



**PENGUNAAN LIMBAH PLASTIK DAUR ULANG  
SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS  
PADA BETON SCC (*SELF COMPACTING CONCRETE*)**

**SKRIPSI**

Oleh

**Moh. Nanang Lutfian Putra  
NIM 131910301084**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2017**



**PENGUNAAN LIMBAH PLASTIK DAUR ULANG  
SEBAGAI PENGANTI AGREGAT HALUS  
PADA BETON SCC (*SELF COMPACTING CONCRETE*)**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat  
untuk menyelesaikan Progam Studi Teknik Sipil (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

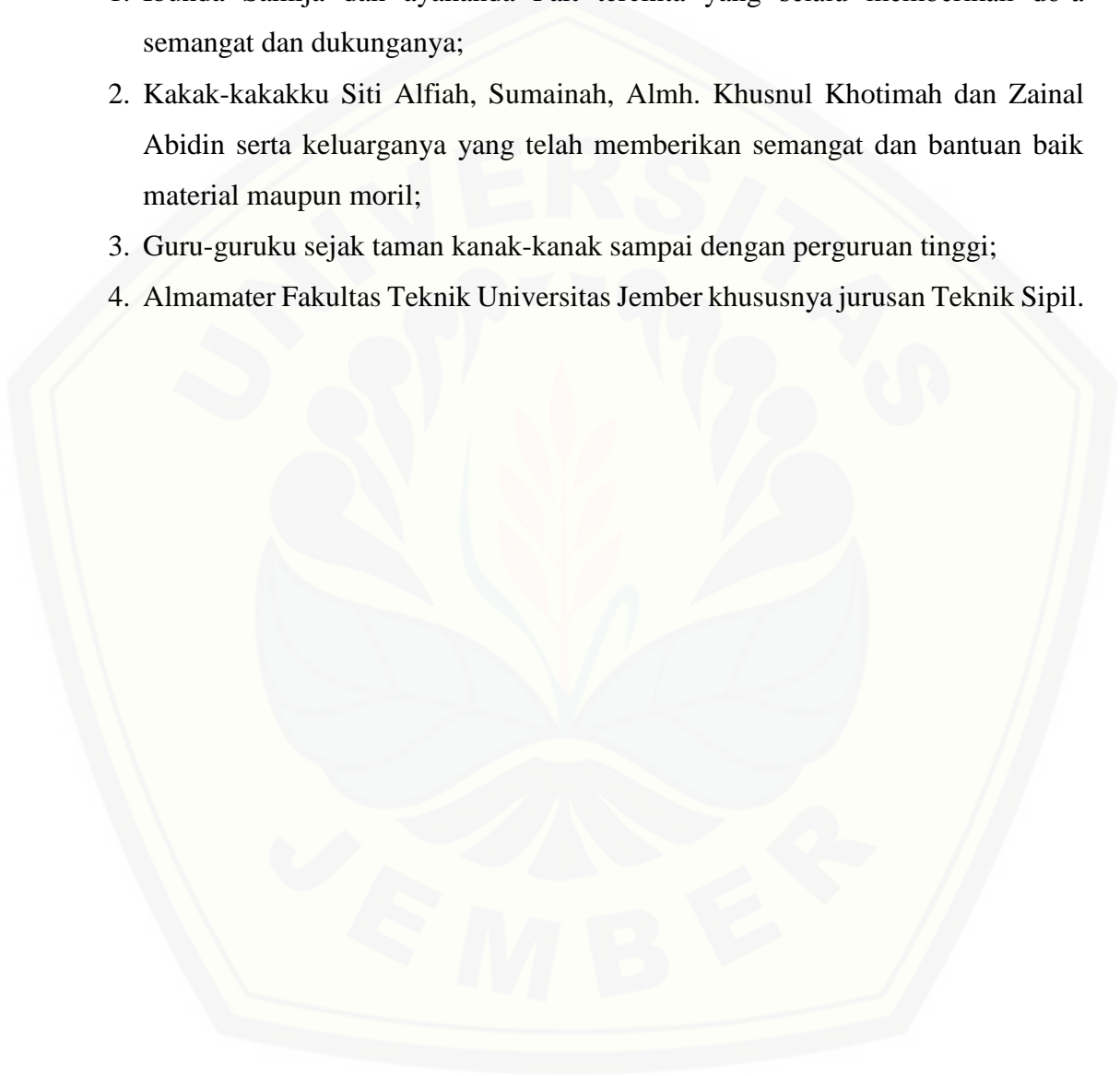
**Moh. Nanang Lutfian Putra  
NIM 131910301084**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2017**

## PERSEMBAHAN

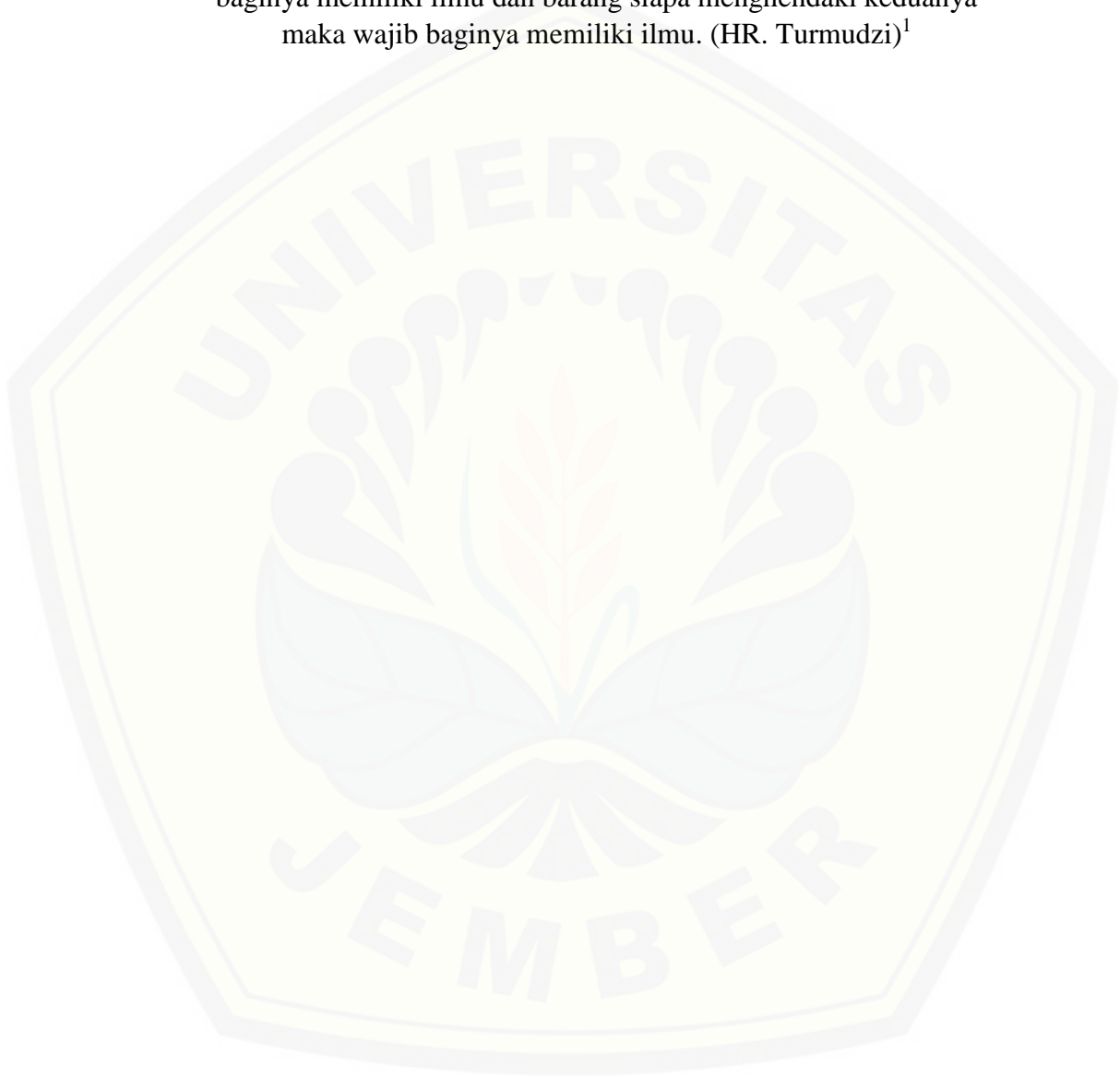
Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Samija dan ayahanda Pait tercinta yang selalu memberikan do'a semangat dan dukungannya;
2. Kakak-kakakku Siti Alfiah, Sumainah, Almh. Khusnul Khotimah dan Zainal Abidin serta keluarganya yang telah memberikan semangat dan bantuan baik material maupun moril;
3. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
4. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember khususnya jurusan Teknik Sipil.



**MOTTO**

Barang siapa yang menghendaki kehidupan dunia maka wajib baginya memiliki ilmu dan barang siapa yang menghendaki kehidupan Akherat, maka wajib baginya memiliki ilmu dan barang siapa menghendaki keduanya maka wajib baginya memiliki ilmu. (HR. Turmudzi)<sup>1</sup>



---

<sup>1</sup> Al Hafidz, Ahmad. 2015. Hadist Tentang Kewajiban Menuntut Ilmu. <http://www.dic.or.id/hadist-tentang-kewajiban-menuntut-ilmu/>

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

nama : Moh. Nanang Lutfian Putra


NIM : 131910301084

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Penggunaan Limbah Plastik Daur Ulang sebagai Pengganti Agregat Halus pada Beton SCC (*Self Compacting Concrete*)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 30 Mei 2017

Yang menyatakan,



Moh. Nanang Lutfian Putra

NIM 131910301084

**SKRIPSI**

**PENGUNAAN LIMBAH PLASTIK DAUR ULANG  
SEBAGAI PENGANTI AGREGAT HALUS  
PADA BETON SCC (*SELF COMPACTING CONCRETE*)**

Oleh

Moh. Nanang Lutfian Putra  
NIM 131910301084

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dwi Nurtanto, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Penggunaan Limbah Plastik Daur Ulang sebagai Pengganti Agregat Halus pada Beton SCC (*Self Compacting Concrete*)” karya Moh. Nanang Lutfian Putra telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Selasa, 30 Mei 2017

tempat : Ruang Sidang Gedung A Fakultas Teknik Universitas Jember

**Tim Penguji:**

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Dwi Nurtanto, S.T., M.T.  
NIP 19731015 199802 1 001

Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., M.T.  
NIP 19700613 199802 2 001

Penguji I,

Penguji II,

Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T.  
NIP 19710327 198803 1 003

Nanin Meyfa Utami S.T., M.T.  
NIP 760014641

Mengesahkan  
Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.  
NIP 19661215 199503 2 001

## RINGKASAN

**Penggunaan Limbah Plastik Daur Ulang sebagai Pengganti Agregat Halus pada Beton SCC (*Self Compacting Concrete*);** Moh. Nanang Lutfian Putra, 131910301084; 2016: 67 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

*Self Compacting concrete* (SCC) adalah beton inovatif yang tidak membutuhkan getaran untuk pematatannya. SCC tidak memerlukan proses penggetaran seperti beton konvensional dalam pematatannya karena SCC mempunyai *flowability* yang tinggi, sehingga mampu mengalir, memenuhi bekisting dan mencapai kepadatan tertinggi sendiri. Sejak ditemukannya SCC, penelitian masih terus dikembangkan sampai saat ini, tujuannya mulai dari mendapatkan komposisi material yang lebih baik sampai mendapatkan bahan tambah khusus dalam komposisinya. Material SCC pada dasarnya tidak jauh berbeda dengan beton konvensional yang terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar dan air, hanya saja pada SCC terdapat bahan tambah kimia pembantu (*chemical admixture*) berupa *superplasticizer*.

Perbedaan material yang digunakan pada komposisi SCC seperti *superplasticizer*, semen, agregat halus dan agregat kasar dapat mempengaruhi kualitas SCC yang dihasilkan. Selain perbedaan jenis bahan utama penyusun SCC, penggunaan bahan tambah atau sebagai salah satu substitusi parsial pada salah satu komposisi SCC juga akan mempengaruhi kualitas SCC yang dihasilkan. Oleh karena hal tersebut, dalam Tugas Akhir ini akan dilakukan penelitian penggunaan bahan tambah limbah plastik daur ulang jenis PET dari botol sebagai substitusi parsial agregat halus untuk mengetahui karakteristik SCC dengan bahan pengganti jenis ini.

Garis besar penelitian ini terdiri dari tiga tahapan, yaitu pengujian material pada limbah plastik, agregat halus dan kasar, pembuatan benda uji dan pengujian benda uji. Pengujian material bertujuan untuk mengetahui data-data yang dibutuhkan dalam perencanaan *mix design* yang kemudian dihasilkan proporsi penggunaan bahan. Kemudian untuk pembuatan benda uji didasarkan pada perencanaan variasi penggunaan bahan tambah dan tipe pengujian yang akan dilakukan. Variasi substitusi parsial agregat halus yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%. Masing-masing variasi tersebut akan menggunakan *superplasticizer* sebesar 1% dari berat semen. Untuk pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari dua bagian yaitu pengujian beton segar (fase plastis) dan pengujian beton keras (fase keras/padat). Pengujian beton segar meliputi *slump-flow test*, *L-box test*, dan *V-funnel test*. Pengujian beton keras meliputi pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas dan porositas. Tujuan dari kedua pengujian tersebut adalah untuk mengetahui apakah karakteristik SCC dengan bahan tambah limbah plastik daur ulang jenis PET dari botol masih dapat memenuhi kriteria beton segar dan beton keras SCC pada komposisi yang



umum biasanya dan pada akhirnya mendapatkan material pengganti khusus pada SCC.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diantaranya adalah dari pengujian material menunjukkan bahwa limbah daur ulang jenis PET dapat dijadikan agregat halus ringan untuk beton struktural. Kemudian dari pengujian beton segar (fase plastis) penggunaan PET sebagai pengganti agregat halus pada persentase 2,5% - 10% tidak mempengaruhi nilai *segregation resistance*, namun pada persentase 2,5% dan 5% penggunaan PET sebagai agregat halus menyebabkan penurunan nilai *viscosity*, *passing ability* dan *filling ability*, sedangkan pada persentase 7,5% dan 10% dapat meningkatkan nilai *viscosity*, *passing ability* dan *filling ability* dari SCC. Dari hasil pengujian beton keras (fase padat/keras), penggunaan PET sebagai pengganti agregat halus dapat menurunkan nilai kuat tekan, tarik belah, modulus elastisitas dan porositas beton, dalam hal porositas penurunan yang dimaksud adalah peningkatan nilai persentase porositas. Dengan hasil pengujian beton keras tertinggi pada komposisi SCC normal, sedangkan pada proporsi dengan penggantian agregat halus dengan PET didapatkan hasil tertinggi pada persentase 2,5% dengan hasil kuat tekan 52,21 MPa, tarik belah 4,88 MPa, modulus elastisitas 31,67 GPa dan porositas 5,32%. Hasil terendah terjadi pada persentase 5% dengan hasil kuat tekan 43,13,00 MPa, tarik belah 4,56 MPa, modulus elastisitas 28,55 GPa dan porositas 6,58%.

## SUMMARY

**The Use of Recycled Waste as Substitute of Fine Aggregate in SCC (*Self Compacting Concrete*);** Moh. Nanang Lutfian Putra, 131910301084; 2016: 67 pages; Department of Civil Engineering University of Jember.

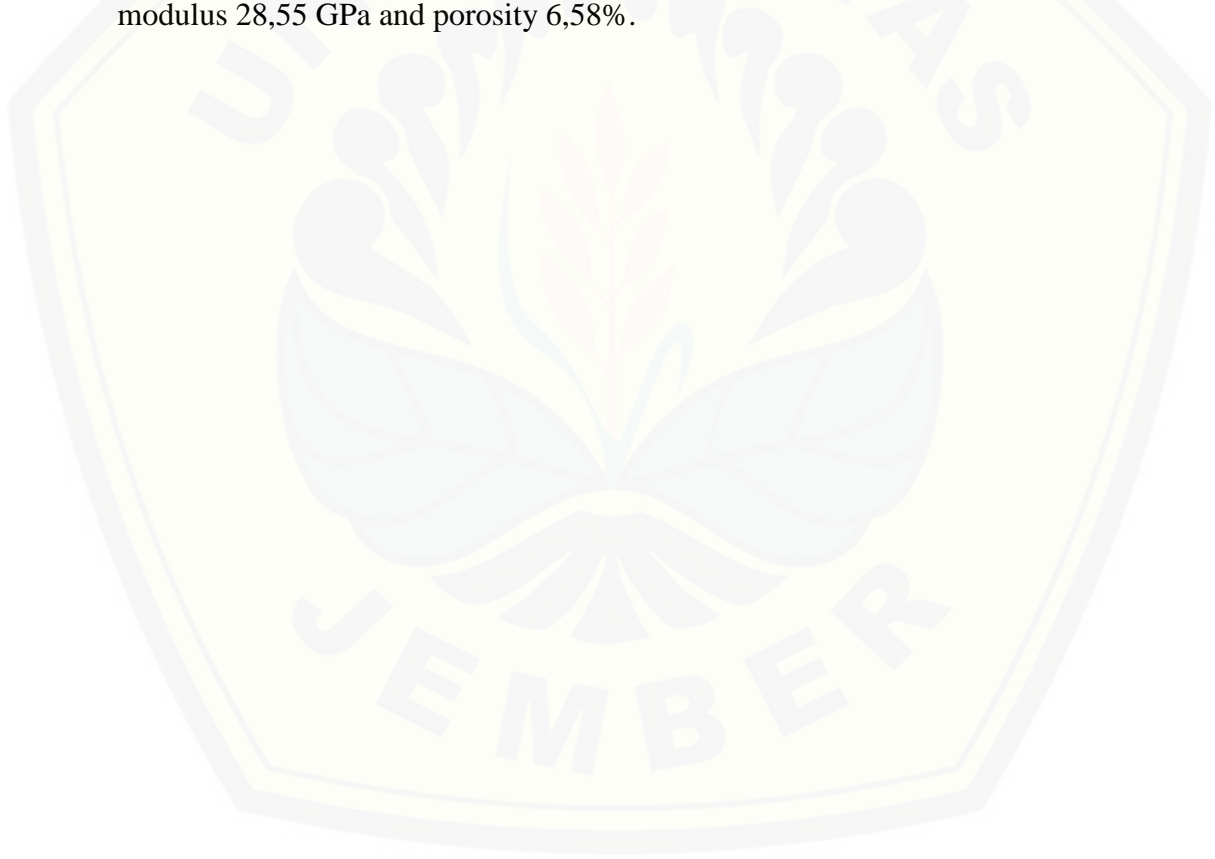
Self Compacting concrete (SCC) is an innovatif concrete that does not require vibration for compaction process. SCC does not require the process of vibration like conventional concrete in compaction because SCC has a high flowability, so it can flow, fulfill the formwork and achieve the highest density itself. Since the discovery of SCC, research is still being developed, the objectives is for getting a better material composition until getting special added ingredients in the composition. SCC material basically is not much different from conventional concrete consisting of cement, fine aggregate, coarse aggregate and water, only in SCC there is additive chemical (chemical admixture) such as superplasticizer.

The difference materials used in the composition of SCC such as superplasticizer, cement, fine aggregate and coarse aggregates can affect the quality of SCC produced. Beside the different types of SCC's main constituent materials, the use of added materials or partial substitutions on one SCC composition will also affect the quality of the resulting SCC. Therefore, in this final project will be conducted research on the use of waste recycled plastic PET from bottles waste as a substitute of fine aggregate partial to know the characteristics of SCC with this type of substitute.

The outline of this research consists of three stages, which is the testing of materials on plastic waste, fine and coarse aggregates, the manufacture of test objects and test specimens. Purpose of material testing is to find out the data needed in the mix design to define the proportion of the use of materials. Then the production of specimens is based on the planning of variation materials added and the type of test to be performed. The variation of partial substitution of fine aggregate conducted in this research is 0%, 2,5%, 5%, 7,5% and 10%. Each variation will be used superplasticizer of 1% of the weight of cement. For testing conducted in this study consists of two parts: fresh concrete testing (plastic phase) and hard concrete testing (hard / solid phase). Fresh concrete testing includes slump-flow test, L-box test, and V-funnel test. Hard concrete testing includes compressive strength testing, tensile strength, modulus elasticity and porosity. The purpose of both tests is to determine whether SCC characteristics with waste recycled plastic PET materials from bottles waste can still fulfill the criteria of fresh concrete and hard concrete SCC in the usual compositions and ultimately get a special replacement maerial on SCC.

The results obtained from this research is the material testing showed that PET recycled waste can be made lightweight aggregate for structural concrete. Then

from fresh concrete (plastic phase) testing the use of PET as a substitute for fine aggregate at 2,5% - 10% does not affect the value of segregation resistance, however on percentage 2,5% and 5%, use of PET as a fine aggregate causes a decrease in the value of viscosity, passing ability and filling ability, while on percentage 7,5% and 10% can increase the viscosity, passing ability and filling ability of SCC. From hard concrete (hard / solid phase) testing result, the use of PET as a substitute for fine aggregate can decrease the value of compressive strength, tensile strength, modulus elasticity and porosity of concrete, in the case of decreased porosity is an increase in porosity percentage value. With the highest hard concrete test results in normal SCC composition, whereas in proportion with fine aggregate replacement with PET obtained the highest result at 2.5% percentage with result of compressive strength 52,21 MPa, tensile 4,88 MPa, modulus elasticity 31,67 GPa and porosity 5.32%. The lowest result occurred at the percentage of 5% with the result of compressive strength 43,13,00 MPa, pull of 4,56 MPa, elastic modulus 28,55 GPa and porosity 6,58%.



## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penggunaan Limbah Plastik Daur Ulang sebagai Pengganti Agregat Halus pada Beton SCC (*Self Compacting Concrete*)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dwi Nurtanto, S.T., M.T. dan Ibu Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Bapak Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T. dan Ibu Nanin Meyfa Utami S.T., M.T. selaku dosen penguji;
3. Ibu Sri Sukmawati S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah mengajarkan ilmunya selama masa perkuliahan;
5. Bapak Mohammad Akir selaku Teknisi Laboratorium Struktur yang telah memberikan pegarahan selama proses penelitian;
6. Teman-teman penelitian skripsi struktur beton, Ahda Widya Trinanda, Roby Siswanto Pratama, Dany Rahmatullah, M. Fahad Kustantyo, Busthomi Irsyadur Ridlo, Muhammad Lukman Abadi, Tedy Pranadiarso dan Ahmad yang telah membantu pekerjaan-pekerjaan pada proses penelitian;
7. Sahabat seperjuangan, Eko Priyo Purnomo, Vicky Pratama, Rendi Hidayah F.T., Desvin Maulana Amri, Shafira Shastri, Anisa Fitria, Hidayaturrohmah, Wahyu Sri Wulandari, Umami Anjasari, Khusniatul Aini, Sovi Zakiyatul Fuadah, Ririn Dwi Aprining Tiyas, Kartika Candra Devi, Hermawan, Fatkhur, Herni Efianti,

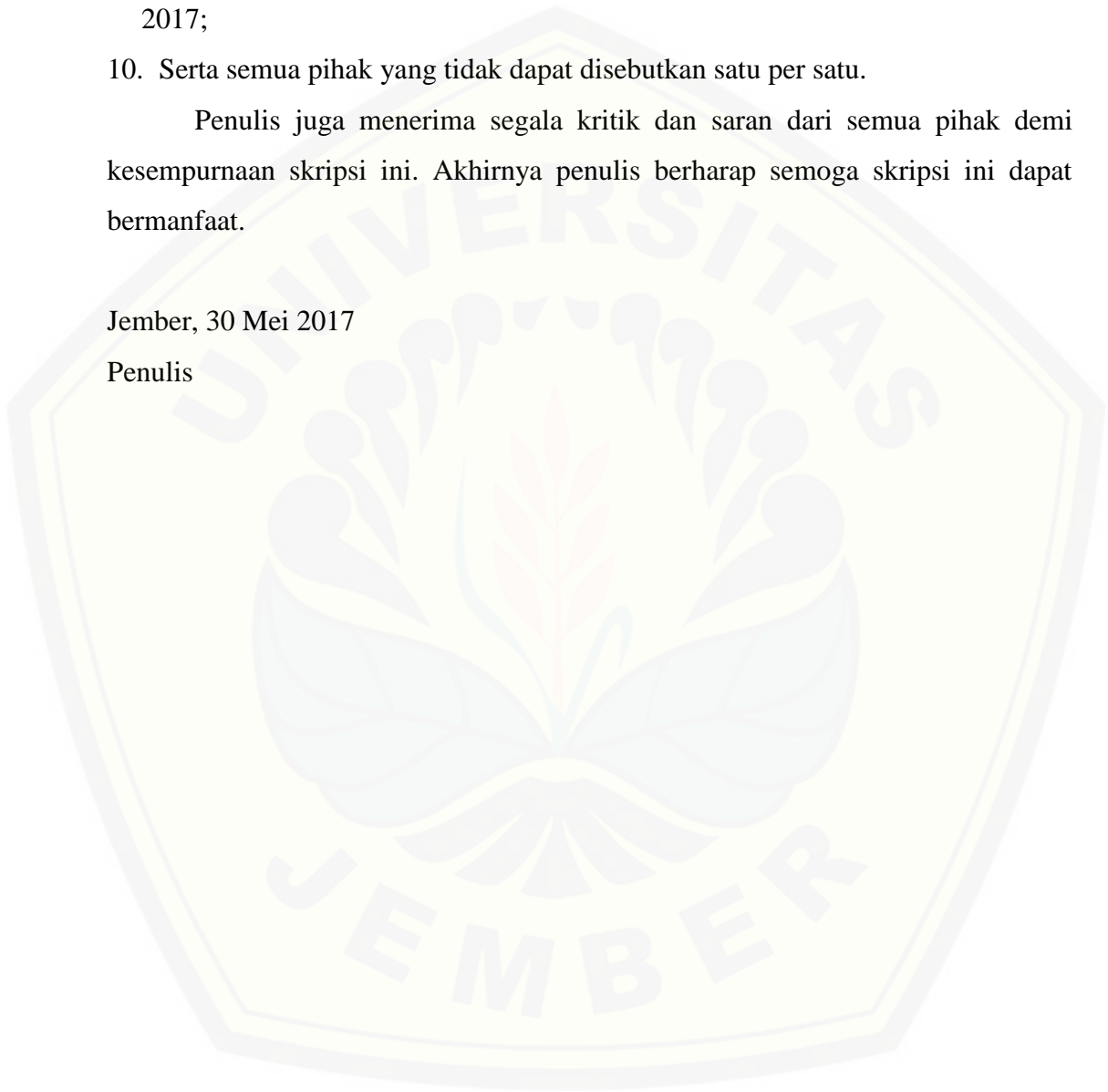
Yeny Febriana R.A., dan Nouron Nazilah yang selalu memberikan dukungan dan semangat;

8. Teman-teman Teknik Sipil 2013;
9. Teman-teman Paguyuban Mahasiswa Bidikmisi (PAMADIKSI) periode 2014 – 2017;
10. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 30 Mei 2017

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL .....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iii
HALAMAN MOTTO .....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
HALAMAN PEMBIMBING .....	vi
HALAMAN PENGESAHAN .....	vii
RINGKASAN/SUMMARY .....	viii
PRAKATA .....	xii
DAFTAR ISI .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR GAMBAR .....	xix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Tujuan</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4 Manfaat</b> .....	<b>2</b>
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	<b>2</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Pendahuluan</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2 Definisi <i>Self Compacting Concrete</i></b> .....	<b>5</b>
<b>2.3 Penelitian Terdahulu</b> .....	<b>7</b>
<b>2.4 Sifat Beton Segar <i>Self Compacting Concrete</i></b> .....	<b>8</b>
2.4.1 <i>Rheology</i> .....	8
2.4.2 <i>Workability</i> .....	9
<b>2.5 Sifat Beton Keras <i>Self Compacting Concrete</i></b> .....	<b>10</b>

2.5.1 Kuat Tekan .....	10
2.5.2 Kuat Tarik .....	10
2.5.3 Modulus Elastisitas .....	11
2.5.4 Porositas .....	12
<b>2.6 Material .....</b>	<b>12</b>
2.6.1 Agregat Halus .....	12
2.6.2 Agregat Kasar .....	13
2.6.3 <i>Polyethylene Terephthalate (PET)</i> .....	13
2.6.4 Semen .....	14
2.6.5 <i>Superplasticizer</i> .....	15
2.6.6 Air .....	16
<b>2.7 Metode Pengujian <i>Self Compacting Concrete</i> .....</b>	<b>16</b>
2.7.1 <i>Slump-flow Test</i> (EFNARC 2005) .....	17
2.7.2 <i>L-box Test</i> (EFNARC 2005) .....	18
2.7.3 <i>V-funnel Test</i> (EFNARC 2005) .....	20
2.7.4 Pengujian Kuat Tekan (SNI 1974:2011) .....	22
2.7.5 Pengujian Kuat Tarik Belah (SNI 03-2491-2002) .....	23
2.7.6 Pengujian Modulus Elastisitas (A.M. Neville, 1995) .....	23
2.7.7 Pengujian Porositas (ASTM C 642-90) .....	23
<b>2.8 Kontrol Kualitas Pekerjaan .....</b>	<b>24</b>
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1 Pendahuluan .....</b>	<b>26</b>
<b>3.2 Waktu dan Tempat .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3 Instrumen Pelaksanaan .....</b>	<b>26</b>
4.3.1 Peralatan .....	26
4.3.2 Bahan .....	27
<b>3.4 Tahapan Pelaksanaan .....</b>	<b>28</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 Data Uji Maeterial .....</b>	<b>34</b>
4.1.1 Hasil Uji Agregat Halus .....	34
4.1.2 Hasil Uji Agregat Kasar .....	41

<b>4.2 Perencanaan <i>Mix Design</i></b> .....	45
<b>4.3 Pengujian Beton Segar</b> .....	47
4.3.1 <i>V-funnel Test</i> .....	48
4.3.2 <i>L-box Test</i> .....	48
4.3.3 <i>Slump-flow Test</i> .....	50
<b>4.4 Pengujian Beton Keras</b> .....	53
4.4.1 Pengujian Kuat Tekan .....	54
4.4.2 Pengujian Tarik Belah .....	58
4.4.3 Pengujian Modulus Elastisitas .....	59
4.4.4 Pengujian Porositas .....	60
<b>4.5 Korelasi Kuat Tekan Beton dengan Tarik Belah, Modulus Elastisitas dan Porositas Beton</b> .....	61
4.5.1 Korelasi Hubungan Kuat Tekan dan Tarik Belah .....	62
4.5.2 Korelasi Hubungan Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas .....	62
4.5.3 Korelasi Hubungan Kuat Tekan dan Porositas .....	63
<b>4.6 Analisa Pengaruh Proporsi PET pada Kuat Tekan Beton ..</b>	63
<b>4.7 Kontrol Kualitas Pekerjaan</b> .....	64
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	66
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	66
<b>5.2 Saran</b> .....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	68
<b>LAMPIRAN</b> .....	70



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Sifat struktural <i>Self Compacting Concrete</i> .....	10
2.2 Metode pengujian <i>Self Compacting Concrete</i> .....	16
2.3 Syarat hasil pengujian <i>slump-flow</i> .....	17
2.4 <i>Visual Stability Index Rating</i> .....	17
2.5 Syarat hasil pengujian <i>L-box</i> .....	20
2.6 Syarat hasil pengujian <i>V-funnel</i> .....	21
2.7 Nilai koreksi <i>standart deviasi</i> .....	25
3.1 <i>Time schedule</i> penelitian .....	26
3.2 Rancangan penelitian .....	28
3.3 Metode dan target pengujian .....	29
3.4 Kebutuhan benda uji berdasarkan perencanaan dan kebutuhan pengujian	30
4.1 Hasil uji berat volume pasir .....	34
4.2 Hail uji berat jenis pasir .....	34
4.3 Hasil uji kelembaban pasir .....	35
4.4 Hasil uji resapan pasir .....	35
4.5 Hasil uji kadar lumpur pasir .....	35
4.6 Batas - batas gradasi agregat halus .....	35
4.7 Hasil analisa saringan pasir .....	36
4.8 Hasil uji berat volume PET .....	37
4.9 Hasil uji berat jenis PET .....	37
4.10 Hasil uji kadar lumpur PET .....	37
4.11 Hasil analisa saringan PET .....	38
4.12 Hasil uji agregat halus .....	39
4.13 Perhitungan agregat gabungan 97,5% pasir, 2,5% PET .....	39
4.14 Perhitungan agregat gabungan 95% pasir, 5% PET .....	40
4.15 Perhitungan agregat gabungan 92,5% pasir, 7,5% PET .....	40
4.16 Perhitungan agregat gabungan 90% pasir, 10% PET .....	40

4.17 Hasil uji berat volume kerikil .....	41
4.18 Hasil uji berat jenis kerikil .....	42
4.19 Hasil uji kelembaban kerikil .....	42
4.20 Hasil uji resapan kerikil .....	42
4.21 Hasil uji kadar lumpur kerikil .....	43
4.22 Batas - batas gradasi agregat kasar .....	43
4.23 Hasil analisa saringan kerikil .....	43
4.24 Hasil uji agregat kasar .....	44
4.25 Formulir perencanaan <i>mix design</i> .....	45
4.26 Proporsi campuran bahan per m <sup>3</sup> .....	45
4.27 Proporsi campuran bahan per benda uji (silinder) .....	46
4.28 Proporsi campuran bahan per benda uji terkoreksi .....	46
4.29 Hasil pengujian <i>V-funnel</i> , <i>L-box</i> dan <i>Slump-flow</i> .....	47
4.30 Hasil pengujian rata - rata <i>slump-flow</i> dan pengamatan nilai VSI skor	52
4.31 Hasil pengujian beton keras .....	53
4.32 Hasil pengujian kuat tekan beton .....	55
4.33 Hasil pengujian kuat tarik belah beton .....	58
4.34 Hasil pengujian modulus elastisitas beton .....	59
4.35 Hasil pengujian porositas beton .....	60
4.36 Interval koefisien korelasi .....	62
4.37 Hasil uji Anova (dengan signifikansi 5%) .....	63
4.38 Hasil uji lanjut Duncan .....	64
4.39 Kontrol kualitas pekerjaan beton .....	65

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1 Konsep awal penemuan SCC .....	4
2.2 Perbandingan proporsi SCC dan beton konvensional .....	6
2.3 Model <i>viscoplastic</i> Bingham dan Newton .....	8
2.4 Konsep dasar produksi SCC .....	9
2.5 Kurva tegangan dan regangan .....	11
2.6 Limbah plastik daur ulang PET dari botol .....	14
2.7 <i>Slump-flow</i> test .....	18
2.8 a. Tampak perspektif <i>L-box</i> .....	19
2.8 b. Tampak samping <i>L-box</i> .....	19
2.8 c. Tampak atas <i>L-box</i> .....	19
2.9 Desain <i>V-funnel</i> .....	21
2.10 Sketsa benda uji silinder Ø 15 cm x 30 cm .....	22
2.11 Sketsa benda uji silinder Ø 10 cm x 20 cm .....	22
2.12 Sketsa uji tarik belah .....	23
3.1 Perencanaan urutan pencampuran bahan .....	29
3.2 <i>Flowchart</i> penelitian .....	32
4.1 Grafik zona 2 agregat halus .....	36
4.2 Grafik zona 1 agregat halus .....	38
4.3 Grafik zona 2 agregat gabungan pasir dan PET .....	41
4.4 Grafik zona 1 kerikil .....	44
4.5 Grafik hasil <i>V-funnel test</i> .....	48
4.6 Grafik hasil <i>L-box test</i> (PA) .....	49
4.7 Grafik hasil <i>L-box test</i> (T <sub>40</sub> ) .....	50
4.8 Grafik hasil <i>Slump-flow test</i> (T <sub>500</sub> ) .....	51
4.9 Contoh beton segar dalam pengamatan skor VSI .....	53
4.10 Grafik hasil uji kuat tekan .....	56
4.11 Grafik hasil uji kuat tarik belah .....	59

4.12	Grafik hasil uji modulus elastisitas .....	60
4.13	Grafik hasil uji porositas .....	61
4.14	Grafik hubungan kuat tekan dan tarik belah .....	62
4.15	Grafik hubungan kuat tekan dan modulus elastisitas .....	62
4.16	Grafik hubungan kuat tekan dan porositas .....	63



**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. Dokumentasi Pengujian Material .....	70
B. <i>Mix Design</i> .....	71
C. Dokumentasi Pelaksanaan Pengecoran dan Pengujian Beton Segar .....	84
D. Dokumentasi Pengujian Beton Keras .....	86
E. Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Tarik Belah .....	87
F. Hasil Uji Anova dan Duncan .....	97
G. Tabel Anova .....	102

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan plastik pada zaman sekarang telah menjadi komponen penting dalam kehidupan. Sifat bahan plastik seperti ringan, kuat, tahan terhadap korosi, transparan dan mudah diwarnai merupakan kelebihan plastik. Sifat bahan plastik itulah yang membuatnya sulit tergantikan bahan lain untuk berbagai aplikasi dalam kehidupan sehari-hari. *Polyethylene Terephthalate* (PET) merupakan jenis plastik yang sering dijumpai, hal ini karena PET banyak diproduksi dalam bidang industri seperti kemasan botol minuman dan makanan. Berdasarkan hal tersebut maka jumlah sampah plastik jenis PET banyak terdapat disekitar lingkungan hidup sehari-hari sehingga mudah untuk dijumpai. Hal tersebut juga terbukti dalam data Jambeck (2015) yang menyebutkan bahwa Indonesia berada di peringkat kedua dunia setelah China sebagai penghasil sampah plastik ke laut yang mencapai 187,2 juta ton.

Meningkatnya penggunaan bahan plastik tentu saja mengakibatkan peningkatan produksi sampah plastik dari tahun ke tahun. Upaya untuk pengurangan sampah pada umumnya melalui langkah 3R yaitu *Reduce* (mengurangi), *Reuse* (menggunakan kembali), dan *Recycle* (daur ulang). Selain upaya tersebut juga diperlukan usaha-usaha nyata yang dilaksanakan pada berbagai segi kehidupan dan keilmuan untuk mewujudkan pengurangan sampah plastik.

Di dalam bidang ilmu teknik sipil yaitu ilmu rekayasa beton berusaha memanfaatkan limbah plastik. Hal ini dilakukan sebagai usaha yang bertujuan mengurangi limbah plastik dan juga mendapatkan material beton yang khusus. Usaha tersebut dilakukan dengan menggunakan limbah plastik sebagai campuran agregat pada beton. Saikia et al, (2012) meninjau ulang penggunaan limbah plastik PET untuk beton yang menghasilkan kesimpulan bahwa limbah plastik jenis PET dapat digunakan untuk menggantikan sebagian agregat alami. Penelitian lain (Ghernouti et al, 2009) menyimpulkan bahwa limbah tas plastik dapat menjadi pengganti agregat konvensional dengan baik, dan menghasilkan kuat tekan SCC

(*Self Compacting Concrete*) yang masih diterima. Kesimpulan yang sama juga disebutkan (Safi et al, 2013) dalam penelitiannya yang menghasilkan SCC untuk mortar atau juga beton.

Berdasarkan hal-hal tersebut penelitian tentang pemanfaatan limbah plastik daur ulang masih dapat dikembangkan lebih jauh lagi, dimana pada penelitian ini akan memanfaatkan limbah plastik daur ulang jenis PET dari botol plastik bekas, yang yang sudah di daur ulang menjadi percahan-percahan plastik, kemudian PET akan dijadikan bahan pengganti agregat halus dalam pembuatan SCC (*Self Compacting Concrete*).

### **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh persentase penggunaan limbah plastik daur ulang jenis PET terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas SCC?
2. Bagaimana karakteristik SCC dengan menggunakan limbah plastik daur ulang jenis PET?

### **1.3 Tujuan**

1. Mengetahui pengaruh penggunaan limbah plastik daur ulang sebagai bahan pengganti agregat halus terhadap nilai kuat tekan, kuat tarik lentur, kuat tarik belah, modulus elastisitas dan porositas SCC.
2. Mengetahui karakteristik SCC yang menggunakan limbah plastik jenis PET.

### **1.4 Manfaat**

Penelitian ini dapat mengetahui potensi limbah plastik daur ulang jenis PET dari botol plastik bekas sebagai bahan material khusus SCC, serta dapat menjadi usaha nyata untuk mengurangi sampah plastik.

### **1.5 Batasan Masalah**

Adapun batasan ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Spesifikasi Bahan
  - a. Semen yang digunakan adalah tipe PPC
  - b. Agregat halus yang digunakan adalah pasir Lumajang

- c. Agregat kasar yang digunakan adalah jenis batu pecah (split) ukuran maksimum 10 mm asal Jember
  - d. Air yang digunakan adalah air dari laboratorium.
  - e. *Chemical admixture* yang digunakan adalah jenis *Superplasticizer (high range water reducer admixture)*
2. Spesifikasi Campuran
- a. Persentase PET yang digunakan adalah 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%
  - b. Kadar *superplasticizer* yang digunakan adalah 1% dari berat semen
  - c. Faktor air semen yang digunakan adalah 0,3
  - d. Kuat tekan yang direncanakan adalah 60 MPa.
3. Metode Pengujian
- a. *Slump Flow Test* T<sub>500</sub>
  - b. *L-Box Test*
  - c. *V-funnel Test*
  - d. Kuat tekan
  - e. Kuat tarik belah
  - f. Modulus elastisitas
  - g. Porositas.

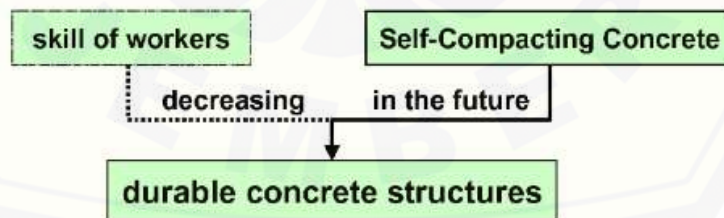


## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pendahuluan

Suatu permasalahan mengenai durabilitas beton pertama kalinya diketahui pada tahun 1983 di Jepang. Untuk mendapatkan beton yang tahan lama diperlukan kontrol kualitas yang baik dengan pengecoran yang dikerjakan oleh tenaga ahli (Nugraha & Antoni, 2007). Problema beton adalah pematatannya, dimana diperlukan pemadatan yang baik untuk menghasilkan beton yang padat. Saat pemadatan beton kurang baik maka akan membuat adanya rongga-rongga udara terjebak didalam beton. Rongga-rongga udara ini berpengaruh terhadap nilai kekuatan dan daya tahan beton. Oleh karena itu pemadatan beton merupakan hal yang penting sehingga memerlukan perhatian lebih saat proses pengecoran beton.

Dalam proses pemadatan beton dibutuhkan tenaga ahli dan terampil dalam proses pematatannya, namun tenaga tersebut semakin berkurang. Hal itu merupakan salah satu penyebab menurunnya kualitas beton dari industri konstruksi beton di Jepang. Beton kinerja tinggi pada tahun 1988 diajukan dengan spesifikasi: (1) sifat beton segar: dapat memadat sendiri (2) umur awal: tidak ada cacat awal dan (3) setelah mengeras: dapat melawan kerusakan yang ditimbulkan faktor eksternal. Beton ini dinamakan *Self Compacting Concrete* (SCC) (Nugraha P & Antoni, 2007).



Gambar 2.1 Konsep awal penemuan SCC

Sumber: Okumura & Ouchi, 2003

Perkembangan SCC dimulai sejak tahun 1990 an, dimana penggunaan SCC menyebar dari Jepang ke negara lain. Negara Eropa yang pertama melakukan pengembangan dan pengaplikasian SCC adalah Swedia. Tahun 1996 di London penelitian pertama tentang SCC dipublikasikan di Eropa dalam konferensi

internasional RILEM (*Internastional Union of Testing and Research Laboratories of Materials and Structures*). Tahun 1997 RILEM membentuk komite khusus yang bertugas mengumpulkan, menganalisis dan menyajikan penelitian SCC serta mencari padanan teori pengujian dan evaluasi yang sesuai. Komite itu disebut *Technical Committee* (TC 174-SCC). Komite ini pada tahun 2000 mempublikasikan kumpulan hasil penelitiannya dalam laporan RILEM TC 174-SCC: *Self Compacting Concrete*.

Perkembangan SCC terus berlanjut dimana pada tahun 2002, sebuah pedoman tentang SCC yang berjudul *Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete* diterbitkan oleh *European Federation of Producers and Contractors of Specialist Products for Structures* (EFNARC). Tujuannya adalah sebagai kerangka kerja untuk dan desain penggunaan SCC yang berkualitas di Eropa. Selanjutnya pada tahun 2005 EFNARC kembali mempublikasikan pedoman SCC yang berjudul *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete: Specification, Production and Use* yang merupakan pembaruan dari pedoman sebelumnya. Pedoman-pedoman tersebut disusun berdasarkan penelitian terbaru dan dikombinasikan dengan temuan-temuan dilapangan.

Tidak hanya di Eropa, SCC juga diteliti di Amerika. *American Concrete Institute* (ACI), *American Society for Testing and Materials* (ASTM) dan *Precast/Prestressed Concrete* (PCI) adalah organisasi yang bergerak dalam bidang penelitian beton. Organisasi-organisasi tersebut membentuk komite khusus untuk melakukan penelitian yang bertujuan menghasilkan pedoman, standar, dan peraturan untuk produksi SCC.

## **2.2 Definisi Self Compacting Concrete**

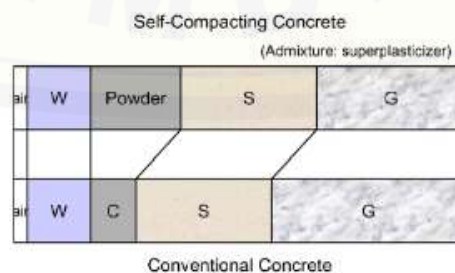
*Self Compacting concrete* (SCC) adalah beton inovatif yang tidak membutuhkan getaran untuk pematatannya. SCC tidak memerlukan proses penggetaran seperti beton normal dalam pematatannya karena SCC mempunyai *flow ability* yang tinggi, sehingga mampu mengalir, memenuhi bekisting dan mencapai kepadatan tertinggi sendiri (EFNARC, 2005). Karena pematatan tidak

dilakukan, maka segregasi internal antara butiran padat dapat dihindari sehingga pori-pori yang terbentuk berkurang (RILEM TC174-SCC, 2000).

Menurut Sugiharto dan Kusuma (2001) selain tidak memerlukan getaran pada proses pematatannya, SCC memiliki keunggulan sebagai berikut:

1. Segi durabilitas
  - a. Meningkatkan homogenitas beton
  - b. Dapat membungkus tulangan dengan baik
  - c. Porositas dari matrik beton yang rendah
  - d. *No carbonation, no chloride ingress.*
2. Segi produktivitas
  - a. Pengecoran yang cepat
  - b. Pemompaan yang lebih mudah
  - c. Pekerjaan pematatan tidak perlu dilakukan lagi.
3. Tenaga kerja
  - a. *Human error* akibat pematatan kurang sempurna dapat dihilangkan
  - b. Angka kecelakaan tenaga kerja dapat diperkecil
  - c. Tidak ada polusi suara akibat vibrator
  - d. Tidak terjadi *hand arm vibration syndrom* (HAVS)
  - e. Tidak terjadi *white fingers* akibat gangguan peredaran darah.

Komposisi SCC dapat dikatakan sama dengan beton konvensional yaitu terdiri dari semen, agregat dan air, hanya saja pada SCC perlu ditambahkan *superplasticizer* dengan kadar tertentu untuk mendapatkan *workability* yang baik dan diiringi dengan penurunan nilai faktor air semen.



Gambar 2.2 Perbandingan proporsi SCC dan beton konvensional  
Sumber: Okumura & Ouchi, 2003

Berdasarkan gambar 2.2 dapat dilihat perbandingan proporsi antara SCC dan beton konvensional, dimana agregat kasar (kerikil) pada SCC lebih sedikit dibandingkan beton konvensional. Selain itu pada SCC penggunaan *powder* (semen+material halus) lebih banyak dibandingkan beton konvensional. Pengurangan jumlah agregat kasar dan meningkatkan penggunaan *powder* pada SCC bertujuan untuk mendapatkan nilai *workability* yang tinggi, namun tidak terjadi segregasi ataupun *bleeding*.

### 2.3 Penelitian Terdahulu

Berikut beberapa penelitian terdahulu tentang penggunaan material jenis limbah plastik sebagai material beton.

1. *Use of Recycled Plastic Bag Waste in The Concrete* (2009) oleh Ghernouti, Rabehi, Safi dan Chald. Berdasarkan penelitian ini dapat diketahui bahwa limbah tas plastik dapat menjadi pengganti agregat konvensional dengan baik dan menghasilkan kuat tekan SCC (*Self Compacting Concrete*) yang masih diterima.
2. *Influence of Curing Condition on The Mechanical Performance of Concrete Containing Recycled Plastic Agregate* (2012) oleh Saikia, Brito dan Ferreira. Berdasarkan penelitian ini dapat diketahui bahwa limbah plastik jenis PET dapat digunakan untuk menggantikan sebagian agregat alami.
3. *The Use of Plastic Waste as Fine Aggregate in The Self - compacting Mortars: Effect on Physical and Mechanical Properties* (2013) oleh Safi, Saidi, Aboutaleb dan Maallem. Berdasarkan penelitian ini dapat diketahui bahwa limbah plastik dapat digunakan dengan baik sebagai agregat halus pada mortar atau juga beton.
4. *The effect of Using Polyethylene Terephthalate Particle on Physical and Strength-related Properties of Concrete; a Laboratory Evaluation* (2016) oleh Taheri, Nikoudel dan Azhdarpour. Berdasarkan penelitian ini dapat diketahui bahwa pencampuran agregat beton dengan PET dapat merubah sifat teknis beton, dan dengan penggunaan PET juga dapat diproduksi beton dengan material peredam suara yang mengurangi transmisi gelombang akustik.

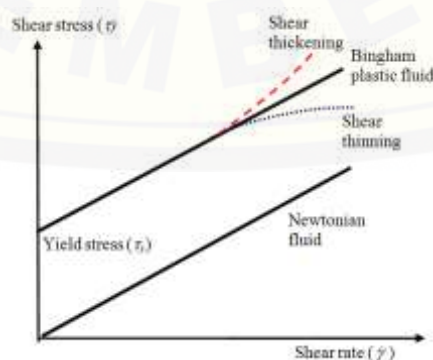
5. Pengaruh Campuran *Polyethylene Terephthalate* Terhadap Kuat Tekan Beton Mampat Sendiri (2016) oleh Gati Annisa Hayu. Berdasarkan penelitian ini dapat diketahui bahwa PET dalam komposisi batas tertentu dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan kuat tekan beton dan memertahankan porositas beton agar tetap baik.

## 2.4 Sifat Beton Segar *Self Compacting Concrete*

### 2.4.1 *Rheology*

*Rheology* adalah sains yang menangani aliran atau perubahan bentuk benda (Nugraha P & Antoni, 2007). *Rheology* biasanya ditentukan dengan melihat dua parameter yaitu *yield stress* dan viskositas. Beton segar pada SCC dapat digambarkan sebagai suspensi butiran partikel dari bahan pembentuk beton itu sendiri. Konteks suspensi, pasta (air, semen dan partikel halus) merupakan media yang menyebarkan butiran partikel pembentuk beton. Hal itu dikarenakan pasta sangat berpengaruh terhadap gerakan aliran beton melalui beratnya sendiri.

Teori *rheology* yang sesuai dengan perilaku aliran SCC adalah model Bingham (RILEM TC 174 SCC, 2000). Sifat *rheology* SCC yang dibutuhkan adalah nilai tegangan leleh (*yield stress*) yang rendah, sedangkan nilai viskositas plastis (*plastic viscosity*) tinggi. Hal tersebut dianggap sebagai salah satu pendekatan terhadap hukum Newton mengenai aliran. SCC memerlukan tegangan leleh yang rendah karena untuk meningkatkan kapasitas deformasi, sedangkan viskositas yang tinggi untuk mempertahankan campuran tetap homogen sampai pada awal pengerasan dan tahan terhadap segregasi.



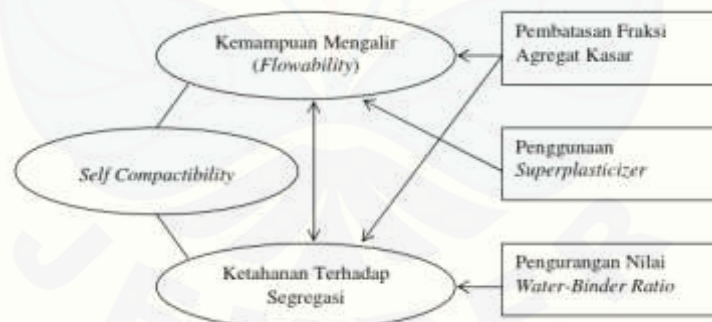
Gambar 2.3 Model viscoplastic Bingham dan Newton  
Sumber: Nguyen & Chai, 2012

### 2.4.2 Workability

*Workability* adalah kemudahan mengerjakan beton, dimana menuang (*placing*) dan memadatkan (*compacting*) tidak menyebabkan munculnya efek negatif berupa pemisahan agregat (*segregation*) dan pendarahan (*bleeding*) (Nugraha P & Antoni, 2007). Kriteria yang harus dipenuhi SCC berdasarkan *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete* (EFNARC, 2002) adalah sebagai berikut:

1. *Filling Ability*, adalah kemampuan beton segar untuk mengalir dan mengisi ruangan cetakan melalui beratnya sendiri.
2. *Passing Ability*, adalah kemampuan beton segar mengalir melalui celah-celah antar besi tulangan atau bagian yang sempit dan padat tanpa terjadi segregasi dan *blocking*.
3. *Segregation Resistance*, adalah kemampuan beton segar untuk tetap dalam keadaan homogen selama waktu transportasi sampai pada saat pengecoran.

Konsep untuk menghasilkan SCC berdasarkan material yang digunakan dan pengaruhnya terhadap *workability* dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.4 Konsep dasar proses produksi SCC  
Sumber: Dehn et al, (2000)

Berdasarkan gambar 2.4 dapat diketahui bahwa dalam produksi SCC komposisi agregat kasar dan agregat halus harus diperhatikan. Karena semakin besar proporsi agregat halus akan meningkatkan daya alir beton segar, tetapi jika agregat halus yang digunakan terlalu banyak maka akan menurunkan nilai kuat tekan yang dihasilkan. Sebaliknya jika terlalu banyak agregat kasar dapat memperbesar resiko segregasi beton.

## 2.5 Sifat Beton Keras *Self Compacting Concrete*

Selain harus memenuhi kriteria beton segar, suatu beton dapat dikatakan SCC apabila memenuhi sifat struktural seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Sifat struktural *Self Compacting Concrete*

Keterangan	Nilai
Faktor Air Semen (%)	25 – 40
Rongga Udara (%)	4,5 – 6,0
Kuat Tekan (28 hari) (Mpa)	40 – 80
Kuat Tekan (91 hari) (Mpa)	55 – 100
Kuat tarik (28 hari) (Mpa)	2,4 – 4,8
Modulus elastisitas (Gpa)	30 – 36
Susut Regangan ( $\times 10^{-6}$ )	600 - 800

Sumber: Ouchi et al, (2003)

### 2.5.1 Kuat Tekan

Menurut SNI 03-1974-1990 kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji tekan. Kuat tekan SCC dengan w/c atau w/p yang sama akan sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tekan beton konvensional. Kuat tekan SCC pada umur 28 hari berkisar antara 40-80 Mpa (Ouchi et al, 2003).

### 2.5.2 Kuat Tarik

#### 1. Kuat Tarik Belah

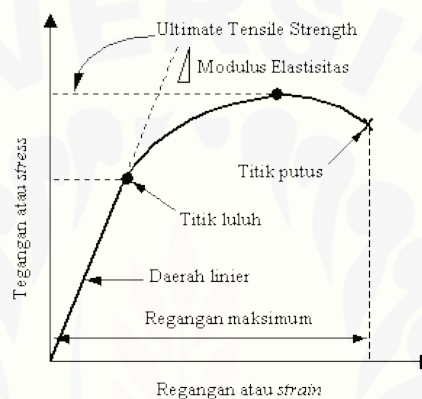
Kuat tarik belah benda uji silinder beton adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan (SK SNI 03-2491-2002).

#### 2. Kuat Tarik Lentur

Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam *Mega Pascal* (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03-4431-1997).

### 2.5.3 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah perbandingan antara nilai tegangan dan regangan. Modulus elastisitas merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk persatuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan (Murdock & Brook, 1999). Berbeda dengan baja, modulus elastisitas beton berubah-ubah menurut kekuatan dan juga bergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran dari benda uji (Wang & Salmon, 1994).



Gambar 2.5 Kurva hubungan tegangan dan regangan

Modulus elastisitas primer terbagi menjadi tiga yang masing-masingnya menjelaskan bentuk deformasi yang berbeda.

#### 1. Modulus Young (E)

*Modulus young* adalah persamaan matematika dari prinsip pauli, yang menjelaskan elastisitas kekakuan atau kecenderungan suatu benda untuk berubah sepanjang suatu sumbu ketika gaya yang berlawanan diberikan sepanjang sumbu tersebut. Hal ini dapat dijelaskan sebagai perbandingan tegangan terhadap tegangan tarik. Karena modulus elastisitas yang lain dapat dijelaskan dari modulus ini, *modulus young* sering disebut sebagai modulus elastisitas.

#### 2. Modulus Geser atau Modulus Kekakuan (G)

Modulus geser adalah bagian dari perubahan viskositas, yang menjelaskan kecenderungan suatu objek untuk bergeser (perubahan bentuk pada volume konstan) ketika bergerak pada gaya yang berlawanan. Hal ini dapat dijelaskan sebagai tegangan geser dan regangan geser.



### 3. *Modulus Bulk* atau Kepadatan (K)

*Modulus bulk* adalah penurunan dari *modulus young* secara tiga dimensi, yang menunjukkan elastisitas volumetrik atau kecenderungan suatu volume objek untuk berubah akibat suatu penekanan. Hal ini dapat dijelaskan sebagai kebalikan dari kemampuan untuk ditekan.

#### 2.5.4 Porositas

Porositas beton adalah perbandingan volume pori-pori (volume yang dapat ditempati oleh fluida) terhadap volume total beton (Sutapa, 2011). Ruang pori pada beton dapat terjadi akibat kesalahan pelaksanaan dan pengecoran seperti faktor air semen yang berpengaruh pada lekatan antara pasta semen dengan agregat, besar kecilnya nilai slump, pemilihan tipe susunan gradasi agregat gabungan, maupun terhadap lamanya pemadatan.

Porositas memiliki nilai penting pada suatu material beton. Hal tersebut karena nilai porositas berhubungan langsung dengan sifat mekanik beton seperti kekedapan, keawetan dan kekuatan beton. Semakin tinggi tingkat kepadatan beton maka semakin besar kuat tekan atau mutu beton, sebaliknya semakin besar porositas beton maka kuat tekan beton akan semakin kecil.

## 2.6 Material

### 2.6.1 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang mempunyai ukuran butir maksimum sebesar 5,00 mm (SNI 03-2847-2002). Persyaratan umum agregat halus yang digunakan sebagai campuran beton adalah sebagai berikut (PBI-1971):

1. Agregat halus dapat berupa pasir alam yang diambil dari sungai atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat batu pecah.
2. Butirannya harus yang tajam dan keras, tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
3. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering).
4. Tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak.

### 2.6.2 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan agregat yang mempunyai ukuran butir antara 5,00 mm sampai 40 mm. Persyaratan umum agregat kasar yang digunakan sebagai campuran beton adalah sebagai berikut (PBI-1971):

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

### 2.6.3 Polyethylene Terephthalate (PET)

*Polyethylene Terephthalate* (PET) adalah suatu resin polimer plastik termoplast dari kelompok poliester (Wikipedia, 2016). PET dapat berwujud padatan amorf (transparan) atau sebagai bahan semi kristal yang putih dan tidak transparan, tergantung pada riwayat termalnya. PET banyak diproduksi dalam industri kimia dan digunakan dalam serat sintesis, botol minuman dan wadah makanan. Permintaan PET di dunia Sekitar 60% diproduksi untuk digunakan dalam serat sintesis dan 30% untuk botol (Wikipedia, 2016).

PET mempunyai kombinasi sifat-sifat kekuatan (*strength*) yang tinggi, kaku (*stiffness*), dimensinya stabil, tahan bahan kimia dan panas, serta mempunyai sifat elektrik yang tinggi. Selain itu PET juga memiliki sifat daya serap uap dan air yang rendah (Mujiarto, 2005).

Sifat-sifat fisik *Polyethylene Terephthalate* (PET) menurut Derucher, K.N. dan Heins, C.P. (1981) sebagai berikut:

- a. *Specific gravity* : 0,92
- b. Konduktivitas thermal :  $8 \times 10^{-4}$  cal / (sec) (cm<sup>3</sup>) (°C)
- c. Ekspansi thermal :  $(16-18) \times 10^{-5}$  in / in °C

- d. *Water absorbtion* : < 0,01
- e. Terdiri atas beberapa warna
- f. Umum digunakan sebagai bahan dasar pembuatan botol, kabel listrik.

Sifat-sifat mekanik *Polyethylene Terephthalate* (PET) menurut Derucher, K.N. dan Heins, C.P. (1981) sebagai berikut:

- a. Kuat tarik (*tensile strength*) : (1,5 – 1,8) x 10<sup>3</sup> psi
- b. Kuat tekan (*compressive strength*) : -
- c. Modulus elastisitas (*modulus of elasticity*) : 0,19 x 10<sup>5</sup> psi
- d. Kuat tumbuk (*impacts strength*) : < 16 ft-lb/in.s

*Polyethylene Terephthalate* (PET) yang digunakan dalam penelitian ini adalah dari limbah plastik daur ulang dari botol plastik yang didapatkan dari tempat pengolahan limbah plastik di Kota Malang Jawa Timur.



Gambar 2.6 Limbah plastik daur ulang PET dari botol bekas

#### 2.6.4 Semen

Semen *portland* merupakan semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 2049:2015). Berdasarkan SNI 2049:2015 semen portland terbagi menjadi 5 jenis:

Jenis I: Semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.

- Jenis II: Semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- Jenis III: Semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
- Jenis IV: Semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi yang rendah.
- Jenis V: Semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Dalam penelitian ini semen yang digunakan adalah jenis PPC (*Portland Pozolan Cement*) yaitu suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen *portland* dengan pozolan halus, yang di produksi dengan menggiling klinker semen *portland* dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen *portland* dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozolan 6 % sampai dengan 40 % massa semen *portland* pozolan (SNI 15-0302-2004).

#### 2.6.5 Superplasticizer

*Superplasticizer (high range water reducer admixture)* adalah bahan kimia pembantu (*chemical admixture*) pada beton yang berfungsi mengurangi penggunaan air sampai dengan 12% atau lebih (ASTM C494). Prinsip mekanisme kerja dari setiap superplasticizer sama, yaitu dengan menghasilkan gaya tolak-menolak (*dipresion*) yang cukup antarpartikel semen agar tidak terjadi penggumpalan partikel semen (*flocculate*) yang dapat menyebabkan terjadinya rongga udara didalam beton, yang akhirnya akan mengurangi kekuatan atau mutu beton tersebut (Nugraha P & Antoni, 2007).

Selain memiliki keuntungan dalam penggunaannya, *superplasticizer* juga memiliki kelemahan yang cukup mengkhawatirkan. *Flowability* yang tinggi pada campuran beton yang mengandung *superplasticizer* umumnya dapat bertahan sekitar 30-60 menit dan setelah itu berkurang cepat. Hal itu sering disebut dengan *slump loss* (Nugraha P & Antoni, 2007).

### 2.6.6 Air

Semen tidak bisa menjadi pasta tanpa air. Air harus selalu ada di dalam beton cair, tidak saja untuk hidrasi semen, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi suatu pasta sehingga betonnya lecah (*workable*) (Nugraha P & Antoni, 2007).

Menurut SK SNI S-04-1989-F persyaratan air sebagai bahan bangunan sesuai dengan penggunaannya harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Air harus bersih.
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
3. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
4. Tidak mengandung garam-garam yang terlarut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter. Kandungan klorida (Cl) tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 ppm sebagai SO<sub>3</sub>.
5. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air suling, maka penurunan kekuatan adukan beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10%.
6. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisis secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya,
7. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat diatas air boleh mengandung klorida lebih dari 50 ppm.

### 2.7 Metode Pengujian *Self Compacting Concrete*

Kemampuan mengisi dan stabilitas dari pemadatan beton dalam keadaan segar dapat di definisikan oleh empat karakteristik kunci. Setiap karakteristik dapat diketahui dengan suatu metode pengujian seperti pada tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2 Metode pengujian *Self Compacting Concrete*

<i>Characteristic</i>	<i>Preferred test method</i>
<i>Filling ability</i>	<i>Slump-flow test</i>
<i>Viscosity (assessed by rate of flow)</i>	<i>T<sub>500</sub> Slump-flow test or V-funnel test</i>
<i>Passing ability</i>	<i>L-box test</i>
<i>Segregation resistant</i>	<i>VSI</i>

Sumber: EFNARC (2005)

### 2.7.1 Slump-flow Test (EFNARC 2005)

Pengujian *Slump-flow test* bertujuan untuk menguji *filling ability* SCC pada saat kondisi segar. Metode pengujian ini digunakan untuk mengetahui kemampuan campuran beton untuk mengalir mengisi ruangan melalui beratnya sendiri. Berdasarkan *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete: Specification, Production and Use* (EFNARC, 2005) ketentuan nilai slump untuk SCC dibagi menjadi tiga kelas yang dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Syarat hasil pengujian *slump-flow*

<b>Class</b>	<b>Slump-flow</b>	<b>Keterangan</b>
SF1	550 – 650	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Untuk beton bertulang seperti bangunan perumahan</li> <li>✓ Pengecoran dengan sistem injeksi misalnya dinding terowongan</li> <li>✓ Pengecoran bagian sempit untuk mencegah aliran horizontal misalnya pondasi dalam</li> </ul>
SF2	660 – 750	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Untuk kondisi normal (dinding, kolom)</li> </ul>
SF3	760 – 850	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Biasanya diproduksi dengan ukuran agregat lebih kecil (&lt;16 mm) digunakan untuk struktur yang sangat padat tulangan, struktur dengan bentuk yang kompleks</li> </ul>

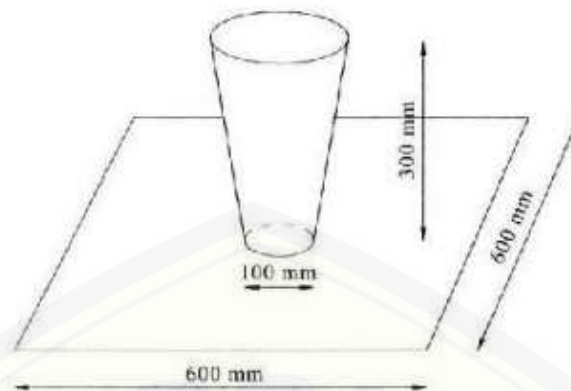
Sumber: EFNARC (2005)

Selain *filling ability*, pengujian *slump-flow* dapat memberikan informasi tambahan tentang nilai ketahanan campuran terhadap segregasi dan *bleeding* secara visual (*visual stability index*). Penilaian dilakukan dengan mengamati hasil dari pengujian *slump flow* dengan nilai kriteria yang sudah ditetapkan berdasarkan ketentuan dalam ASTM C 1611.

Tabel 2.4 *Visual Stability Index Rating*

<b>VSI</b>	<b>Kriteria</b>
0 = Sangat stabil	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tidak terjadi segregasi dan bleeding</li> </ul>
1 = Stabil	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tidak terjadi segregasi tapi ada sedikit bleeding</li> </ul>
2 = Tidak stabil	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Terjadi segregasi, misalnya pasta di lingkaran luar slump sekitar 10 mm, dan terjadi penumpukan agregat di tengah masa beton</li> </ul>
3 = Sangat tidak stabil	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Terjadi segregasi &gt; 10 mm dan/atau terjadi penumpukan agregat di tengah masa mortar</li> </ul>

Sumber: ASTM C 1611



Gambar 2.7 Slump-flow Test

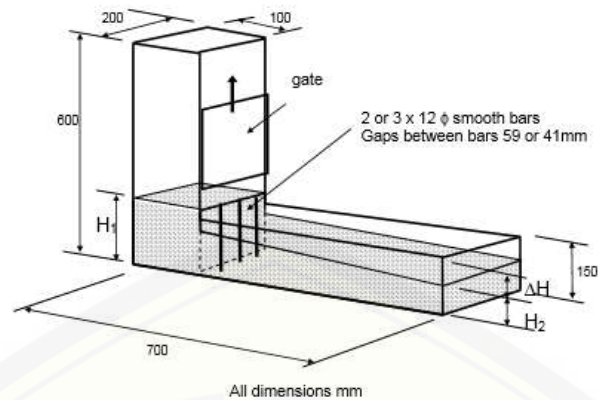
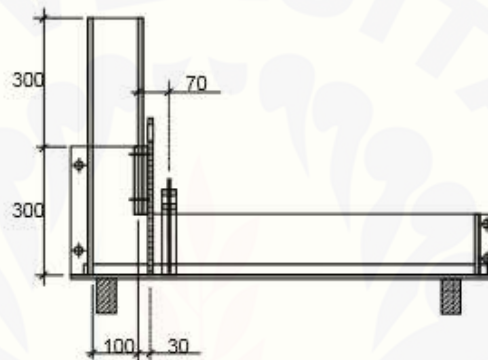
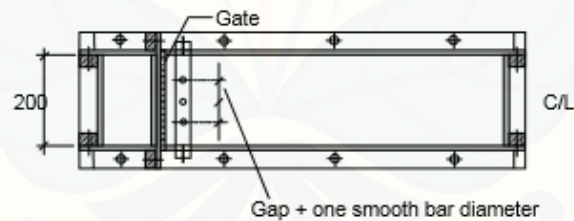
Prosedur pengujian pengujian *slump-flow* adalah sebagai berikut:

- 1) Basahi *base plate* dan *slump cone* (kondisi jenuh air), *slump cone* diletakkan pada plat baja dalam posisi diameter kecil diletakkan dibawah.
- 2) Tuangkan campuran beton segar dalam *slump cone* hingga penuh tanpa rojokan/pemadatan.
- 3) Bersihkan plat dari tumpahan beton segar, dan pastikan plat dalam keadaan lembab tetapi tidak ada genangan air.
- 4) *Slump cone* diangkat secara perlahan vertikal dan dimulai perhitungan waktu.
- 5) Ukur waktu yang diperlukan oleh aliran beton untuk mencapai diameter 500 mm ( $T_{500}$ ).
- 6) Lakukan pengukuran diameter maksimum yang dicapai aliran beton ( $d_m$ ).
- 7) Amati penyebaran campuran untuk menentukan nilai *Visual Stability Index* (VSI) yang sesuai dengan tabel 2.4.

Data yang diperoleh dalam pengujian ini adalah: (1) rata-rata *slump-flow* (mm), (2)  $T_{500}$  (s) dan *visual stability index*.

### 2.7.2 L-Box Test (EFNARC 2005)

*L-Box* atau disebut juga dengan *Swedish Box* adalah alat berbentuk huruf L yang terbuat dari besi. Alat ini berfungsi untuk menguji *passing ability* dari SCC. Spesifikasi dan ketentuan dari *L-box* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut ini.

Gambar 2.8 (a) Tampak perspektif *L-box*Gambar 2.8 (b) Tampak samping *L-box*Gambar 2.8 (c) Tampak atas *L-box*

Sumber: EFNARC (2005)

Berdasarkan Gambar 2.8 (a), (b), dan (c) *L-box* harus terbuat dari bahan yang kaku, permukaan yang halus dan tidak menyerap air. Kemudian pada alat ini terdapat sekat penutup dari plat besi diantara bagian vertikal dan horizontal yang dapat dibuka dengan cara ditarik vertikal, dan bagian depan sekat terdapat tulangan baja berbentuk silinder berdiameter 12 mm dengan jarak 59 mm untuk 2 buah tulangan dan berdiameter 12 mm dengan jarak 41 mm untuk 3 tulangan (EFNARC, 2005).



Nilai *passing ability* dari pengujian *L-box* dapat diketahui dengan rumus:

$$PA = \frac{H_2}{H_1} \dots\dots\dots (2.1)$$

Diimana:

H1 = Tinggi permukaan beton pada bagian hulu alat

H2 = Tinggi permukaan beton pada bagian hilir alat

Berdasarkan EFNARC (2005) syarat hasil pengujian *L-box* untuk SCC adalah sebagai berikut:

Tabel 2.5 Syarat hasil pengujian *L-box*

<b>Class</b>	<b>Passing Ability</b>	<b>Keterangan</b>
PA1	≥ 0,80 with 2 rebars	Struktur dengan celah tulangan 80-100 mm
PA2	≥ 0,80 with 3 rebars	Struktur dengan celah tulangan 60-80 mm

Sumber: EFNARC (2005)

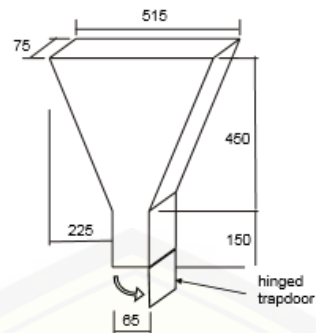
Prosedur pengujian *L-box* adalah sebagai berikut:

1. Letakan *L-box* ditempat yang datar dan tutup penutup sekat.
2. Tuangkan campuran beton melalui ruang vertikal sampai penuh tanpa melakukan rojokan atau pemadatan.
3. Buka sekat penutup sampai terbuka sehingga beton mengalir ke bagian ruang horizontal.
4. Ukur waktu yang diperlukan aliran beton untuk mencapai jarak 400 mm ( $T_{40}$ ) dan mencapai ujung bagian horizontal ( $T_{max}$ ) dari bagian dalam penutup.
5. Ukur ketinggian H1 dan H2 saat beton telah berhenti mengalir.

Data yang diperoleh dalam pengujian ini adalah (1) waktu mengalir beton sampai jarak 400 mm arah horizontal ( $T_{40}$ ) dan *passing ability* (H2/H1).

### 2.7.3 *V-funnel Test* (EFNARC 2005)

*V-funnel Test* adalah metode pengujian yang berguna untuk mengevaluasi ketahanan segregasi material SCC. Waktu yang dibutuhkan campuran mengalir melewati lubang *V-funnel* dalam pengujian ini adalah indikatornya. Waktu tersebut menggambarkan viskositas dari campuran. Spesifikasi dan ketentuan dari *V-funnel* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Desain *V-funnel*  
Sumber: EFNARC (2005)

Berdasarkan EFNARC (2005) syarat hasil pengujian *V-funnel* untuk SCC adalah sebagai berikut:

Tabel 2.6 Syarat hasil pengujian *V-funnel*

Class	$T_{500}$ (s)	<i>V-funnel time</i> (s)
VS1/VF1	$\leq 2$	$\leq 8$
VS2/VF2	$\geq 2$	$\geq 7s, \leq 27s$

Sumber: EFNARC (2005)

Prosedur pengujian *V-funnel test* adalah sebagai berikut:

1. Letakan *V-funnel* di tempat yang datar dan letakan ember dibawah tutup corong *V-funnel*.
2. Basahi *V-funnel* dengan air.
3. Tutup pintu pembuka yang berada dibagian bawah corong *V-funnel*.
4. Tuangkan adukan campuran beton sampai penuh tanpa melakukan rojokan atau pemadatan dan bersihkan kelebihan adukan.
5. Biarkan adukan dalam *V-funnel* selama 1 menit.
6. Buka pintu penutup corong dan pastikan campuran beton masuk kedalam ember.
7. Ukur waktu saat mulai membuka pintu penutup corong sampai pertama kalinya terbentuk celah yang memungkinkan terlihatnya adukan yang sudah jatuh.

***\*optional step:***

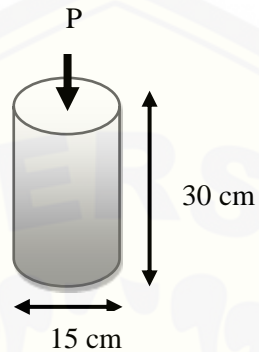
8. Lakukan kembali langka 1-7 dengan membiarkan adukan berada dalam *V-funnel* selama 5 menit.

Data yang diperoleh dari pengujian ini adalah: (1) waktu standar *V-funnel* ( $T_{std}$ ) dan waktu 5 menit *V-funnel* ( $T_5$  menit). ***\*optional***

#### 2.7.4 Pengujian Kuat Tekan (SNI 1974:2011)

Besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum pada saat benda uji menjadi hancur dengan luas penampang. Persamaannya adalah sebagai berikut:

a. Silinder Ø 15 cm x 30 cm



Gambar 2.10 Sketsa benda uji silinder Ø 15 cm x 30 cm

$$\text{Rumus: } f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.2)$$

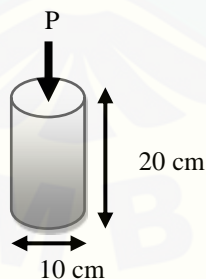
Dimana:

$f_c'$  = kuat tekan beton (Mpa)

$P$  = beban maksimum (N)

$A$  = luas penampang

b. Silinder Ø 10 cm x 20 cm



Gambar 2.11 Sketsa benda uji silinder Ø 10 cm x 20 cm

$$\text{Rumus: } f_c' = \frac{P}{A} \cdot 1,04 \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

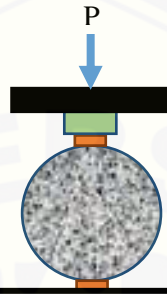
$f_c'$  = kuat tekan beton (Mpa)

$P$  = beban maksimum (N)

$A$  = luas penampang

### 2.7.5 Pengujian Kuat Tarik Belah (SNI 03-2491-2002)

Uji kuat tarik belah dilakukan dengan memberikan tegangan tarik pada beton secara tidak langsung. Spesimen silinder direbahkan dan ditekan sehingga terjadi tegangan tarik pada beton. Pengujian ini disebut juga *Splitting test* atau *Brazillian test* (Nugraha P & Antoni, 2007).



Gambar 2.12 Sketsa uji kuat tarik belah

$$\text{Rumus: } \tau = \frac{2P}{\pi ld} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

- $\tau$  = kuat tarik belah beton (Mpa)
- $P$  = beban maksimum (N)
- $\pi$  = phi
- $l$  = panjang spesimen (mm)
- $d$  = diameter spesimen (mm)

### 2.7.6 Pengujian Modulus Elastisitas (A.M. Neville, 1995)

Bersarnya modulus elastisitas beton mutu tinggi menurut A.M. Neville, 1995 dapat diketahui dari nilai kuat tekan, secara teoritis dapat dihitung dengan rumus:

$$E_c = (3,32 \times \sqrt{f_{c'}} + 6,9) \text{ GPa} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

- $E_c$  = modulus elastisitas beton (GPa)
- $f_{c'}$  = kuat tekan beton (MPa)

### 2.7.7 Pengujian Porositas (ASTM C 642-90)

Berdasarkan ASTM C 642-90, untuk mencari nilai porositas beton dapat digunakan rumus:

$$n = \frac{C-A}{C-D} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

- n = porositas benda uji (%)
- A = berat kering oven benda uji (kg)
- C = berat beton jenuh air setelah pendidihan (kg)
- D = berat beton dalam air (kg)

## 2.8 Kontrol kualitas pekerjaan

Kontrol kualitas adalah bagian dari proses jaminan kualitas guna memastikan kualitas produk dengan menguji untuk mengecek terhadap nilai target tertentu (Nugraha P & Antoni, 2007). Kontrol kualitas pada beton biasanya menggunakan aplikasi statistika sebagai berikut:

### 1. Rata-rata

Adalah jumlah nilai suatu data dalam kelompok dibagi dengan banyaknya data. Nilai rata-rata dihitung dengan rumus:

$$\text{kuat tekan rata – rata } (f_c'm) = \frac{\sum f_c'}{n} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

- $f_c'$  = kuat tekan ( $\text{kg/cm}^2$ )
- n = jumlah benda uji

### 2. Standart Deviasi (Sd)

Beton apabila di uji atau diperiksa kekuatannya, maka hasilnya akan menyebar sekitar suatu nilai tertentu. Penyebaran tersebut bergantung pada tingkat kesempurnaan pelaksanaannya. Ukuran dari besar kecil penyebaran itulah yang disebut *standart deviasi*. Untuk menghitung *standart deviasi* dapat digunakan rumus:

$$\text{standart deviasi}(sd) = \sqrt{\frac{\sum (f_c' - f_c'm)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

- $f_c'$  = kuat tekan ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $f_c'm$  = kuat tekan rata-rata ( $\text{kg/cm}^2$ )
- n = jumlah benda uji

Penetapan nilai *standart deviasi* menurut SNI didasarkan pada tingkat pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Semakin baik pelaksanaan maka semakin kecil nilai deviasi standarnya. Nilai *standart deviasi* untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan ditunjukkan oleh tabel berikut.

Tabel 2.7 Nilai koreksi *standart deviasi*

Benda uji (n)	Konstanta (K)
8	1,37
9	1,29
10	1,23
11	1,19
12	1,15
13	1,13
14	1,10
15	1,07
16	1,06
17	1,04
18	1,03
19	1,01
20	1,00

Sumber: SK SNI T-15-1990-03

### 3. Variasi

Bahan beton merupakan bahan yang mempunyai sifat fisik dan mekanik yang bervariasi. Variasi menunjukkan mutu pelaksanaan dilihat dari pengujian.

Berdasarkan SK SNI T-15-1990-03 dapat diperoleh dengan rumus:

$$\text{Variansi (V)} = \frac{Sd}{f'_{cm}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

$f'_{cm}$  = kuat tekan rata-rata ( $\text{kg/cm}^2$ )

Sd = standart deviasi ( $\text{kg/cm}^2$ )

Nilai  $V < 10\%$  menunjukkan mutu amat baik, mutu baik jika  $10\% < V < 15\%$ , mutu cukup jika  $15\% < V < 20\%$ , dan mutu kurang jika  $V > 20\%$ .

### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Pendahuluan

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui hubungan sebab-akibat antara satu sama lain kemudian membandingkannya. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian material, pengujian beton segar SCC dan pengujian beton keras SCC.

#### 3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember pada bulan Februari – April 2017.

Tabel 3.1 *Time Schedule* penelitian

No.	Jadwal Penelitian	Minggu ke:								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Persiapan	■								
2	Penyiapan bahan dan <i>treatment</i>		■							
3	Pengujian material dan <i>mix design</i> .			■						
4	Pengecoran campuran beton SCC normal				■					
5	Perawatan benda uji					■				
6	Pengujian beton SCC normal (3 hari) dan Pengecoran campuran beton SCC dengan limbah PET						■			
7	Perawatan benda uji							■		
8	Pengujian beton SCC normal dan beton SCC dengan limbah PET (28 hari)								■	
9	Analisis data dan pembahasan data hasil pengujian									■

#### 3.3 Instrumen Pelaksanaan

##### 3.3.1 Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Satu set peralatan pengujian material agregat halus dan kasar yang meliputi,
  - a. Pengujian berat volume
  - b. Pengujian berat jenis
  - c. Pengujian kelembaban
  - d. Pengujian air resapan

- e. Analisa saringan
  - f. Kadar Lumpur.
2. Satu set peralatan pengujian beton segar meliputi,
    - a. *Slump-flow test*
    - b. *V-funnel test*
    - c. *L-box test*.
  3. Satu set peralatan pengujian beton keras meliputi,
    - a. Uji kuat tekan
    - b. Uji kuat tarik belah
    - c. Porositas.

### 3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Limbah plastik daur ulang jenis PET dari botol  
Limbah plastik didapatkan dari tempat pengolahan limbah plastik yang ada di Malang.
2. Semen  
Semen sebagai bahan pengikat beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen PPC (*Portland Pozolan Cement*).
3. Agregat halus  
Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini berupa pasir Lumajang.
4. Agregat kasar  
Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis batu pecah (*split*) asal Jember yang mempunyai ukuran maksimum 10 mm.
5. Air  
Air yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari air Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember.
6. Bahan kimia pembantu (*Chemical admixture*)  
Bahan kimia pembantu (*Chemical admixture*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *Superplasticizer (high range water reducer admixture)*



### 3.4 Tahapan Pelaksanaan

Tahapan-tahapan dalam penelitian ini adalah:

1. Tahap I: Persiapan alat dan penyediaan bahan

Tahap ini merupakan tahap persiapan penelitian di laboratorium yang meliputi persiapan semua alat, baik untuk pengujian bahan penyusun beton atau pengujian beton. Kemudian pada tahap ini juga mempersiapkan bahan-bahan yang akan digunakan selama penelitian. Hal ini dilakukan bertujuan agar selama penelitian berlangsung bahan-bahan yang digunakan memiliki kesamaan sifat.

2. Tahap II: Pengujian bahan

Tahap ini adalah tahapan dilakukan pengujian agregat halus dan kasar yang akan digunakan selama penelitian. Pengujian yang dilakukan meliputi:

- a. Pengujian berat volume
- b. Pengujian berat jenis
- c. Pengujian kelembaban
- d. Pengujian air resapan
- e. Analisa saringan
- f. Kadar Lumpur

3. Tahap III: Perencanaan *Mix Design*

Tahap ini merupakan tahapan perencanaan bahan campuran beton atau *Mix Design*. Perencanaan proporsi bahan campuran beton ditentukan dan dihitung berdasarkan SNI 03-2834-2000.

4. Tahap IV: Perencanaan Campuran

Tahap ini adalah tahapan dilakukan penentuan penggunaan variasi limbah plastik berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, dan penentuan persentase penggunaan *superplasticizer* yang akan digunakan.

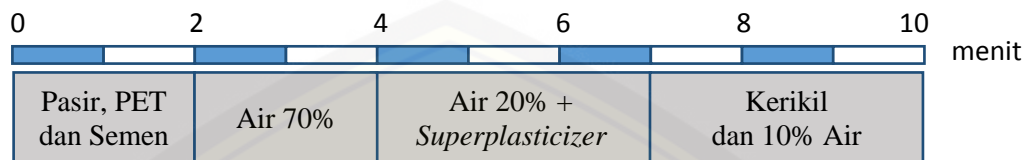
Berikut adalah variasi persentase PET sebagai pengganti agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3.2 Rancangan penelitian

<i>Superplasticizer</i>		Limbah plastik PET			
1%	0%	2,5%	5%	7,5%	10%

#### 5. Tahap V: Pencampuran bahan

Tahap ini adalah tahapan dilakukan pencampuran bahan yang sudah direncanakan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam tahap ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Perencanaan urutan pencampuran bahan

Berdasarkan gambar 3.1 jumlah 100% air yang dimaksud adalah jumlah kebutuhan air tiap proporsi dikurangi sebesar 10% dari kebutuhan teoritis. Hal tersebut sesuai dengan sifat *high range water reducer* dari *superplasticizer*.

#### 6. Tahap VI: Pengujian beton segar (fase plastis)

Tahap ini merupakan tahapan untuk mengetahui sifat-sifat *workability* dari SCC yang meliputi *filling ability*, *passing ability*, *segregation resistance*, dan *viscosity*. Persyaratan dari masing-masing pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut:

Tabel 3.3 Metode dan target pengujian

Kriteria	Metode Tes	Target	Peraturan
<i>Filling ability</i>	<i>Slump-flow</i> (mm)	760 – 850	EFNARC 2005
<i>Passing ability</i>	<i>L-box</i> (mm)	$\geq 0,80$	EFNARC 2005
<i>Segregation resistance</i>	VSI (skor)	0 – 1	ASTM C 1611
<i>Viscosity</i>	<i>V-funnel</i> (s)	$\geq 7 - \leq 27$	EFNARC 2005
	T <sub>500</sub> (s)	$\geq 2$	
	<i>V-funnel</i> (s)	$\leq 8$	EFNARC 2005
	T <sub>500</sub> (s)	$\leq 2$	

#### 7. Tahap VII: Pembuatan benda uji

Tahap ini merupakan tahap dibuatnya benda uji berdasarkan perencanaan dan kebutuhan masing-masing pengujian beton keras yang akan dilakukan. Kebutuhan benda uji berdasarkan perencanaan dan kebutuhan pengujian dapat dilihat pada tabel 3.4 berikut:

Tabel 3.4 Kebutuhan benda uji berdasarkan perencanaan dan kebutuhan pengujian

Proporsi	Pengujian			
	Kuat Tekan (Ø 10, h 20)	Kuat Tarik Belah (Ø 15, h 30)	Modulus Elastisitas (Ø 15, h 30)	Porositas (Ø 10, h 20)
1% <i>Superplasticizer</i> , 0% PET	6 buah	2 buah	2 buah	2 buah
1% <i>Superplasticizer</i> , 2,5% PET	6 buah	2 buah	2 buah	2 buah
1% <i>Superplasticizer</i> , 5% PET	6 buah	2 buah	2 buah	2 buah
1% <i>Superplasticizer</i> , 7,5% PET	6 buah	2 buah	2 buah	2 buah
1% <i>Superplasticizer</i> , 10% PET	6 buah	2 buah	2 buah	2 buah
Σ per pengujian	<b>42 buah</b>	<b>12 buah</b>	<b>12 buah</b>	<b>12 buah</b>
Σ total			<b>78 buah</b>	

#### 8. Tahap VIII: Perawatan beton

Perawatan beton dilakukan dengan cara merendam benda uji sampai dengan umur yang ditentukan untuk selanjutnya dilakukan pengujian. Perendaman benda uji dilakukan untuk menghindari pengaruh cuaca terhadap proses pengerasan beton yang kemudian dapat mempengaruhi kekuatan beton.

#### 9. Tahap IX: Pengujian beton keras (fase keras/padat)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh substitusi parsial agregat halus oleh limbah plastik daur ulang jenis PET terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas dan porositas beton yang sudah direncanakan berdasarkan *Mix Design*. Pengujian kuat tekan awal akan dilakukan pada beton umur 3 hari sebagai kontrol *mix design* beton normal, dan pengujian umur 28 hari untuk variasi proporsi penelitian.

#### 10. Tahap X: Analisa data dan kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, kemudian pada tahap ini akan dilakukan analisa data yang selanjutnya akan dilakukan pengambilan kesimpulan. Untuk membuktikan kesimpulan yang diberikan, pada penelitian ini dilakukan beberapa analisa statistik meliputi:

a. Uji Regresi linear sederhana

Analisa regresi linear sederhana dipergunakan untuk mengetahui pengaruh antara satu buah variabel bebas terhadap satu buah variabel terikat. Persamaan umumnya adalah  $Y = A + Bx$ . Y adalah variabel terikat dan X adalah variabel bebas. Koefisien A adalah konstanta yang merupakan titik potong antara garis regresi dengan sumbu Y pada koordinat kartesius.

b. Uji Anova dan Duncan

Uji Anova adalah uji yang dilakukan untuk mengetahui perbedaan pengaruh pada setiap perlakuan penelitian yang didasarkan pada F hitung dan F tabel. Jika pada setiap perlakuan menunjukkan adanya perbedaan pengaruh maka akan dilakukan uji Duncan untuk mengetahui perlakuan mana yang paling berpengaruh terhadap hasil penelitian.

Hipotesis dalam penelitian ini adalah:

$H_0$  = Tidak ada pengaruh proporsi pergantian pasir dengan PET terhadap kuat tekan beton

$H_1$  = Terdapat pengaruh pergantian proporsi pasir dengan PET terhadap kuat tekan beton

Dasar pengambilan keputusan adalah berdasar perbandingan F hitung dengan F tabel. Kemudian untuk dasar pengambilan keputusan sama dengan uji F (Anova) adalah:

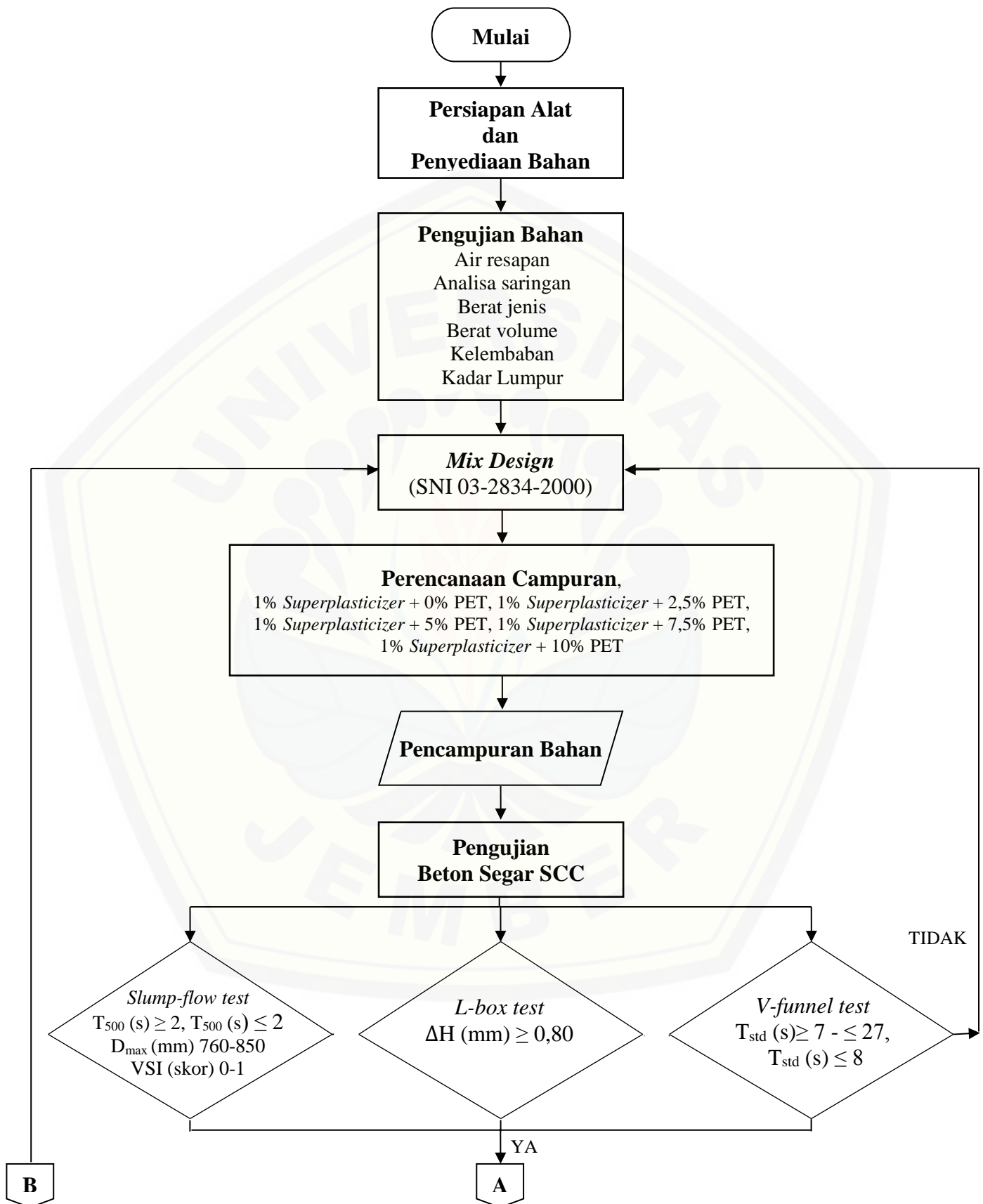
$H_0$  ditolak jika  $F \text{ hitung} > F \text{ tabel}$

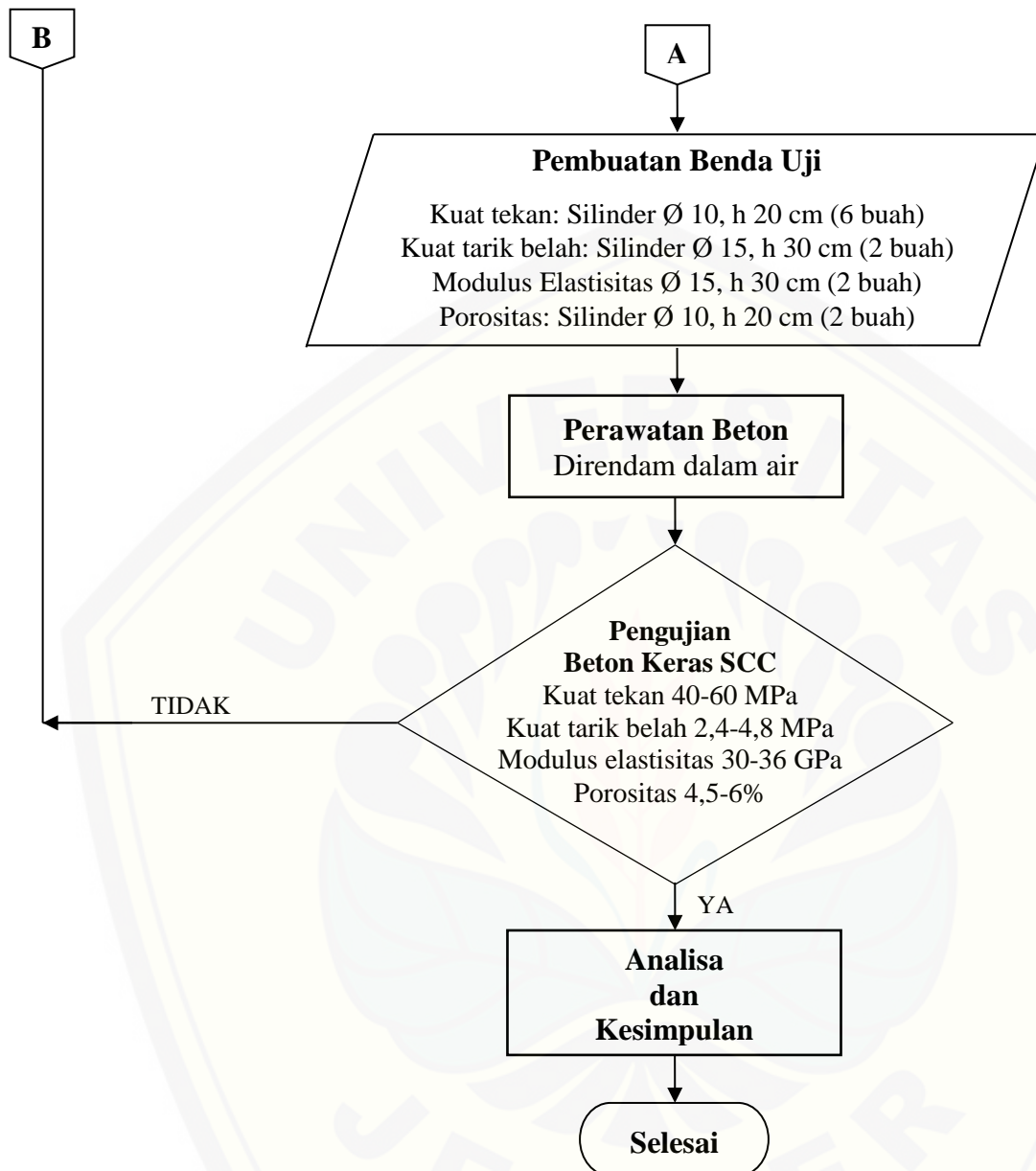
$H_1$  diterima jika  $F \text{ tabel} < F \text{ hitung}$

Untuk statistik tabel bisa dihitung pada tabel F berdasarkan:

- 1) Tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) adalah 5%
- 2) Numerator adalah ( $df_1 = \text{jumlah variabel bebas} - 1$ )
- 3) Denominator adalah ( $df_2 = \text{jumlah sampel} - \text{jumlah variabel bebas}$ )

Tahapan dalam penelitian ini juga dapat disajikan secara skematis dalam bentuk *flowchart* gambar 3.2. *flowchart* ini bertujuan untuk mempermudah mengetahui proses tahapan-tahapan penelitian.



Gambar 3.2 *Flowchart* penelitian

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Pengaruh persentase penggunaan limbah plastik daur ulang jenis PET terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas SCC adalah sebagai berikut:
  - a. Didapatkan nilai kuat tekan beton, tarik belah beton, modulus elastisitas beton dan porositas beton dengan hasil berturut turut sebagai berikut:
    - 0% PET: 62,00 MPa; 6,22 MPa; 34,00 GPa; 4,57%
    - 2,5% PET: 52,21 MPa; 4,88 MPa; 31,67 GPa; 5,32%
    - 5% PET: 43,13,00 MPa; 4,56 MPa; 28,55 GPa; 6,58%
    - 7,5% PET: 47,52 MPa; 4,60 MPa; 29,08 GPa; 5,54%
    - 10% PET: 47,63 MPa; 4,84 MPa; 30,20 GPa; 5,44%
  - b. Dapat diambil kesimpulan bahwa penggunaan PET sebagai pengganti agregat halus dapat menurunkan mutu beton mulai dari kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas SCC.
2. Karakteristik SCC dengan menggunakan limbah plastik daur ulang jenis PET adalah sebagai berikut:
  - a. Penggunaan PET sebagai pengganti agregat halus pada persentase 2,5% - 10% tidak mempengaruhi nilai *segregation resistance*, namun pada persentase 2,5% dan 5% penggunaan PET sebagai agregat halus menyebabkan turunya nilai *viscosity*, *passing ability* dan *filling ability* sedangkan pada persentase 7,5% dan 10% dapat meningkatkan nilai *viscosity*, *passing ability* dan *filling ability* dari SCC.
  - b. SCC dengan PET sebagai pengganti agregat halus pada persentase 2,5% - 10% masih dapat memenuhi persyaratan nilai-nilai pengujian beton segar SCC kondisi normal.

- c. Penggunaan PET sebagai pengganti agregat halus pada persentase 7,5% dan 10% dapat meningkatkan nilai *workability* dari SCC kondisi normal tanpa adanya segregasi, namun disertai penurunan mutu beton.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan terkait hasil penelitian yang sudah dilakukan yaitu:

1. Limbah plastik daur ulang PET sebaiknya dicuci terlebih dahulu agar bersih dari kandungan zat-zat kimia.
2. Penuangan adukan beton dengan kandungan PET sebaiknya dilakukan secara merata agar terhindar dari naiknya PET keatas permukaan dan terjadinya penggumpalan.
3. Perlu dilakukan penelitian penggunaan PET sebagai pengganti agregat halus dengan persentase lebih dari 10%.







**DAFTAR PUSTAKA**



- ASTM. (2001). *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete 1. C 494*, 4, 1–9.
- Choi, Q.-H. N. and S.-B. (2012). *World 's largest Science , Technology & Medicine Open Access book publisher Optimal Design Methodology of Magnetorheological Fluid Based Mechanisms*.
- Dehn, F., Holschemacher, K., & Weibe, D. (2000). *Self-Compacting Concrete ( SCC ) Time Development of the Material Properties and the Bond Behaviour*, 115–124.
- Ferreira, L., Brito, J. De, & Saikia, N. (2012). *Influence of Curing Conditions on The Mechanical Performance of Concrete Containing Recycled Plastic Aggregate*, 36, 196–204. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.02.098>.
- Guidelines, T. E., & Concrete, S. (2005). *ERMCO The European Guidelines for Self-Compacting Concrete*, (May).
- Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (1990). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*.
- Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.
- Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2002a). *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*.
- Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2002b). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*.
- Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*.
- Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2015). *Semen Portland*.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Law, K. L. (2015). *Plastic Waste inputs from Land into The Ocean*, (January).
- Universitas Jember. (2016). *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*.

- Mahyar, A., Reza, M., & Taheri, M. (2016). *The Effect of Using Polyethylene Terephthalate Particles on Physical and Strength-Related Properties of Concrete ; a Laboratory Evaluation. Construction and Building Materials*, 109, 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.01.056>.
- Mujiarto, I. (2005). Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif, 3(2).
- Nugraha, P. & Antoni. 2007. *Teknologi Beton Dari material, Pembuatan, Ke Beton Kinerja Tinggi*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Okamura, H., & Ouchi, M. (2003). Self-Compacting Concrete, 1(1), 5–15.
- Ouchi, Nakamura, Osterson, Hallberg, and L. (2003). *Applications of Self-Compacting Concrete in Japan, Europe and The United States*, 1–20.
- Pekerjaan, D. (1971). *Peraturan Beton Bertulang indonesia 1971*.
- Safi, B., Saidi, M., Aboutaleb, D., & Maallem, M. (2013). *The Use of Plastic Waste as Fine Aggregate in The Self-Compacting Mortars : Effect on Physical and Mechanical Properties. Construction & Building Materials*, 43,436-442. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.02.049>.
- Sugiharto, H., Kusuma, G. H., Himawan, A., & Darma, D. S. (2001). *Penggunaan Fly Ash dan Viscocrete pada Self-Compacting Concrete*, 3(1), 30–35.
- Youcef Ghernouti, Bahia Rabehi, B. S. and R. C. (2009). *Use of Recycled Plastic Bag Waste in The Concrete*, 8, 480–487.

LAMPIRAN

A. Dokumentasi Pengujian Material

No	Kegiatan	Gambar	Tempat
1	Pengujian Kelembaban (salah satu tahapan)		Lab. Struktur T. Sipil Universitas Jember
2	Pengujian Air Resapan (salah satu tahapan)		Lab. Struktur T. Sipil Universitas Jember
3	Analisa Saringan (salah satu tahapan)		Lab. Struktur T. Sipil Universitas Jember
4	Pengujian Berat Volume (salah satu tahapan)		Lab. Struktur T. Sipil Universitas Jember

5	Pengujian Kadar Lumpur (salah satu tahapan)		Lab. Struktur T. Sipil Universitas Jember
6	Pengujian Berat Jenis (salah satu tahapan)		Lab. Struktur T. Sipil Universitas Jember

**B. Mix Design**

Formulir perencanaan *mix design*

No	Uraian	Tabel / Grafik / Perhitungan	Nilai
1	Kuat tekan yang disyaratkan (benda uji silinder/kubus)	Ditetapkan	60 MPa
2	Deviasi Standar	Butir 4.3.2.1). 2 tabel 1)	12 MPa
3	Nialai tambah (margin)	Butir 4.2.3.1.2)	12 MPa
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	Butir 4.2.3.1.3)	72 MPa
5	Jenis semen	Ditetapkan	PPC
6	Jenis agregat: - Kasar - Halus		Batu Pecah, Alami
7	Faktor air semen bebas	Tabel 2 Grafik 1 atau 2	0,3
8	Faktor air semen maksimum	Butir 4.2.3.2.2)	0,6
9	Slump	Ditetapkan Butir 4.2.3.3	60-180 mm
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan Butir 4.2.3.4	10 mm
11	Kadar air bebas	Tabel 3 Butir 4.2.3.4	233,33 kg/m <sup>3</sup>
12	Jumlah semen	11:8 atau 7	777,78 kg/m <sup>3</sup>
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	777,78 kg/m <sup>3</sup>
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan	275 kg/m <sup>3</sup>
15	Faktor air semen yang disesuaikan	-	-
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 s/d 6	Zona 2
17	Susunan besar butir agregat kasar atau gabungan	Grafik 7,8,9 atau tabel 7 Grafik 10,11,12	Zona 1
18	Persen agregat halus	Grafik 13 s/d 15 atau perhitungan	47,50 %
19	Berat jenis relative, agregat (kering permukaan)	Diketahui / dianggap	2,67
20	Berat isi beton	Grafik 16	2360,00 kg/m <sup>3</sup>
21	Kadar agregat gabungan	20-(12+11)	1348,89 kg/m <sup>3</sup>
22	Kadar agregat halus	18x21	640,72 kg/m <sup>3</sup>
23	Kadar agregat kasar	21-22	708,17 kg/m <sup>3</sup>

*Mix design* yang digunakan dalam penelitian ini adalah SNI 03-2834-2000. Langkah-langkah yang dilakukan dalam menggunakan metode ini adalah sebagai berikut:

1. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan ( $f_c'$ ) pada umur 28 hari.

Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat sebesar 60 MPa.

2. Menetapkan nilai deviasi standart (sd)

Standar deviasi ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton. Semakin baik mutu pelaksanaan semakin kecil nilai deviasi standar.

- 1) Deviasi standar yang didapat dari pengalaman di lapangan selama produksi beton menurut rumus:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

dengan:

- s adalah deviasi standar
- $x_i$  adalah kuat tekan beton yang didapat dari masing-masing benda uji.
- $\bar{x}$  adalah kuat tekan beton rata-rata menurut rumus :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Dengan:

n adalah jumlah nilai hasil uji, yang harus diambil minimum 30 buah (satu hasil uji adalah nilai uji rata-rata dari 2 buah benda uji.)

dua hasil uji yang akan digunakan untuk menghitung standar deviasi harus sebagai berikut:

- a) Mewakili bahan-bahan prosedur pengawasan mutu, dan kondisi produksi yang serupa dengan pekerjaan yang diusulkan;

- b) Mewakili kuat tekan beton yang disyaratkan  $f_c'$  yang nilainya dalam batas 7 MPa dari nilai  $f_{cr}$  yang ditentukan;
- c) Paling sedikit terdiri dari 30 hasil uji yang berurutan atau dua kelompok hasil uji diambil dalam produksi selama jangka waktu tidak kurang dari 45 hari;
- d) bila suatu produksi beton tidak mempunyai dua hasil uji yang memenuhi butir 1), tetapi hanya ada sebanyak 15 sampai 29 hasil uji yang berurutan, maka nilai deviasi standar adalah perkalian deviasi standar yang dihitung dari data hasil uji tersebut dengan faktor pengali dari Tabel 1.

Tabel 1 Faktor pengali deviasi standar bila data hasil uji yang tersedia kurang dari 30

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi
Kurang dari 15	Lihat butir 4.2.3.1 1)
15	(5)
20	1,16
25	1,08
30 atau lebih	1,03
	1,00

- e) Bila data uji lapangan untuk menghitung deviasi standar yang memenuhi persyaratan butir 1) di atas tidak tersedia, maka kuat tekan rata-rata yang ditargetkan  $f_{cr}$  harus diambil tidak kurang dari ( $f_c' + 12 \text{ MPa}$ ).

### 3. Menghitung nilai tambah (margin)

$$M = k \cdot S_r$$

Dengan  $M$  = nilai tambah (Mpa)

$$K = 1,34$$

$S_r$  = deviasi standar rencana (Mpa)

### 4. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan

Kuat tekan beton rata-rata yang direncanakan diperoleh dengan rumus:

$$f_{cr} = f_c' + M$$

$$f_{cr} = f_c' + 1,64 \times S_r$$

Dimana:  $f_{cr}$  = kuat tekan rata-rata (Mpa)

$f'c$  = kuat tekan yang disyaratkan (Mpa)

M = nilai tambah (Mpa)

$$\begin{aligned} f'_{cr} &= 60 + 12 \\ &= 72 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5. Menetapkan jenis semen

Menurut PUBI 1982 di Indonesia Semen Portland dibedakan menjadi 5 jenis, yaitu jenis I, II, III, IV, dan V. Jenis I merupakan jenis semen biasa, sedangkan jenis III merupakan jenis semen yang dipakai untuk struktur yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi, atau dengan kata lain sering disebut semen cepat mengeras. Langkah ini menetapkan apakah dipakai semen biasa ataukah semen yang cepat mengeras. Ditetapkan jenis semen tipe semen PPC.

6. Menetapkan jenis agregat

Jenis kerikil dan pasir ditetapkan, apakah berupa agregat alami (tak dipecahkan) ataukah agregat jenis batu pecah (*crushed aggregate*). Ditetapkan jenis pasir agregat alami dan kerikil jenis batu pecah.

7. Menetapkan faktor air semen

Faktor air semen yang diperlukan untuk mencapai kuat tekan rata-rata yang ditargetkan didasarkan:

- 1) Hubungan kuat tekan dan factor air semen yang diperoleh dari penelitian lapangan sesuai dengan bahan dan kondisi pekerjaan yang diusulkan. Bila tidak tersedia data hasil penelitian sebagai pedoman dapat dipergunakan Tabel 2 dan Grafik 1 atau 2;
- 2) Untuk lingkungan khusus, faktor air semen maksimum harus memenuhi SNI 03-1915-1992 tentang spesifikasi beton tahan sulfat dan SNI 03-2914-1994 tentang spesifikasi beton bertulang kedap air, (Tabel 4,5,6)

Bila dipergunakan grafik 1 atau 2 ikuti langkah-langkah berikut:

- (1) Tentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari dengan menggunakan Tabel 2, sesuai dengan semen dan agregat yang akan dipakai;
- (2) Lihat Grafik 1 untuk benda uji berbentuk silinder atau grafik 2 untuk benda uji berbentuk kubus;

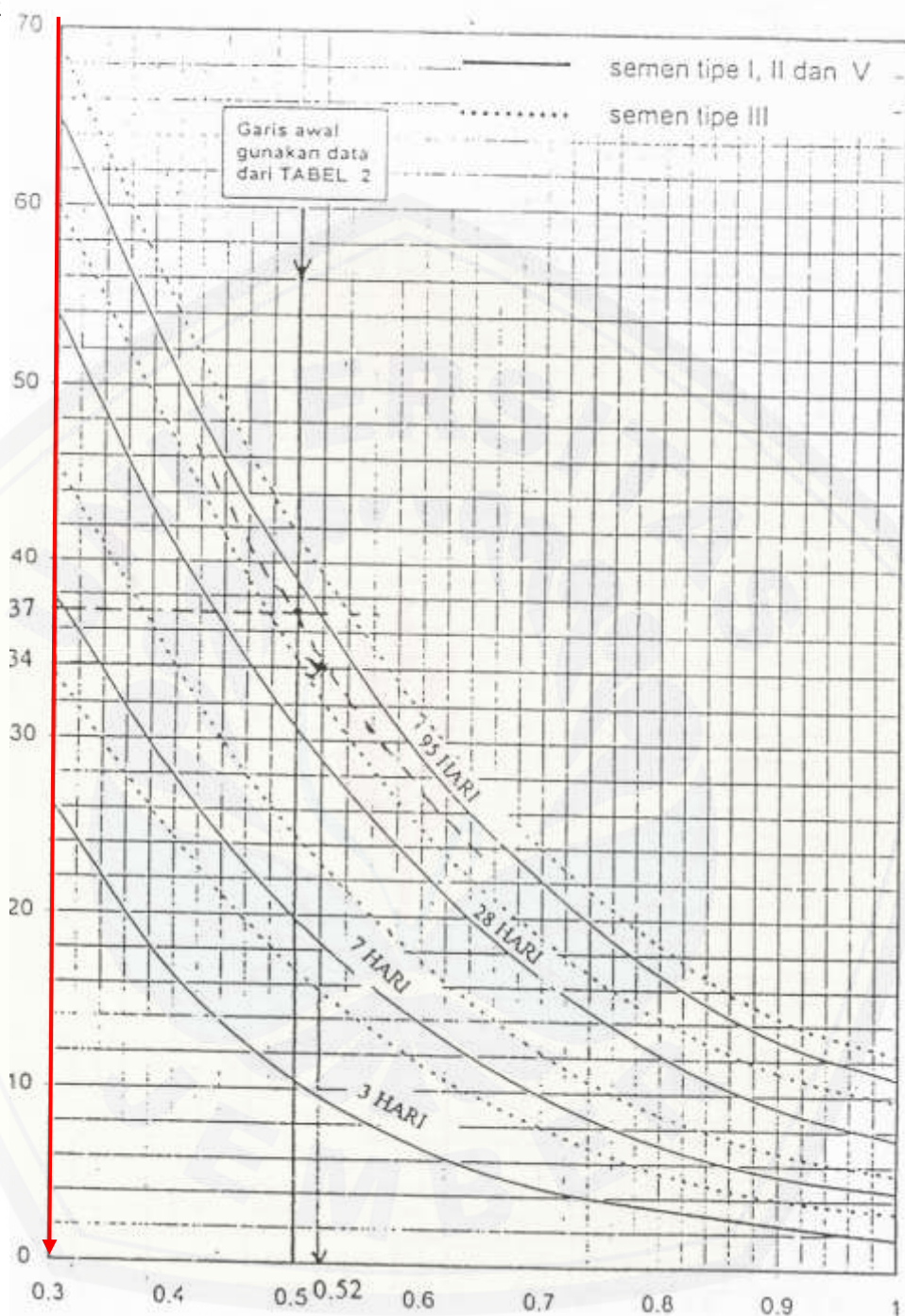
- (3) Tarik garis tegak lurus ke atas melalui faktor air semen 0,5 sampai memotong kurva kuat tekan yang ditentukan pada sub butir 1 di atas;
- (4) Tarik garis lengkung melalui titik pada sub. Butir 3 secara proporsional;
- (5) Tarik garis mendatar melalui nilai kuat tekan yang ditargetkan sampai memotong kurva baru yang ditentukan pada sub butir 4 di atas;
- (6) Tarik garis tegak lurus kebawah melalui titik potong tersebut untuk mendapatkan faktor air semen yang diperlukan;

Tabel 2. Perkiraan kekuatan tekan (MPa) beton dengan Faktor air semen, dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

Jenis semen	Jenis agregat Kasar	Kekuatan tekan (MPa)				Bentuk Bentuk uji
		Pada umur (hari)				
		3	7	28	29	
Semen Portland Tipe 1	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen tahan sulfat Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	



72



Grafik 1 Hubungan antara kuat tekan dan daktor air semen (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm)

8. Menetapkan faktor air semen maksimum

Agar beton yang diperoleh tidak cepat rusak, maka perlu ditetapkan nilai f.a.s maksimum. Jika nilai f.a.s maksimum ini lebih rendah dari nilai f.a.s pada

angka 7, maka nilai f.a.s maksimum ini yang dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

Tabel 3. Persyaratan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pembetonan dalam lingkungan khusus

Lokasi	Nilai Faktor Air Semen Maksimum
- Beton di dalam ruang bangunan: a. keadaan keliling non-korosif b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	0.6 0.52
- Beton di luar ruangan bangunan: a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0.6 0.6
-Beton masuk ke dalam tanah: a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	0.55 lihat tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan: a. air tawar a. air laut	lihat tabel 6

9. Menetapkan nilai slump

Penetapan nilai slump dilakukan dengan memperhatikan pelaksanaan pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan maupun jenis strukturnya. Ditetapkan 60-180 mm.

10. Menetapkan besar butir agregat maksimum

Penetapan besar butir agregat maksimum dilakukan berdasarkan nilai terkecil dari ketentuan-ketentuan berikut:

- a. Seperlima jarak terkecil antara bidang samping dari cetakan.
- b. Sepertiga dari tebal pelat.
- c. Tiga perempat dari jarak bersih minimum antar batang-batang atau berkas-berkas tulangan.

11. Menetapkan kadar air bebas

Kadar air bebas ditentukan sebagai berikut:

- 1) Agregat tak dipecah dan agregat dipecah digunakan nilai-nilai pada table 2 dan grafik 1 atau 2;
- 2) Agregat campuran (tak dipecah dan dipecah), dihitung menurut rumus berikut:

$$\frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k$$

Dengan:

$W_h$  adalah perkiraan jumlah air untuk agregat halus

$W_k$  adalah perkiraan jumlah air untuk agregat kasar pada Tabel 4

Tabel 4. Perkiraan Kebutuhan Air Per Meter Kubik Beton

Slump (mm)		0-10	10-30	30-60	60-180
Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	-	-	-	-
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Catatan: koreksi suhu udara:

Untuk suhu di atas 25 °C harus ditambah air 5 liter per m<sup>3</sup> adukan beton

$$\text{Kadar air bebas: } \frac{2}{3} 225 + \frac{1}{3} 250 = 233,33 \text{ kg/m}^3$$

12. Menghitung berat semen yang diperlukan

Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan membagi jumlah air (dari langkah 11) dengan faktor air semen yang diperoleh pada langkah 7 dan 8.

$$\frac{233,33}{0,3} = 777,78 \text{ kg/m}^3$$

13. Menetapkan kebutuhan semen maksimum

Jumlah semen maksimum jika tidak ditetapkan dapat diabaikan.

14. Menetapkan kebutuhan semen minimum

Tabel 5. Kebutuhan semen minimum per m<sup>3</sup> beton

Lokasi	Jumlah semen minimum Per m <sup>3</sup> beton (kg)
- Beton di dalam ruang bangunan:	
a. keadaan keliling non-korosif	275
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325
- Beton di luar ruangan bangunan:	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275
-Beton masuk ke dalam tanah:	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	
Beton yang kontinu berhubungan:	
a. air tawar	
b. air laut	

Kebutuhan semen minimum ini ditetapkan untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus, misalnya lingkungan korosif, air payau, dan air laut.

15. Menyesuaikan kebutuhan semen

Apabila kebutuhan semen yang diperoleh dari langkah 12 ternyata lebih sedikit dari pada kebutuhan semen minimum pada langkah 14, maka kebutuhan semen yang harus dipakai adalah yang minimum (yang nilainya lebih besar).

16. Menentukan daerah gradasi agregat halus

Berdasarkan gradasinya (hasil analisis ayakan) agregat halus yang akan dipakai dapat diklasifikasikan menjadi 4 daerah. Penentuan daerah gradasi itu didasarkan atas grafik gradasi yang diberikan dalam tabel 6.

Tabel 6. Batas-batas gradasi agregat halus

Saringan		% Kumulatif Lolos Saringan			
Nomor	mm	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
4	4,76	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100

Saringan		% Kumulatif Lolos Saringan			
Nomor	mm	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
8	2,38	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
16	1,19	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
30	0,59	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
50	0,297	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
100	0,149	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

17. Menentukan daerah gradasi agregat kasar

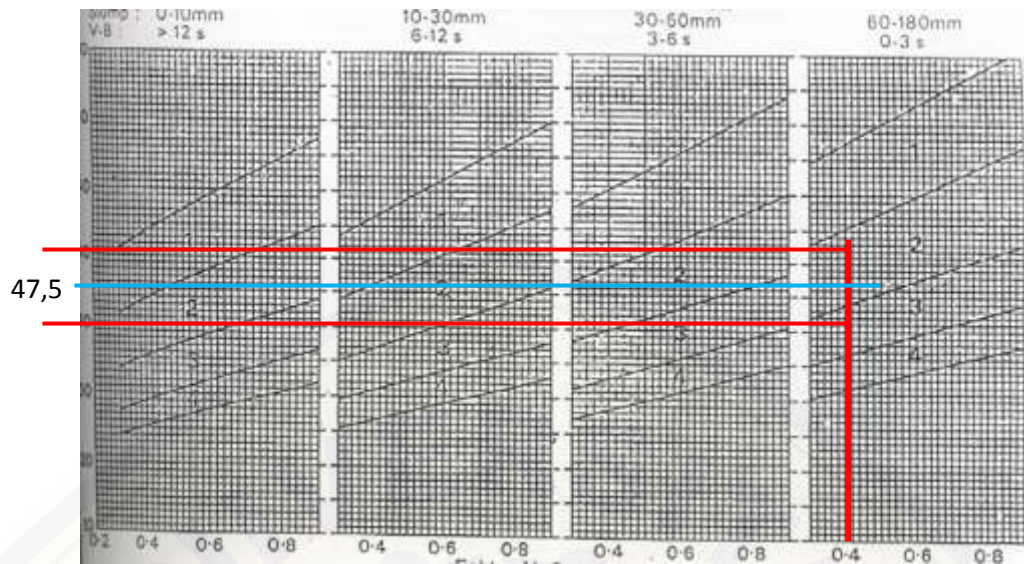
Berdasarkan gradasinya (hasil analisis ayakan) agregat kasar yang akan dipakai dapat diklasifikasikan menjadi 3 daerah. Penentuan daerah gradasi itu didasarkan atas grafik gradasi yang diberikan dalam tabel 7.

Tabel 7. Batas - batas gradasi agregat kasar

Saringan		% Kumulatif Lolos Saringan		
Nomor	mm	Zona 1	Zona 2	Zona 3
3"	75,00	-	-	100 - 100
3/2"	37,50	-	100 - 100	95 - 100
3/4"	19,00	100 - 100	95 - 100	35 - 70
3/8"	9,50	50 - 85	30 - 60	10 - 40
4	4,76	0 - 10	0 - 10	0 - 5

18. Menentukan perbandingan agregat halus dan agregat kasar

Tentukan persentase pasir dengan perhitungan atau menggunakan grafik 13 sampai dengan 15; dengan diketahui ukuran butir agregat maksimum menurut butir 10. slump menurut butir 9, factor air semen menurut butir 15 dan daerah susunan butir 16, maka jumlah persentase pasir yang diperlukan dapat dibaca pada grafik. Jumlah ini adalah jumlah seluruhnya dari pasir atau fraksi agregat yang lebih halus dari 5 mm. Agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia seringkali dijumpai bagian yang lebih halus dari 5 mm dalam jumlah yang lebih dari 5 persen. Oleh karena hal tersebut maka jumlah agregat halus yang diperlukan harus dikurangi.



Grafik 13. Persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm

#### 19. Berat jenis agregat campuran

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$B_j \text{ camp} = \frac{P}{100} \times b_j \text{ agg. hls} + \frac{K}{100} \times b_j \text{ agg. ksr}$$

Dengan:

$B_j \text{ camp}$  = berat jenis agregat campuran

$B_j \text{ agg. hls}$  = berat jenis agregat halus

$B_j \text{ agg. ksr}$  = berat jenis agregat kasar

$P$  = persentase agregat halus terhadap agregat campuran

$K$  = persentase agregat kasar terhadap agregat campuran

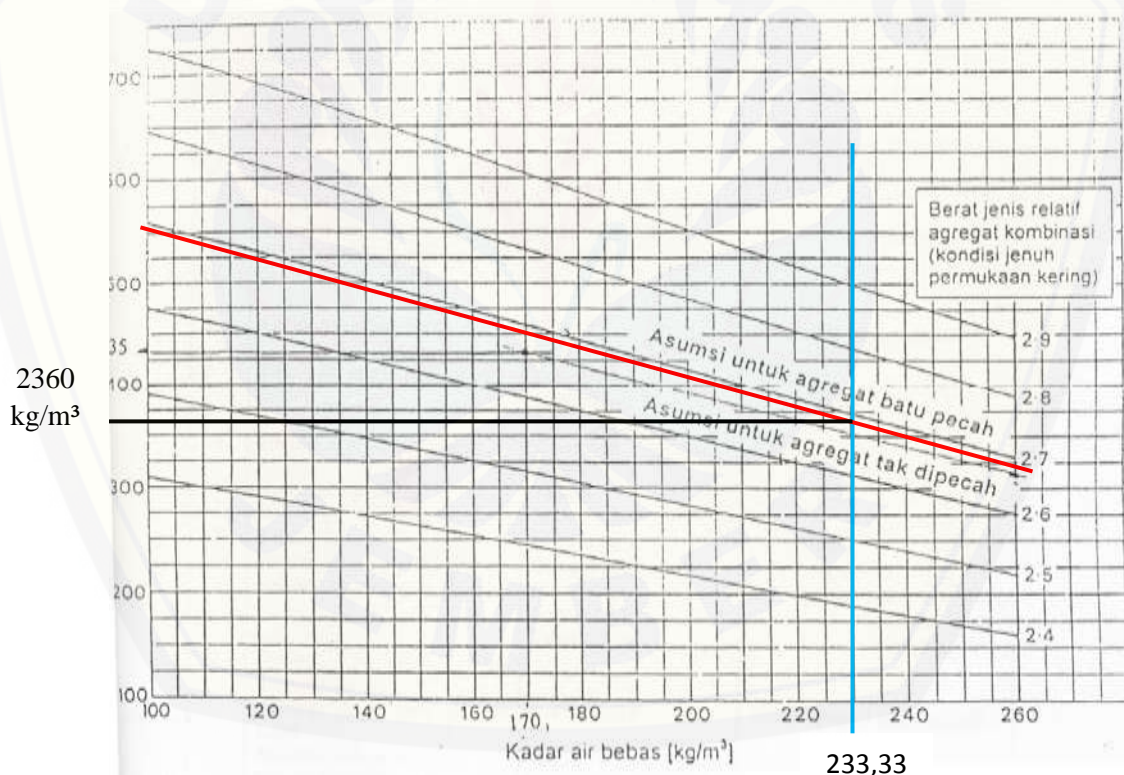
Berat jenis agregat halus dan agregat kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium, namun jika tidak ada dapat diambil sebesar 2,60 untuk agregat tak pecah/alami dan 2,70 untuk agregat pecahan.

## 20. Penentuan berat jenis beton

Dengan data berat jenis agregat campuran dari langkah 19 dan kebutuhan air tiap meter kubik betonnya maka dengan grafik pada 16 dapat diperkirakan berat jenis betonnya.

Caranya adalah sebagai berikut:

- Dari berat jenis agregat campuran pada langkah 19 dibuat garis kurva berat jenis gabungan yang sesuai dengan garis kurva yang paling dekat dengan garis kurva pada grafik 16 kebutuhan air yang diperoleh pada langkah 11 dimasukkan dalam grafik 16. Kemudian dari nilai ini ditarik garis vertikal ke atas sampai garis kurva yang dibuat sebelumnya
- Dari titik potong ini kemudian ditarik garis horizontal kekiri sehingga diperoleh nilai berat jenis beton.



Grafik 16. Perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai didapatkan

- Kebutuhan agregat campuran dihitung dengan cara mengurangi berat beton per-meter kubik dikurangi kebutuhan air dan semen.

22. Hitung kadar agregat halus dihitung dengan mengalikan persen pasir butir 18 dengan agregat gabungan butir 21.
23. Hitung kadar agregat kasar yang besarnya adalah kadar agregat gabungan butir 21 dikurangi kadar agregat halus butir 22; dari langkah-langkah tersebut di atas butir 1 sampai dengan 23 sudah dapat diketahui susunan campuran bahan-bahan untuk  $1\text{m}^3$  beton.
24. Proporsi campuran, kondisi agregat dalam keadaan jenuh kering permukaan.
25. Koreksi proporsi campuran

Apabila agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan proporsi campuran halus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan dihitung menurut rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 1) \text{ air} &= B - (C_k - C_a) \times C/100 - (D_k - D_a) \times D/100; \\
 2) \text{ agregat halus} &= C + (C_k - C_a) \times C/100; \\
 3) \text{ agregat kasar} &= D + (D_k - D_a) \times D/100
 \end{aligned}$$

Dengan:

B adalah jumlah air

C adalah jumlah agregat halus





D adalah jumlah agregat kasar




$C_a$  adalah absorpsi air pada agregat halus (%)  $D_a$  adalah absorpsi agregat kasar (%)

$C_k$  adalah kandungan air dalam agregat halus (%)  $D_k$  adalah kandungan air dalam agregat kasar (%)






### C. Dokumentasi Pelaksanaan Pengecoran dan Pengujian Beton Segar

No	Kegiatan	Gambar	Tempat
1	Penyiapan Bahan		Lab. Struktur T. Sipil Universitas Jember
2	Pencampuran Bahan saat Pengecoran (salah satu tahapan)		Lab. Struktur T. Sipil Universitas Jember
3	Pengujian <i>V-funnel</i>		Lab. Struktur T. Sipil Universitas Jember
3	Pengujian <i>L-box</i>		Lab. Struktur T. Sipil Universitas Jember

4	Pengujian <i>Slump-flow</i>		Lab. Struktur T. Sipil Universitas Jember
5	Pengmatan Nilai VSI Skor		Lab. Struktur T. Sipil Universitas Jember
6	Pencetakan Benda Uji		Lab. Struktur T. Sipil Universitas Jember
7	Perawatan Benda Uji dengan di Rendam		Lab. Struktur T. Sipil Universitas Jember

**D. Dokumentasi Pengujian Beton Keras**

No	Kegiatan	Gambar	Tempat
1	Penyiapan Kuat Tekan		Lab. Struktur T. Sipil Universitas Jember
2	Pengujian Tarik Belah		Lab. Struktur T. Sipil Universitas Jember
3	Pengujian Porositas		Lab. Struktur T. Sipil Universitas Jember

**E. Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Tarik Belah**



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
 UNIVERSITAS JEMBER  
 FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 LABORATORIUM STRUKTUR  
 Alamat : J. Slamet Riyad No. 62 - JEMBER 68111 Telp. (0331) 410241

Proyek : Skripsi "Penggunaan Limbah Plastik Daur Ulang sebagai Pengganti Agregat Halus pada Beton SCC (Self Compacting Concrete)  
 Lokasi :  
 Kontraktor :  
 Konsultan Pengawas :  
 Pengujian : Kuat Tekan

No	Tgl buat	Tgl Uji	Umur	Berat	P hancur	Kuat hancur ke-1	Mutu rencana (fc)	Keterangan
			(hr)	(gram)	(KN)	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	
1	20-Feb-2017	20-Mar-2017	28	3858.3	520	63.64	60.00	A
2	20-Feb-2017	20-Mar-2017	28	3916.0	430	52.62		
3	20-Feb-2017	20-Mar-2017	28	4042.3	400	48.95		
4	20-Feb-2017	20-Mar-2017	28	3955.0	600	73.43		
5	20-Feb-2017	20-Mar-2017	28	3997.2	580	70.98		
6	20-Feb-2017	20-Mar-2017	28	3914.0	510	62.41		
						Rata-rata	62.00	

Koreksi umur : 1 (28 hari) Jumlah Benda Uji : 6 buah  
 Luas Benda Uji A : 7857.143 mm<sup>2</sup>

Kepala Laboratorium,

Dr. Dewi Janita K, ST; MT-  
 NIP:197106101999032001

Jember, 20 Maret 2017  
 Pemeriksa,

Moch. Akir  
 NIP:1965 0928 2000 031 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
 UNIVERSITAS JEMBER  
 FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 LABORATORIUM STRUKTUR  
 Alamat : Jl. Slamet Riyadi No. 62 - JEMBER 68111 Telp. (0331) 410241

Proyek : Skripsi "Penggunaan Limbah Plastik Daur Ulang sebagai Pengganti Agregat Halus pada Beton SCC (Self Compacting Concrete)  
 Lokasi :  
 Kontraktor :  
 Konsultan Pengawas :  
 Pengujian : Kuat Tekan

No	Tgl buat	Tgl Uji	Umur	Berat	P hancur	Kuat hancur ke-I	Mutu rencana (f'c)	Keterangan
			(hr)	(gram)	(KN)	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	
1	9-Mar-2017	6-Apr-2017	28	3974.0	400	48.95	60.00	A
2	9-Mar-2017	6-Apr-2017	28	4004.5	390	47.73		
3	9-Mar-2017	6-Apr-2017	28	4002.6	440	53.85		
4	9-Mar-2017	6-Apr-2017	28	4183.7	470	57.52		
5	9-Mar-2017	6-Apr-2017	28	3895.8	385	47.12		
6	9-Mar-2017	6-Apr-2017	28	4208.8	475	58.13		
Rata-rata						52.21		

Koreksi umur : 1 (28 hari)

Jumlah Benda Uji : 6 buah  
 Luas Benda Uji A : 7857.143 mm<sup>2</sup>

Kepala Laboratorium,

Dr. Dewi Junila K, ST, MT.  
 NIP: 197106101999032001

Jember, 06 April 2017  
 Pemaksa,

Moch. Akir  
 NIP: 1965 0928 2000 031 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
 UNIVERSITAS JEMBER  
 FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 LABORATORIUM STRUKTUR  
 Alamat : Jl. Slamet Riyadi No. 62 - JEMBER 68111 Telp. (0331) 410241


Proyek : Skripsi "Penggunaan Limbah Plastik Daur Ulang sebagai Pengganti Agregat Halus pada Beton SCC (Self Compacting Concrete)  
 Lokasi :  
 Kontraktor :  
 Konsultan Pengawas :  
 Pengujian : Kuat Tekan

No	Tgl buat	Tgl Uji	Umur	Berat	P hancur	Kuat hancur ke-I	Mutu rencana (fc)	Keterangan
			(hr)	(gram)	(KN)	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	
1	12-Mar-2017	9-Apr-2017	28	4099.6	310	37.94	60.00	A
2	12-Mar-2017	9-Apr-2017	28	4209.7	410	50.17		
3	12-Mar-2017	9-Apr-2017	28	4139.9	345	42.22		
4	12-Mar-2017	9-Apr-2017	28	4245.9	350	42.83		
5	12-Mar-2017	9-Apr-2017	28	3968.7	310	37.94		
6	12-Mar-2017	9-Apr-2017	28	4164.0	390	47.73		
Rata-rata						43.14		

Koreksi umur : 1 (28 hari)

Jumlah Benda Uji : 6 buah  
 Luas Benda Uji A : 7857.143 mm<sup>2</sup>

Kepala Laboratorium,

  
 Dr. Dewi Junika K, ST, MT.  
 NIP: 197106101999032001

Jember, 09 April 2017  
 Pemeriksa,

  
 Moch. Akir  
 NIP: 1965 0928 2000 031 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
 UNIVERSITAS JEMBER  
 FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 LABORATORIUM STRUKTUR  
 Alamat : Jl. Sramel Riyadi No. 62 - JEMBER 68111 Telp. (0331) 410241

Proyek : Skripsi "Penggunaan Limbah Plastik Daur Ulang sebagai Pengganti Agregat Halus pada Beton SCC (Self Compacting Concrete)  
 Lokasi :  
 Kontraktor :  
 Konsultan Pengawas :  
 Pengujian : Kuat Tekan

No	Tgl buat	Tgl Uji	Umur	Berat	P hancur	Kuat hancur ke-I	Mutu rencana (f <sub>c</sub> )	Keterangan
			(hr)	(gram)	(KN)	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	
1	14-Mar-2017	11-Apr-2017	28	4167.1	385	47.12	60.00	A
2	14-Mar-2017	11-Apr-2017	28	4150.7	345	42.22		
3	14-Mar-2017	11-Apr-2017	28	4019.3	390	47.73		
4	14-Mar-2017	11-Apr-2017	28	4001.3	420	51.40		
5	14-Mar-2017	11-Apr-2017	28	4157.0	350	42.83		
6	14-Mar-2017	11-Apr-2017	28	3958.8	440	53.85		
Rata-rata						47.52		

Koreksi umur : 1 (28 hari)

Jumlah Benda Uji : 6 buah  
 Luas Benda Uji A : 7857.143 mm<sup>2</sup>

Kepala Laboratorium,

Dr. Dewi Junita K, ST; MT.  
 NIP:197106101999032001

Jember, 11 April 2017  
 Pemeriksa,

Moch. Akir  
 NIP:1965 0928 2000 031 001







KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
 UNIVERSITAS JEMBER  
 FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 LABORATORIUM STRUKTUR  
 Alamat : Jl. Slamet Riyadi No. 62 - JEMBER 66111 Telp. (0331) 410241

Proyek : Skripsi \*Penggunaan Limbah Plastik Daur Ulang sebagai Pengganti Agregat Halus pada Beton SCC (Self Compacting Concrete)  
 Lokasi :  
 Kontraktor :  
 Konsultan Pengawas :  
 Pengujian : Kuat Tarik Belah

No	Tgl buat	Tgl Uji	Umur	Berat	P Belah	Tarik Belah ke-i	Mutu rencana (r)	Keterangan
			(hr)	(gram)	(KN)	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	
1	18-Mar-2017	15-Apr-2017	28	13230.0	450	6.36		
2	18-Mar-2017	15-Apr-2017	28	12720.0	430	6.08		

Rata-rata 6.22

Koreksi umur : 1 (28 hari)      Jumlah Benda Uji : 2 buah  
 Panjang B. Uji (L) : 300 mm  
 Diameter B. Uji (Ø) : 150 mm

Kepala Laboratorium,  
  
 Dr. Dewi Junita K., ST, MT.  
 NIP:197106101999032001

Jember, 15 April 2017  
 Pemeriksa,  
  
 Moch. Akir  
 NIP:1965 0928 2000 031 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI  
 UNIVERSITAS JEMBER  
 FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 LABORATORIUM STRUKTUR  
 Alamat : Jl. Slamet Riyadi No. 62 - JEMBER 68111 Telp. (0331) 410241

Proyek : Skripsi "Penggunaan Limbah Plastik Daur Ulang sebagai Pengganti Agregat Halus pada Beton SCC (Self Compacting Concrete)  
 Lokasi :  
 Kontraktor :  
 Konsultan Pengawas :  
 Pengujian : Kuat Tarik Belah

No	Tgl buat	Tgl Uji	Umur	Berat	P Belah	Tarik Belah ke-1	Mutu rencana (t)	Keterangan
			(hr)					
1	22-Mar-2017	19-Apr-2017	28	12920.0	330	4.67		
2	22-Mar-2017	19-Apr-2017	28	12670.0	360	5.09		

Rata-rata 4.88

Koreksi umur : 1 (28 hari)      Jumlah Benda Uji : 2 buah  
 Panjang B. Uji (L) : 300 mm  
 Diameter B. Uji (Ø) : 150 mm

Kepala Laboratorium,  
  
 Dr.Dewi Junita K. ST, MT.  
 NIP:197106101999032001

Jember, 19 April 2017  
 Pemeriks,  
  
 Moch. Akir  
 NIP:1965 0928 2000 031 001







**F. Hasil Uji Anova dan Duncan**

```
UNIANOVA Kuat_Tekan BY Proporsi
/METHOD=SSTYPE(3)
/INTERCEPT=INCLUDE
/POSTHOC=Proporsi(DUNCAN LSD)
/PLOT=PROFILE(Proporsi)
/EMMEANS=TABLES(Proporsi)
/PRINT=HOMOGENEITY
/CRITERIA=ALPHA(.05)
/DESIGN=Proporsi.
```

**Univariate Analysis of Variance**

**Notes**

	Output Created	11-Jun-2017 10:57:22
	Comments	
Input	Data	E:\kuliah\semester VII\SKRIPSI\Referensi\Revisi\UJI SIGNIFIKANSI.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	30
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on all cases with valid data for all variables in the model.
	Syntax	UNIANOVA Kuat_Tekan BY Proporsi /METHOD=SSTYPE(3) /INTERCEPT=INCLUDE /POSTHOC=Proporsi(DUNCAN LSD) /PLOT=PROFILE(Proporsi) /EMMEANS=TABLES(Proporsi) /PRINT=HOMOGENEITY /CRITERIA=ALPHA(.05) /DESIGN=Proporsi.
Resources	Processor Time	0:00:00.687
	Elapsed Time	0:00:00.802

[DataSet1] E:\kuliah\semester VII\SKRIPSI\Referensi\Revisi\UJI SIGNIFIKANSI.sav

**Between-Subjects Factors**

		N
Proporsi	0% PET	6
	10% PET	6
	2.5% PET	6
	5% PET	6
	7.5% PET	6

**Levene's Test of Equality of Error Variances**

Dependent Variable:Kuat Tekan

F	df1	df2	Sig.
3.323	4	25	.026

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + Proporsi

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable:Kuat Tekan

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1218.804 <sup>a</sup>	4	304.701	9.042	.000
Intercept	76919.122	1	76919.122	2282.628	.000
Proporsi	1218.804	4	304.701	9.042	.000
Error	842.440	25	33.698		
Total	79980.367	30			
Corrected Total	2061.245	29			

a. R Squared = .591 (Adjusted R Squared = .526)

**Estimated Marginal Means**

**Proporsi**

Dependent Variable:Kuat Tekan

Proporsi	95% Confidence Interval			
	Mean	Std. Error	Lower Bound	Upper Bound
0% PET	62.005	2.370	57.124	66.886
10% PET	48.293	2.370	43.413	53.174
2.5% PET	52.217	2.370	47.336	57.097
5% PET	43.138	2.370	38.258	48.019
7.5% PET	47.525	2.370	42.644	52.406

**Post Hoc Tests**

**Proporsi**

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable:Kuat Tekan

(I) Proporsi	(J) Proporsi	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
LSD	0% PET	13.7117	3.35150	.000
	2.5% PET	9.7883*	3.35150	.007

Based on observed means.  
The error term is Mean Square(Error) = 33.698.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable:Kuat Tekan

	(I) Proporsi	(J) Proporsi	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
LSD	0% PET	10% PET	6.8091	20.6142
		2.5% PET	2.8858	16.6909

Based on observed means.  
The error term is Mean Square(Error) = 33.698.

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable:Kuat Tekan

	(I) Proporsi	(J) Proporsi	Mean	Std. Error	Sig.
			Difference (I-J)		
LSD	0% PET	5% PET	18.8667	3.35150	.000
		7.5% PET	14.4800*	3.35150	.000
	10% PET	0% PET	-13.7117	3.35150	.000
		2.5% PET	-3.9233	3.35150	.253
		5% PET	5.1550	3.35150	.137
		7.5% PET	.7683	3.35150	.821
	2.5% PET	0% PET	-9.7883	3.35150	.007
		10% PET	3.9233	3.35150	.253
		5% PET	9.0783*	3.35150	.012
		7.5% PET	4.6917	3.35150	.174
	5% PET	0% PET	-18.8667	3.35150	.000
		10% PET	-5.1550	3.35150	.137
		2.5% PET	-9.0783*	3.35150	.012
		7.5% PET	-4.3867	3.35150	.202
	7.5% PET	0% PET	-14.4800*	3.35150	.000
		10% PET	-.7683	3.35150	.821
		2.5% PET	-4.6917	3.35150	.174
		5% PET	4.3867	3.35150	.202

Based on observed means.  
The error term is Mean Square(Error) = 33.698.

\*. The mean difference is significant at the .05 level.



**Multiple Comparisons**

Dependent Variable:Kuat Tekan

	(I) Proporsi	(J) Proporsi	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
LSD	0% PET	5% PET	11.9641	25.7692
		7.5% PET	7.5775	21.3825
	10% PET	0% PET	-20.6142	-6.8091
		2.5% PET	-10.8259	2.9792
		5% PET	-1.7475	12.0575
	7.5% PET	0% PET	-6.1342	7.6709
		2.5% PET	-16.6909	-2.8858
		10% PET	-2.9792	10.8259
	5% PET	0% PET	2.1758	15.9809
		7.5% PET	-2.2109	11.5942
		10% PET	-25.7692	-11.9641
	7.5% PET	0% PET	-12.0575	1.7475
2.5% PET		-15.9809	-2.1758	
7.5% PET		-11.2892	2.5159	
10% PET		-21.3825	-7.5775	
5% PET	0% PET	-7.6709	6.1342	
	2.5% PET	-11.5942	2.2109	
	7.5% PET	-2.5159	11.2892	

Based on observed means.  
The error term is Mean Square(Error) = 33.698.

**Homogeneous Subsets**

Kuat\_Tekan

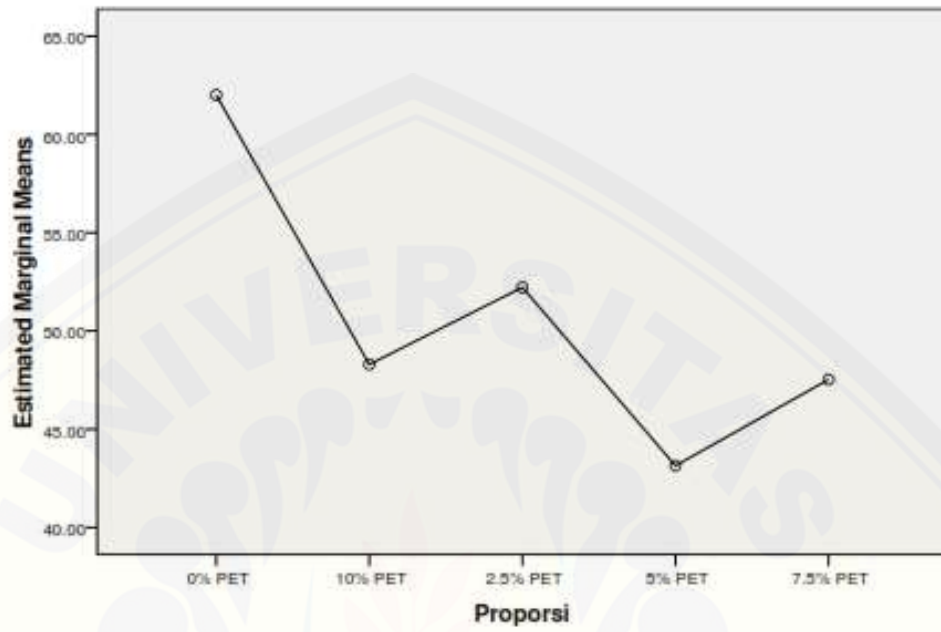
Proporsi	N	Subset		
		1	2	3
5% PET	6	43.1383		
7.5% PET	6	47.5250	47.5250	
10% PET	6	48.2933	48.2933	
2.5% PET	6		52.2167	
0% PET	6			62.0050
Sig.		.158	.198	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
Based on observed means.  
The error term is Mean Square(Error) = 33.698.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.
- b. Alpha = .05.

**Profile Plots**

Estimated Marginal Means of Kuat\_Tekan



G. Tabel Anova

df untuk penyebut (N2)	df untuk pembilang (N1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	189	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.40	19.41	19.42	19.42	19.43
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.28	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.96	3.96	3.94
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.46
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.22	2.20
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.28	2.25	2.22	2.20	2.18
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.24	2.20	2.18	2.15	2.13
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11
25	4.24	3.38	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.20	2.16	2.14	2.11	2.09
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.17	2.13	2.10	2.08	2.06
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.14	2.10	2.08	2.05	2.03
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01
31	4.16	3.30	2.91	2.68	2.52	2.41	2.32	2.25	2.20	2.15	2.11	2.08	2.05	2.03	2.00
32	4.15	3.29	2.90	2.67	2.51	2.40	2.31	2.24	2.19	2.14	2.10	2.07	2.04	2.01	1.99
33	4.14	3.28	2.89	2.66	2.50	2.39	2.30	2.23	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	2.00	1.98

