

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 UMUM

Pengecoran beton secara konvensional pada komponen struktur utama bangunan bertingkat memerlukan pemadatan yang sempurna, antara lain dengan menggunakan alat bantu *vibrator*. Pada beberapa komponen struktur yang bertemu dalam satu titik buhul atau *joint*, misalnya sambungan balok kolom, biasanya detail penulangannya sangat rapat (jumlah tulangan yang bersilangan sangat banyak, karena tuntutan kebutuhan kekuatan pada komponen struktur tersebut), Dampak dari kondisi ini menimbulkan permasalahan baru dalam pengecoran beton. Kondisi ini perlu diatasi agar tidak terjadi kekroposan pasca pengecoran beton, karena jarak dan susunan tulangan terlalu rapat menyebabkan campuran beton tidak dapat mengisi rongga atau celah-celah antar tulangan. Ada beberapa solusi untuk mengatasi masalah ini antara lain: gradasi agregat kasar pada campuran beton dibuat ukuran lebih kecil dan menggunakan teknologi *self compacting concrete* (SCC), teknologi SCC saat ini sedang dikembangkan penggunaannya untuk berbagai ragam keperluan sebagai material konstruksi bangunan, oleh karena itu penelitian ini dimaksudkan untuk mengembangkan teknologi tersebut dengan mensubstitusikan zat-tambah *silica fume* dan *superplasticizer* dengan komposisi tertentu ke dalam campuran beton.

Menurut Dehn dkk (2000), SCC merupakan suatu jenis beton yang dapat dituang, mengalir, dan menjadi padat dengan memanfaatkan berat sendirinya, tanpa memerlukan proses pemadatan dengan getaran atau metode lainnya, beton jenis ini lazim digunakan untuk pekerjaan beton pada bagian struktur khusus/kompleks yang sulit dijangkau proses pematatannya. SCC bisa diaplikasikan untuk pelat lantai, dinding geser, *tunnel*, beton *pre-cast*, dan untuk struktur lainnya.

3.2 SELF COMPACTING CONCRETE (SCC)

3.2.1 Pengetian SCC

SCC adalah suatu campuran beton yang mempunyai karakteristik dapat memadat dengan sendirinya tanpa menggunakan alat pemadat (*vibrator*). Salah satu keunggulan dari SCC adalah dapat menjangkau ke setiap sudut bangunan dan dapat mengisi tinggi permukaan yang diinginkan dengan rata tanpa mengalami *bleeding* dan *segregation*, sehingga dapat meminimalisasi adanya air yang masuk ke dalam beton (Campion dan Josh, 2000).

SCC dapat diproduksi jika menggunakan *superplasticizer* yang diperlukan untuk mendispersikan (menyebarkan) partikel semen menjadi merata dan memisahkan menjadi partikel halus, sehingga reaksi pembentukan *tobermorite* akan lebih merata dan lebih aktif. Komposisi agregat kasar dan agregat halus juga harus diperhatikan dalam proses produksi SCC, mengingat semakin besar proporsi agregat halus dapat meningkatkan daya alir beton segar namun apabila agregat halus yang digunakan terlalu banyak, maka dapat menurunkan kuat tekan beton yang dihasilkan, sebaliknya jika terlalu banyak agregat kasar dapat memperbesar risiko *segregation* pada beton. Sedangkan penggunaan bahan pengisi (*filler*) diperlukan untuk meningkatkan viskositas beton guna menghindari terjadinya *bleeding* dan *segregation*. Untuk *filler* dapat digunakan *fly ash*, serbuk batu kapur, *silica fume* atau bahan pengisi lainnya (Widodo, 2003).

3.2.2 Karakteristik SCC

Berdasarkan spesifikasi SCC dari EFNARC 2002, *workability* atau kelecakan campuran beton segar dapat dikatakan sebagai SCC apabila memenuhi kriteria berikut ini.

1. *Filling ability*

Filling ability yaitu kemampuan campuran SCC untuk mengalir dan untuk mengisi keseluruhan bagian cetakan dengan memanfaatkan berat sendirinya, untuk mengetahui SCC memiliki kemampuan *filling ability*, maka dilakukan pengujian *slump-flow* pada SCC menggunakan alat kerucut *abrams* dengan

waktu yang diperlukan aliran beton untuk mencapai diameter 50 cm (SF_{50}) 2-5 detik dan diameter yang dicapai aliran beton yaitu 600-800 mm.

2. *Passing ability*

Passing ability adalah kemampuan campuran beton segar untuk melewati celah-celah antar besi tulangan atau bagian celah yang sempit dari cetakan, untuk mengetahui beton memiliki kemampuan ini, maka dilakukan pengujian menggunakan alat *L-shape box*. dari pengujian tersebut didapatkan nilai *blocking ratio* yaitu nilai yang didapat dari perbandingan antara H_2/H_1 . Semakin besar nilai *blocking ratio*, maka semakin baik beton segar mengalir dengan viskositas tertentu. Pada pengujian ini kriteria yang dipakai baik untuk tipe konstruksi vertikal maupun konstruksi horisontal mensarankan nilai *blocking ratio* antara 0,8-1,0.

3. *Segregation resistance*

Segregation resistance yaitu ketahanan campuran beton segar terhadap segregasi, untuk mengetahui beton memiliki kemampuan ini, maka dilakukan pengujian menggunakan alat *V-funnel* dengan waktu yang diperlukan untuk beton segar dalam mengalir melalui mulut di ujung bawah alat ukur *V-funnel* antara 6-12 detik.

Dari pembahasan kriteria tersebut, untuk persyaratan lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

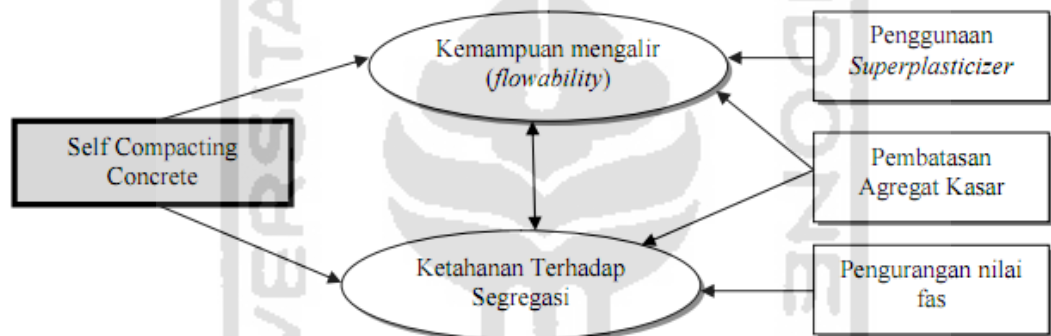
Tabel 3.1 Kriteria persyaratan SCC

No.	Metode pengujian	Typical range of values		Satuan
		Minimum	Maksimum	
1.	<i>Slump-flow</i>	600	800	mm
2.	T_{50} <i>Slump-flow</i>	2	5	detik
3.	<i>J-ring</i>	0	10	mm
4.	<i>L-shape box</i>	0,8	1,0	-
5.	<i>V-funnel</i>	6	12	detik

Sumber: EFNARC (2002)

Kriteria persyaratan yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode pengujian *slump-flow* dan T_{50} *slump-flow* yang berguna untuk menentukan tingkat penyebaran (*filling ability*) pada campuran SCC sesuai dengan persyaratan dari Tabel 3.1. dalam metode pengujian campuran SCC masih banyak metode yang dapat dilakukan, dalam penelitian ini hanya melakukan metode pengujian *slump-flow* dan T_{50} *slump-flow*, ini dikarenakan keterbatasan alat yang ada di laboratorium dan penelitian ini masih baru di Indonesia.

Konsep dasar yang diterapkan dalam proses produksi SCC disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Konsep dasar produksi SCC

(Sumber: Campion dan Josh, 2000)

3.3 MATERIAL PEMBENTUK SCC

Material pembentuk SCC dengan zat-tambah *silica fume* dan *superplasticizer* ini tidak berbeda dengan material penyusun beton pada umumnya, yaitu terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Secara umum, SCC merupakan varian yang memiliki tingkat pengerjaan (*workability*) tinggi dan juga memiliki kekuatan awal yang besar, sehingga membutuhkan faktor air semen yang rendah. Menurut Sugiharto dkk (2001), untuk mendapatkan campuran beton dengan tingkat *workability* dan kekuatan awal yang tinggi, perlu diperhatikan persyaratan material berikut ini.

1. Agregat halus dibatasi jumlahnya kurang lebih 40% dari volume beton.
2. Agregat kasar dibatasi jumlahnya kurang lebih 50% dari campuran beton.

3. Gradasi agregat kasar yaitu 5-20 mm yang berfungsi untuk tingkat penyebaran pada campuran SCC dan kekuatan pada beton.
4. Ditambahkan bahan pengisi (*filler*) pada campuran beton, antara lain *fly ash* dan *silica fume* untuk menggantikan sebagian komposisi semen, hal ini ditujukan untuk meningkatkan keawetan (*durabilitas*) dan kekuatan tekan beton.
5. Penggunaan *superplasticizer* pada campuran beton berfungsi untuk meningkatkan *workability* dan menekan faktor air semen agar mendapatkan kekuatan awal yang besar.

Dari penjelasan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pada pembuatan campuran SCC harus teliti dalam pemilihan dan pencampuran material terutama dalam pembuatan benda uji silinder beton.

3.3.1 Semen *Portland*

Semen *portland* merupakan bahan ikat yang penting dalam campuran adukan beton, karena berfungsi untuk mengikat agregat kasar dan agregat halus sehingga menyatu dan mengeras seperti batuan. Akan tetapi, semen akan berfungsi sebagai pasta jika direaksikan dengan air. Oleh karena itu, dalam campuran adukan beton dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok aktif dan kelompok pasif. Kelompok aktif yaitu semen dan air, sedangkan kelompok pasif yaitu agregat kasar dan agregat halus.

Menurut SNI 15-2049-2004 semen *portland* dibedakan menjadi 5 jenis/tipe, sebagai berikut ini.

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

4. Semen *portland* tipe IV, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya membutuhkan kalor hidrasi rendah.
5. Semen *portland* tipe V, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Semen tidak dapat bereaksi tanpa adanya air sebagai pereaksinya. Menurut Tjokrodinuljo (2004), semen dan air termasuk dalam bahan perekat setelah dicampurkan dan mengalami reaksi kimia menjadi pasta dalam beberapa jam mulai merekat dan dalam beberapa hari menjadi keras.

3.3.2 Silica Fume

Menurut standar *spesification for silica fume for use in hydraulic cemen concrete and mortar* (ASTM-C618-86), *silica fume* merupakan bahan yang mengandung SiO_2 , merupakan bahan yang sangat halus berbentuk bulat dan berdiameter 1/100 diameter semen. *Silica fume* mempunyai peranan penting terhadap pengaruh sifat kimia dan mekanik beton. Secara geometris *silica fume* mengisi rongga-rongga diantara bahan semen, maka diameter pori mengecil serta total volume pori juga berkurang.

Keuntungan dalam penggunaan *silica fume* dapat ditinjau pada dua kondisi berikut ini.

1. Saat beton dalam proses pengikatan, sebagai berikut:
 - a. memudahkan pengerjaan (*workability*),
 - b. mengurangi perembesan air pada beton (*bleeding*),
 - c. memberikan waktu pengikatan (*setting time*) yang lama.
2. Saat beton dalam kondisi keras, sebagai berikut:
 - a. meningkatkan kuat tarik,
 - b. meningkatkan kuat lentur,
 - c. memperkecil susut dan rangkai,
 - d. meningkatkan ketahanan terhadap sulfat dan dari lingkungan agresif,
 - e. sebagai penetrasi klorida,
 - f. permeabilitas lebih kecil,
 - g. ketahanan terhadap keausan tinggi.

Penggunaan *silica fume* dengan jumlah yang rendah (dibawah 3% dari berat semen) tidak menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi dari beton tersebut karena jumlah *silica fume* tidak akan mencukupi untuk menutupi permukaan seluruh partikel dari agregat kasar, namun penggunaan *silica fume* yang menguntungkan juga terbatas tidak lebih dari 10% dari berat semen yang digunakan, maka penggunaan *silica fume* yang berlebihan tidak dapat menutupi permukaan agregat. Dalam penelitian ini digunakan campuran persentase *silica fume* sebesar 10% dari berat semen, sebagaimana diuraikan tersebut di atas.

3.3.3 Superplasticizer

Superplastizicer yang digunakan yaitu Sika *viscocrete* 1003 merupakan produk dari PT. Sika Indonesia yang memiliki bentuk berwarna putih kecoklatan yang sangat kuat bekerja dengan berbagai mekanisme yang berbeda. *superplastizicer* ini cocok digunakan untuk campuran beton yang membutuhkan waktu transportasi lama dan kelecakan (*workability*) lama. Kebutuhan pengurangan air yang sangat tinggi dan kemudahan mengalir (*flowability*) yang sangat baik (PT. Sika Indonesia). Adapun karakteristik dari *viscocrete* 1003 dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.2 Karakteristik *viscocrete* 1003

No.	Karakteristik	<i>Viscocrete</i> 1003
1.	Tipe	<i>Aqueous solution of modified polycarboxylate copolymers</i>
2.	Wujud	Coklat gelap dan berbentuk cairan
3.	<i>Specific gravity</i>	1,065 ± 0,01 kg/ltr
4.	Anjuran dosis	0,6 – 1,6 % dari berat semen

Sumber: PT. Sika Indonesia (2013)

Aplikasi dan kelebihan penggunaan zat-tambah *superplasticizer* sika *viscocrete* 1003 dapat dilihat berikut ini.

1. Aplikasi sika *viscocrete* 1003, sebagai berikut:

- a. pengurangan kebutuhan air pada beton dalam jumlah besar (hingga 30 %),
 - b. beton dengan kemampuan tinggi,
 - c. beton dalam cuaca panas yang membutuhkan waktu transportasi dan kelecakan dalam waktu panjang,
 - d. beton kedap air (*watertight concrete*),
 - e. beton *ready-mix* (beton siap pakai),
 - f. beton memadat sendiri (SCC),
 - g. beton berkekuatan tinggi,
 - h. beton dengan volume besar (*mass concrete*).
2. Kelebihan sika *viscocrete* 1003, sebagai berikut :
- a. pengurangan air dalam jumlah besar menghasilkan kepadatan beton yang optimum pada beton mutu tinggi dan mengurangi permeabilitas,
 - b. efek *plasticizing* (pengurangan air) yang dapat menghasilkan kelecakan yang baik akan memudahkan proses pengecoran dan pemadatan. Sehingga sangat cocok digunakan untuk beton yang memadat dengan memanfaatkan berat sendirinya (SCC),
 - c. mengurangi penyusutan dan keretakan,
 - d. mengurangi karbonasi,
 - e. meningkatkan sifat kedap air.

Data pada Tabel 3.1 tersebut tentang anjuran dosis penggunaan *superplasticizer*, dalam penelitian ini menggunakan 5 variasi campuran *superplasticizer* yaitu 0,8% sampai 1,6% sebagai berikut: 0,8%, 1,0%, 1,2%, 1,4%, dan 1,6%. Karena jika menggunakan semua variasi *superplasticizer*, maka biaya yang dikeluarkan sangatlah besar.

3.3.4 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang semua butirnya lolos pada ayakan 4,8 mm. Menurut SNI 03-6821-2002, persyaratan umum agregat halus yang digunakan sebagai campuran beton sebagai berikut:

1. agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.

2. butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat diuji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat.
3. agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpur melebihi 5% maka pasir harus di cuci.

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir dari sungai Progo. Pengujian agregat halus dilakukan untuk mengetahui kualitas dari pasir yang digunakan sebagai material dalam pembuatan campuran beton. Pengujian yang dilakukan berikut ini.

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat.

Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat merupakan pengujian yang dilakukan untuk menentukan berat jenis dan penyerapan air sebelum merencanakan *mix design*. Berat jenis pada agregat halus terbagi menjadi 3 kategori sebagai berikut:

- a. berat jenis kering mutlak (*bulk specific gravity*)
yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suatu suhu tertentu.
- b. berat jenis kering permukaan (*saturated and surface dry/SSD*)
yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- c. berat jenis semu (*apparent specific gravity*)
yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
- d. Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Perhitungan analisis dalam Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat menggunakan Persamaan 3.1 sampai 3.4.

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{Bk}{B + 500 - Bt} \quad (3.1)$$

$$\text{Berat jenis (SSD)} = \frac{500}{B + 500 - Bt} \quad (3.2)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \quad (3.3)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{500 - Bk}{Bk} \quad (3.4)$$

dengan :

BK = berat pasir kering mutlak (gram),

Bt = berat piknometer berisi air dan pasir (gram),

B = berat piknometer berisi air (gram).

2. Pengujian berat isi padat.

berat isi padat adalah perbandingan berat agregat dalam keadaan padat dengan volume silinder yang digunakan dalam pengujian. Perhitungan berat isi padat agregat halus menggunakan Persamaan 3.5 berikut ini.

$$\text{Berat isi padat} = \frac{W}{\text{Vol.}} \quad (3.5)$$

dengan :

W = berat agregat (gram),

Vol. = volume silinder yang digunakan (cm³).

3. Analisa saringan.

Analisa saringan adalah pengelompokan besar butir analisa agregat kasar dan agregat halus menjadi komposisi gabungan yang ditinjau berdasarkan saringan. Adapun tujuan dari analisa saringan sebagai berikut :

- a. untuk mendapatkan beton yang mudah dikerjakan (diaduk, dialirkan, dan didapatkan) yang mempunyai tingkat *workability* yang tinggi,
- b. untuk mendapatkan harga beton yang ekonomis, kekuatan tinggi,
- c. untuk mendapatkan baton yang betul– betul padat,
- d. untuk mendapatkan batas gradasi dari agregat, dan
- e. untuk mendapatkan komposisi campuran analisa agregat halus dalam bentuk ideal.

Dalam pengujian analisa saringan ini analisis perhitungan persentase berat yang hilang dan modulus kehalusan menggunakan Persamaan 3.6 dan 3.7.

$$\text{Persentase berat yang hilang} = \frac{a - b}{a} \times 100\% \quad (3.6)$$

$$\text{Modulus kehalusan} = \frac{\sum (\% \text{kom.}) - 100}{100} \quad (3.7)$$

dengan :

a = berat agregat kering mutlak sebelum diayak (gram),

b = berat agregat setelah diayak (gram),

Σ (%kom.) = berat tertinggal kumulatif (%).

4. Pengujian lolos saringan no. 200 (pengujian kandungan lumpur dalam agregat).

Lumpur adalah gumpalan atau lapisan yang menutupi permukaan butiran agregat dan lolos ayakan No. 200. Kandungan kadar lumpur pada permukaan butiran agregat akan mempengaruhi kekuatan ikatan antara pasta semen dan agregat sehingga akan mengurangi kekuatan dan ketahanan beton. Lumpur dan debu halus hasil pemecahan batu adalah partikel berukuran antara 0,002 mm s/d 0,006 mm (2 s/d 6 mikron). Adanya Lumpur dan tanah liat menyebabkan bertambahnya air pengaduk yang diperlukan dalam pembuatan beton, disamping itu pula akan menyebabkan berkurangnya ikatan antara pasta semen dengan agregat sehingga akan menyebabkan turunnya kekuatan

beton yang bersangkutan serta menambah penyusutan dan *creep*. Oleh karena itu penting bagi kita untuk melakukan pengujian, sehingga didapatkan kadar lumpur yang memenuhi syarat menurut SNI 03-2461-2002, yaitu tidak boleh lebih dari 5% untuk agregat halus dan 1% untuk agregat kasar. Untuk perhitungan analisis berat agregat yang lolos saringan no. 200 dalam pengujian kandungan lumpur dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.8.

$$\text{Kandungan Lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (3.8)$$

dengan :

W_1 = berat agregat halus kering oven (gram),

W_2 = berat agregat halus kering oven setelah dicuci (gram).

3.3.5 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan material pengisi adukan campuran beton. Ukuran agregat yang digunakan dalam penelitian SCC yaitu ukuran maksimum 10 mm. Agregat kasar dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Menurut SK SNI S-04-1989-F, persyaratan umum agregat kasar yang digunakan sebagai campuran beton adalah sebagai berikut ini.

1. Agregat kasar berupa kerikil yang berasal dari batu-batuan alami, atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu.
2. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering).

4. Tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
5. Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi $1/5$ jarak terkecil antara bidang samping cetakan, $1/3$ tebal pelat beton, $3/4$ jarak bersih antar tulangan.

Untuk mengetahui karakteristik dari agregat dapat dilakukan dengan melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat, pengujian analisa saringan, dan Pengujian abrasi/keausan agregat dengan mesin *los angeles*. Agregat kasar yang dipakai dalam penelitian ini adalah agregat kasar yang berasal dari batu pecah. Pengujian yang dilakukan sebagai berikut ini.

1. pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat.

Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat merupakan pengujian yang dilakukan untuk menentukan berat jenis dan penyerapan air sebelum merencanakan *mix design*. Berat jenis pada agregat kasar terbagi menjadi 3 kategori sebagai berikut:

- a. berat jenis kering mutlak (*bulk specific gravity*)
yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suatu suhu tertentu.
- b. berat jenis kering permukaan (*saturated and surface dry/SSD*)
yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- c. berat jenis semu (*apparent specific gravity*)
yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
- d. Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Perhitungan analisis dalam pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat menggunakan Persamaan 3.9 sampai 3.12.

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \quad (3.9)$$

$$\text{Berat jenis (SSD)} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \quad (3.10)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \quad (3.11)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (3.12)$$

dengan :

BK = berat kerikil kering mutlak (gram),

BJ = berat kerikil kondisi jenuh kering muka/SSD (gram),

Ba = berat kerikil dalam air (gram).

2. Pengujian berat isi padat.

berat isi padat adalah perbandingan berat agregat dalam keadaan padat dengan volume silinder yang digunakan dalam pengujian. Perhitungan berat isi padat agregat kasar sama dengan perhitungan berat isi padat pada agregat halus dengan menggunakan Persamaan 3.5.

3. Pengujian analisa saringan.

Analisa saringan adalah pengelompokan besar butir analisa agregat kasar dan agregat halus menjadi komposisi gabungan yang ditinjau berdasarkan saringan. Adapun tujuan dari analisa saringan sebagai berikut :

- a. untuk mendapatkan beton yang mudah dikerjakan (diaduk, dialirkan, dan didapatkan) yang mempunyai tingkat *workability* yang tinggi,
- b. untuk mendapatkan harga beton yang ekonomis, kekuatan tinggi,
- c. untuk mendapatkan baton yang betul-betul padat,
- d. untuk mendapatkan batas gradasi dari agregat, dan
- e. untuk mendapatkan komposisi campuran analisa agregat kasar dalam bentuk ideal.

Dalam pengujian analisa saringan untuk perhitungan persentase berat yang hilang dan modulus kehausan sama dengan perhitungan dari analisa saringan pada agregat halus, maka analisa saringan agregat kasar menggunakan Persamaan 3.6 dan 3.7.

4. Pengujian abrasi/keausan agregat dengan mesin *los angeles*.

Keausan adalah perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan no. 12 (1,18 mm) terhadap berat semula dalam persen. Untuk menguji kekuatan agregat kasar dapat menggunakan bejana *Rudolf* ataupun dengan alat *los angeles test*. Mesin ini berbentuk silinder dengan diameter 170 cm yang terbuat dari baja. Dalam pengujian ini menggunakan bola-bola baja yang berukuran 4–6 cm sebagai nilai bantu untuk menghancurkan agregat. Di dalam mesin *los angeles* terdapat sirip yang berfungsi sebagai pembalik material yang diuji dan lama pengujian tergantung dari jumlah berat material. Berdasarkan SNI 03-2417-1991, syarat keausan pada agregat kasar sebagai berikut:

- a. apabila nilai keausan yang diperoleh $> 40\%$, maka agregat yang diuji tidak baik digunakan dalam campuran beton.
- b. Apabila nilai keausan agregat yang diperoleh $< 40\%$, maka agregat yang diuji baik digunakan dalam campuran beton.

Dari penjelasan tersebut, pengujian abrasi/keausan dapat dianalisis dengan menggunakan Persamaan 3.6, hanya saja pada notasi b merupakan berat setelah diayak pada saringan no.12.

3.3.6 Air

Menurut Subakti (1994), Semen tidak bisa menjadi pasta tanpa air. Air harus selalu ada di dalam beton cair, tidak saja untuk hidrasi semen, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi suatu pasta, sehingga betonnya lecah (*workable*). Untuk campuran beton, maka air yang digunakan harus memenuhi persyaratan berikut ini.

1. Air yang dipergunakan untuk pembuatan beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam, zat organik atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton maupun baja tulangan.
2. Tidak boleh mengandung klorida (Cl) > 500 mg per-liter air.
3. Air tawar yang tidak dapat diminum tidak boleh dipakai untuk pembuatan beton.

3.4 DESAIN CAMPURAN SCC MUTU TINGGI

Desain campuran SCC mutu tinggi bertujuan untuk menentukan komposisi setiap bahan campuran seperti semen, pasir dan kerikil serta campuran tambahan seperti *silica fume* dan *superplasticizer*. Pada penelitian ini, perencanaan campuran beton menggunakan metode SNI 03-6468-2000. Adapun langkah-langkah cara desain campuran SCC mutu tinggi berikut ini.

1. Menentukan nilai *slump* dan kuat tekan rerata yang ditargetkan.

Slump untuk beton berkekuatan tinggi tanpa *superplasticizer* dapat diambil sebesar 75-100 mm. disesuaikan dengan kondisi pembetonan. Kuat tekan rerata yang ditargetkan (f'_{cr}) dapat ditentukan dengan Persamaan 3.13 berikut ini.

$$f'_{cr} = \frac{f'_c + 9,66 \text{ MPa}}{0,90} \quad (3.13)$$

dengan :

f'_{cr} = kuat tekan rerata (MPa),

f'_c = kuat tekan yang disyaratkan (MPa).

2. Menentukan ukuran agregat kasar maksimum.
 - a. untuk kuat tekan rata-rata <62,1 MPa digunakan ukuran agregat maksimum 20-25 mm.

b. untuk kuat tekan rata-rata $> 62,1$ MPa digunakan ukuran agregat maksimum 10-15 mm.

Dalam penelitian ini memakai ukuran agregat maksimum 10 mm, karena pada penelitian SCC ukuran agregat sangat menentukan proses penyebaran campuran tersebut.

3. Menentukan kadar agregat kasar optimum.

Kadar agregat kasar optimum digunakan bersama-sama dengan agregat halus yang mempunyai modulus kehalusan antara 2,5-3,2. Berat agregat kasar padat kering oven per m^3 beton adalah besarnya fraksi volume padat kering oven dikalikan dengan berat isi padat kering oven (kg/m^3). Besarnya fraksi volume agregat padat kering oven disarankan berdasarkan besarnya ukuran agregat maksimum, tercantum dalam Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Fraksi volume agregat kasar yang disarankan

No.	Ukuran agregat (mm)	Fraksi volume padat kering oven
1.	10	0,65
2.	15	0,68
3.	20	0,72
4.	25	0,75

Sumber: SNI (2000)

Pada Tabel 3.3 tersebut merupakan hasil fraksi volume padat kering oven yang ditinjau dari ukuran agregat yang digunakan. Dari hasil fraksi volume padat kering oven tersebut, maka kadar agregat kasar padat kering oven dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.14 berikut ini.

Kadar agregat kasar padat kering oven = fraksi volume padat kering oven .berat isi padat kering oven (3.14)

4. Estimasi kadar air dan kadar udara.

Estimasi pertama kebutuhan air dan kadar udara untuk beton segar dapat dilihat pada Tabel 3.4, bentuk butiran dan tekstur permukaan agregat halus berpengaruh pada kadar rongga udara pasir. Karena itu kadar rongga udara yang aktual dan kadar air harus dikoreksi dengan menggunakan Persamaan 3.15 dan 3.16 berikut ini.

$$V = \left(1 - \frac{\text{berat isi padat kering oven}}{\text{berat jenis relatif (kering)}}\right) \times 100 \% \quad (3.15)$$

$$\text{Koreksi Kadar Air (liter/m}^3\text{)} = (V - 35) \times 4,75 \quad (3.16)$$

dengan :

V = kadar rongga udara.

Setelah melakukan perhitungan kadar air, maka selanjutnya dapat menentukan kebutuhan air total yang dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.17 berikut ini.

$$\text{Kebutuhan air total} = \text{estimasi kebutuhan air} + \text{koreksi kadar air} \quad (3.17)$$

Penggunaan Persamaan 3.17 mengakibatkan penyesuaian air sebanyak 4,75 liter/m³ untuk setiap persen penyimpangan kadar udara dari 35%. Dalam menentukan estimasi pertama kebutuhan air pencampuran dan kadar udara beton segar berdasarkan pasir dengan 35% rongga udara dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Estimasi pertama kebutuhan air pencampuran dan kadar udara beton segar berdasarkan pasir dengan 35% rongga udara

No.	Air pencampur (liter/m ³)					Keterangan
	Slump (mm)	Ukuran agregat kasar maksimum (mm)				
		10	15	20	25	-
1.	25 – 50	184	175	169	166	-
2.	50 – 75	190	184	175	172	-
3.	75 – 100	196	190	181	178	-
4.	Kadar udara (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	Tanpa <i>superplasticizer</i>
5.		2,5	2,0	1,5	1,0	Dengan <i>superplasticizer</i>

Sumber: SNI (2000)

5. Menentukan rasio $W/(c + p)$

Menentukan rasio $W/(c + p)$ untuk beton tanpa *superplasticizer* dapat dilihat pada Tabel 3.5. Sebelum menentukan rasio $W/(c + p)$ harus menghitung terlebih dahulu kekuatan lapangan dengan menggunakan Persamaan 3.18 berikut ini.

$$\text{Kekuatan lapangan} = 0,9 \times f'_{cr} \quad (3.18)$$

Setelah menghitung kekuatan lapangan, selanjutnya melakukan peninjauan hasil dari Tabel 3.5, apabila hasil kekuatan lapangan tidak berada pada tabel atau berada diantara hasil pada tabel, maka hasil kekuatan lapangan harus di interpolasi dengan data tabel. Untuk lebih jelasnya data Tabel 3.5 dapat dilihat berikut ini.

Tabel 3.5 Rasio $W/(c + p)$ maksimum yang disarankan (tanpa *superplasticizer*)

No.	Kekuatan Lapangan/ f'_{cr} (MPa)	Umur penelitian (hari)	$W/(c + p)$			
			Ukuran agregat maksimum (mm)			
			10	15	20	25
1.	48,3	28	0,42	0,41	0,40	0,39
2.		56	0,46	0,45	0,44	0,43
3.	55,2	28	0,35	0,34	0,33	0,33
4.		56	0,38	0,37	0,36	0,35
5.	62,1	28	0,30	0,29	0,29	0,28
6.		56	0,33	0,32	0,32	0,30
7.	69,0	28	0,26	0,26	0,25	0,25
8.		56	0,29	0,28	0,27	0,26

Sumber: SNI (2000)

6. Menghitung Kadar Bahan Bersifat Semen.

Kadar bahan bersifat semen per- m^3 beton dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.19 berikut ini.

$$\text{Kadar bahan bersifat semen} = \text{kebutuhan air total} : \text{rasio } W/(c + p) \quad (3.19)$$

Dari Persamaan 3.19 dapat diketahui bila kadar bahan bersifat semen yang dibutuhkan lebih dari $594 \text{ kg}/m^3$, maka komposisi campuran beton disarankan dibuat dengan menggunakan bahan bersifat semen alternatif atau metode perancangan proporsi beton yang lain.

7. Menghitung komposisi campuran dasar dengan analisis pada langkah-langkah yang telah dilakukan sebelumnya.

Langkah-langkah komposisi campuran beton tersebut merupakan cara untuk mengetahui jumlah proporsi pada campuran beton mutu tinggi yang direncanakan, untuk menentukan jumlah komposisi *superplasticizer* dan *silica fume* yang digunakan, maka dilakukan perhitungan berdasarkan berat semen dari analisis komposisi campuran beton.

3.5 PERAWATAN BENDA UJI

Menurut SNI 2493-2011, perawatan benda uji harus memenuhi ketentuan sebagai berikut ini.

1.6 Penutupan setelah penyelesaian, yaitu benda uji ditutup dengan bahan yang tidak mudah menyerap air, tidak reaktif dan dapat menjaga kelembaban sampai saat benda uji dilepas dari cetakan.

2.6 Perawatan untuk pemeriksaan proporsi campuran untuk kekuatan atau sebagai dasar untuk penerimaan atau pengendalian mutu sebagai berikut :

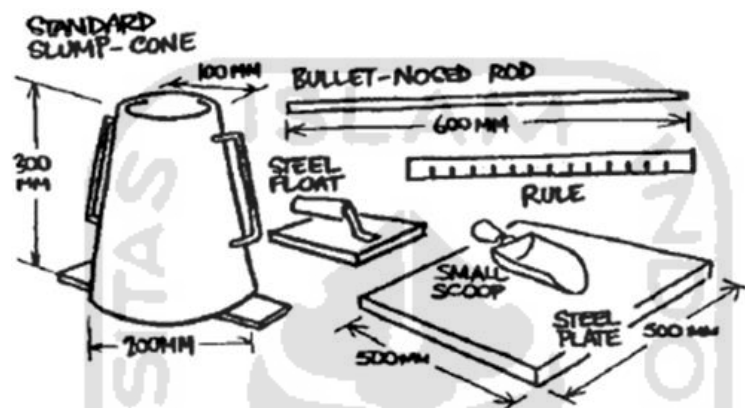
- a. perawatan awal sesudah pencetakan sebagai berikut :
 - 1) benda uji harus disimpan dalam suhu antara 16°C sampai 27°C dan dalam lingkungan yang lembab selama 48 jam, harus terlindungi dari sinar matahari langsung atau alat yang memancarkan panas,
 - 2) benda uji dilepas dari cetakan dan diberi perawatan standar,
 - 3) jika benda uji tidak akan diangkat selama 48 jam, cetakan harus dilepas dalam waktu $24 \text{ jam} \pm 8 \text{ jam}$ dan diberi perawatan standar sampai tiba waktu pengangkutan.
- b. Perawatan standar sebagai berikut :
 - 1) benda uji silinder sebagai berikut :
 - a) dalam waktu 30 menit sesudah dilepas dari cetakan, harus disimpan dalam keadaan lembab pada suhu $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$,
 - b) tidak lebih dari 3 jam sebelum pengujian pada suhu antara 20°C sampai 30°C ,
 - c) benda uji tidak boleh terkena tetesan atau aliran air.

Penyimpanan benda uji dalam keadaan basah, yaitu dengan perendaman dalam air kapur jenuh atau dengan ditutupi kain basah.

3.6 PENGUJIAN SCC MUTU TINGGI

3.6.1 Slump

Nilai *slump* digunakan untuk pengukuran terhadap tingkat kelecikan suatu adukan beton, yang berpengaruh pada tingkat pengerjaan beton (*workability*). berikut ini gambar kerucut Abrams yang digunakan dapat dilihat Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kerucut *abrams*
(Sumber : PBI, 1971)

Semakin besar nilai *slump*, maka beton semakin encer dan semakin mudah untuk dikerjakan, sebaliknya semakin kecil nilai *slump*, maka beton akan semakin kental dan semakin sulit untuk dikerjakan. Penetapan nilai *slump* untuk berbagai pengerjaan beton dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Penetapan nilai *slump* adukan beton

No.	Pemakaian Beton (berdasarkan Jenis Struktur yang Dibuat)	Nilai <i>Slump</i> (mm)	
		Maksimum	Minimum
1.	Dinding, plat fondasi dan fondasi telapak bertulang	125	50
2.	Fondasi telapak tidak bertulang, dan struktur dibawah tanah	90	25
3.	Plat, balok, kolom, dinding	150	75
4.	Perkerasan jalan	75	50
5.	Pembetonan massal (beton massa)	75	25

Sumber: Tjokrodinuljo (1992)

Workability dapat diamati dengan mengukur nilai *slump* yang didapatkan dari pengujian di laboratorium. Menurut Murdock (1991), membuat suatu hubungan antara tingkat *workability*, nilai *slump* yang digunakan untuk mengontrol tingkat *workability* dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut ini.

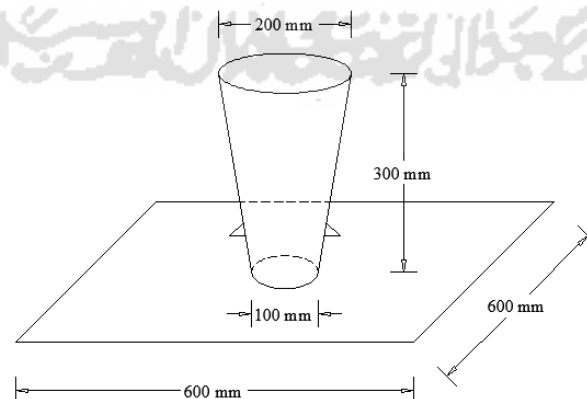
Tabel 3.7 *Workability* nilai *slump* pada beton tanpa zat-tambah

No.	Tingkat <i>workability</i>	Nilai <i>slump</i> (mm)
1.	Sangat rendah	0 – 25
2.	Rendah sampai sedang	25 – 50
3.	Sedang sampai tinggi	50 – 100
4.	Tinggi	100 – 175

Sumber: Murdock (1991)

3.6.2 *Slump-flow*

Menurut Ouchi (2003), pengujian *slump-flow* bertujuan untuk menguji kemampuan SCC mengalir dan mengisi keseluruhan bagian cetakan dengan memanfaatkan berat sendirinya (*filling ability*). Peralatan yang digunakan pada pengujian *slump-flow* sama dengan peralatan yang digunakan pada pengujian *slump* yaitu kerucut *abrams* pada Gambar 3.3. Adapun letak posisi alat dalam pengujian *slump-flow* disajikan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Posisi alat pada pengujian *slump-flow*

(Sumber: Ouchi, 2003)

Slump-flow merupakan alat untuk mengetes pengujian SCC yang dilihat tingkat penyebarannya, cara kerja alat *slump-flow* dapat dilihat sebagai berikut :

1. *slump-flow* diletakkan dengan posisi diameter yang kecil diletakkan di bawah. dibagian dasar alat ini diletakkan papan yang datar,
2. campuran beton dimasukkan dalam *slump-flow* sampai penuh. Campuran beton tersebut tidak boleh dirojok,
3. *slump-flow* diangkat secara perlahan,
4. diameter maksimum yang dicapai aliran beton dicatat (SF_{max}) yaitu 600 – 800 cm (EFNARC, 2000),
5. waktu yang diperlukan aliran beton untuk mencapai diameter T_{50} cm dicatat (SF_{50}), 2 – 5 detik (EFNARC, 2000).

3.6.3 Kuat Tekan Beton

Menurut Mulyono (2006), kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.

Menurut SNI 1974-2011 rumus kuat tekan beton dari hasil pengujian di laboratorium dengan sampel beton menggunakan Persamaan 3.20.

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (3.20)$$

dengan :

f'_c = kuat tekan (MPa),

P = beban tekan (N), dan

A = luas penampang benda uji (mm^2).

Menurut Dipohusodo (1996), beton akan mempunyai kuat tekan yang tinggi jika tersusun dari bahan lokal yang berkualitas baik. Bahan penyusun beton yang perlu mendapat perhatian adalah agregat, karena agregat mencapai 70-75%

volume beton. karena kekuatan agregat sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton, maka hal-hal yang perlu diperhatikan pada agregat adalah sebagai berikut :

1. permukaan dan bentuk agregat,
2. gradasi agregat, dan
3. ukuran maksimum agregat.

Menurut SNI 03-6815-2002 standar deviasi (S) atau biasa disebut dengan simpangan baku adalah standar satuan skala dalam mengolah (menganalisis kelompok data atau suatu nilai yang menunjukkan tingkat (derajat) variasi kelompok, bisa juga diartikan sebagai ukuran standar penyimpangan dari reratanya. Satuannya mengikuti satuan data yang diukur, dimana nilai dari deviasi standar ini untuk mengetahui kuat tekan. Semakin besar penyimpangan, maka akan semakin kecil nilai kuat tekan beton (X) yang didapatkan. Langkah-langkah analisis standar deviasi sebagai berikut ini.

1. Menghitung nilai rerata dari hasil analisis kuat tekan beton dengan menggunakan Persamaan 3.21 berikut ini.

$$X_{rt} = \frac{\Sigma(X_1+X_2+X_3\dots X_n)}{n} \quad (3.21)$$

dengan :

X_{rt} = data kuat tekan rerata dari semua benda uji,

X_i = data kuat tekan masing-masing benda uji ($X_1 + X_2 + X_3\dots X_n$),

n = jumlah benda uji.

2. Menghitung penyimpangan (selisih) kuat tekan dari masing-masing benda uji (X_i) terhadap kuat tekan rerata (X_{rt}) menggunakan Persamaan 3.22 berikut ini.

$$\text{Benda uji no.n} = (X_i - X_{rt}) \quad (3.22)$$

3. Menghitung nilai $(X_i - X_{rt})^2$ dan menjumlahkan hasil tersebut dengan menggunakan Persamaan 3.23 berikut ini.

$$\text{Benda uji no.n} = (X_i - X_{rt}) = (X_i - X_{rt})^2 \quad (3.23)$$

4. Menghitung standar deviasi (S) dengan menggunakan Persamaan 3.24 berikut ini.

$$\text{Standar deviasi (S)} = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X_{rt})^2}{(n-1)}} \quad (3.24)$$

5. Menghitung nilai kuat tekan beton yang dipakai atau berlaku (X) dengan menggunakan Persamaan 3.25.

$$X = X_{rt} - (1,645 \cdot S) \quad (3.25)$$

dengan :

X = nilai kuat tekan yang dipakai atau berlaku (MPa),

X_{rt} = data kuat tekan rerata dari semua benda uji,

S = standar deviasi.

Menghitung standar deviasi tergantung dari jumlah sampel yang digunakan, jika sampel kurang dari 30 buah, maka dalam menghitung standar deviasi dikalikan faktor pembesar yang dapat dilihat pada Tabel 3.8 berikut ini.

Tabel 3.8 Faktor pembesar standar deviasi

No.	Jumlah sampel	Faktor pembesar
1.	< 15	-
2.	15	1,16
3.	20	1,08
4.	25	1,03
5.	>30	1,00

Sumber: SNI (2002)

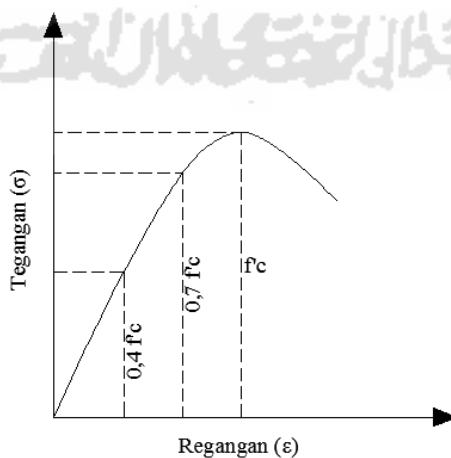
Dari Tabel 3.8 merupakan faktor pembesar dari analisis perhitungan standar deviasi, jika jumlah sampel yang digunakan pada penelitian berada diantara hasil jumlah sampel yang ada pada tabel tersebut, maka faktor pembesar standar deviasi boleh di interpolasi.

3.6.4 Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas Beton sering disebut sebagai modulus *young* yang merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan aksial dalam deformasi yang elastis, sehingga modulus elastisitas menunjukkan kecenderungan suatu material untuk berubah bentuk dan kembali lagi ke bentuk semula bila diberi beban. Modulus elastisitas merupakan ukuran kekakuan suatu material, sehingga semakin besar nilai modulus elastisitas bahan, maka semakin sedikit perubahan bentuk yang terjadi apabila diberi gaya dan semakin kecil regangan elastis yang terjadi atau semakin kaku (SNI 2826-2008).

Tolok ukur yang umum dari sifat elastisitas suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk per-satuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan itu (Murdock dan Brook, 1999). Berbeda dengan baja, maka modulus elastisitas beton dapat berubah menurut kekuatan. Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji (Wang dan Salmon, 1994).

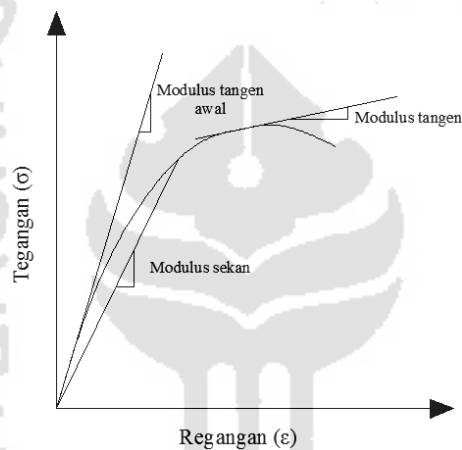
Menurut Nawy (1990) hubungan tegangan regangan beton perlu diketahui untuk menurunkan Persamaan-Persamaan analisis dan desain serta prosedur-prosedur pada struktur beton. Hubungan tegangan regangan dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Kurva tegangan regangan beton

(Sumber: Nawy, 1990)

Kurva tegangan regangan pada Gambar 3.4 merupakan kurva linier pada taraf pembebanan awal, maka modulus elastisitas (modulus young) pada kurva tersebut yaitu garis singgung pada kurva tegangan regangan dari titik pusat. Kemiringan garis singgung ini didefinisikan sebagai modulus tangen awal, bila dibuat modulus tangen pada titik pusat dengan tegangan sekitar $0,4.f'_c$ disebut modulus elastisitas sekan dari beton, pada modulus elastisitas sekan ini merupakan hasil modulus elastisitas yang ditinjau. untuk lebih jelasnya dari penjelasan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Modulus sekan dan modulus tangen beton

(Sumber: Nawy, 1990)

Penjelasan tersebut untuk analisis modulus elastisitas dari kurva tegangan regangan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.26 berikut ini.

$$E_c = \frac{\sigma(0,4.f'_c)}{\varepsilon(\sigma,4)} \quad (3.26)$$

dengan :

E_c = modulus elastisitas beton (MPa),

σ = tegangan,

ε = regangan, dan

f'_c = kuat tekan (MPa).

Untuk perhitungan tegangan dapat menggunakan Persamaan 3.19 dan untuk perhitungan regangan menggunakan Persamaan 3.27 berikut ini.

$$\text{Regangan } (\varepsilon) = \frac{\Delta L}{L} \quad (3.27)$$

dengan :

ε = regangan,

ΔL = perubahan panjang akibat beban P,

P = beban yang diberikan (kN), dan

L = panjang semula (mm).

Menurut SNI 03-2847-2013, perhitungan modulus elastisitas pada beton yang sudah diketahui beratnya dapat dihitung dengan rumus Persamaan 3.28.

$$E_c = W_c^{1.5} \cdot 0,043 \cdot \sqrt{f'_c} \quad (3.28)$$

Untuk W_c yaitu : $1440 \leq W_c \leq 2560 \text{ kg/m}^3$

dengan :

E_c = modulus elastisitas beton (MPa),

W_c = berat volume beton normal atau berat volume ekivalen beton ringan (kg/m^3), dan

f'_c = kuat tekan (MPa).

Apabila berat beton belum diketahui, maka perhitungan modulus elastisitas dapat menggunakan Persamaan 3.29 berikut ini.

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'_c} \quad (3.29)$$

dengan :

E_c = modulus elastisitas beton (MPa), dan

f'_c = kuat tekan (MPa).

3.6.5 Kuat Tarik/belah Beton

Penggunaan beton sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerjasama dan mampu membantu kelemahannya terutama pada bagian yang menahan gaya tarik (Dipohusodo, 1996).

Kuat tarik/belah pada benda uji silinder beton dilakukan untuk menentukan nilai kuat tarik/belah dari benda uji tersebut yang diperoleh dari hasil pembebanan dengan cara meletakkan benda uji secara mendatar/sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan (SNI 03-2491-2002).

Pengujian kuat tarik/belah beton menggunakan benda uji berbentuk silinder beton dengan diameter 150 mm dan panjang 300 mm, diletakkan arah memanjang atau horizontal diatas alat penguji. Kemudian diberi beban tekan secara merata arah tegak lurus dari atas keseluruhan panjang silinder. Untuk menambah penjelasan tentang kuat tarik/belah dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut ini.

Menurut SNI 03-2491-2002 rumus yang digunakan dalam menganalisis kuat tarik/belah menggunakan Persamaan 3.30 berikut ini.

$$f_{ct} = \frac{2.P}{D.L} \quad (3.30)$$

dengan:

f_{ct} = Kuat tarik/belah beton pada umur 28 hari (MPa),

P = Beban maksimum (N),

L = Tinggi silinder beton (mm), dan

D = diameter silinder beton (mm).

Nilai kuat tekan dan kuat tarik/belah beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya. Suatu perkiraan kasar dapat dipakai, bahwa kuat tarik bahan beton normal hanya berkisar antara 9-15 % dari kuat tekannya.