

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

1. Umum

Beton adalah campuran dari agregat dan pasta. Beton juga dapat didefinisikan sebagai bahan bangunan dan konstruksi yang sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih. Jenis agregat adalah agregat halus (pasir), agregat kasar (batu, kerikil) dan pasta adalah campuran antara air dan *cement portland*. Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen. *Cement portland* adalah bahan pengikat hidrolis untuk mengikat bahan yang digunakan untuk pembuatan beton. Semen terdiri dari 10-15% dari volume campuran beton. Melalui proses yang disebut hidrasi, semen dan air yang mengeras dan mengikat agregat menjadi batu-batuan massa. Proses pengerasan ini terus berlanjut selama bertahun-tahun yang berarti bahwa beton semakin kuat karena bertambahnya umur beton.

Self Compacting Concrete adalah beton yang mampu mengalir sendiri yang dapat dicetak pada bekisting dengan tingkat penggunaan alat pemadat yang sangat sedikit atau bahkan tidak dipadatkan sama sekali. Beton ini, memanfaatkan pengaturan ukuran agregat, porsi agregat dan *admixture superplasticizer* untuk mencapai kekentalan khusus yang memungkinkannya mengalir sendiri tanpa bantuan alat pemadat. Sekali dituang ke dalam cetakan,

beton ini akan mengalir sendiri mengisi semua ruang mengikuti prinsip gravitasi, termasuk pada pengecoran beton dengan tulangan pembesian yang sangat rapat. Beton ini akan mengalir ke semua celah di tempat pengecoran dengan memanfaatkan berat sendiri campuran beton. (Ladwing, II – M., Woise, F., Hemrich, W . and Ehrlich, N. dalam Sugiharto, 2001)².

Beton SCC harus memenuhi tiga syarat utama: 1) kemampuan untuk mengalir (*flowability*); 2) kemampuan untuk melewati (*passingability*); dan 3) kemampuan pencegahan segregasi agregat (*segregation resistance*) (Okamura, 2003).

Kemampuannya yang dapat mengalir membuat beton jenis ini dapat dipompa dan dialirkan melalui pipa. Hal ini sangat membantu sekali dalam pekerjaan di proyek terutama ketika hendak mengerjakan struktur dengan elevasi yang tinggi. Selain itu, pencegahan segregasi agregat membuat SCC lebih unggul karena dengan tinggi jatuh yang relatif tinggi, beton jenis ini tidak mengalami segregasi.

2. Studi Terdahulu Mengenai Topik Penulisan

No	Peneliti (Tahun)	Judul Penelitian
1	Okamura dan Ouchi (2003)	<i>Self-Compacting Concrete</i>
<p>Kesimpulan :</p> <p>Didapatkan bahwa perbandingan proporsi campuran beton untuk beton konvensional dan beton SCC ditunjukkan dengan gambar 2.1.</p>		

	<p style="text-align: center;">Self-Compacting Concrete (Admixture: superplasticizer)</p> <p style="text-align: center;">Conventional Concrete</p> <p>Gambar 2.1 Perbandingan proporsi campuran antara beton konvensional dan beton SCC</p> <p>Penggunaan agregat kasar dibatasi sebanyak 50% dari volume beton dan penggunaan agregat halus dibatasi sampai 40% dari volume mortar.</p>	
2	Slamet Widodo (2013) ³	Optimalisasi Kuat Tekan <i>Self-Compacting Concrete</i> Dengan Cara <i>Trial-Mix</i> Komposisi Agregat Dan <i>Filler</i> Pada Campuran Adukan Beton
	<p>Kesimpulan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Komposisi agregat memberikan pengaruh terhadap sifat beton segar, yaitu pada <i>workability</i> dan aliran beton segar. Hal itu terlihat pada besarnya nilai <i>slump</i> dan <i>slump flow</i>. Banyaknya agregat kasar mempengaruhi daya alir beton, pada komposisi agregat sekitar 50% - 60% (misal; pasir : kerikil = 1 : 1 dan pasir : kerikil = 1 : 1,5) daya alir beton baik karena nilai <i>flowability/slump flow</i> yang dicapai 70 cm, lebih besar dari <i>slump flow</i> minimal yaitu 65 cm, sedangkan pada komposisi pasir : kerikil = 1 : 2 nilai <i>slump flow</i> adalah 60 cm (kurang dari <i>slump flow</i> standar) sehingga dikatakan daya alir beton pada perlakuan tersebut tidak memenuhi syarat (beton segar sulit mengalir). 	

	<p>2. Hasil kuat tekan <i>Self Compacting Concrete</i> yang dicapai ditunjukkan dengan besarnya nilai kuat tekan rata – rata beton pada umur 28 hari. Hasil kuat tekan <i>SCC</i> ini berubah seiring perubahan komposisi agregat, pada komposisi pasir dibanding kerikil = 2 : 1 kuat tekan mulai naik dan mencapai kuat tekan tertinggi pada komposisi pasir : kerikil = 1 : 1,5 dan mengalami penurunan pada perlakuan pasir : kerikil = 1 : 2.</p>	
3	N, Ariyani dan P, Laia (2013) ⁴	<p>Pengaruh Pemakaian Fly Ash Dan Superplasticizer Pada Kuat Tekan Beton</p> <p>Kesimpulan :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kuat Tekan Maksimum dicapai pada campuran penggantian fly ash 20% dan <i>superplasticizer SikaCim Concrete Additive</i> 0,6% yaitu sebesar 55,95 MPa dengan kuat tekan pada beton normal adalah 39,51 MPa. 2. Penggunaan <i>superplasticizer SikaCim Concrete Additive</i> dapat mempermudah pengadukan beton, dimana nilai slump berkisar antara 50 – 100 mm. 3. Semakin banyak penggunaan fly ash, maka semakin kecil nilai slump.
4	Sofyan,dkk (2016) ⁵	<p>Pengaruh Penggunaan <i>SikaCim Concrete Additive</i> Terhadap Kuat Tekan Beton</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kuat tekan rata-rata beton normal pada umur 3, 7, 10, dan 28 hari adalah 12,6 Mpa, 14,9 Mpa, 18,9 Mpa, dan 25,6 Mpa. Sedangkan untuk beton dengan penambahan <i>Sikacim Concrete Additive</i> 1% dari berat semen didapatkan kuat tekan rata-rata sebesar 17,7 Mpa, 20,8 Mpa, 25,1 Mpa, dan 28,3 Mpa.

2. Rasio peningkatan kuat tekan beton normal dengan beton menggunakan *Sikacim Concrete Additive* pada umur 3, 7, 10, dan 28 hari adalah 40,48%, 39,60%, 32,80% dan 10,55%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa beton dengan penambahan *Sikacim Concrete Additive* mengalami peningkatan yang tinggi pada minggu pertama umur beton.
3. Penggunaan bahan *tambah Sikacim Concrete Additive* menyebabkan peningkatan kekuatan beton yang tinggi jika dibandingkan dengan beton normal dengan rasio peningkatan rata-rata sebesar 24,68%.
4. Dengan penambahan *Sikacim Concrete Additive* 1% pada umur beton 10 hari didapatkan kuat tekan rencana dengan kuat tekan rata-rata sebesar 25,1 Mpa, dari mutu beton rencana $f'c = 25$ Mpa.

Dari hasil penelitian Okamura dan Ouchi (2003) menunjukkan bahwa komposisi pasir dan kerikil adalah sama besar bahkan pasir memiliki komposisi yang lebih besar dalam campuran beton. Namun dalam penelitian Slamet Widodo (2013) menyimpulkan bahwa kuat tekan beton SCC tertinggi terjadi pada komposisi pasir : kerikil = 1 : 1,5.

Penggunaan *Sikacim Concrete Additive* dengan proporsi 0,6% pada penelitian Ariyani N dan Laila P dan proporsi 1% pada penelitiannya Sofyan dkk berpengaruh terhadap meningkatnya kuat tekan beton dengan peningkatan lebih dari 20%.

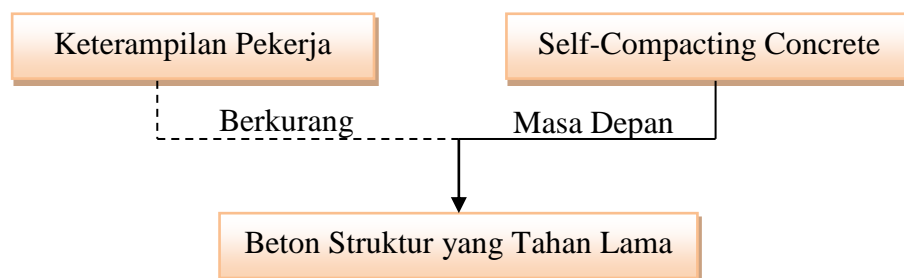
Bermula dari hasil-hasil penelitian diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi ideal untuk pasir dan kerikil dengan variasi pasir : kerikil yang diteliti adalah 40:60, 50:50, dan 60:40. Penelitian ini juga akan

mengkaji proporsi ideal penambahan *Sikacim Concrete Additive* pada campuran beton dengan range variasi proporsi yang lebih lebar. Jika biasanya penelitian untuk mengkaji proporsi *Sikacim Concrete Additive* berkisar antara 0,6-1,0%, maka dalam penelitian ini diperlebar menjadi 0,5-2,5% dan variasi yang dipakai adalah 0,5%; 1,5%; dan 2,5% .

B. Landasan Teori

1. Beton Memadat Mandiri (*Self Compacting Concrete*)

Self-Compacting Concrete pertama kali dikenal di Jepang pada tahun 1988 untuk mendapat beton struktur yang kuat. Sejak itu, banyak penelitian yang dilakukan untuk mengetahui komposisi ideal dari *Self-Compacting Concrete*. Beberapa tahun sejak 1983, permasalahan ketahanan dan kekuatan beton struktur menjadi topik utama di Jepang. Untuk membuat beton dengan ketahanan dan kekuatan yang baik diperlukan pemadatan yang harus dilakukan oleh pekerja dengan skill. Penurunan jumlah pekerja terampil di Industri Konstruksi Jepang menyebabkan penurunan kualitas pekerjaan konstruksi. Solusi untuk mendapat beton struktur dengan ketahanan yang baik dengan sendirinya adalah dengan *self-compacting concrete*, beton ini dapat mengisi hingga sudut bekisting dan mengisi seluruh ruang dengan berat sendirinya dan tanpa memerlukan alat penggetar (*vibrator*).



Gambar 2.2 Kebutuhan akan *Self-Compacting Concrete*

Kelebihan dari beton *SCC* diantaranya :

1. Konstruksi lebih cepat.
2. Meningkatkan kualitas daya tahan.
3. Kekuatan yang dihasilkan lebih tinggi.
4. Mengurangi kebisingan di tempat proyek.
5. Mengurangi masalah di bidang getaran.
6. Mengurangi pekerjaan di lapangan.

Namun beton *SCC* juga memiliki kekurangan, diantaranya :

1. Menggunakan bahan tambah, sehingga biaya pembuatan beton menjadi lebih mahal.
2. Harus trial terlebih dahulu untuk menentukan mix design dan kuat tekan beton.

2. Sifat-Sifat Beton *SCC*

a. Pada beton segar (*fresh state concrete*)

Beton *SCC* dalam keadaan segar harus memiliki tingkat *workability* yang baik yaitu :

- *Filling ability* : Kemampuan campuran beton segar untuk mengisi ruangan.
- *Passing ability* : Kemampuan campuran beton segar untuk melewati tulangan.
- *Segregation resistance* : Ketahanan campuran beton segar terhadap segregasi.

b. Pada beton keras (*hardened concrete*)

- Memiliki tingkat *absorpsi* dan permeabilitas yang rendah.

- Mempunyai tingkat durabilitas yang tinggi.
- Mampu membentuk campuran beton yang homogen.

3. *Mix Design* dan Pengujian Beton SCC

Untuk mendapatkan campuran beton dengan tingkat *workability* dan kekuatan awal yang tinggi, Okamura dan Ozawa (1993)⁶ mengusulkan metode *mix design* sederhana dengan mengacu pada material yang sudah tersedia pada pabrik beton ready mix. Kadar agregat kasar dan agregat halus ditentukan terlebih dahulu dan pemadatan mandiri didapatkan dengan mengatur faktor air-binder dan dosis *superplasticizer*. Spesifikasinya antara lain :

- a. Agregat kasar dibatasi jumlahnya sampai $\pm 50\%$ dari campuran beton.
- b. Pembatasan jumlah agregat halus $\pm 40\%$ dari volume mortar.
- c. Dosis *superplasticizer* dan faktor air-binder ditentukan setelahnya untuk mendapatkan pemadatan secara mandiri.

Penentuan kualitas beton segar SCC mengacu pada pengujian untuk mengalir tanpa terjadi segregasi. Berbagai macam pengujian yang telah dikenal diantaranya adalah :

- a. *Box type test*, untuk mengetahui kohesivitas campuran.
- b. *L-Box Test*, untuk mengetahui *flow ability*, *passing ability*, dan *self leveling* dengan melewati tulangan.
- c. *Slump flow table test*, untuk mengetahui *flow ability* di permukaan cetakan.
- d. *J-ring flow table test*, untuk mengetahui *flow ability* dan *passing ability* di cetakan yang melewati celah tulangan.
- e. *V-funnel test*, untuk mengetahui *deformabilitas* dan *viskositas*.

(EFNARC,2002)⁷

Sementara itu ada beberapa pengujian beton segar lain yang dipaparkan oleh Tattersall (1983)⁸ :

- a. *Fill box test*, untuk mengetahui kemampuan beton segar mengisi tulangan dan menghindari segregasi.
- b. *Wet Sieving Stability Test*, untuk mengetahui rasio segregasi beton segar.
- c. *Penetration Test for Segregation*, untuk mengukur resistensi penetrasi beton yang bersifat cair dan pematatan mandiri.

4. Bahan Penyusun Beton SCC

1. Semen Portland

Semen Portland ialah semen hidrolis yang terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silica, alumina, dan oksida besi. Semen Portland memiliki sifat-sifat yang dapat meningkatkan kekuatan. Sifat yang paling penting dari semen Portland adalah mampu mengeras melalui suatu reaksi kimia dengan air yang disebut hidrasi.

Semen Portland dihasilkan dengan cara menggiling terak semen Portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk Kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

Jenis dan penggunaan semen Portland :

- a. Jenis I, yaitu semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

- b. Jenis II, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- c. Jenis III, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- d. Jenis IV, yaitu semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Tabel 2. 1 Persyaratan Kimia Semen Portland

No	Uraian	Jenis semen portland				
		I	II	III	IV	V
1	SiO ₂ , minimum	-	20,0	-	-	-
2	Al ₂ O ₃ , maksimum	-	6,0	-	-	-
3	Fe ₂ O ₃ , maksimum	-	6,0	-	6,5	-
4	MgO, maksimum	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
5	SO ₃ , maksimum					
	Jika C ₃ A ≤ 8,0	3,0	3,0	3,5	2,3	2,3
	Jika C ₃ A > 8,0	3,5	-	4,5	-	-
6	Hilang pijar, maksimum	5,0	3,0	3,0	2,5	3,0
7	Bagian tak larut, maksimum	3,0	1,5	1,5	1,5	1,5
8	C ₃ S, maksimum	-	-	-	35	-
9	C ₂ S, minimum	-	-	-	40	-
10	C ₃ A, maksimum	0	8,0	15	7	5
11	C ₄ AF + 2 C ₃ A atau C ₄ AF + C ₂ F, maksimum	-	-	-	-	25

(Sumber : SNI 15-2049-2004)⁹

Tabel 2.2. Persyaratan fisik semen Portland Tipe I

No	Uraian	Nilai
1	Kehalusan	
	Uji permeabilitas udara	
	<i>Turbidimeter</i>	160 (m ² /kg)
	<i>Blaine</i>	280 (m ² /kg)
2	Kekekalan	
	Pemuaian dengan <i>autoclave</i> , maksimal	0,8 %
3	Kuat tekan	
	Umur 1 hari	-
	Umur 3 hari	125 kg/cm ²
	Umur 7 hari	200 kg/cm ²
	Umur 28 hari	280kg/cm ²
4	Waktu pengikatan (metode alternatif) dengan alat:	
	<i>Gilmore</i>	
	Awal	60 menit
	Akhir	600 menit
	<i>Vicat</i>	
	Awal	45 menit
Akhir	375 menit	
5	Pengikatan semu penetrasi akhir	50 %
6	Kandungan udara mortal (volume)	12 %

(Sumber : SNI 15-2049-2004)

2. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Pengaruh kekuatan agregat terhadap beton begitu besar, karena umumnya kekuatan agregat lebih besar dari kekuatan pasta semennya. Kira-kira 70 % volume mortar atau beton diisi oleh agregat. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton (Tjokrodimuljo,1996)¹⁰. Terdapat 2 jenis agregat yang dibutuhkan yaitu :

a. Agregat Halus

Pasir dalam campuran mortar sangat menentukan kemudahan workability, kekuatan, dan tingkat keawetan dari mortar yang dihasilkan. Pasir biasanya didapatkan dari alam dengan cara memompa dari sungai atau melalui endapan. Pada beberapa daerah, pasir didapat melalui tambang pasir atau pecahan batu.

Pasir sebagai agregat halus harus memenuhi gradasi dan persyaratan yang telah ditentukan. Syarat-syarat agregat halus sesuai (standar PBI/NI-2 Pasal 33)¹¹, adalah sebagai berikut :

1. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras.
2. Agregat halus tidak boleh memiliki kadar lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering).
3. Agregat halus tidak boleh mengandung zat organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dan Abrams-Harder (dengan larutan NaOH).

4. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang beranekaragam dan melewati ayakan sebesar 4,75 mm.
 5. Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk lembaga pemeriksaan bahan yang diakui.
- Batas susunan butiran agregat halus dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Batasan susunan butir agregat halus

Ukuran Saringan (Aayakan)				% Lolos Saringan/Ayakan				ASTM C-33 Fine Aggregate Sieve Analysis	
				SNI 03-2834-2000					
mm	SNI	ASTM	inch	Pasir Kasar Gradasi No. 1	Pasir Sedang Gradasi No. 2	Pasir Agak Halus Gradasi No. 3	Pasir Halus Gradasi No. 4		
9,50	9,6	¾ in	0,3750	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100 - 100	100	100
4,75	4,8	no. 4	0,1870	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100	95	100
2,36	2,4	no. 8	0,0937	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100	80	100
1,18	1,2	no. 16	0,0469	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100	50	85
0,60	0,6	no. 30	0,0234	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100	25	60
0,30	0,3	no. 50	0,0117	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50	5	30
0,15	0,15	no. 100	0,0059	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15	0	10

Sumber : (SNI 03-2834-2000¹² dan ASTM C-33¹³)

b. Agregat Kasar

Agregat Kasar adalah agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar (antara 5 mm sampai 40 mm) (Tjokrodimuljo, 1996). Sifat dari agregat kasar yang mempengaruhi kekuatan akhir beton dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan semen.

Sifat-sifat bahan bangunan perlu untuk diketahui, karena dengan mengetahui sifat dan karakteristik dari bahan tersebut, dapat ditentukan langkah-langkah yang diambil dalam menangani bahan bangunan tersebut. Sifat-sifat dari agregat kasar yang perlu untuk diketahui antara lain ketahanan (hardness), bentuk dan tekstur permukaan (shape and texture surface), berat

jenis agregat (specific gravity), ikatan agregta kasar (bonding), modulus halus butir (fineness modulus), dan gradasi agregat (grading). Batasan susunan butiran agregat kasar dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Persyaratan gradasi agregat kasar

Ukuran saringan (mm)	Persentase lolos saringan	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	22-55
4,8	0-5	0-10

Sumber : Tjokrodinuljo (1996)

3. Air

Pengaruh air dalam adukan beton ialah pembentukan pasta semen yang mudah dalam pengerjaan adukan, kuat susut dan keawetan beton, kekerasan dan kekuatan beton untuk waktu yang telah ditentukan. Perawatan beton untuk menjamin pengerasan yang sempurna. Air dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan beton jika air tersebut tidak mengandung minyak, asam, alkali, garam, bahan organik, dan bahan-bahan lain yang dapat merusak beton maupun tulangnya. Selain itu, air tersebut juga harus air yang bersih, tidak berbau, dan tidak keruh.

4. Superplasticizer

Superplasticizer (high range water reducer admixtures) adalah bahan tambah pada beton SCC yang bisa sangat menambah kelecakan dari campuran. Superplasticizer terutama digunakan pada beton mutu tinggi karena dapat

mengurangi air sampai dengan 30%. Dalam penelitian ini digunakan *admixture SikaCim Concrete Additive*.

SikaCim Concrete Additive merupakan bahan tambah kimia yang melarutkan gumpalan-gumpalan dengan cara melapisi pasta semen sehingga semen dapat tersebar merata pada adukan beton dan mempunyai pengaruh meningkatkan *workability* beton sampai tingkat yang cukup besar. *SikaCim Concrete Additive* termasuk jenis bahan tambah kimia Tipe E, *Water Reducing* dan *Accelerating Admixture* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda mengurangi jumlah air pencampuran yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan beton. *SikaCim Concrete Additive* merupakan formula khusus yang sangat ekonomis dalam proses pengecoran sehingga menjadikan beton lebih cepat keras dalam usia muda serta mengurangi pemakaian air pada saat pengecoran sehingga meningkatkan mutu/kekuatan beton.

SikaCim Concrete memiliki keunggulan untuk mempersingkat proses pembetonan, cetakan beton dapat dilepas lebih cepat, dan mengurangi pemakaian air 5% - 20% sehingga menjadikan beton lebih solid dan lebih plastis.