

DISERTASI

**PERILAKU MEKANIK *SELF COMPACTING CONCRETE*
(SCC) MENGGUNAKAN AIR LAUT DAN PASIR LAUT YANG
DIPERKUAT DENGAN SERAT BAJA**

*(Mechanical Behavior of Self Compacting Concrete (SCC)
Using Sea Water and Sea Sand Strengthened by Steel
Fiber)*

**ADRI RAIDYARTO
P0800316402**



**PROGRAM DOKTOR TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN DISERTASI

**PERILAKU MEKANIK SELF COMPACTING CONCRETE (SCC)
MENGUNAKAN AIR LAUT DAN PASIR LAUT YANG
DIPERKUAT DENGAN SERAT BAJA**

**MECHANICAL BEHAVIOR OF SELF COMPACTING CONCRETE (SCC)
USING SEA WATER AND SEA SAND STRENGTHENED BY STEEL FIBER**

disusun dan diajukan oleh :

ADRI RAIDYARTO

P0800316402


Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Doktor Program Studi Doktor Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada Tanggal 05 Oktober 2021

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Promotor


Prof. Dr-Ing. Ir. Herman Parung, M.Eng


NIP. 196207291987031001

Co Promotor,

Co Promotor


Prof. Dr. Ir. H. M. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng


NIP. 196805292002121002


Prof. Dr. Eng. Ir. Rudy Djamaluddin, ST., M.Eng


NIP. 197011081994121001

Ketua Program Studi,

Dekan Fakultas Teknik,


Prof. Ir. S.A. Adisamita, M.Si., M.Eng.Sc., Ph.D

NIP. 19640422 199303 1 001


Prof. Dr. Ir. Muh. Arsyad Thaha, M.T

NIP. 19601231 198609 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Adri Raidyarto
Nomor Mahasiswa : P0800316402
Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang : S3

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis berjudul

Perilaku Mekanik Self Compacting Concrete (SCC) Menggunakan Air Laut dan Pasir Laut yang Diperkuat dengan Serat Baja

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi disertasi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 05 Oktober 2021

Yang menyatakan



ADRI RAIDYARTO

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah kami panjatkan ke hadirat Tuhan yang maha kuasa yang atas izinnya sehingga penelitian dan penulisan ini yakni ***“Perilaku Mekanik Self Compacting Concrete (SCC) Menggunakan Air Laut dan Pasir Laut Yang Diperkuat Dengan Serat Baja”*** dapat terselesaikan. Dalam melaksanakan penelitian ini upaya dan perjuangan keras kami lakukan dalam menyelesaikannya.

Kami menyampaikan penghargaan yang sangat tinggi dan amat mendalam kepada :

1. Kedua orang tua, Kol. Inf. (purn) H. Sugito (Alm) dan Hj. Suparti serta ketiga adik-adik kami Bernarto, S.Hut, MM, Chandra Sri Ubayanti, S.Pd, M.Pd, Didi Priyanto, ST, yang sabar memberikan materi dan moril
2. Kedua Mertua, Drs. H. Natum Sukono dan Hj. Yofita Matilda serta ketiga adik ipar Febri, Yuni, dan Ade, yang sabar memberikan materi dan moril
3. Istri kami Nevi Ambarwangi, S.Pt dan kedua anak kami Vito Dafa Raidyarto dan Fauzan Akbar Raidyarto yang banyak memberikan semangat
4. Rektor Universitas Hasanuddin, ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, MA
5. Rektor Universitas Yapis Papua, bapak Dr. H. Muhdi B.Hi. Ibrahim, SE, MM

6. Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin, **Prof. Dr. H. Jamaluddin Jompa, M.Sc**
7. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, bapak Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT
8. Ketua Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas, bapak Prof. Dr. Ir. H. M. Wihardi Tjaronge, ST. M.Eng.
9. Ketua Program Studi Teknik Sipil S3, Fakultas Teknik Universitas, Prof. Ir. Sakti Adji Adisasmita, M.Si., M.Eng.Sc., Ph.D
10. Bapak/Ibu Dosen Teknik Sipil S3, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, yang mengarahkan dan membimbing serta mengarahkan dalam proses perkuliahan
11. Rekan Sejawat dari Program Studi Teknik Sipil S1 Fakultas Teknik dan Sistem Informasi, Universitas Yapis Papua, Asep Hudiankuwera, SP, MT, Dr. Ir. Andung Yuniarta, ST, MT, Dr. Ir. Irianto, ST, MT, Dr. Ir. Didik S.S. Mabui, ST, MT, Ardi Aziz Sila, ST, M.Eng, Hj. Iis W. Roin, ST, MT, Reni Rochmawaty, ST, M.Eng, yang banyak membantu moril dan material, kami ucapkan terima kasih.
12. Teman Angkatan 1987 SMA Negeri 2 Jayapura yang dipimpin oleh Irjen Pol. Mathius Fahkiri, S.IK serta Teman Angkatan 1987 Teknik Industri ITENAS Bandung yang dipimpin oleh Prof. Dr. Ir. H. Nandan Lima Krisna, MM, yang banyak membantu moril dan material, kami ucapkan terima kasih.

13. Keluarga Besar Virgo, Natum, dan Mustofa, yang banyak membantu moril dan material, kami ucapkan terima kasih.

14. Dr. Lukas Enembe, S.IP, M.Kum sebagai Gubernur Pemerintah Prov. Papua, dan Muhammad El Bahar Conoras, SE bersama seluruh Anggota Dewan Teknologi Informasi Komunikasi Provinsi Papua periode 2015-2019, yang banyak membantu moril dan material, kami ucapkan terima kasih.

15. Bapak/Ibu Staf Administrasi Pascasarjana, Fakultas Teknik, dan Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin yang sangat membantu dalam proses administrasi, kami ucapkan terima kasih.

Ucapan terimakasih yang setinggi tingginya atas segala keikhlasan, pikiran dan tenaganya yang tidak ternilai. Hanya dengan doa semoga Allah Rabbul Alamin dapat membalasnya. Akhirnya kami ucapkan Nun Wal Kalami Wamayaturuun.

Makassar, Oktober 2021
Wassalam

Adri Raidyarto

ABSTRAK

ADRI RAIDYARTO. Perilaku Mekanik Self Compacting Concrete Menggunakan Air Laut dan Pasir Laut yang Diperkuat dengan Serat Baja (dibimbing oleh **Herman Parung, M. Wihardi Tjaronge dan Rudy Djamaluddin**).

Dalam kehidupan sehari-hari kebutuhan air bersih semakin meningkat namun potensi sumber air bersih semakin kecil, sehingga perlu memikirkan alternatif penggunaan air bersih pada konstruksi beton. Berkaitan dengan hal ini, maka dilakukan penelitian yang menggunakan air laut sebagai bahan campuran dan sebagai *curing*. Beton memiliki kekurangan yang tidak mampu menahan gaya tarik sehingga pada perkembangannya diberikan baja tulangan dengan tujuan mampu menahan gaya tarik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh serat baja pada sifat mekanik beton SCC yang terbuat dari material laut (air laut dan pasir laut) dan merumuskan model hubungan sifat mekanik beton SCC (kuat tekan dan kuat tarik belah) yang menggunakan air laut dan pasir laut diperkuat dengan serat baja. Penelitian ini berbentuk eksperimental di laboratorium. Kadar serat baja yang digunakan yaitu 0,0, 0,5, 1,0, 1,5 dan 2,0% dari berat semen. Dilakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur untuk mengevaluasi perilaku mekanik beton yang dibuat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat mekanik beton SCC (kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur) berbahan material laut (air laut dan pasir laut) semakin meningkat seiring dengan peningkatan kadar serat baja yang digunakan. Kurva hubungan kuat tarik belah dengan kuat tekan yang cenderung membentuk persamaan fungsi power eksponensial. Dengan persamaan regresi, untuk seluruh penggunaan serat baja sebagai bahan perkuatan dapat ditulis $T_{SCC-0\% SB} = 0,0911 (f_c)^{1,0074}$; $T_{SCC-0,5\% SB} = 0,0950 (f_c)^{0,9906}$; $T_{SCC-1\% SB} = 0,0886(f_c)^{1,0045}$; $T_{SCC-1,5\% SB} = 0,0934 (f_c)^{1,0189}$ dan $T_{SCC-2\% SB} = 0,0843 (f_c)^{1,0076}$. Terjadi peningkatan beban seiring dengan meningkatnya orientasi serat, dimana serat yang berada didalam beton tidak patah selama proses pengujian baik kuat tekan, kuat tarik belah maupun kuat lentur terjadi melainkan serat menjadi lurus akibat proses *interlocking* yang terjadi antara beton dan serat baja. Hal ini disebabkan oleh karena adanya kuat lekat *adhesi*, *friksi* dan *interlocking*.

Kata kunci : perilaku mekanik, SCC, air laut, pasir laut, serat baja

ABSTRACT

ADRI RAIDYARTO. Mechanical Behavior of Self Compacting Concrete (SCC) Using Sea Water and Sea Sand Strengthened by Steel Fiber (dibimbing oleh **Herman Parung, M. Wihardi Tjaronge dan Rudy Djamaluddin**).

In daily activity requirement of fresh water increase, however, a potential source of fresh water becomes smaller. Therefore, it is necessary to find out an alternative uses for water as mixing and curing water was carried out. Concrete has disadvantages not able to withstand tensile force so that concrete is needed a reinforcing bar. This study aims to analyze the effect of steel fibers on the mechanical properties of SCC concrete made of marine materials (seawater and sea sand) and formulate a relationship model of the mechanical properties of SCC concrete (compressive strength and split tensile strength) using sea water and sea sand reinforced with steel fiber. This research is experimental in the laboratory. The steel fiber content used was 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0% of the cement weight. The compressive strength, split tensile strength and flexural strength were tested to evaluate the mechanical behavior of the concrete being made. The results showed that the mechanical properties of SCC concrete (compressive strength, split tensile strength and flexural strength) made of marine materials (sea water and sea sand) increased along with the increasing content of the steel fibers used. The relationship curve between split tensile strength and compressive strength tends to form the exponential power function equation. With the regression equation, for all the use of steel fibers as a reinforcing material it can be written $T_{SCC-0\% SB} = 0,0911 (fc)^{1,0074}$; $T_{SCC-0,5\% SB} = 0,0950 (fc)^{0,9906}$; $T_{SCC-1\% SB} = 0,0886(fc)^{1,0045}$; $T_{SCC-1,5\% SB} = 0,0934 (fc)^{1,0189}$ dan $T_{SCC-2\% SB} = 0,0843 (fc)^{1,0076}$. There is an increase in load along with the increase in fiber orientation, where the fibers inside the concrete do not break during the testing process, both compressive strength, split tensile strength and flexural strength occur but the fibers become straight due to the interlocking process that occurs between the concrete and steel fibers. This is due to the strong adhesion, friction and interlocking adhesion.

Keywords : mechanical behavior, SCC, sea water, sea sand, steel fiber

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	8
C. Tujuan Penelitian.....	8
D. Batasan Masalah.....	9
E. Manfaat Penelitian.....	10
F. Sistematika Penulisan.....	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Beton (<i>Concrete</i>).....	13
B. <i>Steel Fibre Reinforced Concrete</i> (SFRC)	14
C. Teori <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC).....	20
D. Material Pembentuk <i>Self Compacting Concrete</i>	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Lokasi dan Waktu Penelitian	49

B. Rancangan Penelitian	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Karakteristik Material	59
B. Rancangan Campuran <i>Self Compacting Concrete</i> ...	69
C. Perilaku <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC) Dalam Kondisi Segar	69
D. Kuat Tekan <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC).....	73
E. Hubungan Nilai Kuat Tekan, Umur dan Persentase Serat Baja Dalam <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC)	104
F. Kuat Tarik Belah <i>Self Compacting Concrete</i>	113
G. Hubungan Nilai Kuat Tarik Belah, Umur dan Persentase Serat Baja Dalam <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC)	142
H. Hubungan Sifat Mekanik <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC) dengan Umur dan Persentase Serat Baja	145
I. Temuan Empirik	150
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	151
B. Saran	151
DAFTAR PUSTAKA	152

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Mix Design dan Komposisi Beton Serat Baja	18
2.	Proporsi Jumlah Material Penyusun SCC	22
3.	Kelas Slump Flow, Viskositas, Segregasi.....	25
4.	Sifat Kimia Utama Semen Portland	28
5.	Sifat Kimia Tambahan Semen Portland.....	29
6.	Sifat Fisika Semen Portland	30
7.	Senyawa Utama Semen Portland	31
8.	Sifat Fisika Semen Portland Komposit	32
9.	Hidrasi Alumina	36
10.	Metode Pengujian Karakteristik Agregat	54
11.	Jenis Pengujian SCC Dan Jumlah Benda Uji	56
12.	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar	60
13.	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus	61
14.	Komposisi Kimia Air Laut Pantai Barombong, Kab. Gowa.....	61
15.	Karakteristik Fisik Semen PCC	62
16.	Karakteristik Kimia Semen (Hasil Uji XRF)	63
17.	Karakteristik Dramix 3D 60/80.....	68
18.	Komposisi Bahan Campuran SCC/m ³	69
19.	Hasil Pengujian <i>Slump Flow</i> dan T500.....	71

20.	Nilai Modulus Elastisitas, <i>Poisson Ratio</i> dan Toughness Tekan SCC 0% Serat Baja.....	97
21.	Nilai Modulus Elastisitas, <i>Poisson Ratio</i> dan Toughness Tekan SCC 0,5% Serat Baja.....	98
22.	Nilai Modulus Elastisitas, <i>Poisson Ratio</i> dan Toughness Tekan SCC 1,0% Serat Baja.....	99
23.	Nilai Modulus Elastisitas, <i>Poisson Ratio</i> dan Toughness Tekan SCC 1,5% Serat Baja.....	100
24.	Nilai Modulus Elastisitas, <i>Poisson Ratio</i> dan Toughness Tekan SCC 2,0% Serat Baja.....	101
25.	Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan SCC yang Diperkuat Serat Baja	103
26.	Nilai Modulus Elastisitas, <i>Poisson Ratio</i> dan Toughness Tarik SCC 0% Serat Baja	135
27.	Nilai Modulus Elastisitas, <i>Poisson Ratio</i> dan Toughness Tarik SCC 0,5% Serat Baja	136
28.	Nilai Modulus Elastisitas, <i>Poisson Ratio</i> dan Toughness Tarik SCC 1,0% Serat Baja	138
29.	Nilai Modulus Elastisitas, <i>Poisson Ratio</i> dan Toughness Tarik SCC 1,5% Serat Baja	139
30.	Nilai Modulus Elastisitas, <i>Poisson Ratio</i> dan Toughness Tarik SCC 2,0% Serat Baja	140

31. Rekapitulasi Nilai Kuat Tarik Belah SCC yang Diperkuat Serat Baja
..... 141

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Campuran Beton Dengan Serat Baja	19
2. Hubungan Tegangan dan Regangan Tekan pada FRC.....	20
3. Hubungan Tegangan dan Regangan Tarik pada FRC.....	20
4. Produk Hidrasi Pasta.....	37
5. Jenis-Jenis Serat Baja.....	41
6. Diagram Alir Penelitian.....	51
7. Cetakan Benda Uji Silinder.....	55
8. Posisi Benda Uji Pengujian Kuat Tekan	57
9. Posisi Benda Uji Pada Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	58
10. Morfologi Semen PCC.....	64
11. Dramix 3D	68
12. Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 0% Serat Baja Umur 3 Hari	74
13. Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 0,5% Serat Baja Umur 3 Hari	75
14. Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 1,0% Serat Baja Umur 3 Hari	76
15. Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 1,5% Serat Baja Umur 3 Hari	77
16. Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 2,0% Serat Baja Umur 3 Hari	78

17.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 0% Serat Baja Umur 7 Hari	79
18.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 0,5% Serat Baja Umur 7 Hari.....	80
19.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 1,0% Serat Baja Umur 7 Hari.....	81
20.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 1,5% Serat Baja Umur 7 Hari.....	82
21.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 2,0% Serat Baja Umur 7 Hari.....	84
22.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 0% Serat Baja Umur 28 Hari.....	83
23.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 0,5% Serat Baja Umur 28 Hari.....	86
24.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 1,0% Serat Baja Umur 28 Hari.....	87
25.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 1,5% Serat Baja Umur 28 Hari.....	88
26.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 2,0% Serat Baja Umur 28 Hari.....	89
27.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 0% Serat Baja Umur 90 Hari.....	90

28.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 0,5% Serat Baja Umur 90 Hari	91
29.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 1,0% Serat Baja Umur 90 Hari	92
30.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 1,5% Serat Baja Umur 90 Hari	94
31.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tekan 2,0% Serat Baja Umur 90 Hari	95
32.	Hubungan Kuat Tekan SCC dengan Umur.....	104
33.	Persentase Kenaikan Kuat Tekan SCC.....	107
34.	Kurva Hubungan Rasio Kuat Tekan dan Umur pada 0% Serat Baja	109
35.	Kurva Hubungan Rasio Kuat Tekan dan Umur pada 0,5% Serat Baja.....	109
36.	Kurva Hubungan Rasio Kuat Tekan dan Umur pada 1,0% Serat Baja.....	110
37.	Kurva Hubungan Rasio Kuat Tekan dan Umur pada 1,5% Serat Baja.....	110
38.	Kurva Hubungan Rasio Kuat Tekan dan Umur pada 2,0% Serat Baja.....	111
39.	Perbandingan Antara Kuat Tekan Hasil Pengujian dan Hasil Persamaan.....	111

40	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik Tanpa Menggunakan Serat Baja Umur 3 Hari.....	113
41.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik 0,5% Serat Baja Umur 3 Hari	115
42.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik 1,0% Serat Baja Umur 3 Hari	115
43.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik 1,5% Serat Baja Umur 3 Hari	116
44.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik 2,0% Serat Baja Umur 3 Hari	117
45.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik Tanpa Menggunakan Serat Baja Umur 7 Hari.....	119
46.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik 0,5% Serat Baja Umur 7 Hari	119
47.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik 1,0% Serat Baja Umur 7 Hari	121
48.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik 1,5% Serat Baja Umur 7 Hari	121
49.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik 2,0% Serat Baja Umur 7 Hari	123
50.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik Tanpa Menggunakan Serat Baja Umur 28 Hari.....	124

51.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik 0,5% Serat Baja Umur 28 Hari.....	125
52.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik 1,0% Serat Baja Umur 28 Hari.....	126
53.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik 1,5% Serat Baja Umur 28 Hari.....	127
54.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik 2,0% Serat Baja Umur 28 Hari.....	128
55.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik Tanpa Menggunakan Serat Baja Umur 90 Hari.....	129
56.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik 0,5% Serat Baja Umur 90 Hari.....	130
57.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik 1,0% Serat Baja Umur 90 Hari.....	131
58.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik 1,5% Serat Baja Umur 90 Hari.....	132
59.	Hubungan σ dan ϵ Akibat Beban Tarik 2,0% Serat Baja Umur 90 Hari.....	133
60.	Hubungan Kuat Tarik Belah SCC dengan Umur.....	143
61.	Kurva Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Umur.....	145
62.	Kurva Hubungan Kuat Tekan dengan Kuat Tarik Belah SCC ...	146
63.	Model Hubungan Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan antara Hasil Regresi Eksperimen, Model ACI dan CEB-PIP 0% Serat Baja.	147

64.	Model Hubungan Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan antara Hasil Regresi Eksperimen, Model ACI dan CEB-PIP 0,5% Serat Baja	148
65.	Model Hubungan Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan antara Hasil Regresi Eksperimen, Model ACI dan CEB-PIP 1,0% Serat Baja	148
66.	Model Hubungan Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan antara Hasil Regresi Eksperimen, Model ACI dan CEB-PIP 1,5% Serat Baja	149
67.	Model Hubungan Kuat Tarik Belah dan Kuat Tekan antara Hasil Regresi Eksperimen, Model ACI dan CEB-PIP 2,0% Serat Baja	149

DAFTAR NOTASI

AFm	=	Aluminoferrit monosulfat
Aft	=	Aluminoferrit tetrasulfat
ASTM	=	<i>American Standard Testing Material</i>
BFS	=	<i>Blast Furnace Slag</i>
CaO	=	Kapur/Batu Kapur
Ca(OH)₂	=	<i>Calcium hydroxide</i>
Cl/Cl₂	=	Klorida/Klorin
CSH	=	<i>Calcium silicate hydrate/tobermorite</i>
CH	=	<i>Calcium hydroxide/portlandite</i>
C₂S	=	<i>Dicalcium silicate/Belite</i>
C₃S	=	<i>Tricalcium silicate/alite</i>
C₃A	=	<i>Tricalcium Aluminate/aluminate</i>
C₄AF	=	<i>Tetracalcium Alumino Ferrite/ferrite</i>
C₃A.3CaSO₄.10H₂O	=	AFm
C₃A.3CaSO₄.32H₂O	=	Aft/ <i>Ettringite</i>
D	=	Diameter Benda Uji Silinder
DEF	=	<i>Delay ettringite formation</i>
Et	=	<i>Ettringite</i>
FAS	=	Faktor air semen
σ	=	Kuat tekan (MPa)
Fs	=	<i>Friedel's salt</i>
Isl-p	=	<i>Isolated pore</i>
Intr-p	=	<i>Intergranular pore</i>
K	=	Konstanta empirik
L	=	Panjang benda uji silinder
MPa	=	Mega Pascal, satuan kuat tekan
MgSO₄	=	Magnesium sulfat
NaCl	=	Natrium klorida
m	=	Konstanta Empirik

No	=	Nomor
OPC	=	<i>Ordinary Portland Cement</i>
SEM	=	<i>Scanning Electron Microscopy</i>
SK SNI	=	Standar Konstruksi Standar Nasional Indonesia
P	=	Beban Maksimum
p	=	porositas
PCC	=	<i>Portland Cement Composite</i>
SiO₂	=	Silika Oksida
σ	=	Kuat tekan pada porositas p
σ₀	=	Kuat tekan pada porositas nol
XRD	=	<i>X-Ray Diffraction</i>
%	=	Persen
‰	=	Per mil
3CaO.Al₂O₃.CaCl.10H₂O	=	<i>Friedel's salt</i>
SCC-AT-PS0	=	Self Compacting Concrete-Air Tawar- Pasir Sungai 0% Serat Baja
SCC-AT-PS1	=	Self Compacting Concrete-Air Tawar- Pasir Sungai 2,5% Serat Baja
SCC-AT-PS2	=	Self Compacting Concrete-Air Tawar- Pasir Sungai 5,0% Serat Baja
SCC-AT-PS3	=	Self Compacting Concrete-Air Tawar- Pasir Sungai 7,5% Serat Baja
SCC-AT-PL0	=	Self Compacting Concrete-Air Tawar- Pasir Laut 0% Serat Baja
SCC-AT-PL1	=	Self Compacting Concrete-Air Tawar- Pasir Laut 2,5% Serat Baja
SCC-AT-PL2	=	Self Compacting Concrete-Air Tawar- Pasir Laut 5,0% Serat Baja
SCC-AT-PL3	=	Self Compacting Concrete-Air Tawar- Pasir Laut 7,5% Serat Baja

SCC-AL-PS0	=	Self Compacting Concrete-Air Laut-Pasir Sungai 0% Serat Baja
SCC-AL-PS1	=	Self Compacting Concrete-Air Laut-Pasir Sungai 2,5% Serat Baja
SCC-AL-PS2	=	Self Compacting Concrete-Air Laut-Pasir Sungai 5,0% Serat Baja
SCC-AL-PS3	=	Self Compacting Concrete-Air Laut-Pasir Sungai 7,5% Serat Baja
SCC-AL-PL0	=	Self Compacting Concrete-Air Laut-Pasir Laut 0% Serat Baja
SCC-AL-PL1	=	Self Compacting Concrete-Air Laut-Pasir Laut 2,5% Serat Baja
SCC-AL-PL2	=	Self Compacting Concrete-Air Laut-Pasir Laut 5,0% Serat Baja
SCC-AL-PL3	=	Self Compacting Concrete-Air Laut-Pasir Laut 7,5% Serat Baja

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton merupakan campuran dari bahan penyusunnya yang terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus, air dengan atau tanpa bahan tambah. Beton yang berkualitas jika beton mempunyai sifat mekanik dan ketahanan yang baik. Sifat mekanik beton yang paling penting adalah kuat tekan. Karakteristik ini sangat berhubungan dengan karakteristik lainnya, dengan kata lain jika kuat tekannya tinggi maka karakteristik lainnya juga baik.

Suatu perkiraan kasar dapat dipakai bahwa nilai kuat tarik beton normal hanya berkisar antara 9 - 15% dari kuat tekannya. Beton sangat lemah dalam menerima gaya tarik, sehingga akan terjadi retak yang makin lama semakin besar. Untuk meningkatkan kekuatan tarik beton perlu digunakan bahan tambah. Salah satu bahan tambah untuk meningkatkan mutu beton adalah serat.

Beton serat (*fiber reinforced concrete*) merupakan modifikasi beton konvensional dengan menambah serat pada adukannya. Bahan-bahan serat yang dapat digunakan untuk perbaikan sifat beton pada beton serat antara lain baja, plastik, kaca, karbon, serta serat dari bahan alami seperti

ijuk, rami, maupun serat dari tumbuhan lain (*American Concrete Institute*, 1982).

Dari banyak jenis penguat serat, serat sintetis, yang terbuat dari polimer, telah banyak digunakan dalam aplikasi beton (Suji et al. 2007; Buratti dkk. 2011; Oh et al. 2007, 2005; Soutsos dkk. 2012; Bernard 2004; MacKay dan Trottier 2004; Alhozaimy et al. 1996). Saat ini, serat sintetis digunakan untuk memperkuat beton secara nyata telah mendapatkan popularitas baik untuk ekonomi dengan alasan dan berbagai fungsi yang dapat meningkatkan karakteristik mekanik. Sifat mekanik dari beton serat sintetis bervariasi dalam kaitannya dengan kekuatan, modulus elastisitas, tipe, panjang, dan kadar serat (Bentur dan Mindess 1990; Buratti *et al*, 2011). Dalam beberapa aplikasi, serat baja dan sintetis dicampur bersama untuk mendapatkan beton yang diperkuat serat (FRC, *Fiber Reinforced Concrete*) dengan kinerja yang lebih baik (Banthia dan Sappakittipakorn 2007; Tabatabaeian dkk. 2017). Selain itu, serat makroskopis banyak diproduksi dengan tujuan mengganti serat baja secara struktural pada aplikasi beton (Zheng dan Feldman 1995; Altoubat *et al* 2009), tetapi pengetahuan tentang perilaku mekanis dari beton yang diperkuat serat-serat saat ini masih terbatas.

Alani dan Beckett (2013) menyatakan bahwa lebih banyak informasi dan dibutuhkan pengetahuan tentang mekanis dan fisik serta sifat kimia dan karakteristik serat yang diperkuat pada beton. Mempelajari tentang

beton berserat yang diperkuat dengan serat baja (SFRC) adalah tujuan utama dari penelitian ini.

Rao (2010) melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan serat baja dengan penambahan abu terbang kelas F. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggantian semen dengan *fly ash* pada sifat beton segar dan beton keras dengan menggunakan serat baja. Penelitian ini menggunakan abu terbang sebesar 35% untuk semua variasi. Aspek rasio yang digunakan sebesar 15, 25 dan 35 dan volume fraksi dari serat baja sebesar 0,5%, 1%, dan 1,5%. Hasil pengujian pada beton segar menunjukkan ada yang lebih rendah dari syarat SCC pada EFNARC, tetapi semua campuran beton memiliki penyebaran (*flowability*) yang baik dan karakteristik sebagai SCC. Kekuatan dan daktilitas dari beton SCC dengan serat meningkat pada volume fraksi 1% untuk aspek rasio 15, 25, dan 35. Volume fraksi (V) dan aspek rasio (A) optimal pada 1% dan 25. Hasil pengujian menunjukkan pengaruh abu terbang tidak terlalu terlihat pada umur beton awal tetapi pada umur beton setelah 56 hari, pengaruh abu terbang terlihat terutama pada kekuatan beton.

Pruckner, F. dan Gjorv, O.E. (2003), air laut yang mengandung NaCl memberikan efek pada beton, dimana penambahan natrium klorida pada beton segar akan membentuk kristal *friedel's salt* ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) yang dapat meningkatkan pH lebih tinggi, dan alkalinitas meningkat sehingga akan mengaktifkan hidrasi semen serta memberikan struktur pasta lebih padat dengan pori-pori yang lebih kecil. Otsuki *et al*

(2011, 2012), aman menggunakan air laut sebagai air pencampur dalam beton serta air laut memiliki pengaruh kecil pada kekuatan dan korosi. Kaushik, S.K. dan Islam, S (1995), Falah M. W. (2010) telah meneliti beton menggunakan air laut sebagai *mixing water dan curing*, dengan hasil tidak begitu banyak perbedaan dengan beton dicampur dengan air segar ataupun dicampur dengan air laut. Kumar, S. (2000), campuran *fly ash* pada semen telah meningkatkan ketahanan beton terhadap serangan air laut serta tipe *Ordinary Cement* yang dimodifikasi dengan penambahan pozolan yang sesuai untuk pembangunan struktur laut. Aburawy, MM dan Swamy, R.N. (2008), Kehadiran klorida mempercepat perkembangan kekuatan usia dini pada beton dengan slag sampai sekitar 7-14 hari. Setelah usia ini, ada kerugian yang berbeda pada kekuatan beton dengan klorida tetapi pengurangan kekuatan itu tidak signifikan. Shetty (1982), air laut atau kualitas air bukan faktor yang mempengaruhi korosi dalam beton melainkan yang mempengaruhi korosi adalah faktor permeabilitas beton dan minimnya penutup beton/selimut beton.

Reddy dan Pawade (2012) meneliti pengaruh kombinasi *silica fume* dan serat baja pada sifat mekanik pada standar kelas beton dan keterkaitannya. Kelas beton yang direncanakan adalah M35 dengan fas 0,41. Variasi *silica fume* digunakan 0%, 4%, 8%, dan 12% dengan kadar serat baja 0%, 0,5%, 1%, dan 1,5% dari volume beton. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kuat tekan beton meningkat dengan meningkatnya substitusi *silica fume* penambahan serat baja. Kuat lentur beton

mengalami peningkatan yang signifikan pada substitusi *silica fume* 8% baik dengan serat maupun tanpa serat.

Okamura & Ouchy (2003), mengemukakan bahwa salah satu pemecahan untuk memperoleh struktur beton yang memiliki ketahanan yang baik adalah dengan menggunakan SCC (*Self Compacting Concrete*). SCC merupakan konsep inovatif teknologi beton yang efektif dan efisien, dimana SCC memiliki karakter memiliki sifat kecairan (*fluidity*) yang tinggi sehingga mampu mengalir dan mengisi ruang-ruang di dalam cetakan dengan sedikit/tanpa proses pemadatan. Hal ini dapat mengurangi waktu proses pemadatan karena tingkat kecairan yang tinggi, sehingga SCC mampu diangkat dan dibawa dengan mudah melalui pompa ke tingkat yang tinggi pada pengecoran bangunan berlantai banyak serta pada struktur yang memiliki tulangan sangat padat.

Penelitian ketahanan SCC telah banyak dilakukan antara lain, Al-Tamimi & Sonebi M. (2003) telah menyelidiki ketahanan SCC terhadap serangan asam sulfat dan klorida, dimana ketahanan SCC lebih baik dibandingkan dengan *conventional concrete* (CC). Persson, B. (2001, 2003), modulus elastisitas, rangkakan (*creep*) dan susut (*shrinkage*) beton SCC tidak berbeda secara signifikan dengan beton normal serta setelah beton normal dan SCC di lakukan perawatan sampai 900 hari baik di laut dan air tawar tidak ada perbedaan massa dan kerusakan akibat sulfat.

Dinakar dkk., (2008) permeabilitas SCC menurun dengan meningkatnya kekuatan dan kuantitas serta volume tinggi *fly ash*

menunjukkan permeabilitas ion klorida secara signifikan lebih rendah daripada beton normal. Nilai *water/binder ratio* (w/b) yang digunakan sebesar 0,251. Pengujian beton segar yang digunakan adalah *slump flow*, *T50cm slump flow*, *V-funnel*, *VfunneIT5min*, dan *L-box*. Hasil pengujian beton segar memenuhi syarat SCC menurut EFNARC. Pengujian beton segar pada penelitian ini adalah kuat tekan beton, kuat tarik belah, kuat lentur, permeabilitas dan durabilitas dari SCC mutu tinggi pada umur 28, 56, 90, dan 180 hari. Hasil kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur SCC mengalami peningkatan dengan meningkatnya umur beton. Hasil permeabilitas *chloride* pada SCC mutu tinggi menunjukkan angka yang sangat rendah.

Sharma, dkk (2016) meneliti tentang perilaku batang tekan *self compacting concrete* dengan serat baja dan tanpa serat baja. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan beton dengan durabilitas tinggi dengan tenaga kerja yang sedikit. Penelitian ini menggunakan bahan tambah *superplasticizer* Glenium B233 dan *filler ultrafine calcium carbonate* dengan serat baja merek *Dramix*. Variasi serat baja yang digunakan sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dari berat semen. Hasil pengujian kuat tekan beton meningkat dengan kenaikan kadar serat sampai kadar serat 1%, kemudian menurun. Peningkatan maksimum kuat tekan beton sebesar 66% pada 28 hari dan 50% pada umur 60 hari. Penambahan serat baja menambah rasio serapan energi sebesar 1,5-2,6 kali dan meningkatkan rasio daktilitas beton.

Murali, dkk. (2014) meneliti tentang ketahanan kejut dan kekuatan keandalan dari beton serat menggunakan dua parameter distribusi Weibull. Pengujian ketahanan kejut menggunakan prosedur sesuai dengan *ACI committee 544*. Serat baja yang digunakan berdiameter 1 mm dan panjang 50 mm dengan variasi 0,5%, 1%, dan 1,5%. Fas yang digunakan sebesar 0,42. Variasi hasil uji dianalisa dengan menggunakan dua parameter distribusi Weibull. Hasil penelitian ini menunjukkan penggunaan serat dalam beton meningkatkan ketahanan terhadap kejut, mengubah pola kegagalan dari yang bersifat getas menjadi daktail.

Penambahan serat baja pada beton akan memberikan daktalitas dan kemampuan menerima beban yang tinggi (*high load bearing capacity*). Penambahan ini bermaksud memperbaiki kemampuan beton dalam memikul beban terutama untuk bagian yang tertarik, sehingga serat baja diharapkan bisa menjadi pilihan untuk menggantikan fungsi tulangan longitudinal yang umumnya dipakai.

Pembangunan konstruksi beton yang mempunyai ketahanan membutuhkan pemadatan yang baik, dimana pemadatan tersebut dilakukan oleh tenaga-tenaga kerja terampil. Semakin berkurangnya tenaga-tenaga kerja terampil dalam dunia konstruksi mengakibatkan beton kadang-kadang tidak terpadatkan dengan baik sehingga menurunkan mutu pekerjaan konstruksi.

Melihat potensi sumber laut yang begitu melimpah di Indonesia maka ada pemikiran untuk menggunakan agregat halus dan air yang bersumber

dari laut sebagai bahan penyusun utama dari beton, yang terkhusus pada lokasi-lokasi bangunan konstruksi yang berinteraksi langsung dengan air laut. Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka dilakukanlah sebuah penelitian dengan judul yaitu **“Perilaku Mekanik *Self Compacting Concrete* Menggunakan Air Laut dan Pasir Laut yang Diperkuat Dengan Serat Baja”**.

B. Rumusan Masalah

Hingga saat ini informasi mengenai hasil-hasil penelitian tentang penggunaan serat baja pada beton air laut sebagai bahan tambah masih sangat terbatas. Untuk itu sangat menarik untuk dikaji lebih mendalam pengaruh serat baja terhadap sifat mekanik beton SCC yang terbuat dari material laut. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh serat baja pada sifat mekanik beton SCC yang terbuat dari material laut (air laut dan pasir laut).
2. Bagaimana hubungan tegangan dan regangan akibat beban tekan dan tarik beton SCC air laut dengan dan tanpa penambahan serat baja.
3. Bagaimana hubungan sifat mekanik beton SCC (kuat tekan dan kuat tarik belah) yang menggunakan air laut dan pasir laut diperkuat dengan serat baja.

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis pengaruh serat baja pada sifat mekanik beton SCC yang terbuat dari material laut (air laut dan pasir laut).
2. Menganalisis hubungan tegangan dan regangan akibat beban tekan dan tarik beton SCC air laut dengan dan tanpa penambahan serat baja.
3. Merumuskan model hubungan sifat mekanik beton SCC (kuat tekan dan kuat tarik belah) yang menggunakan air laut dan pasir laut diperkuat dengan serat baja.

D. Batasan Masalah

Permasalahan beton *Self Compacting Concrete* (SCC) demikian luas, sehingga dipandang perlu membatasi masalah penelitian ini agar dapat lebih terarah sehingga penelitian ini fokus pada hal-hal yaitu :

1. Penelitian yang dilakukan adalah berbentuk uji eksperimen di laboratorium.
2. Menggunakan satu tipe semen yaitu Portland Composite Cement (PCC).
3. Serat baja yang digunakan yakni *dramix* 3D 80/60 BG panjang (l) 60 mm dan diameter (d) 0,75 mm dengan *aspect ratio* 80.
4. Fraksi volume serat baja terhadap berat semen dan disubstitusi terhadap batu pecah yaitu 2,5%, 5%, dan 7,5%.
5. Menggunakan air laut dan pasir laut Pantai Barombong - Makassar, Sulawesi-Selatan, sebagai bahan pencampuran beton.

6. *Curing* beton menggunakan air laut.
7. Pengujian sifat mekanik SCC yaitu kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur dan homogenitas.
8. Parameter korositas tidak dikaji dalam penelitian ini.
9. Tidak memperhitungkan *effect bridging* pada analisis perhitungan penelitian.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Dengan pemahaman karakteristik mekanik SCC yang menggunakan air laut dan pasir laut sebagai material utama, dapat digunakan sebagai acuan awal dalam pekerjaan konstruksi.
2. Sebagai bahan pertimbangan dan masukan bagi pemerintah, swasta, dan seluruh komponen yang terlibat dalam dunia konstruksi, terutama dalam kaitannya penghematan air tawar dan pemanfaatan air laut serta pembangunan infrastruktur pada daerah yang sulit/tidak ada air tawar;
3. Sebagai referensi untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai beton SCC yang berkaitan dengan pemanfaatan material laut sebagai bahan pembuatan beton SCC yang diperkuat dengan serat baja.

F. Sistematika Penulisan

Agar lebih terarah tulisan ini, sistematika penulisan disertasi yang akan dilakukan sesuai tahapan-tahapan yang dipersyaratkan sehingga

produk yang dihasilkan lebih sistematis sehingga susunan disertasi ini dapat diurutkan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini, memberikan gambaran tentang pentingnya masalah ini diangkat sebagai sebuah disertasi. Pokok-Pokok bahasan dalam BAB ini adalah latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan dari penelitian ini, manfaat dari penelitian ini, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan informasi-informasi yang diperoleh dari literature serta hasil penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan tujuan penelitian ini yakni landasan teori self compacting concrete, material penyusun SCC, mikrostruktur beton dengan air laut, serat baja, sifat mekanik dan pengujian mikrostruktur beton serta kerangka konseptual.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode penelitian meliputi rancangan, alat dan bahan penelitian yang digunakan, lokasi penelitian, pemeriksaan karakteristik material-material yang digunakan untuk membuat beton SCC, desain komposisi campuran SCC yang digunakan, pembuatan benda uji, pengujian beton segar SCC yang dihasilkan, perawatan benda uji, pengujian benda uji dan analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan data hasil penelitian dan membahas karakteristik material penyusun *self compacting concrete* (karakteristik fisik agregat, komposisi kimia dan mikrostruktur semen Portland Cement Composite (PCC), komposisi kimia batu laterit), komposisi bahan campuran SCC, perilaku SCC saat kondisi segar, mikrostruktur dan porositas SCC, sifat mekanik SCC serta hubungan sifat mekanik dengan mikrostruktur dan porositas SCC.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan hasil analisis data penelitian sebagai hasil penelitian yang telah dilakukan sehubungan dengan tujuan penelitian dan saran untuk kelanjutan penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton (*Concrete*)

Beton adalah suatu material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat (kasar dan halus) dan bahan tambahan bila diperlukan. Beton yang banyak dipakai pada saat ini yaitu beton normal. Menurut SNI 2847-2013 beton normal memiliki berat 2200-2500 kg/m³ menggunakan agregat alam yang dipecah atau dengan tanpa dipecah.

Beton merupakan bahan dari campuran antara *portland cement*, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air dengan tambahan adanya rongga-rongga udara. Campuran bahan-bahan pembentuk beton harus ditetapkan sedemikian rupa dengan cara *mix design*, sehingga menghasilkan beton basah yang mudah dikerjakan, memenuhi kekuatan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis (Tjokrodimulyo, 1992).

Kekuatan rencana beton dapat dilakukan dengan uji silinder kuat tekan dan uji tarik belah dilakukan sesuai dengan ASTM C39-94 1996, Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Kuat tekan beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Kekuatan tarik belah benda uji silinder beton dapat dihitung dengan

rumus:

$$T = \frac{2P}{\pi dl} \quad (1)$$

dimana: T = kekuatan tarik belah (MPa), P = beban maksimum yang diterapkan, l = panjang silinder (mm), dan d = diameter silinder (mm).

B. Steel Fibre Reinforced Concrete (SFRC)

Salah satu bahan tambah beton ialah serat (*fibre*). Beton yang diberi bahan tambah serat disebut beton serat (*fibre reinforced concrete*). Karena ditambah serat, maka menjadi suatu bahan komposit yaitu beton dan serat. Beton serat merupakan campuran beton ditambah serat. Bahan serat dapat berupa serat asbestos, serat plastik (*poly-propylene*), serat kaca (*glass*), serat kawat baja, serat tumbuh-tumbuhan seperti: rami, sabut kelapa, bambu, ijuk (Trimulyono, 2004). Penggunaan serat pada adukan beton pada intinya memberikan pengaruh yang baik yaitu dapat memperbaiki sifat beton antara lain dapat meningkatkan daktilitas dan kuat lentur beton. Retak-retak yang membawa keruntuhan pada struktur beton biasanya dimulai dari retak rambut (*micro crack*).

Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan diperoleh bahwa penambahan serat kedalam adukan akan menurunkan kelecakan (*workability*) secara cepat sejalan dengan pertambahan konsentrasi serat dan aspek rasio serat. Sehingga untuk mendapatkan hasil yang optimal ada dua hal yang harus diperhatikan (Suhendro, 1990) yaitu :

1. *Fiber aspect ratio*, yaitu rasio antara panjang serat (*l*) dan diameter

serat (*d*).

2. *Fiber volume fraction (V_f)*, yaitu persentase volume serat yang ditambahkan pada setiap satuan volume beton.

Penelitian yang dilakukan Sudarmoko (1991) menyimpulkan bahwa kehadiran serat (*fiber*) pada beton akan menaikkan kekakuan dan mengurangi lendutan (*defleksi*) yang terjadi. Penambahan serat juga dapat meningkatkan keliatan beton, sehingga struktur akan terhindar dari keruntuhan yang tiba-tiba akibat pembebanan yang berlebihan.

Hasil penelitian Beltran (2015) menunjukkan bahwa serat abaca untuk beton dengan komposisi serat yang ideal dapat memberikan kontribusi yang optimal untuk modulus pecah (*modulus rupture*) beton berada pada serat 0,25% dari berat beton, dengan panjang serat 2 inch yang memberikan efek positif untuk kemampuan modulus pecah beton sebesar 15%. Juga memberikan peningkatan yang cukup (8%) dalam kekuatan tekan serat beton atas campuran beton tanpa serat. Penambahan serat secara signifikan mengubah kapasitas penyerapan energi dari komposit juga memberikan kontribusi terhadap peningkatan 39% dari energi patah dibandingkan dengan campuran beton tanpa serat. Selain itu efek serat dievaluasi dalam hal beban dan defleksi memberikan perilaku pada beton serat dengan kenaikan rata-rata 21%.

Steel fiber reinforced concrete (SFRC) atau beton serat baja adalah beton yang dibuat dari campuran semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar, dan serat baja yang disebar merata secara acak (*random*). Serat

baja dapat berupa serat baja karbon (*carbon steel*) atau serat baja anti karat (*stainless steel*).

Proses pencampuran serat baja ke dalam campuran beton merupakan hal penting. Proses tersebut dilakukan selama proses *batching* dan *mixing*. Terdapat beberapa cara pencampuran serat baja ke dalam beton, yakni :

1. Menambahkan serat baja ke dalam *mixer* setelah semua material bahan penyusun beton, termasuk air, telah dicampurkan.
2. Menambahkan serat baja sebelum agregat dituangkan ke dalam *mixer*.
3. Menambahkan serat baja bersamaan dengan agregat ke dalam *mixer*.

Sifat fisis beton serat : Beton dengan serat membuatnya menjadi lebih kaku sehingga memperkecil nilai *slump* serta membuat waktu ikat awal (*initial setting*) lebih cepat.

Sifat mekanis beton serat : Penambahan serat sampai batas optimum umumnya meningkatkan kuat tarik dan kuat lentur, tetapi menurunkan kekuatan tekan. Jenis serat tertentu meningkatkan kinerja beton seperti serat baja dan serat tembaga.

Penggunaan beton serat : Beton serat digunakan pada konstruksi yang harus mempunyai permukaan luas di mana temperatur, oksidasi dan penguapan mempunyai pengaruh besar terhadap besarnya susut muai, seperti landasan pacu di bandar udara, plat atap, jalan plaza tol, putaran dan perhentian bus, dan lain-lain.

Keuntungan teknis menggunakan serat baja :

1. Menambah kemampuan menerima beban (*load bearing capacity*) karena tegangan yang terdistribusi kembali (*redistribution of stresses*) oleh *steel fiber*.
2. Penulangan pada semua bagian memberikan kontrol terhadap retak (*crack control*) yang sangat baik.
3. Ketahanan yang optimal terhadap beban kejut dan beban dinamis.
4. Peningkatan ketahanan yang drastis terhadap kelelahan (*fatigue*).

Keuntungan praktis menggunakan serat baja :

1. 15 - 30% waktu konstruksi yang lebih cepat karena tidak memerlukan pemasangan *wiremesh* atau rebar.
2. Lebih tahan lama (*durable*).
3. Penghematan biaya 5 - 30%.

Perbandingan antara serat baja dengan penulangan konvensional :

Wiremesh

1. Penulangan hanya pada level tertentu saja, tergantung pada posisi penempatan *wiremesh* atau rebar.
2. Kekuatan tarik (*tensile strength*) 415 - 550 MPa.

Serat baja

1. Penulangan pada seluruh bagian.
2. Kekuatan tarik (*tensile strength*) 1225 MPa (3D), 1500 MPa (4D) & 2300 MPa (5D).

Tabel 1. *Mix design* dan komposisi beton serat baja

<i>Mixture designation</i>	<i>W/C ratio</i> (by weight)	<i>Cement</i> (lb/yd ³)*	<i>Fibers</i> (lb/yd ³)*	<i>High-rangewater-reducer</i> (wt %)**	<i>Air-entraining agent</i> (wt %)**
F1	0.36	611	55	1.0	0.20
F2,F2R	0.32	564	65	0.8	0.50
F3,F3R	0.32	658	65	0.8	0.20
F4,F4R	0.40	564	65	0.8	0.10
F5,F5R	0.40	658	65	0.8	0.13
F6,F6R	0.32	564	65	1.2	0.20
F7,F7R	0.32	658	65	1.2	0.13
F8,F8R	0.40	564	65	1.2	0.10
F9,F9R	0.40	658	65	1.2	0.10
F10	0.36	611	75	0.6	0.20
F11	0.28	611	75	1.0	0.40
F12	0.36	517	75	1.0	0.20
F13	0.36	705	75	1.0	0.10
F14	0.44	611	75	1.0	0.10
F15	0.36	611	75	1.4	0.20
F16,F16R	0.32	564	85	0.8	0.30
F17,F17R	0.32	658	85	0.8	0.20
F18,F18R	0.40	564	85	0.8	0.13
F19,F19R	0.40	658	85	0.8	0.16
F20,F20R	0.32	564	85	1.2	0.40
F21,F21R	0.32	658	85	1.2	0.20
F22,F22R	0.40	564	85	1.2	0.13
F23,F23R	0.40	658	85	1.2	0.13
F24	0.36	611	95	1.0	0.20
F25	0.36	611	75	1.0	0.30
F26	0.36	611	75	1.0	0.25
F27	0.36	611	75	1.0	0.40
F28	0.36	611	75	1.0	0.25
F29	0.36	611	75	1.0	0.30
F30	0.36	611	75	1.0	0.13
F31	0.36	611	75	1.0	0.20
F32,F32R	0.40	611	75	1.0	0.15
F33,F33R	0.30	799	75	1.2	0.20
F34	0.40	611	75	1.0	0.15
F35	0.30	799	75	1.2	0.20
F36	0.40	611	75	1.0	0.15
F37	0.30	799	75	1.2	0.20
F38	0.40	611	75	1.0	0.15
F39	0.40	611	75	1.0	0.15
F40	0.40	611	75	1.0	0.15
F41	0.43	690	100	1.3	***
F42	0.50	690	100	***	***
F43	0.43	690	100	0.86	0.101
F44	0.43	690	100	1.09	0.185
F45	0.43	690	100	1.0	0.254
F46, F46R	0.30	799	75	1.2	0.20
F47, F47R	0.40	611	75	1.0	0.15
F48	0.40	611	75	1.0	0.15
F49	0.30	799	75	1.2	0.10
F50	0.30	799	75	1.2	0.20

Note : Replicate mixture proportions (designated by R) are the same as those of the original

*1 lb/yd³ = 0.59 kg/m³ **Percent by weight of cement ***Data discarded

(Sumber : P. N. Balaguru dan Surendra P. Shah, *Fiber-Reinforced Cement Composites*, 1992, McGraw-Hill.Inc : Singapore.)



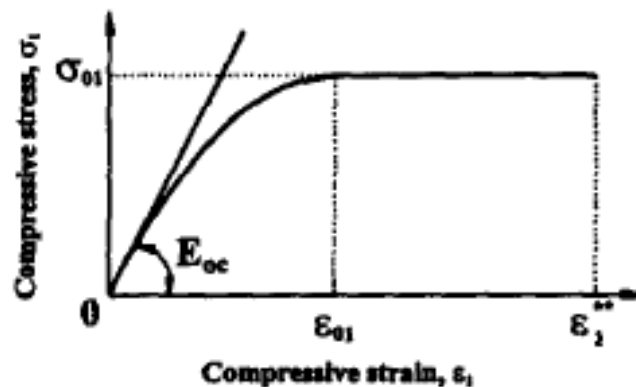
Gambar 1. Campuran beton dengan serat baja

Menurut ACI (*American Concrete Institute*) 544 (1982), beton berserat diartikan sebagai beton yang terbuat dari semen hidrolis, agregat halus, agregat kasar dan sejumlah kecil serat yang tersebar secara acak, yang mana masih dimungkinkan untuk diberi bahan-bahan additive. Menurut SNI 2847-2013, beton serat adalah beton yang mengandung serat baja yang berorientasi acak tersebar.

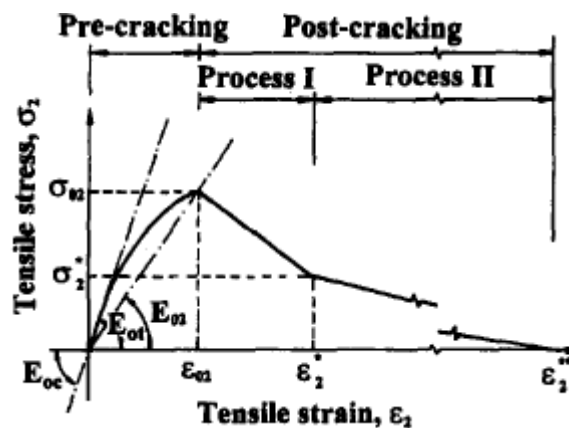
Pada umumnya, penambahan serat baja pada campuran beton dimaksudkan untuk memperbaiki sifat beton yang lemah terhadap tarik. Kuat tarik yang sangat rendah berakibat beton mudah retak, yang pada akhirnya mengurangi keawetan beton. Dengan adanya serat, ternyata beton menjadi lebih tahan retak. Perlu diperhatikan bahwa pemberian serat tidak banyak menambah kuat tekan beton, namun hanya menambah daktilitas. (Tjokrodimulyo, 2003).

Oleh karena serat baja memiliki efek kecil pada kekuatan tekan yang kompresif model untuk beton biasa seperti yang direkomendasikan

dalam BS8110:1985: Pt. 1 ("Struktural" 1985) diadopsi untuk beton FRC. Gambar 2 dan 3 menunjukkan hubungan tegangan-regangan tekan dan tarik pada FRC.



Gambar 2. Hubungan tegangan dan regangan tekan pada FRC



Gambar 3. Hubungan tegangan dan regangan tarik pada FRC

C. Teori *Self Compacting Concrete* (SCC)

SCC merupakan beton segar plastis yang mudah mengalir karena berat sendirinya mengisi keseluruhan cetakan yang dikarenakan beton tersebut memiliki sifat-sifat untuk memadat sendiri, tanpa adanya bantuan alat penggetar untuk pemadatan. SCC yang baik harus tetap homogen, kohesif, tidak segregasi, tidak terjadi *blocking*, dan tidak *bleeding*.

Tjaronge dkk., (2006), SCC adalah suatu beton yang memiliki sifat kecairan (*fluidity*) yang tinggi sehingga mampu mengalir dan mengisi ruang-ruang di dalam cetakan tanpa proses pemadatan atau hanya sedikit sekali memerlukan getaran untuk memadatkannya. Hal ini dapat mengurangi waktu proses pemadatan. Dengan tingkat kecairan yang tinggi, maka SCC mampu diangkat dan dibawa dengan mudah melalui pompa ke tingkat yang tinggi pada pengecoran bangunan bertingkat banyak. Salah satu bahan kimia yang mempengaruhi kemampuan SCC untuk mengalir adalah superplastisizer.

Menurut Okamura and Ouchi (2003), satu solusi untuk mendapatkan suatu struktur beton tahan lama yang terikat pada kemampuan pekerjaan konstruksi adalah kemampuan sendiri beton untuk memadat, yang dapat mengalir ke dalam tiap-tiap sudut suatu cetakan, karena berat sendiri dan tanpa kebutuhan akan alat penggetar, dengan komposisi campuran agregat kasar 50% dari volume beton, agregat halus 40% dari volume mortar dan faktor air semen antara 0,25 – 0,40.

Kelebihan SCC antara lain sangat encer, memiliki slump tinggi dalam jangka waktu lama (*slump keeping admixture*), tidak memerlukan pemadatan manual, lebih homogen dan stabil, kuat tekan beton bisa dibuat untuk mutu tinggi/sangat tinggi, lebih kedap, porositas lebih kecil dan susut lebih rendah, lebih awet, permukaan beton lebih baik dan halus, polusi suara rendah dan tenaga kerja lebih sedikit. Proporsi material SCC

berdasarkan *The European Federation of Specialist Constructions Chemicals and Concrete Systems* (EFNARC) seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Proporsi jumlah material penyusun SCC (EFNARC, 2005)

Material	Batas dalam berat (kg/m ³)
Powder	380 – 600
Air	150 - 200
Agregat kasar	750 - 1000
Agregat halus	48 – 55% dari berat agregat

Pada dasarnya SCC terdiri dari komponen-komponen yang sama dengan beton normal, meskipun terdapat perbedaan-perbedaan yang muncul dalam komposisi beton. Pada pembuatan SCC sangat diperlukan bahan tambah kimia khusus karena memenuhi beberapa kriteria yakni beton sangat plastis dan mudah dikontrol kekecekannya, reduksi air sangat tinggi, dan beton yang stabil.

Berdasarkan spesifikasi SCC dari EFNARC, *workability* atau kelecakan campuran beton segar dapat dikatakan sebagai SCC apabila memenuhi kriteria yaitu :

- a. *Filling ability*, adalah kemampuan beton SCC untuk mengalir dan mengisi keseluruhan bagian cetakan melalui berat sendirinya.
- b. *Passing ability*, adalah kemampuan beton SCC untuk mengalir melalui celah-celah antar besi tulangan atau bagiangcelah yang semoit dari cetakan tanpa terjadi adanya segregasi atau blocking.

- c. *Segregation resistance* adalah kemampuan beton SCC untuk menjaga tetap dalam keadaan komposisi yang homogen selama waktu transportasi sampai pada saat pengecoran.

Slump flow

Slump flow dapat diartikan sebagai diameter rata-rata penyebaran beton segar menggunakan kerucut *slump* biasa. SCC adalah suatu beton yang memiliki sifat kecairan (*fluidity*) yang tinggi sehingga mampu mengalir dan mengisi ruang-ruang di dalam cetakan tanpa proses pemadatan atau hanya sedikit sekali memerlukan pemadatan. Salah satu bahan kimia yang mempengaruhi kemampuan SCC untuk mengalir adalah *Superplasticizer*. Kelas SCC berdasarkan nilai *slump flow* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tjaronge, M. W., Irmawaty, R., Chandra, E., Limpo, A. (2006), telah melakukan penelitian *slump flow* dan kuat lentur *Self Compacting Concrete* (SCC) dengan kandungan *superplasticizer* yang bervariasi. Penelitian menggunakan semen Portland jenis 1 (OPC) dengan *superplasticizer* berbasis *polycarboxylate*. Kandungan 0,4% *superplasticizer* menghasilkan diameter slump 555 mm, untuk 0,6% diperoleh diameter slump 655 mm dan 0,8% dari berat semen diperoleh diameter 735 mm. Hasil penelitian menunjukkan penambahan *Superplasticizer* dapat meningkatkan *slump flow*, dimana setiap penambahan 0,2% *superplasticizer* akan memperbesar *slump flow* sekitar 100 mm.

Viskositas

Viskositas dapat dinilai pada saat T500 selama uji slump-flow atau dinilai berdasarkan waktu alir corong-V. Nilai waktu yang diperoleh tidak mengukur viskositas SCC tetapi berkaitan dengan kecepatan aliran. Beton dengan viskositas rendah akan memiliki aliran awal yang sangat cepat dan kemudian berhenti. Beton dengan viskositas tinggi dapat terus merambat melewati perpanjangan waktu. Kelas SCC berdasarkan Viskositas dapat dilihat pada Tabel 2. Berikut ini adalah tipikal kelas viskositas menurut *The European Guidelines for Self Compacting Concrete, 2005* :

- a. VS1/VF1 memiliki kemampuan mengisi yang baik bahkan dengan tulangan padat dan umumnya memiliki permukaan akhir terbaik. Namun, campuran beton ini lebih mungkin mengalami *bleeding* dan segregasi.
- b. VS2/VF2 tidak memiliki batas kelas atas tepi dengan meningkatnya waktu aliran, lebih memungkinkan untuk menunjukkan efek thixotropic, yang mungkin dapat membantu dalam membatasi tekanan bekisting atau meningkatkan ketahanan terhadap segregasi. Efek negatif mungkin dialami mengenai permukaan akhir yang berlubang.

Segregasi material

Ketahanan segregasi adalah dasar untuk keseragaman dan kualitas SCC. SCC dapat mengalami segregasi selama penempatan dan setelah penempatan tetapi sebelum pengerasan. Segregasi yang terjadi setelah

penempatan akan merugikan dalam elemen tinggi dan bahkan di slab tipis dapat menyebabkan cacat permukaan seperti retak atau permukaan yang lemah. Ketahanan segregasi menjadi parameter penting pada kelas *slump flow* yang lebih tinggi dan/atau kelas viskositas rendah atau jika kondisi penempatan mendorong terjadinya segregasi.

SR1 umumnya berlaku untuk lantai tipis dan untuk aplikasi vertikal dengan jarak aliran kurang dari 5 meter dan celah kekangan lebih besar dari 80 mm. Sedangkan SR2 adalah pilihan dalam aplikasi vertikal jika jarak aliran lebih dari 5 meter dengan celah kekangan lebih besar dari 80 mm untuk menjaga pemisahan material selama pengaliran. Kelas SCC berdasarkan segregasi Resistensi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kelas slump flow, viskositas, segregasi (EFNARC, 2005)

Kelas Slump Flow	<i>Slump flow</i> (mm)	
SF 1	550 - 650	
SF 2	660 - 750	
SF 3	760 - 850	
Kelas Viskositas	T500, s	V-tunnel, s
VS1/VF1	≤ 2	≤ 8
VS2/VF2	> 2	9 - 25
Kelas Regregasi Resistensi	Segregasi Resistensi (%)	
SR 1	≤ 20	
SR 2	≤ 15	

Ahmadi, M. A., Alidoust, O., Sadrijenad, I., and Nayeri, M. (2007). telah meneliti beton SCC dengan menggunakan campuran 460 kg semen,

770 kg kerikil, 1000 kg pasir, w/c 0,35 dan *Superplasticizer Visco* 1%, didapatkan kuat tekan 57 MPa. Dimana penggunaan beton SCC ini meningkatkan kuat tekan sebesar 31 – 41% dan kuat lentur sebesar 12 – 20%. Sementara modulus elastisitasnya berkurang 9 – 17% dari beton normal.

Al-Tamimi, A.K. and Sonebi, M. (2003) telah meneliti ketahanan SCC dan conventional concrete (CC) yang direndam dalam asam sulfat dan asam klorida pada suhu 20°C selama 18 minggu. Material SCC yang digunakan adalah semen potland ditambahkan dengan 47% bubuk kapur sebagai pengganti semen. Pada beton konvensional hanya semen Portland. Fas SCC dan CC adalah 0,36 dan 0,46. Parameter yang diteliti waktu, 1% asam sulfat dan 1% asam klorida yang menyebabkan hilangnya massa. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa SCC lebih baik daripada CC dalam larutan sulfat, tapi sedikit lebih rentang terhadap serangan asam klorida. Produk kerusakan bahan semen yang terkena serangan sulfat dan klorida adalah *ettringite* dan *thaumasite*.

Persson, B. (2001, 2003) telah meneliti sifat mekanik modulus elastisitas, rangkakan (*creep*) dan susut (*shrinkage*) serta ketahanan terhadap sulfat pada beton Normal dan SCC. Dari hasil penelitiannya, modulus elastisitas, rangkakan (*creep*) dan susut (*shrinkage*) beton SCC tidak berbeda secara signifikan dengan beton normal. Namun serangan sulfat pada umur 28 dan 90 hari menyebabkan SCC kehilangan massa yang lebih besar, akan tetapi setelah umur 900 hari dengan perawatan

sampai baik dilaut dan air tawar tidak ada perbedaan massa dan kerusakan beton normal dan SCC akibat sulfat.

Dinakar, P., Babu, K.G. dan Santhanam, M (2008) telah meneliti durabilitas SCC dengan penambahan volume *fly ash* yang tinggi dengan hasil bahwa SCC permeabilitas menurun dengan meningkatnya kekuatan dan kuantitas *fly ash* serta volume tinggi *fly ash* menunjukkan permeabilitas ion klorida secara signifikan lebih rendah dari beton normal. Selain itu, semen PCC dapat digunakan untuk membentuk beton SCC dan memberikan kontribusi positif dalam meningkatkan sifat mekanik.

D. Material Pembentuk *Self Compacting Concrete* (SCC)

1. Agregat

SNI 03-2847-2002, agregat halus adalah agregat yang mempunyai ukuran butir terbesar 5 mm. Agregat halus dapat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Agregat kasar dapat diidentifikasi sebagai kerikil yang merupakan hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Pada beton konvensional, agregat menempati 70 – 75% dari total volume beton. EFNARC (2005), *self compacting concrete* (SCC) agregat kasar dibatasi jumlahnya sekitar kurang lebih 50 % dari total volume beton supaya bisa mengalir dan memadat sendiri tanpa alat

pemadat. Agregat kasar yang digunakan pada SCC umumnya dibatasi antara 12 - 20 mm.

2. Semen

Menurut SNI 15-2049-2004, semen Portland adalah semen hidrolis 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 ditambahkan dengan tambahan lain.

Tabel 4. Sifat kimia utama semen Portland (SNI 15-2049-2004)

No.	Uraian	Jenis semen Portland (satuan dalam %)				
		I	II	III	IV	V
1	SiO ₂ , minimum	-	20,00	-	-	-
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
	SO ₃ , maksimum					
5	Jika C ₃ A ≤ 80	3,0	3,0	3,5	2,3	2,3
	Jika C ₃ A ≥ 80	3,5	-	4,5		
7	Hilang pijar, maksimum	5,0	3,0	3,0	2,5	3,0
8	Bagian tak larut, maksimum	3,0	1,5	1,5	1,5	1,5
9	C ₃ S, maksimum	-	-	-	35	-
10	C ₂ S, maksimum	-	-	-	40	-
11	C ₃ A, maksimum	-	8,0	15	7	5
12	C ₄ AF + 2 C ₃ A atau	-	-	-	-	-
	C ₄ AF + C ₂ F, maksimum					

Semen *portland* komposit merupakan bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen *Portland* dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen *Portland* dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain *blast furnace slag*, pozzolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total 6 - 35% dari massa semen *Portland* komposit.

Tabel 5. Sifat kimia tambahan semen Portland (SNI 15-2049-2004)

No.	Uraian	Jenis semen Portland (satuan dalam %)				
		I	II	III	I	V
1	C ₃ A, maksimum	-	-	8	-	-
2	C ₃ A, minimum	-	-	5	-	-
3	(C ₃ S + 2 C ₃ A), maksimum	-	58	-	-	-
4	Alkali : (Na ₂ O + 0,658 K ₂ O), maksimum	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

Klinker semen Portland terdiri dari empat unsur oksida yang utama yaitu CaO (kapur) = C; SiO₂ (silika) = S; Al₂O₃ (alumina) = A; dan Fe₂O₃ (oksida besi) = F serta sejumlah unsur kecil (*minor constituent*). Sifat kimia utama semen Portland dapat dilihat pada Tabel 4 dan sifat kimia tambahan semen Portland seperti C₃A maksimum, C₃A minimum, (C₃S + 2 C₃A), maksimum dan Alkali : (Na₂O + 0,658 K₂O), maksimum diperlihatkan pada Tabel 5, sifat fisika semen Portland berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 15-2049-2004) dengan salah satu

persyaratan yaitu waktu pengikatan dengan alat vicat terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Sifat fisika semen Portland (SNI 15-2049-2004)

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan
1	Kehalusan Sisa di atas ayakan 45 μm	%	Maks. 24
2	Kekekalan bentuk dengan autoclave : 1. Pemuaian 2. Penyusutan	% %	Maks. 0,8 Maks. 0,2
3	Waktu pengikatan dengan alat vicat : 1. Pengikatan awal 2. Pengikatan akhir	Menit Menit	Min. 45 Min. 375
4	Kuat tekan : 1. Umur 3 hari 2. Umur 7 hari	MPa (kg/cm^2) MPa (kg/cm^2)	Min. 10 (100) Min. 15 (150)
5	Pengikatan semu penetrasi akhir	%	Min. 50

Persentase berat dari C3S, C2S, C3A dan C4AF dalam semen Portland dapat dihitung dengan rumus yang awalnya dikembangkan oleh Bogue yang diadopsi dari ASTM C150 (Zongjin Li, 2011) dengan melihat persamaan 2, 3, 4 dan 5. Adapun sifat fisika semen portland komposit berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 15-7064-2004) seperti pada Tabel 8.

Biro penelitian teknik PT. Semen Tonasa (2012), semen Tipe Portland Composite Cement (PCC) merupakan jenis semen varian baru

yang mempunyai karakteristik mirip dengan semen OPC pada umumnya, tetapi semen jenis ini mempunyai kualitas yang lebih baik, ramah lingkungan dan mempunyai harga yang lebih ekonomis. Komposisi bahan baku semen PCC adalah klinker, gypsum dan zat tambahan (*additive*).

Tabel 7. Senyawa utama semen portland (Neville & Brooks, 2010)

Nama Senyawa	Komposisi/Singkatan	Nama Mineral
Tricalcium silicate	3CaO. SiO ₂ /C ₃ S	Alite
Dicalcium silicate	2CaO. SiO ₂ /C ₂ S	Belite
Tricalcium aluminate	3CaO. Al ₂ O ₃ /C ₃ A	Aluminate
Tetracalcium aluminoferrite	4CaO. Al ₂ O ₃ . Fe ₂ O ₃ /C ₄ AF	Ferrite

$$C_3S(\%) = 4,071C - 7,600S - 6,718A - 1,450F - 2,852\hat{s} \quad (2)$$

$$C_2S(\%) = 2,867S - 0,754C_3S \quad (3)$$

$$C_3A (\%) = 2,650A - 1,692F \quad (4)$$

$$C_4AF (\%) = 3,043F \quad (5)$$

Dengan C = CaO (*lime/calcium oxide*), S = SiO₂ (*silica*), A = Al₂O₃ (*alumina*) dan F = Fe₂O₃ (*ferric oxide*), \hat{s} = SO₃ (*sulfur trioxide*).

Bahan aditif yang digunakan yaitu batu kapur (*lime stone*), abu terbang (*fly ash*) dan Trass. PCC menggunakan tambahan zat aditif *fly ash* dan *trass* dimana terdapat senyawa SiO₂ yang dapat meningkatkan kuat tekan. PCC ditambahkan juga Lime Stone yang berfungsi meningkatkan kuat tekan pada kuat tekan. Hal ini terjadi karena *lime stone* mempunyai bentuk fisik yang halus, sehingga dengan nilai kehalusan tersebut, *lime stone* dapat menutup rongga-rongga yang terdapat dalam semen sehingga bisa meningkatkan kuat tekan.

Tabel 8. Sifat fisika semen Portland komposit (SNI 15-7064-2004)

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan
1	Kehalusan dengan alat blaine	M ² /kg	Min. 280
2	Kekekalan bentuk dengan autoclave :		
	1. Pemuaian	%	Maks. 0,80
	2. Penyusutan	%	Maks. 0,20
3	Waktu pengikatan dengan alat vicat :		
	1. Pengikatan awal	Menit	Min. 45
	2. Pengikatan akhir	Menit	Min. 375
4	Kuat tekan :		
	1. Umur 3 hari	kg/cm ²	Min. 125
	2. Umur 7 hari	kg/cm ²	Min. 200
	3. Umur 28 hari	kg/cm ²	Min. 250
5	Pengikatan semu		
	1. penetrasi akhir	%	Min. 50
6	Kandungan udara dalam mortar	% volume	Maks. 12

Hidrasi semen adalah reaksi antara partikel semen dan air, termasuk proses kimia dan fisika. Sifat-sifat beton segar, seperti ikatan (*setting*) dan pengerasan, adalah hasil langsung dari hidrasi. Sifat-sifat beton keras juga dipengaruhi oleh proses hidrasi. Oleh karena itu, untuk memahami sifat semen dan perilaku beton, beberapa pengetahuan tentang kimia hidrasi diperlukan.

Hidrasi semen Portland melibatkan unsur-unsur semen yaitu reaksi kalsium silikat anhidrat dan aluminat dengan air untuk membentuk fase

terhidrasi. Hidrasi semen sangat kompleks sehingga reaksi dari masing-masing unsur semen dalam bentuk silikat (C_3S dan C_2S) dan aluminat (C_3A dan C_4AF) dianalisa masing-masing secara tunggal.

Kedua silikat C_3S dan C_2S bereaksi dengan air untuk menghasilkan *calcium silicate hydrate* amorf yang dikenal sebagai gel CSH (gel *tobermorite*) yang merupakan 'perekat' utama yang mengikat partikel pasir dan agregat bersama-sama dalam beton. C_3S jauh lebih reaktif dari C_2S dan pada kondisi suhu standar, sekitar 20°C , sekitar separuh dari C_3S dalam semen akan terhidrasi dalam 3 hari dan 80% dalam 28 hari. Sebaliknya, hidrasi C_2S biasanya tidak berlangsung normal hingga 14 hari. Kelebihan Ca diendapkan sebagai kristal *calcium hydroxide* $\text{Ca}(\text{OH})_2$ atau *portlandite* (CH). Hidrasi C_2S juga menghasilkan beberapa formasi CH.

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang terbebaskan oleh hidrolisis kalsium silikat membentuk pelat-pelat tipis heksagonal, dengan jarak puluhan mikrometer antara pelat, tetapi kemudian bergabung menjadi deposit besar. Reaksi hidrasi dapat dilihat pada persamaan 6 dan 7. Dengan menggunakan persamaan stoikiometri dapat juga disederhanakan seperti pada persamaan 8 dan 9 (Neville, A.M. and Brooks, J.J. 2010; Zongjin Li, 2011).

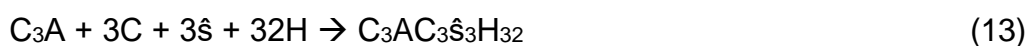


Komposisi aluminat fase dalam klinker dan dalam hidrasi semen sangat dipengaruhi oleh kuantitas yang besar dari reaksi silikat dan juga oleh adanya basa. Dengan tidak adanya larutan kalsium sulfat, C_3A bereaksi dengan cepat untuk membentuk fase C_2AH_8 dan C_4AH_{19} , yang kemudian mengkonversi ke C_3AH_6 . Lihat pada persamaan 10, 11 dan 12.



Reaksi ini adalah cepat dan sangat eksotermis (*flash set*) dan tidak dapat dikendalikan secara kinetik. Untuk mengendalikan hidrasi C_3A agar tidak terjadi *flash set*, maka pada saat pembuatan klinker ditambahkan gypsum.

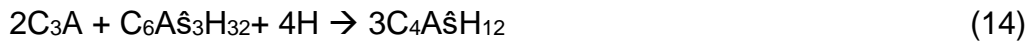
Gypsum yang telah ditumbuk halus ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) atau dalam bentuk *hemihydrate* ($CaSO_4 \cdot 0.5H_2O$) dicampur dengan C_3A sebelum pencampuran dengan air maka reaksi awal dapat dikendalikan oleh *ettringite* ($C_6A_3H_{32}$), suatu lapisan pelindung yang terbentuk pada permukaan kristal C_3A , reaksi seperti pada persamaan 13.



dengan \hat{S} adalah SO_3 dan H menunjukkan H_2O .

Ettringite biasa juga disebut Aft-fase. Ketika sulfat yang tersedia telah habis, *ettringite* bereaksi dengan C_3A untuk membentuk fase dengan

kandungan SO_3 rendah dikenal sebagai monosulfate. Reaksi dapat diringkas seperti pada persamaan 14.



Dan berasama dengan CH dari hidrasi C_3S dan C_2S terjadi reaksi seperti pada persamaan 15.



Proses hidrasi C_4AF (atau larutan padat $\text{C}_2\text{A}-\text{C}_2\text{F}$) hampir sama dengan hidrasi C_3A namun berlangsung lebih lambat. Besi masuk ke dalam larutan padat pada struktur kristal *ettringite* dan monosulfate menggantikan aluminium. Komposisi variabel *ettringite* dan monosulfate yang dibentuk oleh campuran C_3A dan C_4AF adalah disebut masing-masing sebagai AFt (*alumino-ferit hidrat trisulfate*) dan AFm (*alumino-ferit hidrat monosulfate*), fase tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.

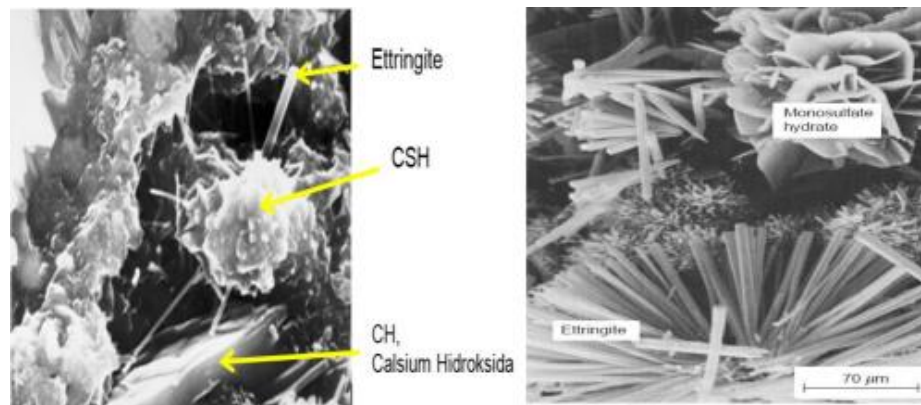
Ketika semen bersentuhan dengan air, maka proses hidrasi berlangsung ke arah luar dan ke dalam inti. Hasil hidrasi mengendap di bagian luar, sedangkan bagian dalam inti belum terhidrasi. Produk hidrasi akan membentuk kristal-kristal yang menyelimuti inti senyawa C_3S . Lapisan tersebut menghalangi masuknya air ke dalam inti C_3S . Air akan berusaha mencapai inti melalui proses difusi. Selama proses difusi berlangsung, tidak terjadi reaksi hidrasi untuk beberapa jam sehingga semen tetap dalam keadaan plastis. Setelah beberapa lama, air berhasil mencapai inti dan terjadi proses hidrasi lagi. Selanjutnya senyawa-senyawa yang dihasilkan membentuk rangkaian tiga dimensi yang saling

melekat secara acak (*random*) dan sedikit demi sedikit mengisi ruangan yang mula-mula ditempati air, lalu menjadi kaku dan mengeras.

Proses reaksi hidrasi dari C_3A dan C_4AF dimana hasil reaksi yang dihasilkan bervariasi tergantung dari tingkat reaksi dapat dilihat pada Tabel 9. Persenyawaan semen dengan air akan mengeluarkan panas. Adanya pembebasan panas ini membantu mempercepat pengerasan.

Tabel 9. Hidrasi alumina (Tjaronge, M.W, 2012)

Mineral	Ada Larutan Kalsium Sulfat	Tingkat Reaksi	Hasil Reaksi
C_3A	Tidak	Sangat cepat dan melepaskan panas	Hidrasi C_2AH_8 dan C_4AH_{19} dimana sebagian menjadi C_3AH_6
C_3A	Ya	Pada awalnya cepat	Ettringite, $C_6A\hat{S}_3H_{32}$ dimana sebagian beraksi membentuk monosulfat $3C_4A\hat{S}H_{12}$
C_4AF	Tidak	Bervariasi (tergantung pada perbandingan Al/Fe)	Hidrasi dari $C_2(A,F)H_8$ dan $C_4(A,F)_8$ dimana sebagian berubah menjadi $C_3(A,F)H_6$ (hydrogarnet)
C_4AF	Ya	Bervariasi tapi secara umum lambat	Besi menggantikan ettringite (AFt) dan sebagian besi menggantikan monosulfat (AFm)



Gambar 4. Produk hidrasi pasta (Chompreda, 2010; Mehta, 2005)

3. Air

Air diperlukan untuk pembuatan beton agar terjadi proses kimiawi dengan semen untuk membasahi agregat dan untuk melumas campuran agar mudah saat proses pengerjaan atau biasa dikenal dengan *workability*. Selain itu, air merupakan bahan utama selain dari agregat yang digunakan untuk membuat beton. Pada umumnya air minum dapat dipakai untuk campuran beton maupun mortar. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan-bahan kimia lain, bila dipakai untuk campuran beton akan sangat menurunkan kekuatannya dan juga dapat mengubah sifat-sifat dari semen. Selain itu, air yang demikian dapat mengurangi afinitas antara agregat dengan pasta semen dan mungkin pula mempengaruhi kemudahan pada saat proses pengerjaan yang dilakukan. Hal ini disebabkan karena karakteristik pasta semen merupakan hasil reaksi kimiawi antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total (semen+ agregat halus + agregat kasar) material yang menentukan, melainkan hanya perbandingan antara air dan semen atau

biasa dikenal dengan faktor air semen (FAS) pada campuran yang menentukan. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai, sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai. Sebagai akibatnya beton yang dihasilkan akan kurang kekuatannya (Nawy, 2010; Neville & Brooks, 1981).

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting, diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan menjadi bahan pelumas antar butir-butir agregat, agar dapat mudah dikerjakan (diaduk, dituang dan dipadatkan).

Air sebagai bahan bangunan sebaiknya memenuhi syarat yaitu (SNI 03-2847-2002) :

- a. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
- b. Air yang tidak dapat diminum harus memenuhi ketentuan yakni pemilihan proporsi campuran harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama, hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar dan dibuat adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum.

Dalam peraturan, umumnya air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum. Shetty (1982), air laut atau kualitas air bukan faktor yang mempengaruhi korosi dalam beton melainkan yang mempengaruhi korosi adalah faktor permeabilitas beton dan minimnya penutup beton/selimut beton.

4. Serat Baja

Serat baja (*steel fibre*) adalah serat baja yang diproduksi melalui proses penarikan dingin (*cold drawn*) dengan lekukan pada bagian ujung yang akan memberikan pengikatan yang optimal pada beton. Dengan penambahan serat baja pada beton akan memberikan daktilitas dan kemampuan menerima beban yang tinggi (*high load bearing capacity*). Selain itu juga akan memberikan aplikasi yang cepat dan mudah serta memberikan solusi yang jauh lebih efektif dan ekonomis.

Dengan menambahkan serat baja dalam beton polos, maka akan terjadi peningkatan kapasitas kekuatan beton secara cukup signifikan (Thomas J, 2007). Beton serat baja banyak diaplikasikan untuk slab beton struktural pada permukaan tanah, *shotcrete*, *composite metal decks*, pelapisan ulang diatas beton eksisting, perkerasan jalan raya dan parkir, struktur hidrodinamik, fondasi mesin dan beton pracetak (Oslejs J, 2008).

Adapun faktor-faktor serat baja yang dapat meningkatkan kuat tarik beton dimana mengingat bahwa beton secara umum adalah memiliki kuat tekan yang baik namun kuat tarik yang rendah sehingga dibutuhkan serat baja untuk mendukung peningkatan kekuatan tarik dari beton konvensional yakni :

1. *Hook* pada serat baja

Lekukan (*hook*) pada serat baja memberikan lekatan pada sisi kanan dan sisi kiri beton. Menurut Soroushian dan Bayasi (1991) ada beberapa jenis serat baja (Gambar 5) yang biasa digunakan :

A. Bentuk serat baja (*steel fiber shapes*)

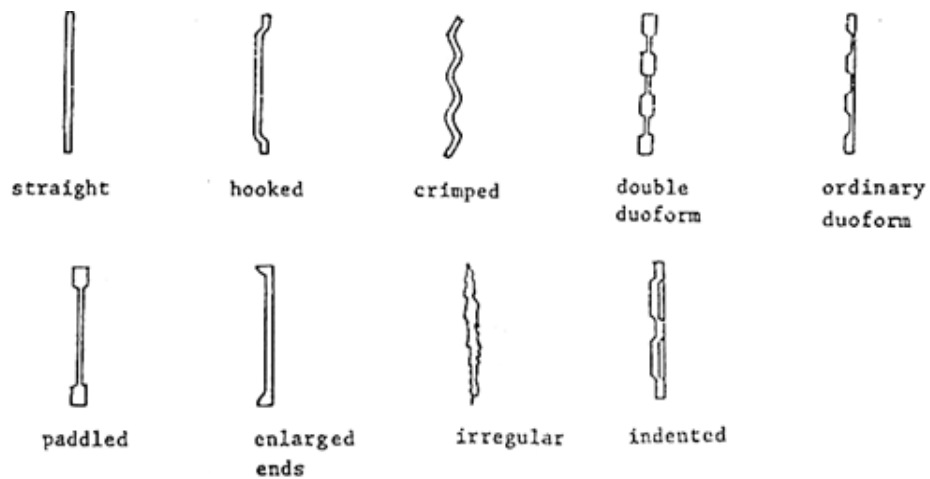
1. Lurus (*straight*).
2. Berkait (*hooked*).
3. Bergelombang (*crimped*).
4. *Double duoform*.
5. *Ordinary duoform*.
6. Dayung (*paddled*).
7. Kedua ujung ditekuk (*enlarged ends*).
8. Tidak teratur (*irregular*).
9. Bergerigi (*indented*).

B. Penampang serat baja (*steel fiber cross sections*)

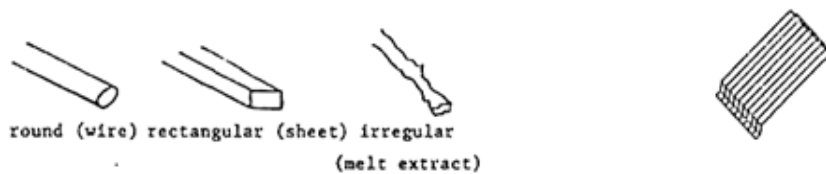
1. Lingkaran/kawat (*round/wire*).
2. Persegi/lembaran (*rectangular/sheet*).
3. Tidak teratur/bentuk dilelehkan (*irregular/melt extract*).

C. *Fiber* dilekatkan bersama dalam satu ikatan (*fiber glued together into a bundle*)

Penambahan serat baja dapat meningkatkan keliatan beton, sehingga struktur akan terhindar dari keruntuhan yang tiba-tiba akibat pembebanan yang berlebihan. Oleh karena itu, serat baja dapat digunakan sebagai bahan perkuatan pada struktur beton.



(a) *Steel fiber shapes*



(b) *Steel fiber cross sections*



(c) *Fibers glued together into a bundle*

Gambar 5. Jenis-jenis serat baja

Pemberian serat ke dalam beton akan meningkatkan kinerja beton dalam hal kuat tarik, kuat geser, kuat lentur, kemampuan mereduksi retak, kemampuan menahan susut, kemampuan menahan impak dan ketahanan

terhadap api (Dining Y, 2003; Asad, 2006). Serat baja memiliki beberapa kelebihan dari pada jenis serat lainnya, yaitu serat baja memiliki modulus yang tinggi, tidak mengalami perubahan bentuk terhadap alkali dalam semen, dan adanya *bond strength* yaitu pengangkeran mekanis antara beton dengan serat.

2. Orientasi serat baja

Serat baja terdistribusi secara acak (*random*) di dalam volume beton pada jarak yang relatif dekat satu sama lain. Hal ini akan memberi ketahanan berimbang ke segala arah dan memberi keuntungan material struktur yang dipersiapkan untuk menahan beban gempa dan angin. Serat baja dengan posisi arah vertikal dalam beton sangat efektif dalam menahan beban yang diterima oleh beton, yang didukung oleh kekuatan lekat *hook* di kedua sisi kanan dan kiri dari serat baja.

Dalam pembuatan komposit tata letak dan arah serat dalam matrik yang akan menentukan kekuatan mekanik komposit, dimana letak dan arah dapat mempengaruhi kinerja komposit tersebut.

Menurut tata letak dan arah serat diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu :

1. *One dimensional reinforcement*, mempunyai kekuatan dan modulus maksimum pada arah axis serat.
2. *Two dimensional reinforcement* (planar), mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing-masing arah orientasi serat.

3. *Three dimensional reinforcement*, mempunyai sifat *isotropic* kekuatannya lebih tinggi dibanding dengan dua tipe sebelumnya. Pada pencampuran dan arah serat mempunyai beberapa keunggulan, jika orientasi serat semakin acak (*random*) maka sifat mekanik pada 1 arahnya akan melemah, bila arah tiap serat menyebar maka kekuatannya juga akan menyebar kesegala arah maka kekuatan akan meningkat.

3. Bonding stress fiber

Masalah utama dalam penambahan serat baja pada beton yakni pada saat proses pencampuran, persentase volume penambahan serat baja yang terlalu besar pada campuran beton akan mengakibatkan penumpukan serat baja dengan agregat kasar (*balling*).

4. Fraksi volume serat baja

Penggunaan serat-serat pada persentase volume tinggi (5 – 10% atau lebih tinggi dengan teknik produksi khusus) secara substansial dapat meningkatkan kekuatan matriks tarik (ACI *Committee 544*).

5. Aspek rasio serat baja (l/d)

Briggs (1974) meneliti bahwa batas maksimal yang masih memungkinkan untuk dilakukan pengadukan dengan mudah pada adukan beton serat adalah penggunaan serat dengan aspek rasio (l/d) < 100. Pembatasan nilai aspek rasio (l/d) tersebut didukung dengan adanya usaha-usaha untuk meningkatkan kuat lekat serat dengan membuat serat

dari berbagai macam konfigurasi, seperti bentuk spiral, berkait, bertakik-takik atau bentuk-bentuk yang lain untuk meningkatkan kuat lekat serat.

5. Bahan Tambah

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*). Kedua jenis bahan tambah ini diharapkan mampu memudahkan pengerjaan beton maupun meningkatkan kinerja dari beton. Bahan tambah *admixture* ditambahkan saat pengadukan dan atau saat pelaksanaan pengecoran (*placing*) sedangkan bahan tambah aditif yaitu yang bersifat mineral ditambahkan saat pengadukan dilaksanakan. Bahan tambah kimia yang dimasukkan lebih banyak mengubah perilaku beton saat pelaksanaan pekerjaan jadi dapat dikatakan bahwa bahan tambah kimia lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja pelaksanaan. Bahan tambah aditif merupakan bahan tambah yang lebih banyak bersifat penyemenan jadi bahan tambah aditif lebih banyak digunakan untuk perbaikan kinerja kekuatannya (Mulyono, T. 2005).

Menurut standar ASTM C494/C494M – 13 (2013), jenis dan definisi bahan tambah kimia ini dibedakan delapan tipe yaitu :

1. Tipe A “*Water - Reducing Admixtures*”

Water – Reducing Admixtures adalah bahan tambah yang mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu. Selain itu juga digunakan dengan tidak

mengurangi kadar semen dan nilai slump untuk memproduksi beton dengan nilai perbandingan atau rasio faktor air semen yang rendah.

2. Tipe B “*Retarding Admixtures*”

Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan beton. Penggunaannya untuk menunda waktu pengikatan beton misalnya karena kondisi cuaca yang panas, atau memperpanjang waktu untuk pemadatan.

3. Tipe C “*Accelerating Admixtures*”

Accelerating Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan meningkatkan kekuatan awal beton. Bahan ini digunakan untuk mengurangi lamanya waktu pengeringan (hidrasi) dan mempercepat pencapaian kekuatan pada beton.

4. Tipe D “*Water Reducing dan Retarding Admixtures*”

Water Reducing and Retarding Admixtures berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan menghambat pengikatan awal. Bahan ini digunakan untuk menambah kekuatan beton. Bahan ini juga akan mengurangi kandungan semen yang sebanding dengan pengurangan kandungan air yang digunakan dalam penelelitian sehingga dapat memudahkan dalam pekerjaan.

5. Tipe E “*Water Reducing, Accelerating Admixtures*”

Water Reducing and Accelerating Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air pencampur yang

diperlukan untuk menghasilkan beton yang konsistensinya tertentu dan mempercepat pengikatan awal.

6. Tipe F “*Water Reducing dan High Range Admixture*”

Water Reducing, High Range Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih.

7. Tipe G “*Water Reducing High Range Retarding Admixtures*”

Water Reducing, High Range Retarding Admixtures adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mengurangi jumlah air pencampur yang diperlukan untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu, sebanyak 12% atau lebih dan juga untuk menghambat pengikatan beton. Jenis bahan tambah ini merupakan gabungan superplasticizer dengan menunda waktu pengikatan beton. Biasanya digunakan untuk kondisi pekerjaan yang sempit karena sedikitnya sumber daya yang mengelola beton yang disebabkan oleh keterbatasan ruang kerja yang dimiliki pada saat pembuatan beton.

8. Tipe S “*Specific Performance Admixture*”

Specific performance admixture adalah bahan tambah yang memberikan karakteristik kinerja yang diinginkan selain mengurangi kandungan air atau mengubah waktu setting beton, atau keduanya, tanpa

efek yang merugikan pada sifat beton segar, beton keras dan daya tahan beton sebagai kinerja yang ditentukan, termasuk bahan tambah terutama digunakan dalam pembuatan produk beton *dry cast*.

Jenis bahan tambah dapat berupa *superplasticizer*. *Superplasticizer* berfungsi untuk menaikkan *workability* campuran beton yang mempengaruhi *slump*, *bleeding*, *air content* dan kekuatan beton. Jenis *Superplasticizer* berdasarkan bahan dasarnya antara lain: *Nephtaline*, *Melamine*, *Polycarboxylate*.

Secara umum penggunaan *superplasticizer* dari jenis *Neptaline* akan menghasilkan penurunan kandungan udara dan menaikkan *bleeding* dan kekuatan, hal tersebut dapat tercapai jika air dalam campuran beton dikurangi. Sedangkan jenis *melamine* sangat sedikit pengaruhnya terhadap kandungan udara, kekuatan beton, dan menghasilkan pengurangan *bleeding*.

Superplasticizer adalah bahan tambah yang berguna untuk mengurangi penggunaan air secara signifikan dalam proses pembuatan beton namun tetap mempertahankan *workability*-nya. Efek dari penggunaan *superplasticizer* ini adalah peningkatan pada kekuatan beton, *superplasticizer* dapat meningkatkan kekuatan awal beton (umur 24 jam) hingga 50 sampai 75 persen (A.M. Neville, 2005) .

Superplasticizer yang diproduksi terdapat berbagai macam antara lain : *viscocrete* yang menggunakan bahan dasar *polycarboxylates*. *Superplasticizer* ini merupakan teknologi baru dari beton aditif

menghasilkan beton yang sangat cair, beton tanpa pemadatan (*self compacted*), mutu sangat tinggi dengan pengurangan air hingga 30%.

Karakteristik reologi dan mekanik SCC dipengaruhi oleh kuantitas superplasticizer. Mariani, Sampebulu, V. dan Ahmad, A.G (2009) telah meneliti pengaruh penambahan admixture terhadap karakteristik SCC, penambahan *admixture superplasticiser* berpengaruh pada *workability* dan kuat tekan beton. Tjaronge, M.W., Rita Irmawaty dkk., (2006) telah meneliti slump dan kuat lentur SCC, penambahan superplasticizer mempengaruhi *slump flow* dan tidak mempengaruhi tegangan lentur.

Okamura, H. dan Ouchi, M (2003), SCC pertama kali dikembangkan di Jepang pada pertengahan tahun 1980-an dan mulai digunakan pada konstruksi beton pada awal tahun 1990-an yang merupakan satu solusi pada struktur beton tahan lama yang terikat pada kemampuan pekerjaan konstruksi. SCC mampu untuk memadat sendiri, yang dapat mengalir ke dalam tiap-tiap sudut suatu cetakan, karena berat sendiri dan tanpa kebutuhan akan alat penggetar, dengan komposisi campuran agregat kasar 50% dari volume beton, agregat halus 40% dari volume mortar dan faktor air semen antara 0,25 – 0,40.