjadi, tahan benturan, peningkatan daktilitas, kemungkinan terjadi segregasi kecil. Pada penelitian ini serat kawat yang digunakan adalah kawat bendrat, karena mudah didapatkan dan lebih ekonomis. Kawat bendrat dipotong dengan ukuran 1 – 2 cm dengan variasi 0,5%; 1%; dan 1,5%. Sebelum dicampurkan kawat bendrat ke dalam beton segar perlu diperhatikan teknik pencampurannya agar tidak terjadi *balling effect* karena kawat bendrat memiliki sifat kohesif yang tinggi. Kawat

bendrat yang telah dipotong sesuai ukuran yang dikehendaki, kemudian dicampurkan pada beton segar secara merata dengan orientasi *random*.



Gambar 3.8 Jenis *fiber* baja (Soroushian dan Bayasi 1987)

3.7 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, disebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan (Wibawa, 2011). Kuat tekan beton juga merupakan salah satu parameter kualitas mutu beton. Pengujian kuat tekan ini bertujuan agar diperoleh 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 :

1. perencanaan campuran beton, dan
2. pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pembetonan

Terdapat cara perhitungan kuat tekan beton, perhitungan tersebut adalah sebagai berikut :

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

dengan :

P = beban maksimum (kg), dan

A = luas penampang (cm^2).

Ada beberapa factor yang berpengaruh terhadap mutu dari kekuatan beton, yaitu sebagai berikut ini.

1. Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen (FAS) adalah perbandingan antara jumlah air terhadap jumlah semen dalam satu campuran beton. Fungsi FAS, yaitu:

- 1) untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, dan
- 2) memberikan kemudahan dalam pengerjaan (*workability*).

Semakin tinggi nilai FAS, dapat berakibat terhadap penurunan mutu kekuatan beton. Namun nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Umumnya nilai FAS yang diberikan minimum 0.4 dan maksimum 0.6 (Mulyono, 2004).

2. Sifat agregat

Sifat-sifat agregat sangat berpengaruh pada mutu campuran beton. Adapun sifat-sifat agregat yang perlu diperhatikan seperti, penyerapan air, kadar air agregat, berat jenis, gradasi agregat, modulus halus butir, kekekalan agregat, kekasaran dan kekerasan agregat.

3. Proporsi semen dan jenis semen yang digunakan

Berhubungan dengan perbandingan jumlah semen yang digunakan saat pembuatan *mix design* dan jenis semen yang digunakan berdasarkan peruntukkan beton yang akan dibuat. Penentuan jenis semen yang akan digunakan mengacu pada tempat dimana struktur bangunan yang menggunakan material beton tersebut dibuat, serta pada kebutuhan perencanaan apakah pada saat pengecoran dibutuhkan kekuatan awal yang tinggi atau normal.

4. Bahan tambah

Bahan tambah (*additive*) ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan. Bahan tambah (*additive*) lebih banyak digunakan untuk penyemenan (*cementitious*), jadi digunakan untuk perbaikan kinerja. Menurut standar ASTM C 494/C494M – 05a, jenis bahan tambah kimia dibedakan menjadi tujuh tipe, yaitu seperti yang berikut ini.

- 1) *Water reducing admixture*
- 2) *Retarding admixture*
- 3) *Accelerating admixture*
- 4) *Water reducing and retarding admixture*
- 5) *Water reducing and accelerating admixture*
- 6) *Water reducing and high range admixture*
- 7) *Water reducing, high range, and retarding admixture.*