



**ANALISA PERBANDINGAN KUAT TEKAN BETON
NORMAL FC'30 DAN BETON FC'30 SCC (*Self Compacting
Concrete*) MENGGUNAKAN SUPERPLASTICIZER**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Dalam Rangka Penyelesaian Studi
Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Sipil

Oleh:
NANANG SUTRISNO
NPM. 6518500068

**FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL
2023**

LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH SKRIPSI

Skripsi yang berjudul “Analisa Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Dan Beton Normal Fc’30 Scc (*Self Compacting Concrete*) Menggunakan *Superplasticizer*”

NAMA PENULIS : NANANG SUTRISNO

NPM : 6518500068

Telah disetujui oleh dosen pembimbing untuk dipertahankan dihadapan sidang dewan penguji skripsi Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.

Hari : Selasa

Tanggal : 13 juni 2023

Pembimbing I



(Weimintoro, ST., M.T)
NIPY. 24561101982

Pembimbing II



(Okky Hendra Hermawan, ST., M.T)
NIPY. 24461531983

HALAMAN PENGESAHAN

Telah dipertahankan dihadapan sidang Dewan Penguji Skripsi Fakultas Teknik
Universitas Pancasakti Tegal

Pada hari : Jumat

Tanggal : 21 Juli 2023

Ketua Penguji

(Rusnoto, ST.,M.Eng.)
NIPY.14054121974


.....

Penguji Utama

(Nadya Shafira Salsabilla, ST.,MT.)
NIPY.30161841998


.....

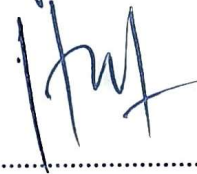
Penguji I

(Weimintoro, ST.,MT.)
NIPY. 24561101982


.....

Penguji II

(Okky Hendra Hermawan, ST.,MT.)
NIPY. 24461531983


.....

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer



Dr. Agus Wibowo, ST., MT.
NIPY. 126518101972

HALAMAN PERNYATAAN

Dalam penulisan skripsi ini saya tidak melakukan penjiplakan dengan Dengan ini, saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “**ANALISA PERBANDINGAN KUAT TEKAN BETON NORMAL FC’30 DAN BETON FC’30 SCC (SELF COMPACTING CONCRETE) MENGGUNAKAN SUPERPLASTICIZER**” ini dan seluruh isinya adalah benar benar karya sendiri atau pengutipan dengan cara-cara tidak sesuai dengan etika yang berlaku dalam masyarakat keilmuan sebagaimana mestinya.

Demikian, pernyataan ini untuk dijadikan sebagai pedoman bagi yang berkepentingan dan saya siap menanggung resiko dan sanksi yang diberikan kepada saya apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran atas etika keilmuan dalam karya tulis ini, atau adanya atas karya tulis ini.

Tegal, 2023



Nanang Sutrisno
NPM. 6518500068

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Belajar dari kegagalan adalah hal yang bijak.
2. Jangan hanya menunggu, tapi ciptakan waktumu sendiri.
3. Pendidikan adalah senjata paling ampuh yang bisa digunakan untuk mengubah dunia.
4. Jangan mundur sebelum melangkah, setelah melangkah jalani dengan cara terbaik yang bisa kita biasa lakukan.
5. Kesuksesan terjadi ketika ada niat, usaha, dan doa. Jika Anda memiliki kesempatan yang baik, itu pasti akan tercapai.
6. Jika orang lain bisa, maka aku juga bisa.

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Mamah Dan Papahku Tercinta.
2. Kakak Dan Adikku Yang Sangat Kusayangi.
3. Seseorang yang aku sayangi dan aku cintai.
4. Seluruh Dosen Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal.
5. Seluruh teman baik dikampus maupun dikantor.
6. Pembaca yang budiman.

ABSTRAK

Nanang Sutrisno, 2023, “**Analisa Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Fc’30 Dan Beton Fc’30 Scc (Self Compacting Concrete) Menggunakan Superplaticizer**”. Laporan Skripsi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal 2023.

Beton adalah suatu material yang terdiri dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan tambah (admixture) apabila diperlukan. Kebanyakan beton yang digunakan dilapangan adalah beton normal, selain pembuatanya yang cukup mudah dan tidak membutuhkan bahan tambah (admixture). Beton normal juga dianggap lebih ekonomis. Namun, sering juga dalam pengerjaan dilapangan mengalami kesulitan dalam pengecoran seperti beton yang terlalu tipis, beton yang melengkung, jarak antara tulangan yang terlalu rapat, Sehingga beton mengalami segregasi, terdapat rongga-rongga udara dalam beton. Segregasi adalah pemisahan komponen material dalam campuran beton segar sebagai akibat dari campuran yang tidak seragam.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode komparatif. Metode komparatif dilakukan untuk membandingkan persamaan dan perbedaan dua atau lebih fakta-fakta dan sifat-sifat objek yang diteliti berdasarkan kerangka pemikiran tertentu. Dengan menggunakan metode komparatif peneliti dapat mencari jawaban perbandingan kuat tekan beton normal fc’30 dan beton fc’30 scc (*self compacting concrete*) menggunakan *superplaticizer*.

Didapat hasil perbandingan beton normal fc’30 dan beton fc’30 scc pada umur 7 hari dan 28 hari. hasil menunjukkan bahwa beton normal fc’30 umur 7 hari didapatkan kuat tekan tertinggi yaitu 28,03 mpa dan beton fc’30 scc umur 7 hari didapatkan kuat tekan tertinggi yaitu 31,14 mpa. hasil menunjukkan bahwa beton normal fc’30 umur 28 hari didapatkan kuat tekan tertinggi yaitu 31,99 mpa dan beton fc’30 scc umur 28 hari didapatkan kuat tekan tertinggi yaitu 37,93 mpa.

Dari hasil pengujian kuat tekan beton dapat disimpulkan bahwa analisa perbandingan kuat tekan beton normal fc’30 dan beton fc’30 scc (*self compacting concrete*) terhadap *superplaticizer* terdapat perbandingan antara beton normal fc’30 dengan beton fc’30 scc dan perhitungan nilai kuat tekan karakteristik beton, dapat diketahui beton fc’30 scc (*self compacting concrete*) memiliki kekuatan yang lebih besar dibandingkan dengan beton normal fc’30.

Kata kunci : beton, beton normal FC’30, beton FC’30 SCC dan kuat tekan

ABSTRACT

Nanang Sutrisno, 2023, "Comparative Analysis of Normal Fc'30 Concrete Compressive Strength and Fc'30 Scc Concrete (Self Compacting Concrete) Using Superplasticizer". Civil Engineering Thesis Report, Faculty of Engineering, University of Pancasakti Tegal, 2023.

Concrete is a material consisting of a mixture of cement, fine aggregate, coarse aggregate, water and admixture if needed. Most of the concrete used in the field is normal concrete, apart from being quite easy to manufacture and does not require admixtures. Normal concrete is also considered more economical. However, often in field work there are difficulties in casting such as too thin concrete, curved concrete, too tight spacing between reinforcement bars, so that the concrete experiences segregation, there are air voids in the concrete. Segregation is the separation of material components in fresh concrete mixtures as a result of non-uniform mixtures.

The research method used is comparative method. The comparative method is carried out to compare the similarities and differences of two or more facts and the properties of the object under study based on a certain frame of mind. By using the comparative method researchers can find answers to the comparison of normal concrete compressive strength fc'30 and concrete fc'30 scc (self compacting concrete) using superplasticizer.

The results of the comparison of normal fc'30 concrete and fc'30 scc concrete at the age of 7 days and 28 days. The results showed that normal fc'30 concrete aged 7 days had the highest compressive strength of 28.03 MPa and fc'30 scc concrete aged 7 days had the highest compressive strength of 31.14 MPa. The results showed that normal fc'30 concrete aged 28 days had the highest compressive strength, namely 31.99 MPa and fc'30 scc concrete aged 28 days, obtained the highest compressive strength, namely 37.93 MPa.

From the results of the concrete compressive strength test it can be concluded that the analysis of the comparison of normal fc'30 concrete compressive strength and fc'30 scc concrete (self compacting concrete) to superplasticizer has a comparison between normal fc'30 concrete and fc'30 scc concrete and the calculation of the compressive strength value. From the characteristics of concrete, it can be seen that fc'30 scc (self compacting concrete) has greater strength than normal fc'30 concrete.

Keywords : concrete, fc'30 normal concrete, fc'30 scc concrete and compressive strength

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puja dan puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan petunjuk, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulisan dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Analisa Perbandingan Kuat Tekan Beton Fc’30 Normal dan Beton Fc’30 SCC (*Self Compacting Concrete*) menggunakan *Superplasticizer*”.

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat dalam rangka menyelesaikan Strata Program Studi Teknik Sipil. Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Agus Wibowo, ST.,MT. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.
2. Bapak Okky Hendra Hermawan, ST.,MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil dan Dosen Pembimbing II, Universitas Pancasakti Tegal.
3. Bapak Weimintoro, ST.,MT. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan masukan dan pengarahan Skripsi ini.
4. Seluruh dosen dan staf Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal yang telah memberi bantuan dan selama melaksanakan pendidikan.
5. Kedua orang tua yang selalu memberikan doa, nasehat serta kesabaran yang luar biasa.
6. Teman-teman satu bimbingan kepada Salman Al Parisi, Bagus Risqi Maulana dan Permana Dicky S.K yang telah membantu dalam pembuatan skripsi ini.
7. Seluruh teman-teman angkatan 2018 atas persahabatan dan dukungan selama perkuliahan dan semua pihak yang telah membantu hingga laporan ini selesai.

Demikian skripsi ini dibuat dengan sepenuh hati, apabila ada kekurangan penulis memohon kritikan dan sarannya agar skripsi ini dapat menjadi lebih baik lagi. Dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Tegal, Mei 2023

Nanang Sutrisno

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN KELULUSAN UJIAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
PRAKATA	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Batasan Masalah.....	3
C. Rumusan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian.....	5
F. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Landasan Teori.....	7
1. Beton	7
2. Beton SCC (<i>Self Compacting Concrete</i>).....	8
3. Material penyusun beton Self Compacting Concrete (SCC)	10
4. Material Penyusun Beton	15
5. Superplasticizer	35
6. Karakteristik Beton	39
7. <i>Setting dan Hardening</i>	39

8. Faktor Air Semen (FAS)	41
9. Bahan Tambah (Admixture) untuk Campuran Beton	42
10. Tujuan Penggunaan Bahan Tambah (<i>Admixture</i>)	44
11. Jenis Jenis Bahan Tambah (Admixture)	45
12. Contoh Produk Plasticizer	49
13. Perawatan Beton.....	51
14. Slump Test.....	51
15. Metode Pemeriksaan SCC (Self Compacting Concrete)	56
16. Perlakuan Benda Uji	67
17. Toleransi waktu pengujian	67
18. Kekuatan Beton	67
19. Kuat Tekan (Compressive Strength)	68
20. Modulus Elastisitas	72
21. Permeabilitas	73
22. Densitas	74
23. Pengertian Silinder (Tabung)	74
24. Pola Retak dan Kehancuran	76
B. Tinjauan Pustaka	77
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	89
A. Metode Penelitian.....	89
B. Waktu dan Tempat Penelitian	89
C. Variabel Penelitian	90
D. Instrumen Penelitian.....	91
E. Metode Pengumpulan Data	91
F. Metode Analisa Data.....	93
G. Diagram Alur Penelitian	94
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	95
A. Hasil	95
1. Proporsi Campuran Beton	95
2. Pengujian Agregat	96
3. Hasil Uji <i>Mix Design</i>	101

4. Hasil <i>Uji Slump</i>	106
B. Pembahasan.....	106
1. Pembahasan Pengujian Kuat Tekan	106
2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal Fc'30	109
3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Fc'30 SCC	114
4. Pembahasan Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Fc'30 dan Fc'30 SCC	119
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	96
A. Simpulan	96
B. Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan beton normal dengan SCC (Okamura, 2003).....	11
Gambar 2.2 <i>Superplasticizer</i>	35
Gambar 2.3 Proses Pengikatan Beton	41
Gambar 2.4 Grafik Faktor Air Semen (FAS).....	42
Gambar 2.5 Tampak Samping Alat Uji <i>Slump Test</i>	52
Gambar 2.6 Proses Pemadatan dan Pengukuran <i>Slump</i>	55
Gambar 2.7 Proses Penurunan dan Pengukuran <i>Slump</i>	55
Gambar 2.8 <i>Slump Flow Test</i>	58
Gambar 2.9 Pengujian <i>Slump Flow SCC</i>	60
Gambar 2.10 <i>V-Funnel Test</i>	62
Gambar 2.11 <i>L-Shape Box Test</i>	63
Gambar 2.12 Hubungan antara faktor air semen dan kuat tekan silinder beton (SNI 03-2847-2002).....	70
Gambar 2.13 Silinder Beton.....	74
Gambar 2.14 Pola Kehancuran pada benda	76
Gambar 3.1 Lokasi Penelian	90
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	94
Gambar 4.1 Kurva Gradasi Agregat Kasar Split 20-30	97
Gambar 4.2 Kurva Gradasi Agregat Kasar Split 10-20	98
Gambar 4.3 Kurva Gradasi Agregat Halus	99
Gambar 4.4 Mix Design Fc'30 Normal untuk 6 Sampel	103
Gambar 4.5 Mix Design Fc'30 SCC untuk 6 Sampel.....	105
Gambar 4.6 Kuat Tekan Umur 3 Hari	107
Gambar 4.7 Kuat Tekan Umur 7 Hari.....	108
Gambar 4.8 Kuat Tekan Umur 28 Hari.....	109
Gambar 4.9 Silinder Beton.....	110
Gambar 4.10 Grafik Kuat Tekan Beton Normal Fc'30.....	114
Gambar 4.11 Silinder Beton	115
Gambar 4.12 Grafik Kuat Tekan Beton Fc'30 SCC	119
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal Fc'30 dan SCC 120	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-sifat beton SCC (Okamura & Ozawa, 1994).....	9
Tabel 2.2 Kelebihan dan kekurangan beton SCC (Herbudiman & Siregar, 2013)	10
Tabel 2.3 Kelebihan dan kekurangan beton Self Compacting Concrete (SCC) lanjutan (Herbudiman & Siregar, 2013).....	10
Tabel 2.4 Mutu Dan Penggunaan Menurut (Pustlitbang Prasarana Transportasi, Devisi 7 – 2005	12
Tabel 2.5 Beton Menurut Kuat Tekannya (Tjokrodimuljo, 2007).....	13
Tabel 2.6 Berat Jenis Beton (Tjokrodimuljo, 2007)	13
Tabel 2.7 Batas Gradasi Agregat Kasar	19
Tabel 2.8 Batas Gradasi Agregat Halus	22
Tabel 2.9 Komposisi Oksida Semen Portland	33
Tabel 2.10 Komposisi Kimia Superplasticizer.....	37
Tabel 2.11 Jenis Bahan Tambah (<i>Admixture</i>).....	45
Tabel 2.12 Acuan Nilai <i>Slump</i> Untuk Beton Segar pada Elemen Struktur.....	56
Tabel 2.13 Daftar pengujian fresh properties SCC (EFNARC, 2002).....	57
Tabel 2.14 Ketentuan <i>Slump Flow</i>	60
Tabel 2.15 Ketentuan Penerimaan Hasil Uji untuk SCC	66
Tabel 2.16 Sifat Mekanis SCC.....	66
Tabel 2.17 Toleransi Waktu Pengujian.....	67
Tabel 2.18 Hubungan antara Umur dan Kuat Tekan Beton.....	69
Tabel 3.1 Waktu Penelitian	89
Tabel 4.1 Proporsi Campuran Beton Normal Fc'30	95
Tabel 4.2 Proporsi Campuran Beton Fc'30 SCC	95
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar Split 20-30.....	97
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Gradasi Agregat Kasar Split 10-20.....	97
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Gradasi Agregat Halus.....	98
Tabel 4.6 Hasil Tes Lab Split 20-30	100
Tabel 4.7 Hasil Tes lab Split 10-20.....	100

Tabel 4.8 Hasil Tes Lab Pasir	101
Tabel 4.9 Mix design beton Normal Fc'30	102
Tabel 4.10 Mix design beton Normal Fc'30 untuk 6 sampel.....	103
Tabel 4.11 Mix design beton Fc'30 SCC.....	104
Tabel 4.12 Mix design beton Fc'30 untuk 6 Sampel	105
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Slump Tes	105
Tabel 4.14 Hasil Kuat Tekan Beton Normal Fc'30 dan SCC Umur 3 Hari..	107
Tabel 4.15 Hasil Kuat Tekan Beton Normal Fc'30 Umur SCC Umur 7 Hari	108
Tabel 4.16 Hasil Kuat Tekan Beton Normal Fc'30 Umur SCC Umur 28 Hari	109
Tabel 4.17 Hasil Kuat Tekan Beton Normal Fc'30 dan SCC Umur 3, 7, 28 Hari	110

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto Penelitian

Lampiran 2. Data penelitian

Lampiran 3. Lembar Bimbingan

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

Mpa	= Mega Pascal
Fc'	= Kuat Tekan Beton
SNI	= Standar Nasional Indonesia
ASTM	= <i>American Society for Testing and Materials</i>
ACI	= <i>American Concrete Institute</i>
PBI	= Peraturan Beton Indonesia
SII	= Standar Industri Indonesia
K	= Karakteristik kg/cm^2
Mm	= Mili Meter
Cm	= Centimeter
N	= Newton
ml	= Mili Liter
Kg	= Kilo Gram
FAS	= Faktor Air Semen
SCC	= <i>Self Compacting Concrete</i>
m^3	= Meter Kubik
m^2	= Meter persegi
gr	= Gram
°C	= Derajat Celcius
σ	= Kuat Tekan Benda Uji
P	= Persentase
A	= Luas Tabung

P = Gaya tekan aksial
A = Luas penampang melintang benda uji
F = Kuat Tekan
P = Besar Beban Maksimum
A = Luas Permukaan Benda Uji
OPC = *Ordinary Portland Cement*
HRWR = *High Range Water Reducing*
HRWR = *High Range Water Reducing*
HSR = *High Sulfat Resistance*
PCC = Portland Composite Cement
C3S = Trikalsium Silikat
C2S = Dikalsium Silikat
C₃A = Trikalsium Aluminat
C₄AF. = Tetrakalsium Aluminoferrit
C₄AF = Tetrakalsium Alumino-Ferrit)
H = Air
₄CH = Kalsium Hidroksida
AFH₂₆ = Alumino-Ferrit Hidrat
H = Air

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Beton adalah suatu material yang terdiri dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan tambah (*admixture*) apabila diperlukan. Kebanyakan beton yang digunakan dilapangan adalah beton normal, selain pembuatanya yang cukup mudah dan tidak membutuhkan bahan tambah (*admixture*). Beton normal juga dianggap lebih ekonomis. Namun, sering juga dalam pengerjaan dilapangan mengalami kesulitan dalam pengecoran seperti beton yang terlalu tipis, beton yang melengkung, jarak antara tulangan yang terlalu rapat, Sehingga beton mengalami segregasi, terdapat rongga-rongga udara dalam beton. Segregasi adalah pemisahan komponen material dalam campuran beton segar sebagai akibat dari campuran yang tidak seragam (Mindess et al., 1996).

Sejak tahun 1983 di Jepang telah diketahui permasalahan durabilitas beton. Untuk mendapatkan beton yang tahan lama diperlukan kontrol kualitas yang baik dengan pengecoran yang dikerjakan oleh para pekerja. Problem beton adalah diperlukan pemadatan yang cukup intensif untuk menghasilkan beton yang padat. Rongga-rongga udara sering terjebak dalam beton sehingga kekuatannya sangat rendah. Semakin berkurangnya tenaga ahli menyebabkan perlunya campuran beton yang dapat memadat sendiri dan hanya memerlukan sedikit tenaga ahli untuk mengerjakannya dan didapatkan beton dengan kualitas tinggi. Kemudian pada tahun 1988, beton kinerja tinggi diajukan

dengan spesifikasi: (1) sifat beton segar: dapat memadat sendiri (2) umur awal: ditimbulkan oleh faktor eksternal. Beton ini dinamakan *Self Compacting Concrete* (SCC) (Antoni dan Nugraha, P. 2007). Dalam proses penempatan pada volume bekisting (*placing*) dan proses pemadatannya (*compaction*), SCC tidak memerlukan penggetaran seperti pada beton umumnya. SCC mempunyai *flowability* yang tinggi sehingga mampu mengalir, memenuhi bekisting, dan mencapai kepadatan tertingginya sendiri (EFNARC, 2005).

Pembuatan beton mutu tinggi memerlukan komposisi dan pelaksanaan yang baik. Untuk mencapai kualitas beton yang direncanakan, beton segar harus mengisi ruang dengan cepat tapi tetap masif. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan membuat beton berjenis “*Self Compacting Concrete* (SCC)” atau beton yang dapat memadat sendiri.

Berdasarkan uraian di atas membuka peluang untuk membahas beton normal dan beton SCC, dengan demikian penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kuat tekan beton normal dan beton SCC. Oleh karena itu, penulis akan melakukan penelitian dengan judul “Analisa Perbandingan Kuat Tekan Beton Normal $f_c'30$ dan Beton $f_c'30$ SCC (*Self Compacting Concrete*) Menggunakan *Superplasticizer*”

B. Batasan Masalah

Pada bagian batasan masalah ini penulis lebih memperdalam dan memfokuskan pembahasan dimana penulis akan membatasi penelitian yang meliputi:

1. Beton yang digunakan yaitu beton normal $f_c'30$ dan beton $f_c'30$ SCC (*Self Compacting Concrete*), dengan menggunakan bahan material sebagai berikut:
 - a. Agregat halus, menggunakan pasir alam berasal dari *quary* sungai daerah Cidadap, Kabupaten Tasikmalaya.
 - b. Agregat kasar, menggunakan Split 1-2 dan 2-3 *quary* Limus Gede Pangandaran.
 - c. Semen Portland, menggunakan jenis *Ordinary Portland Cement* (OPC) Merk Holcim/ Dynamic Produksi PT. Indonesia Distributor.
 - d. Air dari Laboratorium SO Graha Pradana.
 - e. *Retarder* dan *Superplaticizer Type* Nafta 308 sebagai bahan *additive* berasal dari produksi Karya Naptha Belide.
2. Pengujian kuat tekan beton pada umur 3, 7, dan 28 hari.
3. Pengujian SCC (*Self Compacting Concrete*) dilakukan hanya pengujian *Slump Flow* dan pengujian beton normal *Slump Test*.
4. Dalam penelitian ini menggunakan cetakan silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
5. Data pengujian fisik Beton Normal $F_c'30$ dan Beton SCC (*Self Compacting Concrete*) diperoleh dari Lab. PT. SO Graha Perdana.

6. Pengujian *Trial Mix* Beton Normal $F_c'30$ dan $F_c'30$ SCC di PT. Marlin Prakasrsa.

C. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas maka arah dan tujuan yang akan di capai dalam penelitian ini dapat di rumuskan permasalahannya yaitu:

1. Bagaimana proporsi campuran beton normal dan beton SCC (*Self Compacting Concrete*)?
2. Bagaimana pengujian *Slump Test* pada beton normal dan pengujian *Slump Flow* pada beton SCC (*Self Compacting Concrete*)?
3. Bagaimana hasil kuat tekan beton dan hasil presentase pengujian beton normal dan beton SCC (*Self Compacting Concrete*) pada umur 3, 7 dan 28 hari?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh proporsi campuran beton normal dan beton SCC (*Self Compacting Concrete*).
2. Untuk mengetahui perbedaan cara pengujian *Slump* pada beton normal dan beton SCC.
3. Untuk mengetahui hasil kuat tekan dan persentase pengujian beton normal dan beton SCC pada umur 3, 7 dan 28 hari.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menambah pengetahuan dan wawasan tentang inovasi beton mutu tinggi SCC (*Self Compacting Concrete*) dan penggunaan campuran bahan kimia berupa *superplasticizer Type Nafta 308*
2. Dapat dijadikan sebagai referensi pada penelitian selanjutnya khususnya inovasi pada teknologi beton selanjutnya.

F. Sistematika Penulisan Skripsi

Sistematika penulisan bab penelitian skripsi terbagi dalam lima bab yakni sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini adalah bab pertama yang memberikan informasi dasar tentang apa yang akan diteliti, mengapa dan untuk apa penelitian tersebut dilakukan. Oleh karena itu bab ini mencakup tentang latar belakang penelitian, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian dan manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

Di bab ini berisi tentang landasan teori dan tinjauan pustaka .

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan membahas tentang metode penelitian, waktu dan tempat, variabel penelitian, instrumen penelitian, metode pengumpulan data, metode analisa data dan diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang data-data yang diperoleh dari hasil penelitian selanjutnya dalam proses analisa data.

BAB V SIMPULAN DAN PENUTUP

Pada bab v ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran terkait analisa pemanfaatan dari hasil penelitan skripsi.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Beton

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat (SNI-03-2847-2002). Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimia sejumlah material pembentuknya (Nawy 1985), artinya terjadi proses mekanis dan kimiawi yang terjadi pada saat pencampuran material dalam pembentukan beton hingga terjadi pengerasan pada beton.

Di kehidupan modern ini, beton menjadi hal terpenting dalam pembangunan konstruksi bangunan. Beton mampu memikul beban tekan yang berat dalam suatu struktur disamping juga pemeliharaan untuk beton tergolong memerlukan biaya yang relatif murah. Perlu diketahui bahwa pembuatan beton yang baik tidak sekedar mencampur material hingga adukan mengeras dan langsung digunakan seperti yang mungkin sering kita jumpai sehari-hari. Beberapa parameter yang mempengaruhi kekuatan beton agar tergolong baik yaitu perlu diperhatikan kualitas semen, proporsi semen dalam campuran beton, kekuatan dan kebersihan agregat, ikatan antara pasta dan agregat, pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton, serta pemadatan beton dan perawatannya.

Selain itu, dilakukan pengujian pada beton untuk mengetahui kadar kelayakan dalam penggunaannya. Pengujian-pengujian beton tersebut diantaranya, pengujian slump beton, pengujian kuat tekan, kuat lentur, dan kuat tariknya, pengujian modulus elastisitas dan lain sebagainya, jika beton mampu memenuhi standar pengujian maka beton dinyatakan lulus uji dan dapat dipergunakan sesuai kebutuhan. Dalam beberapa kasus di lapangan, seringkali diperlukan beton dengan mutu dan *slump* sangat tinggi, dua hal yang pada dasarnya saling bertolak belakang pada beton campuran normal. Beton dengan spesifikasi *slump* sangat tinggi (*encer*) lebih dikenal dengan sebutan beton dengan pemadatan mandiri (*self compacting concrete – SCC*) atau sering juga disebut beton alir (*flowing concrete*). Beton jenis ini semakin banyak dipakai karena selain dapat memiliki kekuatan yang sangat tinggi, tetapi tetap lecah dalam pelaksanaan. Sedemikian lecahnya sehingga dalam pengetesannya dikenal juga istilah *slump flow test* untuk mengetahui daya sebar dari campuran beton segar.

2. **Beton SCC (*Self Compacting Concrete*)**

Beton SCC adalah beton segar yang sangat plastis dan mudah mengalir mengisi ruang karena beton SCC mampu memadat sendiri tanpa bantuan alat penggetar (*vibrator*). Beton SCC yang baik harus tetap homogen, kohesif, tidak segregasi, tidak terjadi *blocking*, dan tidak *bleeding*. Keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan beton SCC adalah dapat mengurangi lamanya proses konstruksi dan upah pekerja,

pemadatan dan penggetaran beton yang optimum, serta dapat mengurangi kebisingan yang dapat mengganggu lingkungan sekitarnya (Herbudiman & Siregar, 2013). Dilihat dari segi material penyusun, perbedaan beton biasa dengan beton SCC adalah adanya penambahan *superplasticizer* dalam campuran betonnya. *Superplasticizer* merupakan cairan kimia yang berfungsi untuk mengurangi penggunaan air pada campuran beton.

Suatu campuran beton dapat dikatakan *Self Compacting Concrete* (SCC) jika memiliki sifat-sifat seperti terlihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Sifat-sifat beton SCC

Beton segar	Beton keras
<i>Filling ability</i> , kemampuan campuran beton segar untuk dapat mengisi ruangan tanpa vibrasi	Memiliki tingkat absorpsi dan permeabilitas yang rendah
<i>Passing ability</i> , kemampuan dari campuran beton segar untuk dapat melewati tulangan	Memiliki tingkat durabilitas yang tinggi
<i>Segregation resistance</i> , campuran beton yang tidak mengalami segregasi	Mampu membentuk campuran beton yang homogen

Sumber : (Okamura & Ozawa, 1994)

Adapun kelebihan serta kekurangan dari penggunaan beton self compacting concrete ini sendiri adalah seperti Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Kelebihan dan kekurangan beton SCC

Kelebihan beton <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC)	Kekurangan beton <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC)
Tidak memerlukan pemadatan dengan menggunakan vibrator	Beton SCC lebih mahal dari segi biaya dibandingkan dengan beton konvensional
Tenaga kerja yang diperlukan menjadi lebih sedikit	Pembuatan bekisting beton harus benar-benar diperhatikan karena mudah terjadi kebocoran campuran beton SCC

Sumber : (Herbudiman & Siregar, 2013)

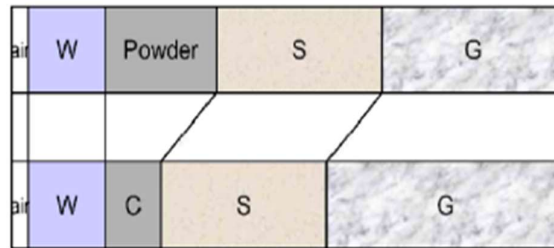
Tabel 2.3 Kelebihan dan kekurangan beton Self Compacting Concrete (SCC)

Kelebihan beton <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC)	Kekurangan beton <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC)
Mengurangi kebisingan yang mengganggu lingkungan sekitar	Beton tidak boleh mengalami segregasi namun tetap harus memenuhi syarat flowabilitas
Pengecoran mudah, waktu proyek lebih cepat, dan meningkatkan durabilitas struktur	

Sumber : (Herbudiman & Siregar, 2013)

3. Material penyusun beton *Self Compacting Concrete* (SCC)

Okamura dan Ouchi (2003) membandingkan beton konvensional dengan SCC dari sisi proporsi pencampurannya, yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Perbandingan Beton Normal Dengan SCC

Sumber : (Okamura, 2003)

Dengan:

W = *water* (air).

S = *sand* (pasir).

C = *cement* (semen).

G = *gravel*(Kerikil).

Berdasarkan gambar tersebut, diketahui bahwa pada volume yang sama, komposisi material yang diperlukan SCC dan beton konvensional adalah berbeda. Komposisi *powder* pada SCC lebih banyak dibandingkan komposisi semen pada beton konvensional, *powder* pada SCC dapat berupa semen ataupun berupa *binder* (bahan pengikat dalam campuran beton yang terdiri dari semen dan bahan pengisi), sedangkan komposisi kerikil SCC lebih sedikit dibandingkan komposisi kerikil pada beton konvensional.

Berdasarkan kuat tekan (SNI 03-6468-2000, ACI 363R-92) dari benda uji silinder (diameter 15 cm, tinggi 30 cm) mutu beton dikelompokkan menjadi :

a. Berdasarkan Kuat Tekan.

- 1) Beton mutu rendah (*low strength concrete*) : $F_c' < 20$ MPa
- 2) Beton mutu sedang (*medium strength concrete*) : $F_c' = 21 - 40$ MPa
- 3) Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) : $F_c' \geq 41$ MPa

Berdasarkan departemen PU (Pustlitbang Prasarana Transportasi, Devisi 7 – 2005), Mutu beton dikelompokkan menjadi mutu tinggi, mutu sedang dan mutu rendah. Dimana pada mutu $F_c'35-65$ Mpa dan mutu K400-K800 dikategorikan sebagai jenis mutu beton mutu tinggi. Sedangkan mutu sedang adalah beton $F_c'20-35$ dan K250-K400. Bisa dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.4 Mutu Dan Penggunaan

Jenis Beton	F_c' (Mpa)	Kg/cm ²	Uraian
Mutu tinggi	35-65	K400-K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, gelagar beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya.
Mutu Sedang	20- <35	K250-K400	Umumnya digunakan pada beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang bangunan bawah jembatan
Mutu Rendah	15-<20	K175-<K250	Umumnya digunakan untuk struktur bton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu

Mutu Rendah	15-<20 10-<15	K175-<K250 k125-<k175	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu. Digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton
-------------	------------------	--------------------------	--

Sumber : (Pustlitbang Prasarana Transportasi, Devisi 7 – 2005)

Menurut Tjokrodinuljo (2007) beton memiliki beberapa sifat yang dimiliki pada beton dan sering digunakan untuk acuan adalah sebagai berikut:

Beton bersifat getas sehingga mempunyai kuat tekan yang tinggi tetapi memiliki kuat tarik yang rendah. Oleh sebab itu kuat tekan beton sangat berpengaruh pada sifat yang lain.

Tabel 2. 5 Beton Menurut Kuat Tekannya

Jenis Beton	Kuat Tekan (MPa)
Beton sederhana	≤ 10
Beton normal	15 – 30
Beton pra tegang	30 – 40
Beton kuat tekan tinggi	40 – 80
Beton kuat tekan sangat tinggi	> 80

Sumber : (Tjokrodinuljo, 2007)

Berikut ini tabel yang menjelaskan mengenai berat jenis beton yang digunakan untuk konstruksi yaitu:

Tabel 2. 6 Berat Jenis Beton

Jenis beton	Berat jenis	Pemakaian
Beton sangat ringan	$< 1,00$	Non struktur
Beton ringan	1,00 – 2,00	Struktur ringan

Beton normal	2,30 2,40	Struktur
Beton berat	> 3,00	Perisai sinar X

Sumber : (Tjokrodinuljo, 2007)

b. Berdasarkan Pembuatan

1) Beton *Pre-cast*

Beton *Pre-cast* adalah beton yang dibuat atau dicor di lokasi dan dalam pengujiannya dilakukan ditempat pabrikasi khusus kemudian yang diangkut dan dipasang dilokasi elemen struktur pada konstruksi bangunan.

2) Beton *Cas in-situ*

Beton *Cas in-situ* adalah beton yang dibuat langsung di lokasi pembangunan dan kemudian di cor langsung pada tempatnya dengan menggunakan acuan atau cetakan yang sudah dipasang di lokasi.

c. Berdasarkan Perkerasan.

1) Beton Segar.

Beton segar adalah beton pada saat kondisi masih baru selesai dibuat yang sifatnya masih dapat dikerjakan.

2) Beton Hijau.

Beton hijau adalah beton dalam kondisi plastis yang harus segera dikerjakan dengan didapatkan karena proses pengeringan

yang tinggi akibat kondisi lingkungan dan cuaca disekitar lokasi pekerjaan.

3) Beton keras.

Beton keras adalah beton yang sudah melewati umur > 28 hari.

4. Material Penyusun Beton

Pada umumnya beton terdiri atas tiga bahan penyusun yaitu semen, agregat, dan air. Agregat terdiri dari agregat kasar dan agregat halus. Masingmasing material tersebut tentu memiliki ketentuan untuk dapat dikatakan layak digunakan untuk campuran beton. Berikut adalah penjelasan dari ketiga bahan penyusun tersebut.

Agregat merupakan bahan mineral alami berupa butiran yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Kekuatan suatu beton dipengaruhi oleh kualitas dari masing-masing agregat, karena agegat pada umumnya digunakan dalam campuran beton sebanyak 60% - 75% dari volume total campuran beton. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh, homogen, rapat, dan variasi dalam perilaku (Nawy, 1998). Agregat dbedakan menjadi dua, yaitu agregat kasar dan agregat halus.

a. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan agregat yang semua butirannya tertinggal diatas ayakan 4,8 mm (SII.0052,1980). Agregat kasar dapat berasal dari batu-batuan alami yang terintegrasi menjadi kerikil atau berasal dari batu pecah baik yang dipecah menggunakan mesin maupun secara manual oleh tenaga manusia. Agregat kasar harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- 1) Tidak boleh bersifat reaktif terhadap alkali jika dipakai untuk beton yang berhubungan dengan basah dan lembab atau yang berhubungan dengan bahan yang bersifat reaktif terhadap alkali semen, dimana penggunaan semen yang mengandung natrium oksida tidak lebih dari 0,6%.
- 2) Sifat fisika yang mencakup kekerasan agregat diuji dengan mesin *Los Angeles* dan bersifat kekal (*soundness*). Batas ijin partikel yang berpengaruh buruk terhadap beton dan sifat fisika yang diijinkan untuk agregat kasar (Mulyono, 2004)
- 3) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% dari berat kering. Apabila lebih maka agregat harus dicuci.
- 4) Kekerasan dari butir - butir agregat bila diperiksa dengan mesin *Los Angeles* tidak boleh kehilangan berat lebih dari 50 %.

Dalam mengetahui karakteristik dari agregat dapat dilakukan dengan melakukan pengujian seperti yang telah distandarkan (analisa saringan, berat jenis, air resapan, berat volume, kelembapan, dan kebersihan agregat terhadap lumpur). Agregat

kasar yang dipakai dalam penelitian ini adalah agregat kasar yang berasal dari batu pecah.

b. Tahapan pengujian agregat kasar antara lain sebagai berikut ini:

1) Pengujian berat jenis agregat kasar (*split*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis dan mengetahui persentase berat air yang mampu diserap oleh agregat kasar.

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan :

A = berat benda uji kering oven (gram),

B = berat benda uji kondisi jenuh kering di udara (gram), dan

C = berat benda uji dalam air (gram).

2) Penyerapan air agregat kasar (*split*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui persentase penyerapan air pada agregat kasar.

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{B-A}{A} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

A = berat benda uji kering oven (gram), dan

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram).

3) Pengujian Modulus Halus Butir

Modulus halus butir (MHB) adalah suatu indeks yang dipakai untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat.

Semakin besar nilai Modulus halus butir (MHB) suatu agregat maka semakin besar butiran agregatnya. Kehalusan dan kekasaran agregat dapat mempengaruhi kelecakan dari mortar beton.

Modulus halus butir (MHB) didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dari butir agregat yang tertinggal diatas satu set ayakan (38, 19, 6, 4, 1, 2, 0.6, 0.3, 0.15 mm), kemudian nilai tersebut dibagi dengan seratus (Ilsley, 1942). Umumnya agregat halus mempunyai Modulus halus butir (MHB) sekitar 1,50 – 3,8 dan kerikil mempunyai Modulus halus butir (MHB) 5 – 8. Nilai ini dapat juga dipakai sebagai dasar untuk mencari perbandingan dari campuran agregat. Agregat campuran nilai untuk Modulus halus butir (MHB) yang bisa dipakai berkisar 5,0 – 6,0. Hubungan ketiga nilai Modulus halus butir (MHB) tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$W = \frac{K-C}{C-P} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan :

W = Persentase berat agregat halus (pasir) terhadap berat agregat kasar (kerikil/batu pecah).

K = Modulus halus butir agregat kasar.

P = Modulus halus butir agregat halus, dan

C = Modulus halus butir agregat campuran.

4) Pengujian berat satuan agregat kasar (*split*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat satuan agregat kasar (*split*)

$$\text{Berat Satuan} = \frac{W_3}{V} \times \text{kg/liter} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan:

W_3 = berat benda uji (kg), dan

V = volume mould (m³).

5) Pengujian kadar lumpur agregat kasar (*split*)

Pengujian kadar lumpur agregat kasar berdasarkan SK SNI S 041989-F. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat kasar (*split*)

$$\text{Berat Satuan} = \frac{B_1 - B_2}{B_1} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan:

B_1 = pasir jenuh kering muka (gram), dan

B_2 = pasir setelah keluar oven (gram).

SK SNI T-15-1990-03 memberi syarat-syarat untuk agregat kasar yang dikelompokkan dalam tiga zona atau daerah yang dituangkan dalam tabel 2.4.

Tabel 2.7 Batas Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan		
	4,8-38	4,8-19	4,8-9,6
38	95-100	100	100
19	35-100	95-100	100
9,6	10-40	30-60	50-85

4,8	0-5	0-10	0-10
-----	-----	------	------

Sumber: SK SNI T 15-1990-03

c. Agregat Halus

Agregat halus merupakan agregat yang semua butirannya lolos saringan 4,8 mm (SII.0052,1980). Agregat halus adalah hasil dari desintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa pasir dari hasil pecahan batuan. Agregat halus yang memiliki butir lebih kecil dari 1,2 mm disebut pasir halus, sedangkan butir-butir yang lebih kecil dari 0,075 mm disebut silt, dan yang lebih kecil dari 0,002 mm disebut clay (SK SNI T-15-1991-03).

Menurut PBI 1971, beberapa syarat yang harus dimiliki oleh agregat halus, yaitu:

- 1) Pasir terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Bersifat kekal artinya tidak mudah lapuk oleh pengaruh cuaca.
- 2) Tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Lumpur adalah bagian-bagian yang bisa melewati ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur lebih dari 5%, maka harus dicuci. Khususnya pasir untuk bahan pembuat beton.
- 3) Tidak mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Harder. Agregat yang tidak memenuhi syarat percobaan ini bisa dipakai apabila kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan beton dengan

agregat yang sama tapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci dengan air hingga bersih pada umur yang sama.

d. Tahapan pengujian agregat halus antara lain sebagai berikut ini:

1) Pengujian gradasi agregat halus (pasir)

Pengujian gradasi dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butir pasir dengan menggunakan saringan/ayakan. Langkah-langkah pengujian ini berdasarkan SK SNI: 03-1968-1990.

2) Pengujian berat jenis agregat halus (pasir)

Pengujian berat jenis agregat dilakukan dengan langkah-langkah berdasarkan SK SNI: 03-1970-2008.

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{A}{(B+A-C)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan :

A = berat benda uji kering *oven* (gram).

B = berat piknometer yang berisi air (gram), dan

C = berat piknometer dengan benda uji dan air (gram).

3) Pengujian penyerapan air agregat halus (pasir).

Pengujian ini bertujuan mengetahui persentase penyerapan air pada agregat halus (pasir) yang berdasarkan pada SNI 03-1970-1990.

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{S-A}{A} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan :

A = berat benda uji kering oven (gram).

S = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram).

4) Pengujian kadar lumpur agregat halus (pasir).

Pengujian kadar lumpur agregat halus berdasarkan SK SNI S 041989-F. Pengujian bertujuan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus (pasir).

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{B1-B2}{B1} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan :

B1 = Pasir jenuh kering muka (gram), dan

B2 = Pasir setelah keluar oven (gram).

5) Pengujian berat satuan agregat halus (pasir).

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat satuan agregat halus (pasir).

$$\text{Berat Satuan} = \frac{W3}{V} \times \text{kg/liter} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan :

W3 = Berat benda uji (kg), dan

V = Volume Mould (m³).

SK SNI T-15-1990-03 memberi syarat-syarat untuk agregat halus.

Tabel 2.8 Batas Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persentase Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	I	II	III	IV

10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-100	55-100	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber : SK SNI T 15-1990-03

Dengan :

Daerah Gradasi I : Pasir Kasar

Daerah Gradasi II : Pasir Agak Halus

Daerah Gradasi III : Pasir Halus

Daerah Gradasi IV : Pasir Agak Halus

e. Semen

Semen berasal dari bahasa latin *caementum* yang berarti bahan perekat. Secara simpel, definisi semen merupakan bahan perekat ataupun lem, yang dapat merekatkan bahan-bahan material lain semacam batu bata serta batu koral sampai dapat membentuk suatu bangunan. Sebaliknya dalam penafsiran secara universal semen dimaksud bagaikan bahan perekat yang mempunyai watak sanggup mengikat bahan - bahan padat jadi satu kesatuan yang kompak serta kokoh (Bonardo Pangaribuan, 2013).

Bersumber pada Standar Nasional Indonesia (SNI) No 15 - 2049 - 2004, semen portland merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan metode menggiling terak (*clinker*) portland paling utama yang terdiri dari kalsium silikat ($x\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yang bersifat *hidrolis* serta digiling bersama-sama dengan bahan bonus berbentuk

satu ataupun lebih wujud kristal senyawa kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) serta boleh ditambah dengan bahan bonus lain. *Hidrolis* berarti sangat bahagia bereaksi dengan air, senyawa yang bersifat hidrolis hendak bereaksi dengan air secara kilat.

Semen Portland bersifat hidrolis sebab di dalamnya tercantum kalsium silikat ($x\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$) serta kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) yang bersifat hidrolis serta sangat cepat bereaksi dengan air. Respon semen dengan air berlangsung secara *irreversible*, maksudnya cuma bisa terjalin satu kali serta tidak dapat kembali lagi ke keadaan semula.

1) Jenis-jenis Semen

Sebagian tipe semen bagi Standar Nasional Indonesia (SNI) antara lain:

a) Semen Portland

Merupakan tipe yang sangat universal dari semen dalam pemakaian *universal* di segala dunia sebab ialah bahan dasar beton, serta plesteran semen.

b) Semen Super Masonry

Semen ini lebih pas digunakan buat konstruksi perumahan gedung, jalur serta irigasi yang struktur betonnya optimal K225. Bisa pula digunakan buat bahan baku pembuatan genteng beton, *hollow brick*, *paving block*, tegel serta bahan bangunan yang lain.

c) Semen Sumur Minyak

Ialah semen spesial yang lebih pas digunakan buat pembuatan sumur minyak bumi serta gas alam dengan konstruksi sumur minyak dasar permukaan laut serta bumi. Buat dikala ini tipe OWC yang sudah dibuat merupakan class Gram, HSR (*High Sulfat Resistance*) diucap pula bagaikan ”*basic owc*”.

d) Semen Pozzolan Portland

Merupakan semen hidrolis yang terbuat dengan menggiling *clinker*, *gypsum* serta bahan *pozzolan*. Produk ini lebih pas digunakan buat bangunan universal serta bangunan yang membutuhkan ketahanan sulfat serta panas ion tetap dikelilingi dengan molekul lagi, semacam: jembatan, jalur raya, perumahan, dermaga, beton massa, bendungan, bangunan irigasi serta fondasi pelat penuh.

e) Semen Putih

Digunakan buat pekerjaan penyelesaian (*finishing*), bagaikan *filler* ataupun pengisi. Semen tipe ini terbuat dari bahan utama kalsit (*calcite*) limestone murni.

f) Semen Komposit Portland

Digunakan buat bangunan- bangunan pada biasanya, sama dengan pemakaian OPC dengan kokoh tekan yang sama. PCC memiliki panas ion tetap dikelilingi dengan

molekul yang lebih rendah sepanjang proses pendinginan dibanding dengan OPC, sehingga pengerjaannya hendak lebih gampang serta menciptakan permukaan beton/plester yang lebih rapat serta lebih halus.

Bagi SK- SNI T- 15- 1990- 03 semen *portland/ Ordinary Portland Cement* (OPC) dibedakan jadi:

1) Semen Portland Tipe I (Semen Portland Biasa).

Semen portland jenis I ialah tipe semen yang sangat banyak diperlukan oleh warga luas serta bisa digunakan buat segala aplikasi yang tidak memerlukan persyaratan spesial. Contohnya, kala owner rumah ataupun tukang batu yang lagi mengerjakan proyek atau merenovasi rumah tinggal hendak membeli semen di toko bangunan, mereka cuma menyebut semen, tanpa menyebut tipe semen apa yang sepatutnya digunakan ataupun sesuai dengan area pemukiman mereka terletak, antara lain: bangunan, perumahan, gedung-gedung bertingkat, jembatan, landasan pacu serta jalur raya.

2) Semen Portland Tipe II (Ketahanan sulfat sedang).

Semen portland jenis II ialah semen dengan panas ion tetap dikelilingi dengan molekul lagi ataupun di dasar semen portland jenis I dan tahan terhadap sulfat. Semen ini sesuai digunakan buat wilayah yang mempunyai cuaca dengan temperatur yang lumayan besar dan pada struktur drainase.

Semen portland jenis II ini dianjurkan buat dipakai pada bangunan semacam bendungan, dermaga serta landasan berat yang diisyarati terdapatnya kolom-kolom serta dimana proses ion tetap dikelilingi dengan molekul rendah pula ialah pertimbangan utama.

3) Semen Portland Tipe III (Semen Portland Kekuatan Awal Tinggi).

Tipe ini mendapatkan kekuatan besar dalam waktu pendek, sehingga bisa digunakan buat revisi bangunan beton yang butuh lekas digunakan ataupun yang acuannya butuh lekas dilepas. Tidak hanya itu pula bisa dipergunakan pada wilayah yang mempunyai temperatur rendah, paling utama pada wilayah yang memiliki masa dingin. Khasiat pembuatan jalur beton, landasan lapangan hawa, bangunan tingkatan besar, bangunan dalam air yang tidak membutuhkan ketahanan terhadap sulfat.

4) Semen Portland Tipe IV (Panas Rendah Hidrasi).

Jenis semen dengan panas ion tetap dikelilingi dengan molekul rendah. Semen jenis ini digunakan buat keperluan konstruksi yang membutuhkan jumlah serta peningkatan panas wajib diminimalkan. Oleh sebab itu semen tipe ini hendak mendapatkan tingkatan kokoh beton dengan lebih lelet dibanding portland jenis I. Jenis semen semacam ini

digunakan buat struktur beton masif semacam dekameter gravitasi besar yang mana peningkatan temperatur akibat panas yang dihasilkan sepanjang proses curing ialah aspek kritis. Sesuai digunakan buat wilayah yang bersuhu panas.

5) Semen Portland Tipe V (Semen Tahan Sulfat)

Semen portland yang dalam penggunaannya membutuhkan ketahanan besar terhadap sulfat. Sesuai digunakan buat pembuatan beton pada wilayah yang tanah serta airnya memiliki isi garam sulfat besar. Sangat sesuai buat instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan, serta pembangkit tenaga nuklir.

Dari tipe-tipe semen diatas, semen yang paling umum digunakan adalah semen Portland tipe I karena semen tipe ini tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus dalam pengerjaannya.

Sifat dan karakteristik masing-masing semen Portland dibedakan menjadi 4, yaitu :

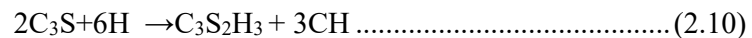
- 1) Trikalsium Silikat ($3C_aO.S_iO_2$) yang disingkat menjadi C3S.
- 2) Dikalsium Silikat ($2C_aO.S_iO_2$) yang disingkat menjadi C2S.

- 3) Trikalsium Aluminat ($3C_aO \cdot Al_2O_3$) yang disingkat menjadi C_3A .
- 4) Tetrakalsium Aluminoferrit ($4C_aO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$) yang disingkat menjadi C_4AF .

Senyawa-senyawa tersebut memiliki sifat yang berbeda-beda. C_3S dan C_2S merupakan senyawa yang memiliki sifat sebagai perekat. C_3A merupakan senyawa yang memiliki sifat reaktif dimana memiliki kecepatan hidrasi yang paling tinggi dibandingkan dengan senyawa lainnya. C_4AF memiliki sifat sebagai katalisator. Senyawa tersebut akan menjadi bentuk kristal yang saling mengikat. Komposisi dari C_3S dan C_2S adalah sebesar 70% - 80% dari berat semen dan yang paling dominan memberikan sifat semen (Mulyono, 2004).

Apabila senyawa C_3S bereaksi dengan air akan menghasilkan panas. Panas tersebut akan mempengaruhi kecepatan pengerasan beton sebelum umur 14 hari. Senyawa C_2S lebih lambat bereaksi dengan air dan hanya berpengaruh terhadap semen setelah umur 7 hari. C_2S memberikan ketahanan terhadap serangan kimia dan mempengaruhi susut terhadap pengaruh panas akibat lingkungan. Jika kandungan C_3S lebih banyak maka akan terbentuk semen dengan kekuatan tekan awal lebih tinggi dan panas hidrasi yang

tinggi, sebaliknya jika kandungan C_2S lebih banyak maka akan terbentuk semen dengan kekuatan tekan awal lebih rendah dan ketahanan terhadap serangan kimia yang tinggi. Apabila kalsium silikat (C_3S maupun C_2S) bereaksi dengan air maka akan menghasilkan gel kalsium silikat hidrat atau sering disingkat menjadi gel C-S-H dan kalsium hidroksida. Kalsium hidroksida yang dihasilkan memiliki sifat basa (pH = 12,5) yang menyebabkan semen sensitif terhadap asam dan akan bersifat mencegah terjadi korosi pada besi baja (Nugraha dan Antoni, 2007).



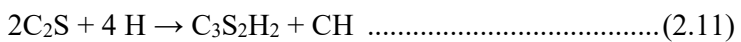
Dengan:

$2C_3S$ = trikalsium silikat.

$6H$ = air.

$C_3S_2H_3$ = kalsium silikat hidrat.

$3CH$ = kalsium hidroksida.



Dengan:

$2C_2S$ = dikalsium silikat.

$4 H$ = air.

$C_3S_2H_2$ = kalsium silikat hidrat.

CH = kalsium hidroksida.

Dengan $C = CaO$; $S = SO_3$; $H = H_2O$; $CH = Ca(OH)_2$

Pada senyawa C_3A proses hidrasi berlangsung sangat cepat dan disertai dengan pengeluaran panas yang banyak. C_3A memberikan kekuatan awal yang sangat cepat pada umur beton 24 jam pertama. Hal tersebut terjadi karena C_3A yang bereaksi dengan air akan menghasilkan Kristal kalsium aluminat hidrat yang menyebabkan pengerasan pada pasta semen. Proses ini disebut dengan quick set sehingga perlu ditambahkan gypsum yang akan berfungsi untuk memperkecil reaktivitas dari C_3A . Pada proses ini C_3A akan bereaksi dengan gypsum terlebih dahulu dan menghasilkan kalsium sulfoaluminat.

Kristal yang terbentuk berupa jarum dan disebut ettringite. Etringite berfungsi untuk memblokir air dari permukaan C_3A sehingga menunda hidrasi. Setelah gypsum bereaksi seluruhnya, kemudian akan terbentuk kalsium aluminat hidrat. C_3A bereaksi dengan air yang jumlahnya sekitar 40% dari beratnya. Karena persentasenya dalam semen sangat kecil (10%), maka pengaruhnya pada jumlah air untuk reaksi menjadi kecil. Senyawa ini sangat berpengaruh pada nilai panas hidrasi tinggi, baik pada saat awal maupun pada saat pengerasan berikutnya yang sangat panjang. Semen yang mengandung C_3A lebih dari 10% tidak tahan terhadap serangan sulfat. Apabila kandungan C_3A

pada semen tinggi, kemudian bersentuhan dengan sulfat yang terdapat pada air maupun tanah maka akan mengeluarkan C_3A yang bereaksi dengan sulfat dan mengembang sehingga mengakibatkan retak pada beton (Cokrodimulyo, 1992).



Dengan:

C_3A = trikalsium aluminat

CH = kalsium hidroksida

$12 H$ = air

C_4AH_{13} = (kalsium aluminat hidrat

Dengan $C = C_aO$; $S = SO_3$; $H = H_2O$; $CH = C_a(OH)_2$

Senyawa keempat, yakni C_4AF pada tahap awal senyawa ini akan bereaksi dengan gypsum dan kalsium hidroksida.

Hasil dari reaksi tersebut adalah terbentuknya kalsium sulfo-aluminat hidrat dan kalsium sulfo-ferrit hidrat yang berbentuk jarum kristal. Kecepatan reaksi hidrasi pada C_4AF akan menurun terhadap waktu. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya gel C-S-H pada kristal semen.



Dengan:

C_4AF = tetrakalsium alumino-ferrit

$4CH$ = kalsium hidroksida

22 H = air

C_8AFH_{26} = alumino-ferrit hidrat

Dengan C = CaO ; S = SO_3 ; H = H_2O ; CH = $Ca(OH)_2$

Semen PCC (*Portland Composite Cement*) atau semen portland komposit merupakan perekat hidrolis yang dihasilkan dari penggilingan bersama klinker semen Portland dan gips dengan satu atau lebih bahan organik (SNI 15-7064- 2004). Semen PCC merupakan semen tipe I sehingga penggunaannya tidak membutuhkan perlakuan khusus.

Secara umum komposisi oksida utama pembentuk semen tipe I dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.9 Komposisi Oksida Semen Portland

Oksida	Komposisi %
CaO	60 - 65
SiO ₂	17 - 25
Al ₂ O ₃	3 - 8
Fe ₂ O ₃	0,5 - 6
MgO	0,5 - 4
SO ₃	1 - 2
K ₂ O,Na ₂ O	0,5 - 1

(Sumber : Kardiyono Tjokromulyo, 2007)

2) Air

Air adalah suatu bahan dasar dalam pembuatan beton yang sangat penting dan gampang ditemukan. Air berfungsi sebagai

penyatu semen dan butir-butir agregat. Selain itu juga air sangat di butuhkan dalam perawatan suatu beton. (Limbah et al., 2020)

Menurut (SNI 03-2834-2000, 2000) menjelaskan air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yang tawar, tidak berbau, dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton, seperti minyak, asam, alkali, garam atau bahan-bahan organis lainnya yang dapat merusak beton atau tulangnya. Air adalah alat mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penuangan beton. Jumlah air yang digunakan untuk kelecakan tertentu tergantung pada sifat material yang kita gunakan. Air yang diperlukan yaitu air yang faktor-faktor berikut ini :

- a) Ukuran agregat maksimal: diameter membesar, kebutuhan air menurun (jumlah mortar yang dibutuhkan menjadi lebih sedikit).
- b) Bentuk butir: bentuk bulat, kebutuhan air menurun (batu pecah perlu lebih banyak air).
- c) Gradasi agregat: gradasi baik, kebutuhan air menurun untuk kelecakan yang sama.
- d) Kotoran dalam agregat makin sulit, tanah liat dan lumpur, kebutuhan air meningkat.
- e) Jumlah agregat halus (dibandingkan agregat kasar, atau h/k) agregat halus lebih sedikit, kebutuhan air menurun.

Pada penelitian ini air yang digunakan yaitu air Pt. SO Graha Pradana, agar dapat dijamin kebersihannya serta menjaga kualitas

beton itu sendiri.

5. *Superplasticizer*

Superplasticizer pada beton adalah bahan kimia tambahan kegunaannya secara khusus untuk meningkatkan kualitas beton dengan cara mengurangi kadar air semen. *Superplasticizer* pada beton merupakan bahan admixture atau tambahan yang berfungsi untuk membatasi pemakaian air. Penggunaan secara umum biasanya berjenis naftalena (*Naphthalene*). Penambahan admixture ini dapat menyebabkan penurunan nilai pada modulus elastisitas kelenturan rata-rata pada beton. Tidak hanya itu, pengaruhnya juga berdampak pada perbesaran nilai slump, sehingga dapat dapat meringankan pekerjaan beton.

Berdasarkan ASTM C 494, bahan *superpalsticizer* merupakan bahan tambahan pada beton berupa zat kimia untuk meningkatkan efektivitas kualitas beton. Penggunaannya dapat di peroleh dengan menambahkannya pada factor air semen yang memiliki tingkat kekentalan lebih rendah atau encer. Penambahan tersebut dapat meningkatkan kekuatan beton menjadi lebih tinggi.



Gambar 2.2 *Superplasticizer*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

a. Bahan-Bahan *Superplasticizer* dan Keunggulannya

Pemakaian bahan *admixture* dapat meningkatkan kualitas beton sesuai dengan harapan. Selain itu, bahan tambahan memberikan kekuatan dan proses pengerjaan menjadi lebih cepat. Maka dari itu, sangat penting mengetahui bahan *superplasticizer* untuk beton.

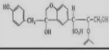
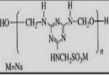
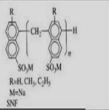
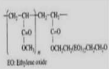
b. Beberapa polimer yang biasanya digunakan sebagai dasar untuk *superplasticizer* diklasifikasikan sebagai berikut:

- 1) Kondensat melamin-formaldehida tersulfonasi (SMF).
- 2) Kondensat naftalena-formaldehida tersulfonasi.
- 3) Modifikasi lignosulfonat (MLS).
- 4) Ester asam sulfonat.

c. Selain hal-hal di atas, berikut ini adalah beberapa peredam/pengurang air generasi baru yang baru-baru ini digunakan:

- 1) Berbasis polimer akrilik (AP)
- 2) Kopolimer asam karboksilat akrilik dengan ester akrilik (CAE)
- 3) Cross-linked acrylic polymer (CLAP)
- 4) Polycarboxylate ester (PC)
- 5) Multicarboxylate esters (MCE)
- 6) Kombinasi dari senyawa di atas.

Tabel 2.10 Komposisi Kimia *Superplasticizer*

Class	Origin	Structure (typical repeat unit)	Relative cost
Lignosulphonates	Derived from neutralization, precipitation, and fermentation processes of the waste liquor obtained during production of paper-making pulp from wood		1
Sulphoated melamine formaldehyde (SMF)	Manufactured by normal resinification of melamine - formaldehyde		4
Sulphoated naphthalene formaldehyde (SNF)	Produced from naphthalene by oleum or SO ₃ sulphonation; subsequent reaction with formaldehyde leads to polymerization and the sulphonic acid is neutralized with sodium hydroxide or lime		2
Polycarboxylic ether (PCE)	Free radical mechanism using peroxide initiators is used for polymerization process in these systems		4

Sumber: (Rixom and Maivaganam, 2003)

d. Jenis-Jenis *Superplasticizer* pada Beton

Penggunaan bahan *admixture* untuk membuat *superplasticizer* tidak hanya memanfaatkan naftalena. Terdapat beberapa bahan lain yang juga dapat dijadikan sebagai bahan alternatif yaitu sebagai berikut:

1) *Superplasticizer Naphthalene*

Umumnya, bahan ini dijadikan sebagai bahan sekunder atau admixture dengan kondisi cuaca panas dan nilai slump betonnya bagus. Biasanya, dimanfaatkan untuk beton ready mix maupun pengerjaan lapangan dalam jangka waktu panjang. Pemakaian *superplasticizer* dari bahan berjenis naphthalene dapat memberikan hasil yang mampu menurunkan kandungan udara. Selain itu, dapat meningkatkan bleeding sekaligus kekuatan pada beton. Hal tersebut dapat dicapai apabila air yang dicampurkan pada beton dapat dibatasi.

2) *Superplasticizer Polycarboxylate*

Bahan admixture ini lebih dikenal sebagai PCE dan dianggap paling efektif penggunaannya dibandingkan jenis yang lain. Hal ini dikarenakan kemampuannya sangat baik untuk mengurangi kadar air hingga mencapai 40%. Pemakaiannya juga diperuntukkan pada beton kelas mutu tinggi. Maka dari itu, nilai perbandingan air dan semen yang diperoleh memiliki kisaran 0,2. Nilai slump pada jenis bahan tambahan ini tidak menimbulkan keterlambatan pada beton biasa untuk memperoleh kekuatan yang diinginkan.

Perlu diketahui bahwa bahan dasar PCE juga dijadikan untuk membuat viscocrete. Pemakaian teknologi PCE menghasilkan beton aditif cair dan proses pemadatan dapat dilakukan secara mandiri. Tidak hanya itu, kualitas beton yang dihasilkan bermutu tinggi dan pengurangan dapat mencapai 30%.

3) *Superplasticizer Sodium Glukonat*

Kemampuan dari bahan tambahan ini dapat mengurangi jumlah air pada beton biasa. Selain itu, memperlama pengaturan waktu pada beton dan meningkatkan kemampuan kerja beton atau *workability*. Penambahan superplasticizer pada beton memiliki manfaat untuk mengurangi kebutuhan air pada bahan campuran beton untuk mengurangi faktor air semen. Apabila tidak ada penambahan bahan admixture ini, maka dipastikan beton tersebut

menjadi lebih encer. Keenceran beton yang masih boleh dapat mempermudah pengerjaan beton dan meningkatkan *workability*.

e. Sifat *Superplasticizer*

Superplasticizer tersusun atas asam sulfonat yang berfungsi menghilangkan gaya permukaan pada partikel semen sehingga lebih menyebar, melepaskan air yang terikat pada kelompok partikel semen, untuk menghasilkan viskositas/kekentalan adukan pasta semen atau beton segar yang lebih rendah.

6. Karakteristik Beton

Beton didefinisikan sebagai campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat (SNI 03-2834-2000, 2000). Tetapi belakangan ini definisi beton sudah semakin luas, yaitu beton adalah bahan yang terbuat dari berbagai tipe semen, agregat dan juga bahan *pozzolan*, abu terbang, sulfur dan lain-lain.

Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f^c) pada usia 28 hari. Kecepatan kekuatan beton ini sangat dipengaruhi pada faktor air semen (FAS) dan suhu selama perawatan.

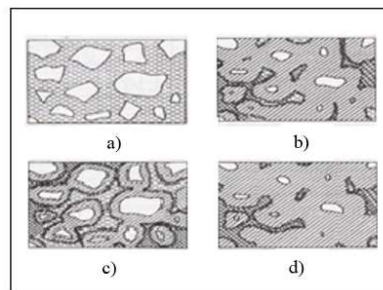
7. *Setting dan Hardening*

Adalah pengikatan dan pengerasan semen yang terjadi setelah reaksi hidrasi. Apabila semen dicampurkan dengan air maka akan bereaksi sehingga membentuk suatu pasta dimana pasta tersebut bersifat plastis dan

dapat dibentuk. Keadaan ini disebut dengan fase dorman (periode tidur). Fase ini hanya berlangsung beberapa saat saja. Pada tahapan selanjutnya semen mulai mengeras, walau pun masih ada yang lemah, namun sudah tidak dapat dibentuk (*unworkable*), periode ini disebut *initial setting*. Selanjutnya pasta semen melanjutkan kekuatannya sehingga didapat padatan yang utuh dan kondisi ini disebut final set. Selanjutnya semen meneruskan kekuatannya proses ini disebut dengan *hardening*. *Initial setting time* dan *final setting time* adalah *Initial setting* atau waktu ikat awal, adalah proses di mana pengikatan atau proses hidrasi sudah terjadi dan panas hidrasi sudah muncul, serta *workability* beton sudah hilang. Waktu total adalah kondisi di mana beton sudah mengeras sempurna.

Waktu ikat atau setting time adalah waktu yang diperlukan oleh semen untuk mengalami pengerasan sejak semen bercampur dengan air menjadi pasta. Reaksi yang terjadi ketika semen bercampur dengan air adalah reaksi hidrasi. Semakin bertambahnya umur beton maka kuat tekannya akan semakin meningkat. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton tersebut sangat dipengaruhi oleh banyak faktor. Laju kenaikan kuat tekan beton ini mula-mula cepat, akan tetapi semakin lama laju kenaikan akan melambat, pada saat pengikatan awal 14 terjadi, semen Portland akan terus bereaksi dengan air. Setelah umur beton 24 jam pada temperatur kamar, 30% - 40% semen biasanya mengalami proses hidrasi. Pada umumnya waktu pengikatan awal minimum adalah 45 menit – 120 menit. Penghitungan waktu dimulai ketika tukang sudah memulai pencampuran

atau mixing beton. Kondisi plastis hilang pada 1.5 hingga 2.5 jam setelah mixing beton. Waktu total yang dijadikan acuan untuk final setting adalah 3 sampai 4 jam. dan waktu pengikatan akhir adalah 6 – 10 jam (Nugraha dan Antoni, 2007). Proses pembentukan beton dari saat mulai mengeras hingga umur beton 90 hari dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.3 Proses Pengikatan Beton

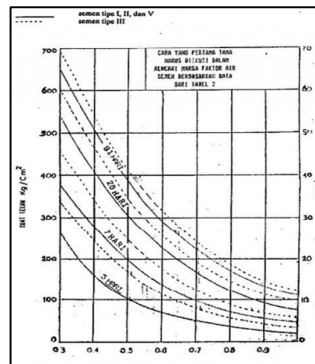
Sumber : Mulyono, 2000

8. Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen merupakan perbandingan antara jumlah air terhadap jumlah semen dalam suatu campuran beton. Air yang terlalu banyak akan menempati ruang dimana pada waktu beton sudah mengeras akan terjadi penguapan, ruang tersebut akan menjadi pori, sedangkan apabila air terlalu sedikit tentu akan berpengaruh terhadap kemudahan dalam pengerjaan. Umumnya nilai minimum faktor air semen adalah 0,4 dan nilai maksimumnya 0,65 (Mulyono, 2004).

Semakin tinggi nilai faktor air semen maka mutu beton yang dihasilkan akan semakin rendah dan semakin kecil nilai faktor air semen kekuatan beton yang dihasilkan akan semakin tinggi. Dalam suatu

rancangan campuran, nilai faktor air semen dapat ditentukan untuk mengetahui mutu beton yang akan dihasilkan. Nilai tersebut tertuang dalam bentuk grafik dimana masing-masing nilai faktor air semen berhubungan dengan tipe semen yang digunakan serta waktu pengujian. Berikut adalah grafik faktor air semen.



Gambar 2.4 Grafik Faktor Air Semen (FAS)

Sumber : SK SNI T-15-1990-03

9. Bahan Tambah (*Admixture*) untuk Campuran Beton

Untuk keperluan tertentu terkadang campuran beton tersebut masih ditambahkan bahan tambah berupa zat-zat kimia tambahan (*chemical additive*) dan mineral/material tambahan. Zat kimia tambahan tersebut biasanya berupa serbuk atau cairan yang secara kimiawi langsung mempengaruhi kondisi campuran beton. Sedangkan mineral/material tambahan berupa agregat yang mempunyai karakteristik tertentu. Penambahan zat-zat kimia atau mineral tambahan ini diharapkan dapat merubah performa dan sifat-sifat campuran beton sesuai dengan kondisi dan tujuan yang diinginkan, serta dapat pula sebagai bahan pengganti sebagian dari material utama penyusun beton. Standar pemberian bahan tambahan beton ini pun sudah diatur dalam SNI S-18-1990-03 tentang

Spesifikasi Bahan Tambahan pada Beton.

Bahan tambah (*admixture*) adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. (Spesifikasi Bahan Tambahan untuk Beton, SK SNI S-18-1990-03).

Berdasarkan ACI (*American Concrete Institute*), bahan tambah adalah material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Penambahan bahan tambah dalam sebuah campuran beton atau mortar tidak mengubah komposisi yang besar dari bahan lainnya, karena penggunaan bahan tambah ini cenderung merupakan pengganti atau substitusi dari dalam campuran beton itu sendiri. Karena tujuannya memperbaiki atau mengubah sifat dan karakteristik tertentu dari beton atau mortar yang akan dihasilkan, maka kecenderungan perubahan komposisi dalam berat-volume tidak terasa secara langsung dibandingkan dengan komposisi awal beton tanpa bahan tambah.

Penggunaan bahan tambah dalam sebuah campuran beton harus memperhatikan standar yang berlaku seperti SNI (Standar Nasional Indonesia), ASTM (*American Society for Testing and Materials*) atau ACI (*American Concrete Institute*) dan yang paling utama memperhatikan petunjuk dalam manual produk dagang.

10. Tujuan Penggunaan Bahan Tambah (*Admixture*)

Berdasarkan tujuan yang diharapkan terdapat beberapa tujuan penggunaan zat kimia diantaranya yaitu:

a. *Water Reduction*

Adalah Zat kimia untuk mengurangi penggunaan air pada beton. Hal ini dimaksudkan agar diperoleh adukan dengan nilai fas yang tetap dengan kekentalan yang sama atau dengan fas tetap, tapi didapatkan adukan beton yang lebih encer. Hal ini dimaksudkan agar diperoleh kuat tekan yang lebih tinggi, dengan tidak mengurangi kekentalannya, atau diperoleh beton dengan kuat tekan yang sama, tapi adukan dibuat menjadi lebih encer agar lebih memudahkan dalam penuangan.

b. *Retarder*

Adalah zat kima untuk memperlambat proses ikatan campuran beton. Biasanya diperlukan untuk beton yang tidak dibuat dilokasi penuangan beton. Proses pengikatan campuran beton sekitar 1 jam. Sehingga apabila sejak beton dicampur sampai penuangan memerlukan waktu lebih dari 1 jam, maka perlu ditambahkan zat kimia ini. Zat tambahan ini diantaranya berupa gula, sucrose, sodium gluconate, glucose, citric acid, dan tartaric acid.

c. *Accelerators*

Adalah zat kimia untuk mempercepat ikatan dan pengerasan campuran beton. Pengerasan campuran beton diperlukan untuk mempercepat proses pekerjaan konstruksi beton, pencampuran beton

dilakukan di tempat atau dekat dengan penuangannya. Zat tambahan yang digunakan adalah CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ dan NaNO_3 . Namun demikian, lebih dianjurkan menggunakan yang nitrat, karena penggunaan khlorida dapat mempercepat terjadinya karat pada penulangan.

11. Jenis Jenis Bahan Tambah (*Admixture*)

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*).

Chemical admixtures (bahan tambah kimia) Menurut standar ASTM terdapat 7 (Tujuh) jenis bahan tambah kimia, yaitu:

Tabel 2.11 Jenis Bahan Tambah (*Admixture*)

Tipe	Klasifikasi Fungsi
A	<i>Water Reducing</i>
B	<i>Retarding</i>
C	<i>Accelerating</i>
D	<i>Water Reducing + Retarding</i>
E	<i>Water Reducing + Accelerating</i>
F	<i>High Range Water Reducig</i>
G	<i>High Range Water Reducig + Retarding</i>

Sumber : ASTM

Sifat dan karakteristik tiap fungsi bahan tambah sebagai berikut ini adalah:

a. Tipe A : *Water Reducing Admixture*

Bahan tambah dengan fungsi *water reducing* digunakan dengan tujuan utama sesuai kebutuhan, sebagai berikut:

- 1) Mengurangi kadar air (fas) dengan tidak mengurangi semen dan slump.

- 2) Meningkatkan slump dengan tidak mengurangi semen dan kadar air (fas) yang digunakan.
- 3) Mengurangi semen yang digunakan dengan tidak mengurangi slump dan kadar air (fas) harus memperhatikan ketentuan pemakaian semen minimum sesuai peraturan.

Bahan tambah ini pada umumnya mengurangi pemakaian air sebanyak 5% – 12% dari pemakaian pada desain mix beton normal. Penggunaan bahan tambah ini harus memperhatikan pengaruhnya pada waktu ikat (*setting*) beton segar yang pada umumnya akan menjadi lebih cepat dari beton normal sampai pelaksanaan *finishing* harus dipersiapkan dengan baik supaya tidak terlambat dimulai dan diselesaikan.

b. Tipe B : *Retarding Admixture*

Bahan tambah dengan fungsi *retarding* digunakan dengan tujuan utama menunda waktu initial dan final setting dari adukan beton segar, dan mempertahankan *workability* beton pada cuaca panas, pada umumnya digunakan jika:

- 1) Pelaksanaan pengecoran mempunyai tingkat kesulitan cukup tinggi sehingga memerlukan waktu pelaksanaan yang lebih lama dari waktu setting beton normal.
- 2) Lokasi *batching plant* yang cukup jauh.
- 3) Kondisi lalu lintas yang dilalui oleh mobile *mixer* tidak lancar.

- 4) Pengecoran dengan kondisi cuaca panas yang berpotensi mengakibatkan kehilangan kelembaban lebih cepat.
- 5) Proses *finishing* yang memerlukan waktu yang lebih lama sehingga waktu setting beton yang lebih lama diperlukan.

Penggunaan bahan tambah ini harus memperhatikan waktu penutupan permukaan beton (*sealing dan troweling*) tidak boleh terburu-buru karena proses initial setting dan *bleeding* yang lebih lambat dari beton normal, supaya memastikan proses *bleeding* sudah sepenuhnya selesai sebelum dilakukan penutupan permukaan beton (*sealing dan trowelling*).

Efek dari penggunaan *retarding admixture* yang perlu diwaspadai, antara lain:

- 1) Beberapa *retarder* mempunyai sifat menimbulkan gelembung udara dalam beton.
- 2) Beberapa *retarder* menyebabkan kehilangan *slump* yang lebih cepat walaupun menyebabkan waktu setting yang lebih lambat.

c. Tipe C : *Accelerating Admixture*

Bahan tambah dengan fungsi *accelerating* digunakan dengan tujuan utama mendapatkan kekuatan awal yang lebih tinggi pada beton yang dikerjakan, misalkan jika elemen struktur beton yang diperlukan untuk segera dibebani oleh pekerjaan berikutnya dalam kaitan dengan waktu pelaksanaan yang ketat. Penggunaan bahan tambah ini harus memperhatikan kadar ion klorida terlarut dalam beton keras yang

disyaratkan, tidak boleh terlewat karena beresiko menimbulkan korosi pada besi atau baja tulangan.

Penggunaan bahan tambah ini harus memperhatikan dengan seksama waktu *setting* yang lebih cepat dan curing yang dilakukan harus sesempurna mungkin untuk mencapai kekuatan awal yang diinginkan lebih tinggi.

d. Tipe D : *Water Reducing + Retarding Admixture*

Bahan tambah dengan fungsi *water reducing + retarding* digunakan dengan tujuan utama untuk menambah kekuatan beton karakteristik jangka panjang.

Penggunaan bahan tambah ini pada umumnya tidak mengubah kadar semen dan komposisi agregat yang digunakan pada desain *mix* untuk beton normal yang direncanakan.

e. Tipe E : *Water Reducing + Accelerating Admixture*

Bahan tambah dengan fungsi *water reducing + accelerating* digunakan dengan tujuan mendapatkan efek kekuatan awal yang lebih tinggi dari bahan tambah *accelerating* saja. Penggunaan bahan tambah ini pada umumnya tidak mengubah kadar semen dan komposisi agregat yang digunakan pada desain *mix* untuk beton normal yang direncanakan.

f. Tipe F : *High Range Water Reducing (HRWR)*

Bahan tambah dengan fungsi HRWR digunakan untuk mendapatkan tingkat konsistensi yang diinginkan atau ditetapkan spesifikasi dengan mengurangi berat air sebesar 12% atau lebih 40%.

Tujuan dan penggunaannya sama dengan bahan tambah tipe A dengan pengurangan berat air > 12%. HRWR atau bahan tambah tipe F pada umumnya diaplikasikan atau dicampurkan di lokasi pengeceoran. Salah satu jenis bahan tambah ini adalah bahan *superplasticizer*.

g. Tipe G : *High Range Water Reducing (HRWR) + Retarding*

Bahan tambah dengan fungsi HRWR + *retarding* digunakan untuk mendapatkan efek serupa dengan bahan tambah tipe D dengan pengurangan berat air yang digunakan sebesar 12% atau lebih (40%).

Tujuan dan penggunaannya sama dengan bahan tambah tipe D. Pencampuran bahan tambah tipe G dapat dilakukan di batching plant atau di lokasi proyek. Beberapa jenis *superplasticizer* mempunyai klasifikasi sebagai bahan tambah tipe G.

12. Contoh Produk *Plasticizer*

a. *Plastiment NS*

Produk ini dikeluarkan oleh Sika, dengan bahan dasar polimer padat. *Plastiment NS* memenuhi standar ASTM C-494 Tipe A dan AASHTO M-194 Tipe A. *Plastiment NS* direkomendasikan untuk digunakan pada aplikasi beton kualitas tinggi dengan peningkatan kuat tekan awal dan waktu ikatan normal. Produk ini dapat mengurangi air

sampai dengan 10% untuk memperoleh beton yang mudah dikerjakan dengan kuat tekan dan kuat lentur yang lebih tinggi. Dosis yang digunakan adalah 130 – 265 ml untuk tiap 100 kg semen.

b. *Plastocrete 161W*

Merupakan produk Sika dengan bahan polimer dan telah memenuhi persyaratan ASTM C-494 Tipe A. Direkomendasikan untuk digunakan pada beton kualitas tinggi dengan workabilitas sangat baik dan waktu ikatan cepat. *Plastocrete 161W* memberikan hasil yang optimal apabila dikombinasikan dengan *fly ash* (abu terbang). Dosis yang digunakan adalah 195 – 650 ml/100 kg semen.

c. *Plastocrete 169*

Produk Sika dengan tujuan ganda, yaitu sebagai reducer dan *retarder*. Produk ini telah memenuhi syarat ASTM C-494 Tipe A. Digunakan untuk beton normal dan memerlukan *retarder*. Tujuan ganda *Plastocrete 169* sebagai water reducer normal dan set retarder memberikan fleksibilitas yang tinggi pada penggunaannya dan dapat dikombinasikan untuk meningkatkan kualitas maupun nilai ekonomis. Apabila digunakan untuk reducer, digunakan dosis 261-391 ml/100 kg semen. Apabila digunakan sebagai set retarder, dosis 390-520 ml/100 kg berat semen.

d. *Viscocrete 4100*

Merupakan produk Sika yang digunakan sebagai high range water reducer dan superplasticizer. Produk ini telah memenuhi syarat

ASTM C-494 Tipe A dan F. Bahan tambah ini dapat digunakan dengan dosis rendah untuk mengurangi air antara 10-15% dan apabila digunakan dengan dosis tinggi mampu mengurangi air hingga 40%. Produk ini dapat digunakan untuk Self Compacting Concrete (SCC) karena dapat memberikan workabilitas yang tinggi. Viscocrete 4100 tidak mengandung formaldehid dan kalsium klorida serta tidak menyebabkan korosi pada tulangan baja. Untuk tujuan umum dosis yang direkomendasikan sebanyak 195-520 ml/100 kg semen. Apabila diinginkan pengurangan air secara maksimum, dosisnya dapat mencapai 780 ml/100 kg semen.

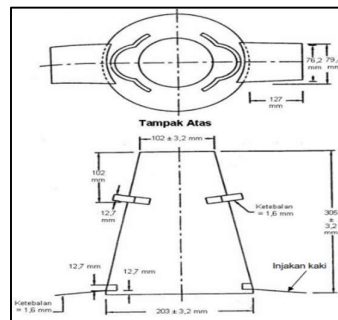
13. Perawatan Beton

Perawatan beton atau curing dilakukan pada saat beton mulai mengeras yang bermaksud untuk menjaga agar beton tidak cepat kehilangan air dan sebagai tindakan menjaga suhu beton atau kelembaban beton sehingga beton bisa mencapai mutu beton yang diinginkan. Curing dilakukan setelah bekisting beton dibongkar dengan durasi yang telah ditentukan yang dimaksudkan untuk memastikan terjaganya kondisi yang diperlukan untuk proses reaksi senyawa kimia yang terkandung dalam campuran beton. Proses curing pada beton sangat berperan penting pada pengembangan kekuatan dan daya tahan beton.

14. *Slump Test*

Slump test bertujuan untuk untuk memantau homogenitas dan

workability (kemudahan pengerjaan beton segar) adukan beton segar dengan suatu kekentalan tertentu yang dinyatakan dengan satu nilai slump. Alat yang digunakan untuk pengujian *slump* dinamakan Kerucut Abrams yang terbuat dari logam. Campuran beton yang terlalu cair dapat menyebabkan mutu beton menjadi rendah dan lama mengering. Sedangkan campuran beton yang terlalu kering dapat menyebabkan adukan tidak merata dan sulit untuk dicetak. Pengujian *slump test* dapat dilakukan di laboratorium maupun di lapangan.



Gambar 2.5 Tampak Samping Alat Uji *Slump Test*

Sumber : SNI 1972:2008

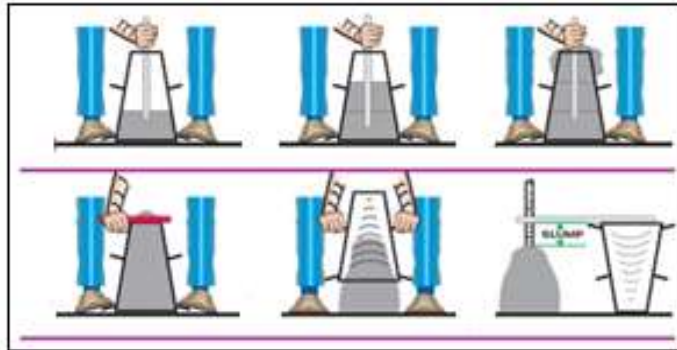
- a. Faktor yang mempengaruhi *Slump Test*:
 - 1) Sifat material seperti sifat kimiawi, kehalusan, distribusi ukuran partikel, kelembaban bahan dan suhu bahan saat di campur.
 - 2) Bahan agregat kasar dan halus: seperti ukuran, tekstur, rasio campuran, kebersihan dan kadar air agregat halus dan kasar
 - 3) Ratio semen dan air
 - 4) Urutan penambahan
 - 5) Kadar udara dalam beton

- 6) Metoden dan peralatan batching beton
 - 7) Proses transportasi
 - 8) Suhu beton
 - 9) Pengambilan sampel beton dan teknik uji kelesuan dan kondisi alat uji.
- b. Peralatan yang digunakan untuk melakukan slump test yaitu ada beberapa diantaranya adalah:
- 1) *Slump cone* standar yang berdiameter atas 100 mm, diameter bawah 200 mm, serta tinggi 300mm, Sekop kecil yang akan digunakan untuk mengambil adukan yang akan dilakukan slump test,
 - 2) Batang besi berbentuk silinder dengan Panjang 600 mm, dan diameter 16 mm,
 - 3) Papan slump ukuran 500 x 500 mm.
- c. Langkah-langkah yang perlu dilakukan Ketika akan dilakukan slump test sesuai dengan (SNI 03 – 2458 – 1991):
- 1) Bersihkan dan basahi permukaan *cone* atau kerucut abrams terlebih dahulu, lalu tempatkan diatas papan *slump* yang sudah bersih dan tidak mudah geser dan tidak miring, setelah itu ambil sample betonnya.
 - 2) Pijakan kaki pada bagian kuping yang ada pada kerucut abrams, isi kerucut abrams atau cone sebanyak sepertiga bagian dengan sample beton yang akan di test, lalu padatkan dengan cara

menusuk-nusuk beton sebanyak 25 kali lakukan dibagian luar sampai kebagian dalam.

- 3) Setelah itu isi lagi sampai $\frac{2}{3}$ bagian kerucut abrasi dan lakukan lagi menusuk-nusuk beton sebanyak 25 kali sampai dibagian atas lapisan pertama bukan didasar kerucut abrasi.
- 4) Ratakan bagian atas beton yang meluap menggunakan batang besi, dan bersihkan papan slump disekitar kerucut abrasi, lalu tekan pijakan kebawah dan lepaskan pijakan.
- 5) Angkat kerucut abrasi secara perlahan-lahan supaya sampel tidak bergerak atau geser.
- 6) Balikan kerucut abrasi, tempatkan disamping sampel kemudian letakan besi batang diatas kerucut abrasi yang terbaik.
- 7) Ukuran slump menggunakan meteran atau mistar di beberapa titik, dan catat rata-ratanya. Jika sampel gagal, maka harus dilakukan test kembali tetapi menggunakan sampel lain, dan jika gagal juga artinya beton tersebut tidak layak untuk digunakan atau boleh ditolak.

Perhitungan Nilai *Slump* yaitu Suatu cetakan bentuk kerucut terpancung, tinggi 300 mm, diameter alas 200 mm, diameter atas 100 mm, diisi adukan beton dalam tiga lapis pengisian, masing-masing lapis ditusuk sebanyak 25 kali dengan batang penusuk berdiameter 16 mm.



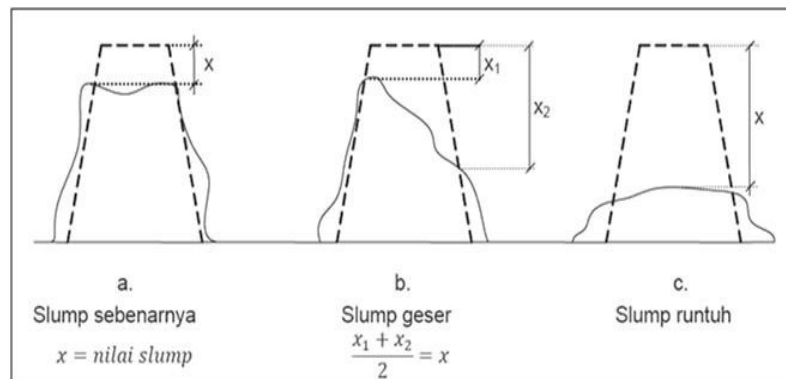
Gambar 2.6 Proses Pemadatan dan Pengukuran *Slump*

Sumber: Google

Tingkat vertikal secara hati-hati, jarak penurunan permukaan beton yang diukur dari level permukaan beton semula dinyatakan sebagai nilai slump adukan.

Nilai Slump = Tinggi cetakan – Tinggi rata – rata benda uji

Perbedaan antara PBI 1971 N.I.-2 dan SNI 1972:2008 pada keruntuhan slump :



Gambar 2.7 Proses Penurunan dan Pengukuran *Slump*

Sumber: Google

PBI 1971 N.I.-2 mengizinkan *slump* geser dan diukur rata-rata seperti gambar b di atas SNI 1972:2008 menggolongkan *slump* geser sebagai berikut:

Tabel 2.12 Acuan Nilai *Slump* Untuk Beton Segar pada Elemen Struktur

No	Elemen Struktur	Slump Maks (cm)	Slump Min (cm)
1	Plat pondasi, pondasi	12,5	5
	telapak bertulang		
2	Pondasi telapak tidak	9	2,5
	bertulang, konstruksi bawah tanah		
3	Plat lantai, balok, kolom,	15	7,5
	dinding		
4	Jalan beton bertulang	7,5	5
5	Pembetonan masal	7,5	2,5

Sumber : PBI 1971 N.I.-2

Kelebihan dari uji *slump* adalah dapat dilakukan oleh semua orang, mudah dilakukan dan mudah diukur, bahkan oleh tukang atau bekerja sekalipun. Sehingga uji ini lebih populer dibandingkan uji lainnya dan sampai saat ini masih digunakan.

Pengaruh dari besaran air yang digunakan bereaksi terhadap tinggi dan rendahnya nilai *slump*. Oleh karena itu perlu adanya perhitungan akhir semen menggunakan dasar SNI.

15. Metode Pemeriksaan SCC (*Self Compacting Concrete*)

Ada beberapa pengujian fresh properties pada *Self Compacting Concrete* (SCC) berdasarkan acuan dari EFNARC (2002). Pengujian-pengujian fresh properties tersebut dapat dilihat pada tabel 2.13 di bawah ini.

Tabel 2.13 Daftar pengujian fresh properties SCC (EFNARC, 2002)

No	Metode Pengujian	Tujuan Pengujian
1	<i>Slump flow by Abrams cone</i>	<i>Filling Ability</i>
2	<i>Slump flow T₅₀</i>	<i>Filling Ability</i>
3	<i>J-Ring</i>	<i>Passing Ability</i>
4	<i>V-Funnel</i>	<i>Filling Ability</i>
5	<i>V-Funnel T₅ menit</i>	<i>Segregation Resistance</i>
6	<i>L-Box</i>	<i>Passing Ability</i>
7	<i>U-Box</i>	<i>Passing Ability</i>
8	<i>Fill-Box</i>	<i>Passing Ability</i>
9	<i>Stabilitas GTM screen</i>	<i>Segregation Resistance</i>
10	<i>Orimet</i>	<i>Filling Ability</i>

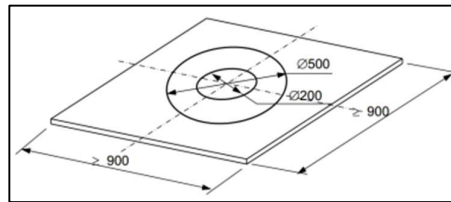
Sumber : (EFNARC, 2002)

Berdasarkan tabel di atas, terdapat 10 pengujian yang ditetapkan oleh EFNARC, namun di dalam penelitian ini hanya dilakukan 4 penelitian saja. Hal ini dikarenakan 4 pengujian tersebut dirasa sudah cukup mewakili untuk menganalisa kemampuan SCC dalam pengujian fresh properties. Keempat pengujian tersebut adalah sebagai berikut ini:

a. *Slump Flow* (T₅₀)

Pengujian *slump flow* digunakan untuk mengetahui kemampuan mengalir dan stabilitas adonan beton SCC. Alat uji nya berupa sebuah lingkaran berdiameter 500 mm yang digambar pada besi datar. Kerucut Abram diletakkan di tengah lingkaran tersebut lalu diisi dengan adukan beton segar dengan posisi diameter yang lebih besar di bawah dan yang 32 kecil di atas, kemudian kerucut abram diangkat. Catat waktu ketika adonan beton mencapai diameter lingkaran yaitu

500 mm (T_{50}). Saat adonan berhenti mengalir, ukur diameter akhirnya dan amati segregasi pada ujung yang terjadi. Durasi adonan beton segar untuk mencapai diameter 500 mm adalah 2 – 5 detik (*European Federation of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products*). beton berdasarkan kemampuan penyebaran beton segar yang dinyatakan dengan besaran diameter yaitu antara 60-75 cm. Pengujian slump flow dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Slump Flow Test

Sumber : EFNARC Standard, 2005

Slump Flow (diameter rata-rata beton segar yang mengalir membentuk lingkaran dengan konus slump terbalik) sesuai ASTM C1611/C1611M-14 dengan rentang dalam tabel dibawah.

Langkah – langkah pengujian *Slump Flow* (T_{50}) sebagai berikut:

sebagai berikut:

- 1) *Filling Ability (Slump Flow)(Standard Test Method For Slump Flow Of SCC) ASTM C 1611.*

Peralatan:

- a) Kerucut Abrams.
- b) Baseplate minimum diameter 1 m.
- c) Sekop.

d) Mistar.

Bahan :

Beton Segar SCC.

Prosedur Pengujian:

- a) Letakan baseplate ditempat yang bisa menahan beban dan rata.
- b) Pengujian *filling* dengan menggunakan prosedur B (membalikan kerucut abrams).
- c) Basahkan baseplate dan kerucut abrams.
- d) Tempatkan kerucut abrams secara terbalik, dengan posisi bukaan yang kecil.
- e) berada dibawah, berada pada tengah baseplate.
- f) Isi kerucut secara bertahap sampai penuh, jangan dilakukan perjokan dan
- g) Permukaan kerucut abrams diratakan dengan menggunakan mistar, dan
- h) Bersihkan beton yang berada di atas *baseplate*, sehingga area untuk mengalir beton tidak terhalang.
- i) Angkat kerucut secara vertikal dengan ketinggian 225 ± 75 mm dalam waktu 3 ± 1 detik.
- j) Pengujian dari awal sampai pengangkatan kecut tidak boleh lebih dari 2,5 menit.
- k) Tunggu sampai beton merhenti mengalir dan lakukan pengukuran diameter.

- l) Sebaran dengan sisi yang berbeda sebanyak dua kali. Jika pengukuran dua.
- m) Diameter mempunyai selisih hingga 50 mm, hasil tes tidak valid dan dilakukan pengujian ulang.



Gambar 2.9 Pengujian Slump Flow SCC

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Tabel 2.14 Ketentuan *Slump Flow*

Komponen	Slump Flow (mm)
Beton Tanpa Tulangan atau dengan Penulangan ringan (seperti tiang bor)	550-650
Beton dengan Penulangan Rapat (beton pada umumnya seperti, kolom)	650-750
Beton dengan bentuk yang rumit atau pengecoran yang sulit (ukuran nominal maksimum agregat 9,5 mm)	750-850

Sumber: Buku Bina marga 2018

b. *V-Funnel Test*

Pengujian *V-Funnel Test* bertujuan untuk mengetahui kemampuan adonan beton segar SCC mengisi ruang (*filling ability*). Alat ujinya berupa corong besi berbentuk V dan dibagian bawah terdapat celah

terbuka yang dapat dibuka dan ditutup. Dibawah corong besi disediakan penampung untuk menampung beton segar yang nantinya akan mengalir ke bawah. Campuran beton segar SCC diisi secara penuh kedalam corong, kemudian biarkan selama satu menit lalu celah bagian bawah corong dibuka. Catat waktu total hingga seluruh campuran beton segar habis mengalir. Durasi beton segar SCC yang dibutuhkan untuk mengisi ruang adalah 6 – 12 detik (*European Federation Of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products*).

Langkah – langkah pengujian *V-Funnel Test* sebagai berikut:

- 1) Segregation Resistance (V-Funnel) Specification and Guidelines for SCC EFNARC (European federation dedicated to specialist construction chemicals and concrete system)

Peralatan:

- a) V-Funnel Test
- b) Wadah (± 12 liter)
- c) Mistar - Sekop
- d) Stopwatch

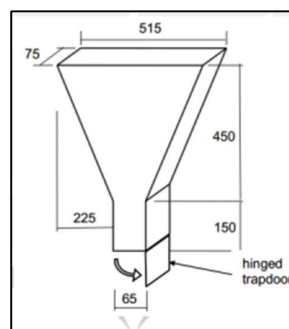
Bahan:

Beton Segar SCC

Prosedur Pengujian:

- a) Letakan alat v-funnel dengan kokoh.
- b) Basahkan bagian dalam alat v-funnel.

- c) Tutup pintu bukaan bagian bawah alat dengan kuat, dan tempatkan wadah penampung beton dibawah pintu.
- d) Isi alat v-funnel dari bukaan atas hingga penuh, penuangan dilakukan tanpa pemadatan. Setelah penuh ratakan permukaan beton dengan menggunakan mistar atau scrap.
- e) Setelah 10 detik buka pintu bukaan bawah, dan catat waktu yang dibutuhkan untuk penuagannya, waktu dimulai dari saat penuangannya. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui filling ability dari beton segar.
- f) Jangan bersihkan atau basahkan alat v-funnel, beton yang ditampung dimasukan kembali setelah mengunci pintu bukaan bagian bawah.
- g) Ratakan permukaan beton dan diamkan selama 5 menit.
- h) Buka pintu penutup dan catat lama waktu yang dibutuhkan sampai beton dalam alat v-funnel jatuh semua ke wadah penampungan. Pengujian ini untuk mendapatkan nilai ketahanan terhadap segregasi.

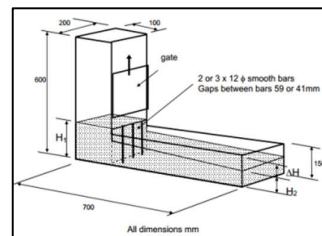


Gambar 2.10 V-Funnel Test

Sumber : EFNARC Standard, 2005

c. *L-Box Test*

Pengujian L-Box test bertujuan untuk mengetahui karakteristik material terhadap flowability blocking dan segregasi dalam melewati tulangan. Bagian siku alat L-Box ditutup dengan penutup besi, kemudian tuangkan adonan beton secara vertikal. Setelah penuh buka penutup besi di bagian siku dan biarkan beton mengalir mengisi L-Box secara horizontal. Catat perbedaan ketinggian adonan beton di dalam alat L-Box. Perbandingan ketinggian dalam pengujian L-Box adalah $h_2/h_1 \geq 0,8$ (European Federation Of National Trade Associations Representing Producers and Applicators of Specialist Building Products).



Gambar 2.11 L-Shape Box Test

Sumber : EFNARC Standard, 2005

d. *J-Ring Test*

Pengujian J-Ring test digunakan untuk mengetahui kemampuan passing ability beton segar SCC. Alat uji berupa lingkaran tulangan baja terbuka dengan tulangan baja vertikal. Lingkaran tulangan baja tersebut 33 dikombinasikan dengan peralatan slump flow test T50 sehingga dalam satu alat dapat digunakan untuk mengukur filling ability dan passing ability. Pengujian J-Ring

digunakan untuk mengetahui luas aliran oleh beton segar SCC dalam melewati hambatan (tulangan). Luas aliran berdiameter 500 mm dalam rentang waktu 2-5 detik, sementara diameter akhir pada pengujian J-Ring ± 10 mm. Batas – batas dari pengujian fresh properties yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.10.

1) *Passing Ability (J-Ring Flow) (Standard Test Method For Passing Ability Of SCC by J-Ring) ASTM C 1621/ C 1621M)*

Peralatan:

- a) Kerucut Abrams
- b) J-Ring (gambar 2.3)
- c) Baseplate minimum diameter 1 m
- d) Sekop
- e) Mistar

Bahan:

Beton Segar SCC

Prosedur Pengujian:

- a) Letakan baseplate ditempat yang bisa menahan beban dan rata. Letakan alat J-ring di tengah-tengah baseplate.
- b) Pengujian passing dengan menggunakan prosedur B (membalikkan kerucut abrams).
- c) Basahkan baseplate dan kerucut abrams
- d) Tempatkan kerucut abrams secara terbalik, dengan posisi

bukaan yang kecil berada dibawah, berada pada tengah baseplate dan di tengah J-ring.

- e) Isi kerucut secara bertahap sampai penuh, jangan dilakukan perojokan dan
- f) Permungkaan kerucut abrams diratakan dengan menggunakan mistar, danbersihkan beton yang berada di atas baseplate, sehingga area untuk mengalir
- g) Angkat kerucut secara vertikal dengan ketinggian 225 ± 75 mm dalam waktu 3 ± 1 detik
- h) pemadatan saat memasukan beton segar.
- i) Pengujian dari awal sampai pengangkatan kecut tidak boleh lebih dari 2,5 menit
- j) Tunggu sampai beton merhenti mengalir dan lakukan pengukuran diameter sebaran dengan sisi yang berbeda sebanyak dua kali. Jika pengukuran dua diameter mempunyai selisih hingaa 50 mm, hasil tes tidak valid dan dilakukan pengujian ulang
- k) Gunakan prosedur pengujian filling sebagai prosedur pengujian J-Ring. Pengujian slump flow dan J-ring harus kurang dari 6 menit jika pengujian dikombinasikan.

Koreksi hasil pengujian jika hasil pengujian lebih dari syarat:

- a) Dilakukan penambahan komposisi superplasticizer.
- b) Dilakukan penambahan volume pasta.

c) Dilakukan penambahan mortar volume.

Ketentuan penerimaan hasil uji SCC dengan berbagai alat atau metoda pengujian di tunjukan dalam tabel berikut:

Tabel 2.15 Ketentuan Penerimaan Hasil Uji untuk SCC

Metoda	Satuan	Nilai rentang Penerimaan	
		Minimum	Maksimum
Slump Flow	mm	550	850
T500 Slump Flow	detik	2	7
J-ring	mm	0	10
V-Funnel	detik	8	12
V-funnel Test pada T 5 menit	detik	0	3
L-Box	(h/hl)	0,8	1
U-Box	h ² /h _j)	0	30
Full Box	%	90	100

Sumber: Buku Binamarga 2018

Pada tahun 2003, Ouchi mencoba merangkum sifat-sifat mekanis dari sejumlah penelitian beton SCC yang telah dilakukan seperti tercantum pada tabel 2.16.

Tabel 2.16 Sifat Mekanis SCC

Keterangan	Sifat SCC
Faktor air semen (%)	25 – 40
Rongga Udara (%)	4,5 - 6,0
Kuat tekan (28 hari)	40 – 80
Kuat tekan (91 hari)	55 – 100
Kuat tarik (28 hari)	2,4 - 4,8
Modulus Elastisitas (Gpa)	30 – 36
Susut Regangan (x10 ⁻⁶)	600 – 800

Sumber: Ouchi, 2003

16. Perlakuan Benda Uji

(SNI 1997:2011) Uji tekan benda uji yang dirawat lembab harus sesegera mungkin setelah pemindahan dari tempat pelembaban. Benda uji harus di pertahankan dalam kondisi lembab dengan cara dipilih secara periode antara pemindahan dari tempat pelembaban dan pengujian. Benda uji harus di uji dalam kondisi lembab dalam temperatur ruang.

17. Toleransi waktu pengujian

Semua benda uji untuk umur uji yang ditentukan harus di uji dalam toleransi waktu yang di izinkan seperti yang di tunjukan pada tabel 2.14

Tabel 2.17 Toleransi Waktu Pengujian

Umur Uji	Waktu yang di Izinkan
12 Jam	± 15 Menit atau 2,1 %
24 Jam	± 30 Menit atau 2,1 %
3 Hari	± 2 Jam atau 2,8 %
7 Hari	± 6 Jam atau 3,6 %
28 Hari	± 20 Jam atau 3,0 %
90 Hari	± 2 Hari atau 2,2 %

Sumber : SNI 1974:2011

18. Kekuatan Beton

Kekuatan beton adalah parameter umum yang dipertimbangkan dalam desain struktural, tetapi untuk beberapa desain struktural kekuatan tarik juga menjadi pertimbangan; contohnya pada jalan raya, landasan pacu di bandar udara, kekuatan geser, dan ketahanan terhadap retak. Hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik erat kaitannya, rasio nilai kekuatan tekan dan tarik pada beton bergantung pada mutu kekuatan beton, dapat dikatakan, jika kuat tekan (f'_c) meningkat, maka kuat tarik (f'_t) juga meningkat tetapi pada tingkat lebih rendah. Umur juga

merupakan faktor dalam hubungan f_c dan f_t , ketika melampaui 1 bulan, kekuatan tarik meningkat lebih lambat dibanding kekuatan tekan.

19. Kuat Tekan (*Compressive Strength*)

Pada pengujian kuat tekan pada benda uji beton dilaksanakan untuk mengetahui berapa besar kekuatan benda uji umur 3, 7, 14 dan 28 hari yang sesungguhnya apakah sudah sesuai dengan persyaratan. Secara umum, uji kuat tekan beton menggunakan alat *Compression Testing Machine*.

Kuat tekan beton (f'_c) adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat pada benda uji silinder beton (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) sampai hancur. Dalam standar pengujian kuat tekan digunakan SNI 03- 6805 – 2002 dan ASTM C 39/C 39M-04a , sedangkan pengujian kuat tekan beton, benda uji berupa silinder beton berdiameter 15 cm dan tingginya 30 cm ditekan dengan beban P sampai runtuh. Karena ada beban tekan P , maka terjadi tegangan tekan pada beton (σ_c) sebesar beban (P) dibagi dengan luas penampang beton (A), sehingga dirumuskan :

Nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan membagi beban maksimum yang diterima oleh benda uji selama pengujian dengan luas penampang melintang rata yang ditentukan.

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan :

$f'c$ = Kuat tekan beton (Mpa atau N/mm^2).

P = Gaya tekan aksial (N).

A = Luas penampang melintang benda uji (mm^2).

a. Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton adalah sebagai berikut ini:

1) Umur Beton

Beton. Beton termasuk bahan yang sangat awet, maka sebagai standar kuat tekan beton ditetapkan waktu beton berumur 28 hari. Menurut PBI-1971, hubungan antara umur dan kekuatan tekan beton dapat dilihat pada Tabel berikut

Tabel 2.18 Hubungan antara Umur dan Kuat Tekan Beton

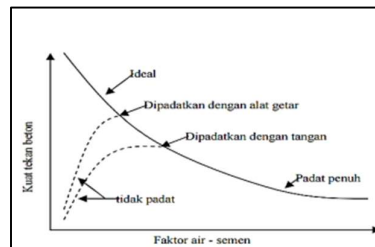
Umur (Hari)	Kuat Tekan beton (%)
3	40
7	65
14	88
21	95
28	100
90	120
365	135

Sumber : PBI-1971

Beton *Self Compacting Concrete* (SCC) Dalam kondisi segar. Adukan beton harus memenuhi Syarat Keleccakan (nilai slump) yang telah ditentukan. Pengujian kuat tekan beton umur 7 hari dari hasil campuran percobaan harus mencapai kekuatan Minimum 90% dari nilai kuat tekan beton rata-rata yang di targetkandalam rancangan campuran beton (mix design) umur 7 hari harus memenuhi persyaratan devisiasi standar.

b. Faktor Air Semen

Jumlah air untuk campuran beton pada umumnya dihitung berdasarkan nilai perbandingan antara berat air dan berat semen portland pada campuran adukan, dan pada peraturan beton Indonesia (PBI-1971) dikenal dengan istilah faktor air semen yang disingkat dengan FAS, sedangkan peraturan pengganti (SNI 03-2847-2002) disebut rasio air semen yang disingkat dengan ras, atau water cement ratio (wer). Umumnya makin besar nilai FAS, makin besar pula jumlah air yang digunakan pada campuran beton, berarti adukan beton makin encer dan mutu beton akan makin turun/rendah, sebaliknya makin kecil nilai FAS, makin tinggi kuat tekan beton yang dihasilkan. Hubungan antara nilai FAS dan kuat tekan beton yang dihasilkan pada adukan dapat dilukiskan seperti Gambar 3.4.



Gambar 2.12 Hubungan antara faktor air semen dan kuat tekan silinder beton (SNI 03-2847-2002)

c. jumlah dan Jenis Semen

Jumlah semen dalam adonan beton berpengaruh terhadap kekuatan beton sendiri. Jumlah semen yang terlalu sedikit berarti jumlah air juga sedikit sehingga adukan beton sulit dipadatkan yang mengakibatkan kuat tekan beton rendah, namun sebaliknya jika

jumlah semen berlebihan berarti jumlah air juga berlebihan sehingga beton mengandung banyak pori yang mengakibatkan kuat tekan beton rendah, apabila nilai slump (FAS berubah), beton dengan kandungan semen lebih banyak mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi.

Jenis semen juga berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Semen portland yang dipakai untuk struktur harus mempunyai kualitas tertentu yang telah ditetapkan agar dapat berfungsi secara efektif. Seperti contoh, jenis portland semen terdapat 5 jenis yaitu : I, II, III, IV, V.

d. Sifat Agregat

Pengaruh dari sifat agregat terhadap kekuatan beton ialah dilihat dari kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya. Kekasaran permukaan berpengaruh terhadap bentuk kurva tegangan-regangan tekan dan terhadap kekuatan betonnya, akan tetapi bila adukan beton nilai slump nya sama besar, pengaruh tersebut tidak tampak karena agregat yang permukaannya halus memerlukan air lebih sedikit, berarti FAS nya rendah yang menghasilkan kuat tekan beton lebih tinggi.

Dalam pemakaian ukuran butir agregat yang lebih besar membutuhkan jumlah 36 pasta yang lebih sedikit, berarti pori-pori beton juga sedikit sehingga kuat tekannya lebih tinggi, tetapi daya lekat antara permukaan agregat dan pastanya kurang kuat sehingga kuat tekan betonnya menjadi rendah, oleh karena itu pada beton kuat

tekan tinggi dianjurkan memakai agregat dengan ukuran besar butir maksimum 20 mm.

e. Bahan Tambah

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

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

20. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah suatu ukuran dari kekakuan atau daya tahan bahan terhadap deformasi. Modulus elastisitas ditentukan perubahan tegangan terhadap regangan dalam batas elastisitasnya. Daerah elastis pada beton menurut ASTM dibatasi antara regangan 0,00005 dengan tegangan pada 40% tegangan maksimum. Namun pada penelitian ini pengujian modulus elastisitas menggunakan alat uji non destruktif yaitu PUNDIT (*Portable Ultrasonik NonDestructive Digital Indicating Tester*)

yang menggunakan gelombang ultrasonik. Kemampuan alat ini, selain mengetahui mutu beton, juga dapat mendeteksi tebal lapisan beton yang rusak, atau dalamnya retakan di dalam beton. Hubungan antara modulus elastisitas dan kuat tekan beton menurut SKSNI 1991 yang digunakan juga oleh ACI adalah :

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (2.15)$$

Persamaan diatas menunjukkan bahwa besarnya modulus elastisitas pada beton meningkat seiring dengan peningkatan kuat tekan betonnya.

21. Permeabilitas

Permeabilitas merupakan sifat kemudahan lolosnya air ataupun zat sejenisnya menembus permukaan beton. Tingkat kemampuan suatu material meloloskan air dinyatakan dengan koefisien permeabilitas k , yang tergantung pada luas permukaan beton, tekanan air, dan durasi waktu.

Pengujian permeabilitas beton untuk mengetahui pengaruh variasi semen dan agregat atau pengaruh banyaknya ragam operasi pencampuran beton, pencetakan dan perawatan, memperhitungkan informasi dasar pada bagian dalam porositas beton yang relatif berhubungan langsung dengan penyerapan, saluran kapiler, ketahanan terhadap pembekuan, penyusutan, daya angkat dan lain-lain. Faktor yang mempengaruhi kekedapan adalah kualitas material, metode persiapan beton, dan perawatan beton (Brook K.M, Murdock L.J, 1991).

22. Densitas

Berdasarkan ASTM C 642 – 97, metode ini meliputi tentang penentuan densitas. Uji ini berguna dalam mengembangkan data yang diperlukan untuk konversi antara massa dan volume untuk beton.

Hal ini dapat digunakan untuk menentukan kesesuaian dengan spesifikasi untuk beton dan untuk menunjukkan perbedaan dari tempat ke tempat dalam massa beton. Besarnya density dapat diukur sebagai berikut :

$$[A/(C-D)] \cdot \rho = (\text{g/cm}^3) \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan:

A = massa kering oven benda uji (g)

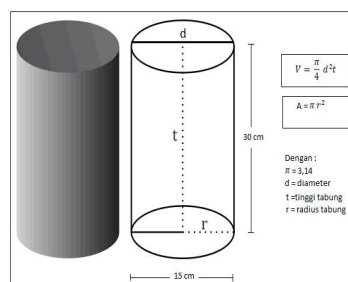
C = massa jenuh benda uji (g)

D = massa benda uji dalam air (g)

ρ = berat jenis air (1 g/cm³)

23. Pengertian Silinder (Tabung)

Silinder atau tabung adalah bangun tiga dimensi beraturan yang berbentuk batang dengan penampang berbentuk lingkaran dengan jari-jari tertentu dan memiliki ketinggian tertentu.



Gambar 2.13 Silinder Beton

Sumber: Blogspot.com

a. Sifat Sifat Bangun Tabung

Ciri ciri tabung diantaranya yaitu:

- 1) Memiliki 2 (dua) buah rusuk lengkung.
- 2) Memiliki alas dan tutup berbentuk lingkaran yang masing-masing sama besar.
- 3) Memiliki 3 (tiga) buah sisi diantaranya dua buah sisi berbentuk lingkaran dan satu sisi selimut berbentuk persegi panjang.
- 4) Tidak memiliki titik sudut

b. Jenis-Jenis Tabung

Ada 2 jenis tabung yaitu:

1) Tabung Tertutup

Tabung Tertutup adalah sebuah tabung yang seluruh bidang dan sisi – sisinya tertutup.

2) Tabung Terbuka

Tabung Terbuka adalah sebuah tabung yang salah satu sisi alasnya atau sisi atapnya terbuka dan bahkan keduanya antara sisi alas dan sisi atapnya juga terbuka.

c. Secara singkat rumus tabung yaitu:

$$\text{Keliling Alas Tabung} = 2\pi r \dots\dots\dots(2.17)$$

$$\text{Volume Tabung (V)} = \pi r^2 t \dots\dots\dots(2.18)$$

$$\text{Luas Tabung (L)} = 2\pi r^2 \dots\dots\dots(2.19)$$

Dengan:

$$V = \text{Volume tabung (cm}^3\text{)}$$

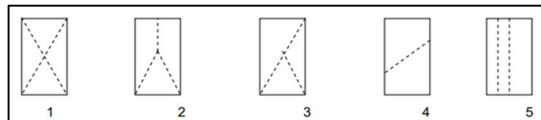
$$\pi = 22/7 \text{ atau } 3,14$$

$$r = \text{Jari - jari /setengah diameter (cm)}$$

$$t = \text{Tinggi (cm)}$$

24. Pola Retak dan Kehancuran

Retak diakibatkan penurunan yang tidak seragam, susut, beban bertukar arah, perbedaan unsur kimia dan perbedaan suhu. Pada kondisi di lapangan, variasi pola retak berbeda satu dengan yang lainnya. Hal tersebut dikarenakan perbedaan tegangan tarik yang ditimbulkan oleh beban, momen dan geser. Retak dimulai dari retak permukaan yang tidak dapat terlihat secara kasat mata. Apabila pembebanan diberikan secara terus menerus dapat mengakibatkan retak rambut yang merambat hingga pada akhirnya terjadi kegagalan atau keruntuhan pada struktur (Restian, 2008). Berdasarkan SNI 1974-2011 pola kehancuran pada benda uji dibedakan menjadi 5 bentuk :



Gambar 2.14 Pola Kehancuran pada benda

Sumber: SNI 1974-2011

Dengan:

- 1) Bentuk kehancuran kerucut.
- 2) Bentuk kehancuran kerucut dan belah.
- 3) Bentuk kehancuran kerucut dan geser.
- 4) Bentuk kehancuran geser.
- 5) Bentuk kehancuran sejajar sumbu tegak (kolumnar).

B. Tinjauan Pustaka

1. Penelitian Oleh Okky Hendra Hermawan (2006)

Judul dalam penelitian ini “Pengaruh Kadar Lumpur Pada Agregat Halus Dalam Pembuatan *Mix Design* Beton” Penelitian ini bertujuan agar dapat mengetahui kadar lumpur maksimal pada agregat halus yang dapat digunakan untuk pembuatan beton.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan membuat *mix design* beton berdasarkan perbandingan kadar lumpur yang sudah diuji dengan perhitungan berat agregat halus. Pada hasil penelitian ini sudah didapat pengaruh kadar lumpur yang lebih dari 5% memiliki berat ssd yang melebihi standart 2,8 yang artinya semakin banyak kadar lumpur maka akan berpengaruh pada berat ssd agregat halus

2. Penelitian Teguh Haris Santoso, M. Basir, Weimintoro, Okky Hendra Hermawan (2021).

Judul dalam penelitian ini adalah “ Pemanfaatan Limbah Beton Ash Sebagai Bahan Campuran Agregat Halus Dengan Penambahan Tetes Tebu Pada Pembuatan Beton Terhadap Nilai Kuat Beton” pada penelitian ini penulis menggunakan Analisa penggunaan limbah beton Ash sebagai bahan dasar campuran agregat halus dengan penambahan tetes tebu (Molase) terhadap kuat tekan beton.

3. Penelitian Yogie Risdianto (2010)

Judul dalam penelitian ini adalah “Penerapan Self Compacting Concrete (Scc) Pada Beton Mutu Normal” hasil Penelitian ini menunjukkan

bahwa penggunaan Conplast SP430 sebesar 2 liter sudah mampu mencapai kriteria dari SCC dan dari tes kuat tekan beton hasil penelitian menunjukkan penggunaan Conplast SP430 sebesar 1 liter mengalami kenaikan kuat tekan beton sebesar 26.88 % dari benda uji yang dianggap kontrol yaitu tanpa penambahan Conplast SP430 pada umur 28 hari. Untuk pengujian kuat tekan saat beton berumur 7 hari rata-rata mencapai 312.88 kg/cm². Sedangkan untuk umur beton 28 hari, rata-rata kuat tekan beton yang dicapai sebesar 356.82 kg/cm².

4. Penelitian oleh Mohammad Ali Akoeb (2011)

Judul penelitian ini adalah perbandingan kuat tekan beton normal dan beton dengan bahan *additive silica fume* antara uji *non destructive* dengan uji *destructive* (suatu penelitian beton dengan faktor air semen 0,45 ; 0,50 dan 0,55). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai perbandingan kuat tekan beton antara uji non destructive berupa metode ultrasonic test dan hammer test dengan uji *destructive* yaitu pengujian pembebanan standar. Benda uji yang digunakan berupa kubus standar ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm, sejumlah 72 buah benda uji yaitu 36 benda uji untuk beton normal dan 36 benda uji untuk beton dengan tambahan silica fume sebanyak 9 % dari berat semen.

Pengujian kuat tekan dilakukan terhadap benda uji kubus beton dengan variasi faktor air semen dan umur benda uji. Benda uji kubus beton untuk faktor air semen 0,45; 0,50 dan 0,55 diuji pada saat benda uji berumur 7, 14 dan 28 hari dengan ketiga metode pengujian.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa kuat tekan beton normal pada FAS 0,45 untuk pengujian *ultrasonik* dan *hammer* dibandingkan dengan pengujian pembebanan standar mempunyai nilai perbandingan rata-rata β_1 (β *ultrasonik*) sebesar 1,079 dan β_2 (β *hammer*) sebesar 0,555. Pada FAS 0,50, nilai perbandingan rata-rata β_1 (β *ultrasonik*) yang diperoleh sebesar 0,956 dan β_2 (β *hammer*) sebesar 0,592. Pada FAS 0,55 diperoleh nilai perbandingan rata-rata β_1 (β *ultrasonik*) sebesar 1,586 dan β_2 (β *hammer*) sebesar 0,740.

Sedangkan kuat tekan beton additive silica fume pada FAS 0,45 untuk pengujian ultrasonik dan hammer dibandingkan dengan pengujian pembebanan standar mempunyai nilai perbandingan rata-rata β_1 (β *ultrasonik*) sebesar 1,020 dan β_2 (β *hammer*) sebesar 0,726. Pada FAS 0,50, nilai perbandingan rata-rata β_1 (β *ultrasonik*) yang diperoleh sebesar 1,026 dan β_2 (β *hammer*) sebesar 0,690. Pada FAS 0,55 diperoleh nilai perbandingan rata-rata β_1 (β *ultrasonik*) sebesar 1,102 dan β_2 (β *hammer*) sebesar 0,803.

5. Penelitian oleh Arman A (2018)

Judul penelitian ini adalah Kajian Kuat Tekan Beton Normal Menggunakan Standar *SNI 7656-2012* Dan *ASTM C 136-06*. Beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan struktur dalam konstruksi bangunan. Inovasi teknologi beton selalu dituntut guna menjawab tantangan akan kebutuhan, beton yang dihasilkan diharapkan mempunyai kualitas tinggi meliputi kekuatan dalam daya tahan tanpa mengabaikan

nilai ekonomis. Peraturan mengenai standar spesifikasi agregat di Indonesia mengalami perubahan seiring dikeluarkannya SNI 7656-2012 dan ASTM C 136-06 yang mengenai persyaratan Spesifikasi agregat untuk perencanaan beton.

Salah satu hal baru yang tercantum dalam SNI 7656-2012 adalah dalam hal penentuan gradasi saringan di tetapkan dalam zona-zona yang telah ditentukan, hal ini sedikit berbeda dari peraturan ASTM C 136-06 yang menyatakan bahwa spesifikasi gradasi telah di tentukan. Penelitian ini bersifat eksperiment yang dilaksanakan dilaboratorium teknik sipil Institut Teknologi Padang (ITP). Objek pada penelitian ini adalah beton dengan mutu sedang yang menggunakan bahan Standar SNI 7656-2012 dan ASTM C 136-06.

Berdasarkan analisis dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa Job Mix Design beton metode ASTM C 136-06 menghasilkan proporsi campuran bahan yang relative lebih efisien dibandingkan metode SNI 7656-2012. Artinya bahwa secara teoritis Job Mix Design beton f_c' 20.75MPa metode ASTM C 136-06 lebih ekonomis dari segi penggunaan bahan dari metode SNI 7656-2012.

6. Penelitian oleh Fatih Haqu Zein (2016)

Judul penelitian ini adalah analisis sifat mekanis beton *scc* menggunakan bahan tambah superplasticizer dengan pemanfaatan *high volume fly ash concrete*. Banyaknya kesulitan di lapangan dalam pengerjaan pengecoran seperti beton yang terlalu tipis, beton yang

melengkung, jarak antara tulangan yang terlalu rapat, maka beton mengalami pemisahan antara agregat halus, semen, dan air dengan agregat kasar (*segregasi*), oleh karena itu diperlukan beton *SCC* (*Self Compacting Concrete*) yaitu beton yang mampu memadat sendiri. Untuk memanfaatkan *fly ash* yang merupakan hasil pembakaran batu bara PLTU maka ditemukan Teknologi *High Volume Fly Ash Concrete* (*HVFA*) yaitu beton dengan kandungan *fly ash* 50% atau lebih sebagai pengganti semen. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan Teknologi *HVFA* dalam pembuatan beton *SCC* dengan $f'c$ sebesar 25 MPa.

Penelitian ini dilakukan menggunakan *fly ash* 50% dari berat semen, dengan nilai f_{as} 0,35 dan *superplasticizer* 1,5% dari berat semen. Untuk pengujian kuat tekan pada umur 28 hari dan 56 hari dengan benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, kuat lentur pada umur 56 hari dengan benda uji balok berukuran 15 cm x 15 cm x 50 cm, dan serapan air pada umur 56 hari dengan benda uji silinder berdiameter 10 cm tinggi 5 cm.

Dari hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton *SCC* dengan 100 % semen diperoleh hasil sebesar 19,25 MPa pada umur 28 hari dan sebesar 24,91 MPa pada umur 56 hari, sedangkan beton *SCC* yang menggunakan *fly ash* 50 % diperoleh kuat tekan sebesar 12,08 MPa pada umur 28 hari dan 21,89 MPa pada umur 56 hari. Nilai kuat lentur rata-rata balok beton *SCC* dengan 100 % semen hasilnya lebih tinggi dibandingkan dengan kuat lentur balok beton *SCC* dengan penggunaan *fly ash* 50% tetapi hasilnya

tidak bisa dijadikan acuan karena terdapat kesalahan ketika pengujian balok beton. Nilai rata-rata serapan air beton *SCC* tanpa penggunaan *fly ash* sebesar 2,95 % dan nilai rata-rata serapan air beton *SCC* dengan penggunaan *fly ash* 50 % sebesar 2,01 %. Nilai kuat tekan dan kuat lentur beton *SCC* dengan penggunaan *fly ash* sebesar 50 % lebih rendah dibandingkan beton *SCC* yang menggunakan 100 % semen, beton *SCC* dengan penggunaan *fly ash* 50 % lebih sedikit menyerap air dibandingkan dengan yang menggunakan 100 % semen.

7. Penelitian oleh Uqbah Khutaibah (2020)

Judul penelitian ini adalah perilaku mekanik beton *scc* dengan variasi penambahan serat *nylon*. Beton adalah bahan konstruksi yang paling banyak dipakai secara luas karena memiliki kelebihan yang dimiliki seperti mudah dalam pengerjaan (*workability*), memiliki kuat tekan yang tinggi, ekonomis dalam hal pembuatan dan perawatan. Namun terdapat beberapa kelemahan yang diperoleh dari penggunaan beton seperti kuat tarik yang rendah, mudah retak dan bersifat getas (*brittle*). Maka dari itu diperlukan penambahan serat pada beton agar meningkatkan daktilitas dan penggunaan beton *SCC* untuk menjaga *workability* setelah penambahan serat. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian perilaku mekanik dan pengamatan pola retak dan distribusi serat pada beton serat *SCC* menggunakan serat *nylon* jenis monofilament. Perilaku mekanik yang dimaksud berupa pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas, dan kuat lentur. Metode pengujian karakteristik dan perilaku

mekanik beton serat SCC berdasarkan standar ASTM dan SNI serta *mix design* dan pengujian *slump* dilakukan berdasarkan standar EFNARC. Jumlah sampel beton yang dibuat sebanyak 135 benda uji terdiri dari 54 benda uji untuk pengujian kuat tekan diumur 7 dan 14 hari, 27 benda uji untuk pengujian modulus elastisitas diumur 28 hari, 27 benda uji untuk pengujian kuat tarik belah dan 27 benda uji untuk pengujian kuat lentur. Sampel beton tersebut memiliki variasi yang terdiri dari penambahan serat 0,5% dan 1%, diameter serat 0,65 mm dan 0,35 mm, dan panjang serat 15 mm dan 20 mm.

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kuat tekan beton rata-rata dari umur 7 hari hingga 28 hari pada penambahan serat 0,5% ke 1% dan panjang serat 15 mm ke 20 mm secara beruntun dengan kuat tekan optimum terdapat pada variasi diameter 0,65 mm, panjang 15 mm, dan penambahan serat 1% sebesar 54,93 MPa. Nilai kuat tarik belah, kuat lentur dan modulus elastisitas meningkat seiring dengan pertambahan persentase serat, diameter serat dan panjang serat. Pola retak yang diperoleh pada pengujian kuat tekan beton kecenderungan berbentuk kehancuran kolumnar.

8. Penelitian oleh Frandika, Angga Josi (2018)

Judul penelitian ini adalah *Kajian perbedaan kuat tekan beton normal dan beton SCC dengan kuat tekan target 40 Mpa* Kata Kunci Beton Normal beton SCC kuat tekan Dalam proses pekerjaan pengecoran beton normal masih sering ditemukan kendala seperti

lokasi pengecoran yang rumit dan sulit yang diakibatkan dari jarak-jarak antar tulangan yang terlalu rapat sehingga alat vibrator juga sulit untuk menjangkau. Oleh karena itu perlu dicari solusi untuk mengatasinya. Hingga saat ini beton normal terus mengalami perubahan untuk menyesuaikan kebutuhan konstruksi yang ada. Salah satunya adalah dengan dikembangkannya tentang beton memadat sendiri atau Self Compacting Concrete yang selanjutnya disebut beton SCC.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui (1) apakah ada perbedaan kuat tekan yang signifikan antara beton normal dan beton SCC dengan kuat tekan target 40 MPa berdasarkan tahapan umur beton (2) apakah ada perbedaan kuat tarik belah yang signifikan antara beton normal dan beton SCC dengan kuat tekan target 40 MPa (3) apakah ada perbedaan modulus elastisitas yang signifikan antara beton normal dan beton SCC. Dalam penelitian ini untuk pengujian kuat tekan menggunakan 30 benda uji dengan ukuran 7,5 x 15 cm untuk pengujian kuat tarik belah menggunakan 10 benda uji dengan ukuran 7,5 x 15 cm dan untuk pengujian modulus elastisitas menggunakan 10 benda uji dengan ukuran 15 x 30 cm. Penelitian ini menggunakan mix design metode DoE dengan bahan tambah berupa superplasticizer dengan kadar 1,5% dari berat semen. Jenis superplasticizer pada penelitian ini menggunakan sika viscocrete 1003. Hasil penelitian menunjukkan (1) adanya perbedaan kuat tekan pada signifikansi 945

0,05 antara beton normal dan beton SCC pada umur 7 dan 28 hari dengan hasil beton normal sebesar 23,76 MPa dan 33,43 MPa dan beton SCC sebesar 26,11 MPa dan 36,69 MPa tetapi pada umur 14 hari menunjukkan tidak adanya perbedaan kuat tekan pada signifikansi 945 0,05 antara beton normal dan beton SCC dengan hasil beton normal sebesar 27,95 MPa dan beton SCC sebesar 30,93 MPa. (2) Tidak adanya perbedaan kuat tarik belah pada signifikansi 945 0,05 antara beton normal dan beton SCC dengan hasil beton normal sebesar 4,55 MPa dan beton SCC sebesar 4,69 MPa. (3) Tidak adanya perbedaan modulus elastisitas pada signifikansi 945 0,05 antara beton normal dan beton SCC dengan hasil beton normal sebesar 18.956,11 MPa dan beton SCC sebesar 21.825,48 Mpa.

9. Penelitian oleh *Abdul Karim Hadi dkk (2021)*

Judul penelitian ini adalah Pengaruh Metode Self Compacting Concrete (Scc) Terhadap Sifat Mekanis Beton. Dalam dunia konstruksi pekerjaan beton memegang peranan sangat penting, baik pada bangunan struktural maupun non struktural. Dapat dilihat bahwa hampir setiap bangunan didirikan seperti perumahan, gedung bertingkat, jembatan, jalan, bendungan, dan irigasi. Selalu memerlukan adanya pekerjaan beton terutama pada pekerjaan konstruksi beton bertulang. Selama ini pemadatan atau vibrasi dilakukan tidak sesuai dengan prosedur dan dapat menurunkan kualitas beton. Salah satu solusi mengatasi masalah tersebut yaitu dengan penggunaan *self compacting concrete*. Tujuan dari penelitian ini adalah

untuk dapat mengetahui dari suatu pengaruh penambahan *superplasticizer* terhadap *workability* beton *self compacting concrete* dan untuk dapat mengetahui pengaruh metode *self compacting concrete* terhadap sifat mekanis beton. Penelitian dilakukan di laboratorium struktur dan bahan dengan penggunaan *superplasticizer* type sika-viscocrete 3115N sebanyak 2% dari berat semen. Pembuatan *job mix design* dibuat dengan menggunakan metode SNI.

Berdasarkan hasil penelitian bahwa zat *superplasticizer* dapat meningkatkan *workability* pada beton segar. Hasil pengujian *slump cone test* pada beton normal sebesar 8 cm, sedangkan hasil *slump flow* pada beton *self compacting concrete* sebesar 75 cm. Pada penelitian ini didapatkan nilai kuat tekan beton normal sebesar 25,096 Mpa dan nilai kuat tekan beton SCC sebesar 30,264 Mpa dari mutu rencana 25 Mpa dan nilai kuat tarik belah beton normal sebesar 2,343 Mpa atau 9,340% dari nilai kuat tekan dan nilai kuat tarik belah beton SCC sebesar 3,358 Mpa atau 11,09% dari nilai kuat tekan. Berdasarkan data yang didapatkan *self compacting concrete* memiliki *workability* dan sifat mekanis yang baik.

10. Penelitian oleh Setiyawan, Danang dan Ir. Abdul Rochman, M.T (2018)

Judul penelitian ini adalah *Tinjauan Kinerja Balok Beton Bertulang Menggunakan Beton Scc Dengan Beton Normal*. Beton merupakan salah satu jenis perkerasan yang mengalami perkembangan yang sangat pesat, Diantaranya adalah beton normal dan SCC. Untuk mengetahui kinerja dari kedua jenis beton, Penelitian ini bertujuan untuk meninjau kinerja balok

beton bertulang menggunakan beton SCC dengan beton normal. Dalam pembuatan betondengan f'_c sebesar 25 MPa. Dengan nilai fas beton normal 0,55 dan niali fas beton SCC 0,45 dengan penambahan superplasticizer 1,5% dari berat semen. Dengan masing masing jenis beton menggunakan tulangan konvensional diameter 10 mm dan begel 8 mm. Untuk pengujian kuat tekan dan berat jenis pada umur 28 hari dengan benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, kuat lentur pada umur 28 hari dengan benda uji balok berukuran 120 cm x 15 cm x 20 cm.

Dari hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton normal diperoleh hasil sebesar 26,610 MPa pada umur 28 hari dan sebesar 20,005 MPa untuk kuat tekan rata-rata beton SCC pada umur 28 hari, dengan hasil berat jenis rata-rata beton normal sebesar 2211,157 Kg/m³ dan 2212,845 Kg/m³ untuk nilai rata-rata berat jenis beton SCC. Untuk nilai kuat lentur rata-rata balok beton dihitung nilai kekakuan, beban retak awal dan beban ultimate dengan menggunakan metode teoritis dan eksperimen.

Secara teoritis menunjukkan nilai kekakuan balok N1,2,3 sebesar 116,460 kN/mm dan balok N-4,5,6 sebesar 129,355 kN/mm dengan jenis beton normal lebih besardi bandingkan dengan balok SCC-1,2,3 sebesar 100,99 kN/mm dan SCC-4,5,6 114,121 kN/mm dengan jenis beton SCC, Retak awal dengan hasil nilai Mor (Modulus of Repture) pada balok N-1-6 dengan jenis beton normal mempunyai nilai 3,198 MPa dan untuk balok SCC-1-6 dengan jenis beton SCC mempunyai nilai 2,774 MPa . Nilai

beban retak teoritis balok N1,2,3 sebesar 12,801 kN , Balok N-4,5,6 sebesar 15,805 kN , Balok SCC-1,2,3 sebesar 11,101 kN dan untuk balok SCC-4,5,6 sebesar 15,937 kN.

Pada retak experiment rata-ratanya di peroleh nilai balok N-1,2,3 sebesar 10,667 kN , balok N-4,5,6 sebesar 34 kN , balok SCC-1,2,3 sebesar 6,667 kN dan untuk balok SCC4,5,6 sebesar 24,667 kN, untuk beban ultimate balok diperoleh nilai N-1,2,3 sebesar 10,67 kN, balok N-4,5,6 sebesar 41,33 kN, balok SCC-1,2,3 sebesar 6,67 kN dan balok SCC-4,5,6 sebesar 35,33 kN. untuk nilai beban ultimate secara teoritas diperoleh nilai balok N-1,2,3 sebesar 10,67 kN, balok N-4,5,6 sebesar 34 kN, balok SCC-1,2,3 sebesar 6,67 kN dan balok SCC-4,5,6 sebesar 24,67 kN.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode komparatif. Metode komparatif dilakukan untuk membandingkan persamaan dan perbedaan dua atau lebih fakta-fakta dan sifat-sifat objek yang diteliti berdasarkan kerangka pemikiran tertentu.

Dengan menggunakan metode komparatif peneliti dapat mencari jawaban perbandingan Kuat Tekan Beton Fc'30 Normal Dan Beton Fc'30 SCC (*Self Compacting Concrete*) Menggunakan *Superplaticizer*.

B. Waktu Dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan selama 6 (enam) bulan, di mulai bulan Februari-Juli 2023.

Tempat penelitian berlokasi di Cikembulan, Kecamatan Sidamulih, Kabupaten Ciamis, Jawa Barat. Di tempat penelitian PT. SO Graha Perdana Ready Mix.

Tabel 3.1 Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Waktu Pelaksanaan (bulan ke-)					
		Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul
1	Penentuan judul						
2	Pengumpulan referensi						
3	Penyusunan proposal						
4	Pengambilan data						
5	Analisa data						
6	Penyusunan skripsi						
7	Sidang skripsi						

Sumber : Dokumen Pribadi



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

Sumber: Google Maps, 2023

C. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat (Minarsih, 2019). Variabel bebas karena variabel ini bebas mempengaruhi variabel lain. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah presentase perbandingan kuat tekan beton $f_c'30$ dan beton $f_c'30$ SCC.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau menjadi akibat adanya variabel bebas (Minarsih, 2019). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kuat tekan beton dari sampel-sampel dalam penelitian.

D. Instrumen Penelitian

Adapun instrumen-instrumen pada pelaksanaan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Data Material

Data material yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian yaitu :

- a) Semen OPC Tipe 1
- b) Pasir
- c) Batu split
- d) Additive

2. Data Aktual Beton FC-30

Data material yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian yaitu :

- a) Semen dynamix
- b) Pasir
- c) Batu split $\frac{1}{2}$
- d) Batu split $\frac{2}{3}$
- e) Air
- f) *Rithader*
- g) *High superplasticizer*

E. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam mencapai tujuan penelitian terdiri dari :

1. Pengumpulan Data Primer

Data primer yaitu data yang dikumpulkan atau diolah sendiri oleh peneliti langsung dari subjek/objek penelitian. Data primer antara lain :

- a. Survey
- b. Dokumentasi

2. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang didapatkan dari penelitian-penelitian sebelumnya yang sudah pernah ada. Data ini digunakan untuk mendukung informasi primer yang telah diperoleh yaitu dari bahan pustaka, literature, buku dan lain sebagainya.

Berikut Data sekunder Data Laboratorium yang terdiri dari yaitu:

- a) Data hasil analisis saringan agregat kasar dan halus di PT. SO Graha Perdana Ready Mix .
- b) Data hasil tes laboratorium di PT. SO Graha Perdana Ready Mix.
- c) Data hasil uji kuat tekan beton Fc-30 SCC silinder beton di PT. SO Graha Perdana Ready Mix.
- d) Data hasil uji kuat tekan beton Fc-30 silinder beton di PT. SO Graha Perdana Ready Mix.
- e) Data hasil *mix design* Fc- 30 dan beton Fc-30 SCC di PT. Marlan Beton Prakarsa.

F. Metode Analisa Data

Metode analisa data berdasarkan hasil yang telah dilakukan di laboratorium. Beberapa pengujian yang dilakukan di laboratorium adalah sebagai berikut:

1. Pemeriksaan kadar lumpur pada agregat.
2. Pemeriksaan gradasi.
3. Pemeriksaan kadar air pada agregat.
4. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat.
5. Analisis proporsi campuran beton normal dan beton SCC (*Self Compacting Concrete*).
6. Analisis pengujian *slump test* pada beton normal dan *Slump Flow* pada beton SCC (*Self Compacting Concrete*).
7. Analisis hasil dan presentase kuat tekan beton normal dan beton SCC (*Self Compacting Concrete*). Menggunakan rumus untuk menentukan luas tabung, volume tabung, kuat tekan, kemudian menampilkannya secara grafik dan tabel.

a. Luas tabung (m²)

$$F = \frac{P}{A}$$

c. Volume Tabung (cm³)

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 t$$

e. Persentase (%)

$$\text{Persentase} = \frac{F}{f_{c'30}} \times 100$$

b. Kuat Tekan (MPa)

$$A = \pi r^2$$

d. Kuat Tekan (MPa)

$$F = \frac{P}{A}$$

G. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram Alur Penelitian