

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Konvensional

2.1.1 Definisi beton konvensional

Beton adalah hasil campuran antara semen Portland atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk masa padat. Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah :

- Kualitas semen
- Proporsi semen terhadap campuran
- Kekuatan dan kebersihan agregat
- Interaksi antara pasta semen dengan agregat
- Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton
- Penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton
- Perawatan beton
- Kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang diekspos dan 1% bagi beton yang tidak diekspos (Nawy, 1985:24)

Beton yang padat dan memiliki kekuatan yang tinggi diperoleh dengan menggunakan jumlah air yang minimal, konsisten dengan workabilitas yang dibutuhkan untuk memberikan kepadatan maksimal. (Murdock, dkk. 1991). Jumlah air minimal merupakan perbandingan air semen dalam campuran beton. Perbandingan air semen dibuat seminimal mungkin dengan memperhatikan batas *workability* yang dibutuhkan untuk menghasilkan kekuatan beton yang optimal. *Workability* tersebut mencakup kemudahan beton untuk dipadatkan, kemudahan beton untuk mengalir dalam cetakan, serta kemampuan beton tetap homogen untuk mencegah terjadinya pemisahan agregat dari bahan utamanya (segregasi). Salah satu cara untuk mendapatkan workabilitas yang baik adalah dengan melakukan penambahan *admixture*.

Pemadatan pada beton berfungsi untuk menghindarkan terjadinya segregasi, memperoleh kepadatan yang maksimal, dan mengurangi rongga udara yang terperangkap dalam beton sehingga bisa mendapatkan kekuatan yang maksimal. Pada umumnya pemadatan dilakukan menggunakan alat pemadat (*vibrator*). Namun penggunaan vibrator dapat menjadi suatu masalah jika tulangan dalam beton terlalu rapat, dan lokasi yang tidak bisa dijangkau oleh alat tersebut.

2.2 Baja Tulangan

Baja tulangan untuk konstruksi beton bertulang ada bermacam-macam jenis dan mutu tergantung dari pabrik yang membuatnya. Setiap pabrik baja mempunyai standar yang dipakai oleh pabrik yang bersangkutan. Ada dua jenis baja tulangan, yaitu tulangan polos dan tulangan ulir. Sebagian besar baja tulangan yang ada di Indonesia adalah produksi Krakatau Steel, yang umumnya berupa tulangan polos untuk baja lunak, dan tulangan ulir untuk baja keras.

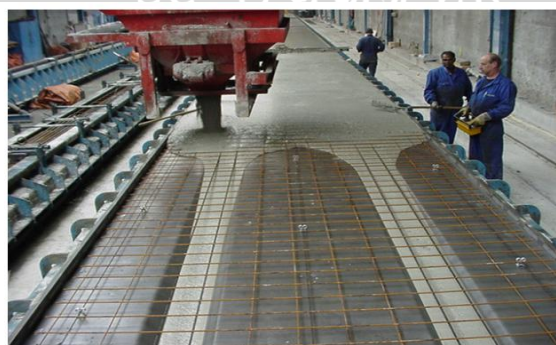
Baja Tulangan polos tersedia dalam beberapa macam diameter, tetapi karena ketentuan SNI hanya memperkenankan pemakaiannya untuk sengkang dan tulangan spiral, pemakaiannya terbatas. Saat ini, tulangan polos yang mudah dijumpai adalah hingga diameter 16 mm, dengan panjang standar 12 meter.

2.3 Self-Compacting Concrete (SCC)

2.3.1 Definisi *self-compacting concrete* (SCC)

Self-Compacting Concrete (SCC) adalah sebuah inovasi dalam teknologi pembuatan beton yang tidak memerlukan proses pemadatan untuk menempati bekistingnya dan memadat sendiri. SCC dapat mengalir sendiri, mampu memenuhi atau mengisi bekisting (*formwork*), dan mencapai kepadatan tertingginya. SCC yang keras bersifat padat, homogen, dan mempunyai sifat fisik, sifat mekanik dan durabilitas yang sama dengan beton konvensional yang memerlukan proses pemadatan (The European Guidelines for SCC, 2005). SCC dapat mempermudah pelaksanaan di lapangan karena memiliki tingkat workabilitas yang tinggi. Pengecoran SCC ditampilkan pada **Gambar**

2.1.



Gambar 2.1 Proses pengecoran SCC

Sumber : *Efnarc Association, Specification and Guidelines for SCC* (2002)

Beberapa metode yang telah diterapkan untuk memperoleh sifat beton yang *self-compatibility* adalah membatasi kandungan agregat, rasio *water-powder* yang rendah, dan penggunaan bahan aditif seperti *superplastizier* (Okamura & Ouchi, 2003).

2.3.2 Kelebihan dan kekurangan *self-compacting concrete* (SCC)

Secara umum beberapa faktor yang dapat dipandang sebagai keuntungan *Self Compacting Concrete* (SCC) bila dibandingkan dengan beton normal dapat dilihat pada

Tabel 2.1

Tabel 2.1 Manfaat *Self Compacting Concrete* (SCC)

Faktor	<i>Self Compacting Concrete</i>
Waktu Konstruksi	Lebih Cepat
Tenaga Kerja Lapangan	Berkurang
Permukaan Beton	Lebih Baik
Perletakan (Placing)	Lebih Mudah
Durability	Meningkat
Kebebasan Desain Struktur	Meningkat
Ketebalan Penampang Beton	Lebih Tipis
Tingkat Kebisingan	Berkurang
Keamanan SITE	Lebih Aman

(Sumber : Nourma Yunita, 2008)

Menurut Muntu dan Gunawan (2003), kelebihan dari penggunaan *Self Compacting Concrete* (SCC) adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Kelebihan dan Kekurangan *Self Compacting Concrete* (SCC)

	Kelebihan	Kekurangan
Pemilik Proyek (<i>owner</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Struktur bangunan dapat dibuat lebih ekonomis, memungkinkan pembuatan elemen struktur yang tipis. Waktu pelaksanaan proyek menjadi lebih cepat. Memungkinkan pembangunan bermacam-macam bentuk arsitektural, karena SCC dapat mengisi ke semua bagian <i>formwork</i> struktur. 	<ul style="list-style-type: none"> SCC lebih mahal dari pada beton konvensional.

- Pekerjaan *finishing* lantai menjadi lebih mudah karena pelat lantai yang dihasilkan sangat halus.
- Meningkatkan durabilitas struktur.
- Apabila ditinjau dari segi durabilitas struktur, keuntungan yang diperoleh antara lain :
 - Meningkatkan homogenitas dari beton.
 - Dapat membungkus tulangan dengan baik.
 - Porositas dari matrik beton yang rendah.
 - *No carbonation*.

Kontraktor	<ul style="list-style-type: none"> • Tenaga kerja yang dibutuhkan lebih sedikit. • Tidak memerlukan pemadatan dengan menggunakan <i>vibrator</i>. • Mengurangi pemakaian alat-alat berat, misalnya crane. • Waktu pengecoran menjadi lebih singkat. • Pengecoran pada bagian-bagian elemen struktur yang sulit dipadatkan dengan <i>vibrator</i> menjadi lebih mudah. • Pekerjaan <i>finishing</i> menjadi berkurang karena permukaan beton yang dihasilkan homogen, khususnya pada elemen pelat. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pembuatan bekisting cetakan beton harus diperhatikan karena mudah terjadi kebocoran akibat encernya campuran beton yang dihasilkan • Karena pemakaian semen yang cukup tinggi, maka perlu diperhatikan dalam segi pemeliharaan seperti <i>curing</i> untuk mencegah terjadinya susut dan retak pada beton.
------------	---	---

Produsen <i>Ready Mix</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan kapasitas produksi karena singkatnya waktu pengiriman dan pengecoran. • SCC mudah untuk dipompakan
------------------------------	---

2.3.3 Karakteristik *self-compacting concrete* (SCC)

SCC adalah campuran yang bersifat fluida, yang mudah mengalir saat dituangkan baik pada keadaan penulangan yang rapat maupun lokasi yang sulit tanpa diperlukan

adanya proses pemadatan. Menurut Muntu dan Gunawan (2003), suatu campuran beton dikatakan SCC bila memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

a. Pada beton segar (*fresh concrete*)

Persyaratan dasar suatu SCC dalam keadaan segar harus memiliki tingkat workability yang baik, diantaranya :

- *Filling Ability* , yaitu kemampuan campuran beton untuk mengisi ruangan.
- *Passing Ability*, yaitu kemampuan campuran beton untuk melewati struktur dengan tulangan yang rapat.
- *Segregation Resistance*, yaitu kemampuan beton untuk tetap homogen selama dan setelah terjadinya proses pengecoran.

b. Pada beton keras (*hardened concrete*)

- Memiliki tingkat durabilitas yang tinggi.
- Mampu membentuk campuran beton yang homogen.
- Memiliki tingkat absorpsi dan permeabilitas yang rendah.

Untuk menilai suatu campuran beton telah sesuai dalam kriteria SCC, ada batasan-batasan pada masing-masing persyaratan yang diberikan. Berikut batasan-batasan kriteria SCC yang terlampir pada **Tabel 2.3**.

Tabel 2.3 Batasan Kriteria SCC

No.	Method	Unit	Typical Range of Values	
			Min.	Max.
1	Slump flow by Abrams Cone	mm	650	800
2	T _{50cm} slump flow	sec	2	5
3	J-ring	mm	0	10
4	V-funnel	sec	6	12
5	Time increase, V-funnel at T _{5 minutes}	sec	0	3
6	L-shaped box	(h ₂ /h ₁)	0,8	1
7	U-shaped box	(h ₂ /h ₁) mm	0	30
8	Fill-box	%	90	100
9	GTM Screen stability test	%	0	15
10	Orimet	sec	0	5

Sumber : *Efnarc Association, Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete, 2002*

2.4 Material *Self-Compacting Concrete* (SCC) Zeolit Alam

2.4.1 Semen

Semen merupakan bahan utama pembentuk beton yang bersifat hidrolis, yaitu akan memiliki sifat adhesif dan kohesif apabila telah bereaksi dengan air dan berperilaku sebagai perekat bagi agregat-agregat beton. Semen juga merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik sektor konstruksi sipil. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras .

Semen portland adalah semen yang banyak digunakan dalam pekerjaan konstruksi. Menurut ASTM C-150 (1985), semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan 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.

Tabel 2.4 Komposisi Kimia Semen PPC

Komposisi Kimia	Prosentase (%)
Silikon Dioksida (SiO_2)	23,13
Alumunium Oksida (Al_2O_3)	8,76
Ferri Oksida (Fe_2O_3)	4,62
Kalsium Oksida (CaO)	58,66
Magnesium Oksida (MgO)	0,9
Sulfur Trioksida (SO_3)	2,18
Hilang Pijar (LOI)	1,69
Kapur Bebas	0,69
Bagian Tidak Larut	0,82

(Sumber : www.semen.web44.net)

ASTM (*American Standard for Testing Material*) menentukan komposisi semen portland menjadi lima tipe, yaitu :

- a. Type I : Semen portland yang digunakan untuk semua bangunan beton yang tidak mengalami perubahan cuaca yang dasyat atau dibangun dalam lingkungan yang sangat korosif.

- b. Type II : Jenis semen yang mengeluarkan panas hidrasi lebih rendah serta dengan kecepatan penyebaran panas yang rendah pula, selain itu juga lebih tahan terhadap serangan sulfat.
- c. Type III : Jenis semen yang cepat mengeras, yang cocok untuk pengerasan beton pada suhu rendah. Jenis ini digunakan bilamana kekuatan yang harus dicapai dalam waktu sangat singkat dan biasanya dipakai pada pembuatan jalan yang harus cepat dibuka untuk lalu lintas.
- d. Type IV : Semen jenis ini menimbulkan panas hidrasi yang rendah.
- e. Type V : Semen portland jenis ini tahan terhadap serangan sulfat serta mengeluarkan panas hidrasi 25-40% lebih rendah dari semen type I.

2.4.2 Air

Air dalam pembuatan beton digunakan untuk membantu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan mempermudah workability. Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan, menurunkan kualitas beton dan merusak sifat-sifat beton yang dihasilkan. Sebaiknya air yang dipakai adalah air tawar yang dapat diminum.

Air yang berlebih akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga akan mempengaruhi kekuatan beton.

2.4.3 Agregat

Agregat adalah material granular (suatu bahan keras/kaku) yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau mortar. Menurut Mulyono (2001), agregat mempunyai peranan sangat penting terhadap harga beton maupun kualitasnya. Volume total beton terdiri dari 70-75% volume agregat, oleh karena itu dengan menggunakan komposisi agregat semaksimal mungkin akan diperoleh harga lebih murah.

Agregat menempati 70-75% dari total volume beton, maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Kualitas agregat baik, beton mudah dikerjakan (*workable*), kuat, tahan lama (*durable*) dan ekonomis. Data mengenai pengaruhnya bisa dilihat pada **Tabel 2.4**

Tabel 2.5 Pengaruh Sifat Agregat Pada Sifat Beton

Sifat Agregat	Pengaruh pada	Sifat Beton
Bentuk, tekstur, gradasi	Beton cair	Keleccakan Pengikatan dan Pengerasan
Sifat fisik, sifat kimia, mineral	Beton keras	Kekutan, kekerasan, ketahanan (<i>durability</i>)

2.4.3.1 Agregat kasar

Agregat kasar adalah butiran mineral keras yang sebagian besar butirannya berukuran antara 5 mm sampai 40 mm, dan besar butiran maksimum yang diijinkan tergantung pada maksud dan pemakaiannya (Departemen Pekerjaan Umum, 1982).

**Gambar 2.2** Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam campuran SCC zeolite alam harus lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah agregat halus yang digunakan. Hal ini dilakukan agar blok-blok yang terjadi ketika aliran beton melewati tuangan baja dapat ditekan seminimal mungkin. Blok-blok ini terjadi karena sifat viskositas yang tinggi dari aliran beton segar, sehingga agregat-agregat kasar saling bersinggungan. Akibat terjadinya saling kontak antara agregat kasar maka *shear stress* akan terjadi dan karena aliran beton sangat lambat maka beton akan terkumpul di satu tempat sehingga mengurangi tingkat *workability* dari beton. Selain dari segi jumlah, ukuran dari agregat kasar juga harus dibatasi. Batasan untuk ukuran agregat kasar adalah maksimum 20 mm. Hal ini dilakukan untuk menghindari segregasi pada saat aliran beton melewati struktur dengan tulangan yang rapat.

Adapun persyaratan batu pecah yang digunakan dalam campuran beton menurut Departemen Pekerjaan Umum (1982) adalah sebagai berikut :

1. Besar butir agregat maksimum, tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{5}$ jarak terkecil bidang-bidang samping dari cetakan, $\frac{1}{3}$ tebal pelat atau $\frac{3}{4}$ dari jarak bersih minimum tulangan.

2. Kekerasan yang ditentukan dengan menggunakan bejana Rudeloff tidak boleh mengandung bagian hancur yang tmbus ayakan 2 mm lebih dari 16% berat
3. Bagian yang hancur bila diuji dengan menggunakan mesin *Los Angeles*, tidak boleh lebih dari 27% berat.
4. Kadar lumpur maksimal 1%
5. Bagian butir yang panjang dan pipih, maksimal 20% berat, terutama untuk beton mutu tinggi.

2.4.3.2 Agregat halus

Agregat halus adalah butiran-butiran mineral keras dan halus yang bentuknya mendekati bulat, ukuran butirannya sebagiann besar terletak antara 0,075 mm sampai 5 mm dan kadar bagian yang ukurannya lebih kecil dari 0,063 mm tidak lebih dari 5% (Departemen Pekerjaan Umum, 1982). Jumlah agregat halus yang digunakan dalam SCC zeolit alam harus lebih banyak dibandingkan jumlah agregat kasar yang digunakan. Agregat halus beton dapat berupa pasir alami, sebagai disintegrasi alami atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat-alat pemecah batu.

Menurut *British Standard* (BS) yang juga dipakai di Indonesia saat ini. Kekasaran pasir dapat dibagi menjadi empat kelompok gradasi (zone), yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar. Keempat gradasi tersebut disebut sebagai Daerah I (zone 1), Daerah II (zone 2), Daerah III (zone 3), dan Daerah IV (zone 4).

Tabel 2.6 Syarat Gradasi Agregat Halus/Pasir Menurut SKSNI T-15-1990-03

Lubang Ayakan (mm)	Presentase Berat Tembus Kumulatif			
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
9,6	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	35-90	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 :

Zone 1 : Pasir Kasar

Zone 3 : Pasir Halus

Zone 2 : Pasir agak Kasar

Zone 4 : Pasir agak Halus



Gambar 2.3 Agregat halus

Sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu pada Departemen Pekerjaan Umum (1982), maka agregat halus harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir agregat halus tidak boleh pecah dan hancur oleh pengaruh cuaca.
2. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, jika melebihi dari 5% pasir harus dicuci terlebih dahulu.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dengan menambahkan larutan NaOH 3%
4. Agregat halus harus terdiri dari butiran-butiran ragam besarnya, apabila diayak harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
 - Sisa di atas ayakan 4 mm minimum harus 2%
 - Sisa di atas ayakan 1 mm berkisar antara 10% berat
 - Sisa di atas ayakan 0,25 mm, berkisar antara 80-90%

Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

2.4.4 Bahan mineral zeolit alam

2.4.4.1 Zeolit alam

Zeolit adalah kelompok mineral yang dalam pengertian/penamaan bahan galian merupakan salah satu jenis bahan galian non logam atau bahan galian mineral industry. Zeolit merupakan suatu senyawa alumina silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah. Zeolit pertama kali ditemukan pada tahun 1756 oleh Baron Cronstedt, seorang ahli mineral berkebangsaan Swedia. Kata zeolit berasal dari dua kata dalam bahasa Yunani yaitu “zeo” yang berarti mendidih. dan ‘litos” yang berarti batuan.

Karena pada saat dipanaskan zeolit akan mengeluarkan banyak gelembung sehingga disebut sebagai “batuan mendidih” (Yuliusman. 1993).

Zeolit merupakan hasil mineral tambang yang bersifat lunak dan mudah kering. Warna zeolit adalah putih keabu-abuan, putih kehijauan, atau putih kekuning-kuningan. Ukuran Kristal zeolit tidak lebih dari 10-15 mikron. Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Ion-ion alkali tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit dan dapat menyerap air secara *reversible*.



Gambar 2.4 Zeolit alam

2.4.4.2 Struktur dan jenis zeolit

Zeolit mengandung unsur utama silikon, aluminium, dan oksigen serta mengikat sejumlah tertentu molekul air di dalam porinya. Unsur lain yang juga terdapat pada zeolit adalah unsur logam alkali dan alkali tanah. Secara umum rumus kimia zeolite dapat dituliskan sebagai berikut:



Dengan :

M : kation alkali atau alkali tanah,

m : jumlah molekul air per unit sel

n : valensi kation,

x,y : jumlah tetrahedron per unit sel

$[(AlO_2)_x (SiO_2)_y]$: kerangka zeolite yang bermuatan negatif

H_2O : molekul air yang terhidrat dalam kerangka zeolite

Molekul-molekul air yang terdapat dalam zeolit merupakan molekul yang mudah lepas. Zeolit alam terbentuk dari reaksi antara batuan tufa asam berbutir halus dan bersifat rhyiolitik dengan air pori atau air meteorik. Perbandingan antara atom Si dan Al yang bervariasi akan menghasilkan banyak jenis atau spesies zeolit yang terdapat di alam. Sampai saat ini telah ditemukan lebih dari 50 jenis zeolit. Namun mineral pembentuk

zeolit terbesar hanya ada sembilan jenis, yaitu analsim, khabazit, klinoptilolit, erionit, mordenit, ferrierit, heulandit, laumontit, dan fillipsit. Di Indonesia, jenis mineral zeolit yang terbanyak adalah klinoptilolit dan mordenit. Pada penelitian SCC Zeolit alam ini, bahan mineral zeolite alam yang digunakan adalah zeolite alam yang berasal dari Sumbermanjing Wetan, Kab. Malang yang berjenis mordenit.

Menurut proses pembentukannya, zeolit dapat dibedakan digolongkan menjadi dua jenis, yaitu zeolit alam dan zeolit sintesis.

- Zeolit Alam

Zeolit alam terbentuk karena adanya proses perubahan alam dari bebatuan vulkanik dan banyak dijumpai dalam lubang-lubang batuan lava dan dalam batuan sedimen. Zeolit alam biasanya masih tercampur dengan mineral lainnya seperti kalsit, gypsum, feldspar, dan kuarsa, dan ditemukan di daerah sekitar gunung berapi atau mengendap pada daerah sumber air panas.

- Zeolit Sintetik

Zeolit sintetik merupakan modifikasi dari susunan atom atau komposisi zeolit agar sesuai dengan yang diinginkan. Hal ini pertama kali dilakukan R.M. Milton dan rekan dari Unio Carbide pada tahun 1948 yang berhasil mensintesis zeolite sehingga memiliki sifat khusus sesuai dengan keperluannya. Zeolit ini terbentuk berdasarkan proses thermal dari senyawa-senyawa alumina, silica, dan logam alkali.

2.4.4.3 Unsur kimia zeolit alam

Zeolit alam banyak tersebar di Indonesia, dan setiap tempat memiliki jenis dan komposisi kimia yang berbeda. Berikut ini adalah komposisi kimia yang terdapat pada zeolit alam jenis mordenit yang berasal dari Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang.

Tabel 2.7 Komposisi Kimia Zeolit Alam

Komposisi Kimia	Prosentase (%)
Silikon Dioksida (SiO_2)	53,23
Alumunium Oksida (Al_2O_3)	10,28
Ferri Oksida (Fe_2O_3)	4,838
Kalsium Oksida (CaO)	27,69
Magnesium Oksida (MgO)	1,59

Sumber : Setiadi dan Astrid Pertiwi, (2007)

2.4.4.4 Aplikasi zeolit

Mineral zeolit sudah mampu dikembangkan dalam aplikasi di beberapa bidang, berikut ini beberapa aplikasi mineral zeolit alam di masyarakat :

Bidang	Aplikasi
Pertanian	Penetrasi keasaman tanah, meningkatkan aerasi tanah, sumber mineral pendukung pada pupuk dan tanah, serta sebagai pengontrol yang efektif dalam pembebasan ion amonium, nitrogen, dan kalium pupuk.
Peternakan	Meningkatkan nilai efisiensi nitrogen, dapat mereduksi penyakit <i>lembug</i> pada hewan ruminansia, pengontrol kelembaban kotoran hewan dan kandungan amonia kotoran hewan.
Perikanan	Membersihkan air kolam ikan yang mempunyai sistem resirkulasi air, dapat mengurangi kadar nitrogen pada kolam ikan.
Energi	Sebagai katalis pada proses pemecahan hidrokarbon minyak bumi, sebagai panel-panel pada pengembangan energi matahari, dan penyerap gas freon.
Industri	Pengisi (<i>filler</i>) pada industri kertas, semen, beton, kayu lapis, besi baja, dan besi tuang, adsorben dalam industri tekstil dan minyak sawit, bahan baku pembuatan keramik.

(Sumber : Sujarwadi, 2007)

2.4.5 Faktor air semen

Faktor air semen adalah nilai yang diperoleh dari hasil perbandingan kadar air dan kadar semen yang diperlukan. Semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah mutu kekuatan beton. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun.

Pada umumnya nilai FAS minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65. Rata-rata ketebalan lapisan yang memisahkan antar partikel dalam beton sangat bergantung pada faktor air semen yang digunakan dan kehalusan butir semennya. Pada praktiknya, untuk mengatasi kesulitan pengerjaan karena rendahnya nilai FAS ini, ditambahkan bahan tambah *Admixture Concrete* yang bersifat menambah daya alir beton.

2.5 Additon Superflow

2.5.1 Definisi *additon superflow*

Berdasarkan ASTM C. 494 : 1997, *additon superflow* termasuk dalam bahan *admixture* tipe A dan F. *Additon Superflow* merupakan bahan *superplasticising admixture* berjenis *High Range Water Reducer Retarder* (HWRRe) berbasis polycarboxylate polimer yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan dalam jumlah besar untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Selain itu *addition superflow* juga berfungsi untuk meningkatkan daya alir beton segar, sehingga beton dapat mengalir dan memadat dengan mengandalkan beratnya sendiri.

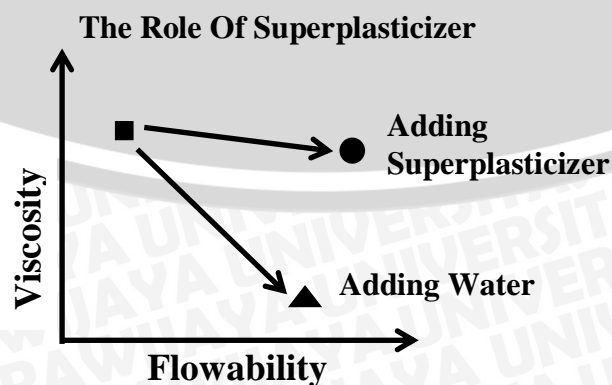


Gambar 2.5 Additon superflow

2.5.2 Keuntungan penggunaan *additon superflow*

Beberapa keuntungan yang diperoleh dari penggunaan *Additon Superflow* ini yaitu :

5. Meningkatkan sifat kohesif beton
6. Mengurangi *bleeding* dan segregasi
7. Mengurangi laju karbonasi beton
8. Mengurangi air hingga 40%



Gambar 2.6 Efek penggunaan *superplasticizer* terhadap viskositas (Okamura, 1997)

Sumber : (Okamura, 1997)

Pada gambar di atas adalah penjelasan singkat mengenai penggunaan *superplasticizer* dalam pembuatan beton, dimana dengan beton yang memiliki viscositas yang tinggi akan mengalami penurunan jika terjadi penambahan air dan memiliki *flowability* yang lebih rendah dibandingkan beton yang memiliki viscositas yang sama dengan penambahan *superplasticizer* yang menyebabkan menurunkan sedikit viscositas beton tersebut.

2.6 Proses Curing

Agar mendapatkan SCC zeolit alam dengan kekuatan yang optimal, maka harus diperhatikan proses *curing* pada beton tersebut. Menurut Tri Mulnoyo (2004:230), ada beberapa jenis metode perawatan (*curing*), antara lain perawatan dengan pembasahan. Pekerjaan perawatan dengan pembasahan ini dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:

- Menaruh beton dalam ruangan yang lembab.
- Menaruh beton dalam genangan air.
- Menyelimuti permukaan beton dengan air.
- Menyelimuti permukaan beton dengan karung basah.
- Menyirami permukaan beton secara kontinyu.
- Melapisi permukaan beton dengan air dengan melakukan compound.

2.7 Pengujian SCC Paduan Zeolit Alam

2.7.1 Pengujian beton segar

Metode pengujian yang dilakukan pada teknologi SCC dan konvensional sangat berbeda. Berbagai metode dan alat-alat pengujian telah dikembangkan saat ini guna untuk mendukung terpenuhinya kriteria-kriteria SCC seperti yang disebutkan diatas.

2.7.1.1 Slump flow test

Metode pengujian dengan *slump flow* merupakan metode yang sederhana, cepat dan mudah untuk dilakukan di lapangan. Pengujian *slump* ini berbeda dengan pengujian *slump* yang dilakukan pada beton konvensional. Pada pengujian *slump flow* ini alat yang digunakan terbalik sehingga diameter yang kecil diletakkan di bawah dan diameter yang besar diletakkan di atas. Gambar *slump flow* ditampilkan pada **Gambar 2.7**.

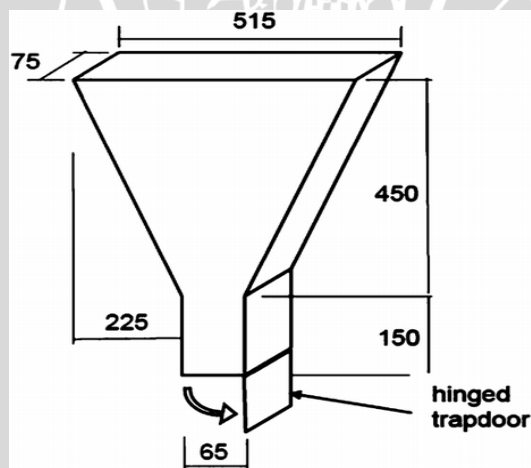


Gambar 2.7 Slump flow test

Pada pengujian *slump flow test* ini terdapat suatu batasan dimana untuk masuk kategori SCC harus memenuhi syarat *filling ability* yang baik. Batasan dalam alat uji *slump cone test* ini, campuran beton yang dikategorikan SCC harus mampu mencapai diameter 50 cm dalam waktu 2-5 detik setelah *cone* ditarik dan dapat mencapai 65 – 80 cm setelah 5 detik.

2.7.1.2 V-funnel test

Pengujian *V-funnel* ini dikembangkan pertama kali di Jepang dan digunakan oleh Ozawa. Alat ini terdiri dari corong yang berbentuk V yang dapat dilihat pada **Gambar 2.8**. Hasil dari pengujian *V-funnel* ini saling mendukung dengan hasil pengujian *slump cone*.



Gambar 2.8 V-funnel

Pengujian dengan *V-funnel* ini berguna untuk mengukur *flowability* dari campuran beton dimana kemampuan campuran beton untuk mengisi ruang dapat dilihat. Selain itu pengujian *V-funnel* ini juga dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan campuran beton untuk menahan segregasi.

Pengujian dengan menggunakan *V-funnel* ini terdapat suatu batasan dimana untuk masuk dalam kategori SCC yang memiliki *filling ability* yang baik. Batasan dalam alat

uji *V-funnel* ini adalah campuran beton yang dikategorikan SCC harus mampu mencapai waktu 8-12 detik.

2.7.2 Pengujian beton keras

2.7.2.1 Pengujian kuat lentur

Lenturan murni adalah suatu lenturan yang berhubungan dengan lenturan sebuah balok di bawah suatu momen lentur (bending moment) konstan yang berarti bahwa gaya lintangnya sama dengan nol (karena $V = dM/dX$)

Sebaliknya lenturan tidak merata berhubungan dengan lenturan dalam kehadiran gaya-gaya lintang, yang berarti bahwa momen lenturnya akan bergerak sepanjang balok. (Timoshenko & Gere. 1996).

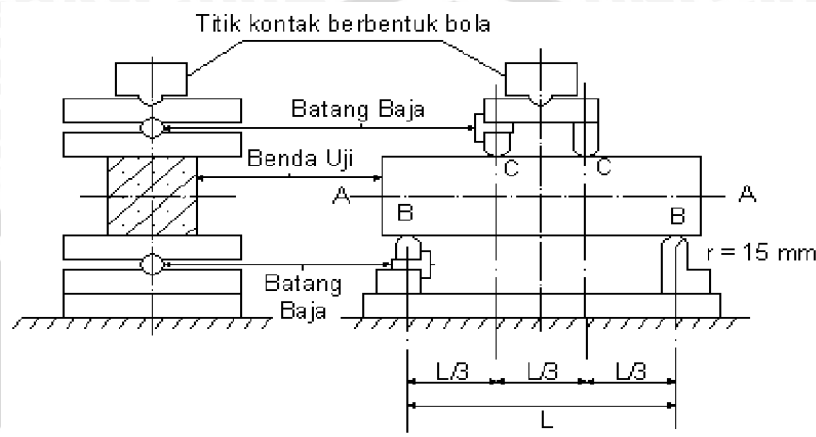
Kuat lentur balok adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang benda uji. Kuat lentur balok merupakan factor penting dalam menentukan sifat-sifat mekanis dan karakteristik beton itu sendiri. Komponen-komponen yang mempengaruhi kekuatan beton adalah factor air semen, derajat kepadatan, umur beton, jenis semen, jumlah semen dan kualitas agregat.

Salah satu metode yang sering digunakan untuk menguji kuat lentur balok adalah pengujian lentur balok dengan dua titik pembebanan. Metode pengujian kuat lentur balok dengan dua titik pembebanan diatur dalam SNI 4431:2011. Langkah-langkah pengujian kuat lentur beton adalah sebagai berikut :

- a. Hidupkan mesin uji tekan beton yang telah dipersiapkan, tunggu kira-kira 30 detik.
- b. Letakkan benda uji pada tumpuan dan atur benda uji sehingga siap untuk pengujian.
- c. Atur pembebanannya untuk menghindari terjadi benturan.
- d. Atur katup-katup pada kedudukan pembebanan dan kecepatan pembebanan pada kedudukan yang tepat.
- e. Kurangi kecepatan pembebanan pada saat-saat menjelang patah yang ditandai dengan kecepatan gerak jarum pada skala beban agak lambat, sehingga tidak terjadi kejut.
- f. Hentikan pembebanan dan catat beban maksimum yang menyebabkan patahnya benda uji
- g. Ambil benda uji yang telah selesai diuji, yang dapat dilakukan dengan menurunkan plat perletakan benda uji atau menaikkan alat pembebanannya.

- h. Ukur dan catat lebar dan tinggi tampang lintang patah dengan ketelitian 0,25 mm sedikitnya pada 3 tempat dan ambil harga rata-ratanya.
- i. Ukur dan catat jarak antara tampang lintang patah dan tumpuan luar terdekat pada 4 tempat di bagian tank pada arah bentang dan ambil harga rata-ratanya.

Berdasarkan SNI 4431:2011 detail gambar pengujian kuat lentur balok dapat dilihat pada **Gambar 2.9**



Gambar 2.9 Pengujian kuat lentur balok

Sumber : SNI 443:2011

Kuat lentur balok sederhana dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$\sigma = \frac{p l}{b d^2} \quad (2-2)$$

Dimana :

σ = kuat lentur (Mpa)

P = beban maksimum yang menghasilkan keruntuhan balok uji (N)

l = panjang bentang antara kedua balok tumpuan (mm)

b = lebar balok rata-rata penampang runtuh (mm)

d = tinggi balok rata-rata pada penampang runtuh (mm)

2.7.2.2 Pengujian lendutan balok

Satu hal yang penting dari struktur beton bertulang adalah masalah lendutan yang terjadi akibat beban yang bekerja. Struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan yang mungkin memperlemah kekuatan maupun kemampuan layan struktur pada beban kerja.

Berkaitan dengan hal tersebut, bila bentang panjang maka lendutan akan besar. Untuk memperkecil lendutan biasanya dengan memperbesar kekakuan penampang (EI)

Lendutan untuk balok yang ditumpu oleh tumpuan sederhana dengan dua beban terpusat adalah:

$$\delta = \frac{M}{24EI} (3L^2 - 4a^2) \quad (2-3)$$

Dimana :

δ = lendutan (mm)

M = momen (kgm)

L = panjang bentang antara kedua balok tumpuan (mm)

a = jarak antara tumpuan dan beban ($1/3 L$) (mm)

EI = kekakuan penampang

2.8 Kekakuan

Nilai kekakuan berdasarkan rumus defleksi yang ada didapatkan dari persamaan berikut :

$$K = \frac{P}{\Delta} \quad (2-4)$$

Dengan :

K = kekakuan

P = beban kerja

Δ = lendutan

Kekakuan lentur pada awalnya tergantung pada ukuran geometri elemen dan modulus elastisitas materialnya. Hubungan tersebut tidak berlaku secara sederhana pada struktur beton bertulang karena harus mempertimbangkan pengaruh retakan dan kontribusi beton terhadap tegangan tarik (Paulay, 1992).

2.9 Daktilitas

Daktilitas merupakan kemampuan struktur atau sub-struktur untuk menahan respon inelastik yang dominan dalam memikul beban dan menyerap energi agar tidak runtuh. Secara matematis, nilai daktilitas (μ) struktur didefinisikan sebagai perbandingan antara suatu parameter deformasi rencana maksimum struktur (δ_u) diambil nilai deformasi dari penurunan 20% beban puncak (ACI Committee 374, 2005) / 15% beban puncak (Ujianto, 2006) dari beban maksimum, dengan deformasi pada saat terjadinya leleh pertama pada struktur yang ditinjau (δ_y), seperti yang diberikan dalam persamaan berikut:

$$\mu = \frac{\delta_u}{\delta_y} \quad (2-5)$$

Dengan :

μ = daktilitas

δ_u = lendutan Ultimit

δ_y = lendutan Leleh Pertama

2.10 Penelitian Terdahulu

1. *Self Compacting Concrete*, Okamura dan Ouchi, 2003

Hasil Penelitian :

- a. Metode yang digunakan untuk mendapatkan sifat self compacting concrete antara lain :
 - Pembatasan jumlah agregat
 - Rasio air semen yang rendah
 - Penggunaan Superplasticizer
- b. Pembatasan jumlah agregat kasar sekitar 50% dari volume beton untuk mengurangi interaksi antar agregat kasar. Pembatasan jumlah agregat halus sekitar 60%.

2. Penerapan *Self Compacting Concrete* (SCC) Pada Beton Mutu Normal, Risdianto, 2010.

Hasil Penelitian :

Penggunaan SCC dapat meningkatkan *workability* pada campuran beton sehingga lebih mudah dalam proses pengecoran beton ke dalam bekisting. Tetapi dalam penggunaan SCC harus lebih diperhatikan pada pembuatan bekisting karena encernya campuran beton dengan menggunakan SCC dan jika bekisting tidak rapat akan menyebabkan pengurangan FAS dalam campuran beton yang dapat menurunkan kuat tekan pada beton tersebut.

3. Penggunaan *Fly ash* dan *Viscocrete* Pada *Self Compacting Concrete*, Sugiharto, 2001.

Hasil Penelitian :

- a. Untuk penggunaan *viscocrete* dalam SCC merupakan hal yang mutlak harus diberikan. Tanpa diberikan *viscocrete*, *trial mix* tidak akan mengalami keadaan

self compactability, meskipun *trial mix* dibuat mendekati beton sangat cair tetapi tetap tidak dapat memenuhi syarat *flowability* dan *workability*.

- b. Komposisi binder 6:4 dan penggunaan dosis *viscocrete* 1,5% merupakan kondisi yang paling optimal baik ditinjau dari segi *workability*, *flowability*, dan kuat tekan beton.
4. Pengaruh Penambahan *Admixture* Terhadap Karakteristik *Self Compacting Concrete* (SCC), Mariani, Sampebulu, & Ahmad, 2009.
Hasil Penelitian :
 - a. Penambahan *admixture superplastizicer* berpengaruh terhadap karakteristik SCC yaitu tingkat kelecekan aliran (*workability*)
 - b. Pengaruh penambahan *admixture superplasticizer* terhadap karakteristik *workability* SCC, yaitu semakin besar kadar superplasticizer yang diberikan maka semakin tinggi kelecekan aliran yang diukur dengan nilai *slump-flow* SCC. Sebaliknya, semakin besar kadar *superplasticizer* yang diberikan maka semakin menurun kekuatan tekan SCC.
 - c. Kadar 1,5% *superplasticizer* adalah kadar optimal yang dilihat dari tingkat kelecekan aliran (*workability*) dan kuat tekan SCC.
 5. High-strenght and Flowing Concrete with a Zeolitic Mineral Admixture, Feng NQ, Li QZ and Zang XW, 1990.

Hasil Penelitian :

Zeolit menggantikan 10% dari berat semen OPC dan dengan tambahan *superplasticizer* yang sesuai, (W/C sekitar 0,3 – 0,35) dapat dihasilkan beton mutu tinggi dengan kuat tekan rata-rata 80 MPa dan slump sekitar 180 mm. Terjadi peningkatan kuat tekan 10-15% jika dibandingkan dengan beton tanpa zeolit.

2.11 Hipotesis

Dari hasil penelitian terdahulu kami memiliki beberapa hipotesis, antara lain :

- a. Zeolit alam sebagai bahan untuk menggantikan sebagian semen dalam pembuatan campuran SCC berpengaruh terhadap kuat lentur beton.
- b. Ada perbedaan nilai kuat lentur pada variasi komposisi zeolit alam beton SCC zeolit alam dengan beton normal.
- c. Ada perbedaan nilai lendutan pada variasi komposisi zeolit alam beton SCC zeolit alam dengan beton normal.