



**PENGARUH *CRUMB RUBBER* DAN SUPERPLASTICIZER
TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON**

SKRIPSI

oleh

Adam Savero

NIM 161910301077

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019



**PENGARUH *CRUMB RUBBER* DAN
SUPERPLASTICIZER TERHADAP SIFAT MEKANIK
BETON**

SKRIPSI

Disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat guna
mendapatkan gelar sarjana teknik S1 Teknik Jurusan Teknik
Sipil Fakultas Teknik

Universitas jember

oleh

Adam Savero

NIM 161910301077

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Orang tua tercinta Ibu Prantasi Harmi Tjahjanti dan Bapak Imam Buchori, yang selalu memberikan semangat serta doa dan semua pengorbanan yang tidak terhitung nilainya.
2. Kakak Anissa Syakina, dan adik Alem Savier yang selalu memberikan semangat.
3. Guru-guruku mulai dari taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi.
4. Teknik Sipil 2016 Biji Besi, yang tidak bosan bosannya mengingatkan dan memberi semangat, terimakasih atas rasa kekeluargaan, persaudaraan dan saling mengerti.
5. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

“Kandani cangkem gak kenek tangan sikil main”
(Adam Savero)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Adam Savero

NIM : 161910301077

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh *Crumb Rubber* dan *Superplasticizer* Terhadap Sifat Mekanik Beton” 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 penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Jember, 08 Januari 2020

Yang menyatakan,



Adam Savero

161910301077

SKRIPSI

**PENGARUH *CRUMB RUBBER* DAN *SUPERPLASTICIZER* TERHADAP
SIFAT MEKANIK BETON**

Oleh
Adam Savero
161910301077

Pembimbing
Dosen Pembimbing Utama : Dwi Nurtanto S.T.,M.T.
Dosen Pembimbing Anggota : Winda Tri Wahyuningtyas S.T.,M.T.

PENGESAHAN

Skripsi ini berjudul “Pengaruh *Crumb Rubber* dan *Superplasticizer* Terhadap Sifat Mekanik Beton” karya Adam Savero telah diuji dan disahkan pada :
hari, tanggal : 08 Januari 2020
tempat : Ruang Sidang Gedung A Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing:

Pembimbing Utama



Dwi Nurtanto, ST., M.T.
NIP. 197310151998021001

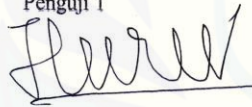
Pembimbing Anggota



Winda Triwahyuningtyas, ST., M.T.
NIP.

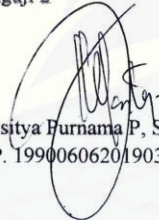
Tim Penguji:

Penguji 1



Dr. Ir. Krisnamurti, M.T.
NIP. 196612281999031002

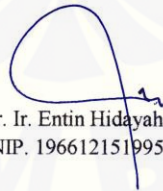
Penguji 2



Paksitya Furnama P., S.T., M.T.
NIP. 199006062019031022

Mengesahkan

Dekan,



Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.
NIP. 196612151995032001

RINGKASAN

Pengaruh *Crumb Rubber* dan *Superplasticizer* Terhadap Sifat Mekanik Beton; Adam Savero, 161910301077; 2020: 65 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Jumlah penduduk Indonesia pada 2019 diprediksi mencapai 266,91 juta jiwa. Hampir semua penduduk Indonesia mempunyai kendaraan bermotor. Hal ini berakibat pada peningkatan kebutuhan produksi ban di Indonesia. Penjualan ban di Indonesia mencapai 46 juta unit/tahun. Di Indonesia sendiri pemanfaatan ban karet masih sangat terbatas, hanya untuk tempat sampah, sandal, dan pelindung dermaga.

Tujuan pada penelitian ini untuk mengetahui sifat mekanik beton dengan campuran *crumb rubber* dan *superplasticizer* terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton, adapun tujuan lain penelitian ini adalah memberi masukan terhadap pihak terkait untuk mempertimbangkan pemanfaatan *crumb rubber* terhadap campuran beton.

Data primer pada penelitian ini diperoleh melalui percobaan di laboratorium, sedangkan data sekunder didapatkan dari studi pustaka terhadap penelitian sejenis. Benda uji dalam penelitian ini berbentuk silinder Ø 15 cm x 30 cm. Variasi komposisi campuran *crumb rubber* sebagai *filler* agregat halus adalah 2,5%, 7,5%, 12,5%, 17,5% dengan penggunaan *superplasticizer* 0,20%. Pengujian pada penelitian ini meliputi kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas beton.

Pengujian kuat tekan beton dengan campuran *crumb rubber* menunjukkan terjadinya penurunan kuat tekan lebih dari 50% dari beton normal yang campuran *crumb rubber* sebanyak 7,5%, 12,5%, dan 17,5%. Untuk pengujian kuat tarik belah penurunan lebih dari 50% dari beton normal yang campuran *crumb rubber* sebanyak 12,5% dan 17,5%. Untuk pengujian modulus elastisitas beton penurunan lebih dari 50% dari beton terjadi pada beton campuran *crumb rubber* sebanyak 2,5%, 7,5%, 12,5%, dan 17,5%. Terjadi *trend* penurunan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas setelah ditambahkan *crumb rubber* pada beton.

SUMMARY

Effect of Crumb Rubber and Superplasticizer on Concrete Mechanical Properties; Adam Savero, 161910301077; 2020: 65 pages; Department of Civil Engineering; the Faculty of Engineering; Jember University

Indonesia's population in 2019 is predicted to reach 266.91 million people, almost all Indonesian residents have motorized vehicles. This resulted in an increase in tire production needs in Indonesia. Tire sales in Indonesia reached 46 million units / year. In Indonesia, the use of rubber tires is still very limited, only for trash bins, sandals, and pier protectors.

The purpose of this study was to determine the mechanical properties of concrete with a mixture of crumb rubber and superplasticizer on compressive strength, tensile strength, and modulus of elasticity of concrete, The other purpose of this research is to provide input to related parties to consider the use of crumb rubber on concrete mixes.

Primary data in this study were obtained through experiments in the laboratory, while secondary data were obtained from literature studies of similar research. The specimens in this study were cylindrical \varnothing 15 cm x 30 cm. Variations in the composition of the crumb rubber mixture as a fine aggregate filler are 2.5%, 7.5%, 12.5%, 17.5% with the use of a 0.20% superplasticizer. Tests in this study include compressive strength, tensile strength, and modulus of elasticity of concrete.

Test the compressive strength of concrete with a mixture of crumb rubber showed a decrease in compressive strength of more than 50% of normal concrete with a mixture of crumb rubber as much as 7.5%, 12.5%, and 17.5%. For testing the tensile strength decreased by more than 50% of normal concrete mixed with crumb rubber as much as 12.5% and 17.5%. For the modulus of elasticity testing of concrete, a decrease of more than 50% of the concrete occurred in crumb rubber mixed concrete as much as 2.5%, 7.5%, 12.5%, and 17.5%. There is a decreasing trend in compressive strength, split tensile strength, and elastic modulus after adding crumb rubber to concrete.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh *Crumb Rubber* dan *Superplasticizer* Terhadap Sifat Mekanik Beton”. 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 terimakasih kepada :

1. Imam Buchori
2. Prantasi Harmi Tjahjanti
3. Bapak Dwi Nurtanto S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama, Ibu Winda Triwahyuningtyas S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota, Bapak Dr. Ir. Krisnamurti, M.T., selaku Dosen Penguji 1, dan Bapak Paksitya Purnama Putra S.T.,M.T., selaku Dosen Penguji 2 yang telah meluangkan waktu, pikiran, perhatian dan masukan dalam penulisan tugas akhir ini.
4. Teman – Teman warung kopi Buleck

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

Jember, 08 Januari 2020



Adam Savero
161910301077

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN COVER	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Teori Umum	4
2.1.1 <i>Crumb Rubber</i> (Serpihan Karet)	4
2.1.2 Kandungan Kimia Karet Ban (Vembrianto,2006)	4
2.2 Pengertian Beton	5
2.2.1 Jenis – Jenis Beton	5
2.3 Material Penyusun Beton	5

2.3.1	Semen Portland (PC).....	6
2.3.2	Agregat Halus.....	6
2.3.3	Agregat Kasar.....	7
2.3.4	<i>Superplasticizer</i>	8
2.4	Penelitian Terdahulu.....	9
2.5	Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	10
2.6	Menentukan Faktor Air Semen	12
2.6.1	Menentukan faktor air semen maksimum	13
2.6.2	Menentukan faktor air semen minimum	14
2.6.3	Menentukan perbandingan agregat halus dan agregat kasar	15
2.7	Kuat Tekan	16
2.8	Kuat Tarik Belah.....	18
2.9	Pengujian Modulus Elastisitas Beton.....	18
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1	Sumber Data Penelitian	20
3.2	Alat Dan Bahan Pengujian	20
3.3	Pengujian Material.....	21
3.4	Model Benda Uji.....	22
3.5	Campuran Beton (Mix design).....	23
3.6	Metode Pengujian Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah.....	24
3.7	Diagram Alir	25
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1	Hasil dan Analisa Pengujian Agregat Halus.....	28
4.1.1	Analisa Saringan	28
4.1.2	Berat Volume	30
4.1.3	Berat Jenis	31
4.1.4	Kelembaban.....	31
4.1.5	Air Resapan.....	32
4.1.6	Kadar Lumpur	32
4.2	Hasil dan Analisa Pengujian Agregat Kasar	33
4.2.1	Berat Volume	33

4.2.2	Berat Jenis.....	34
4.2.3	Kelembaban.....	34
4.2.4	Air Resapan.....	35
4.2.5	Kadar Lumpur.....	36
4.2.6	Analisa Saringan.....	36
4.3	Hasil dan Analisa Pengujian Crumb Rubber.....	38
4.3.1	Analisa Saringan.....	38
4.4	Rancangan Kebutuhan Pembuatan Beton.....	40
4.4.1	<i>Mix Design</i> Beton.....	40
4.4.2	Kebutuhan Bahan.....	43
4.5	Pengujian Nilai <i>Slump</i>.....	46
4.6	Hasil Kuat Tekan.....	48
4.7	Hasil Kuat Tarik Belah.....	52
4.8	Modulus Elastisitas Beton.....	55
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1	Kesimpulan.....	58
5.2	Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Crumb Rubber</i>	4
Gambar 2.2 Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen beton slinder.....	12
Gambar 2.3 Grafik persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm.....	15
Gambar 3.1 Model benda uji silinder beton.....	20
Gambar 3.2 Benda Uji dan Perletakannya	23
Gambar 4.1 Batas gradasi agregat halus	27
Gambar 4.2 Batas gradasi kerikil ukuran maksimum 20 mm.....	35
Gambar 4.3 Batas Gradasi <i>Crumb Rubber</i>	37
Gambar 4.4 Pengujian <i>Slump</i>	44
Gambar 4.5 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	46
Gambar 4.6 Grafik Kuat Tekan Beton	48
Gambar 4.7 Pengujian kuat tarik belah beton	50
Gambar 4.8 Nilai Kuat Tarik Belah	52
Gambar 4.9 Pengujian Modulus Elastisitas Beton	54
Gambar 4.10. Grafik Pengujian Modulus Elastisitas Persentase 12,5%	54

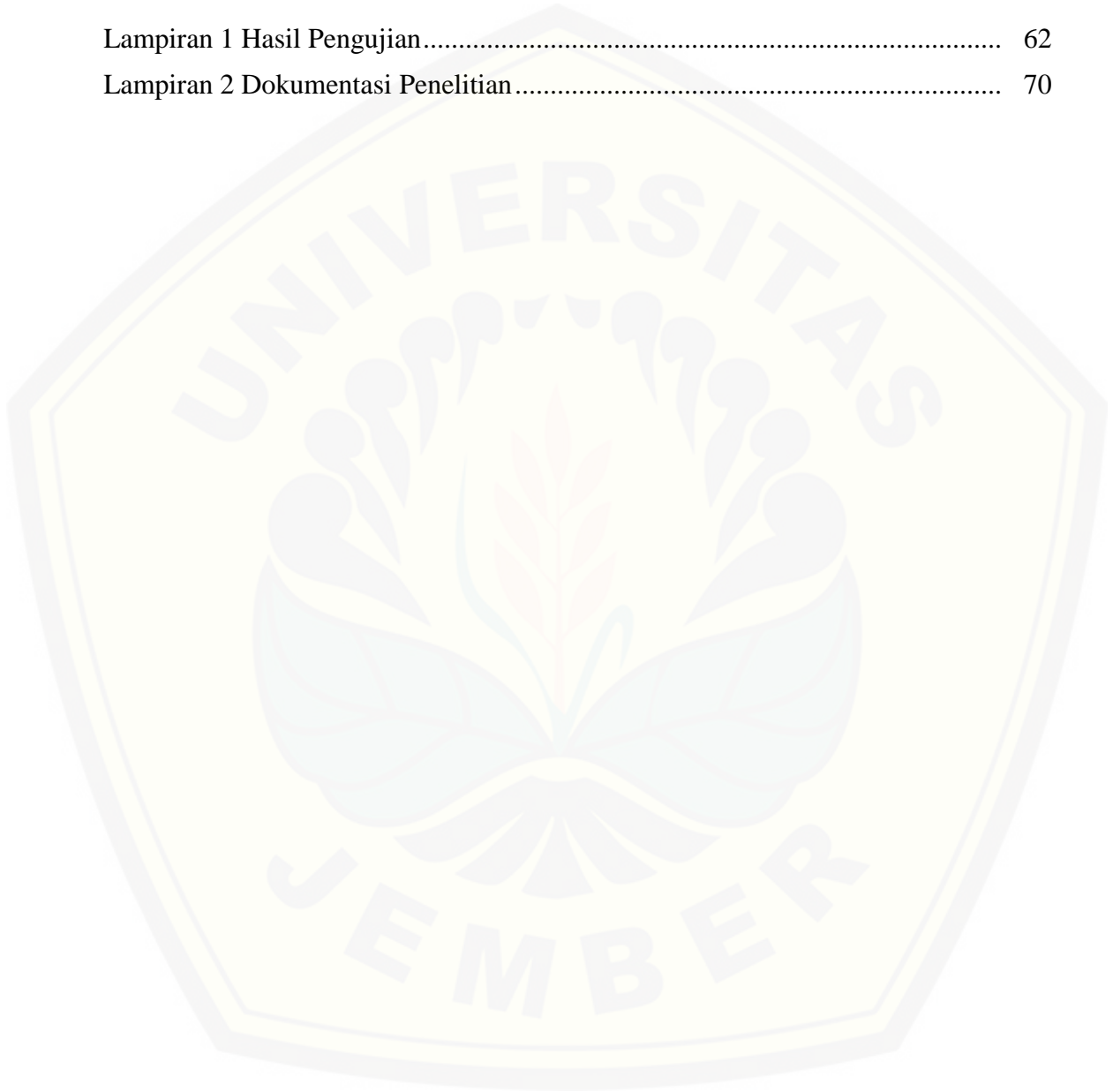
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan kimia karet ban (Vembrianto,2006).....	5
Tabel 2.2 Jenis – Jenis Beton	5
Tabel 2.3 Jenis-jenis semen portland	6
Tabel 2.4 Batas gradasi agregat halus	7
Tabel 2.5 Nilai Deviasi Standar	11
Tabel 2.6 Perkiraan kekuatan (Mpa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia.....	13
Tabel 2.7 perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton	13
Tabel 2.8 persyaratan faktor air semen maksimum untuk berbagai macam pementan dalam lingkungan khusus	14
Tabel 2.9 standar deviasi untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan..	17
Tabel 3.1 Perhitungan jumlah benda uji beton untuk kuat tekan	21
Tabel 3.2 Perhitungan jumlah benda uji beton untuk kuat tarik belah.....	22
Tabel 3.3 Perhitungan jumlah benda uji beton untuk modulus elastisitas	22
Tabel 4.1 Batas gradasi agregat halus	26
Tabel 4.2 Hasil Analisa Saringan Agregat Halus.....	27
Tabel 4.3 Hasil pengujian berat volume agregat halus	28
Tabel 4.4 Hasil pengujian berat jenis agregat halus.....	29
Tabel 4.5 Hasil pengujian kelembaban agregat halus.....	30
Tabel 4.6 Hasil pengujian kelembaban agregat halus.....	30
Tabel 4.7 Hasil pengujian kadar lumpur agregat halus.....	31
Tabel 4.8 Hasil pengujian berat volume agregat kasar	31
Tabel 4.9 Hasil pengujian berat jenis agregat kasar.....	32
Tabel 4.10 Hasil pengujian kelembaban agregat kasar	33
Tabel 4.11 Hasil pengujian air resapan agregat kasar.....	33
Tabel 4.12 Batas gradasi agregat kasar	34
Tabel 4.13 Batas gradasi agregat kasar	34

Tabel 4.14 Hasil analisa saringan agregat kasar	35
Tabel 4.15 Batas gradasi agregat halus	36
Tabel 4.16 Hasil Analisa Saringan <i>Crumb Rubber</i>	37
Tabel 4.17 <i>Mix Design</i>	41
Tabel 4.18 Perhitungan proporsi bahan per m ³	42
Tabel 4.19 Proporsi bahan <i>Crumb Rubber</i> 0% (silinder Ø 15 h 30).....	42
Tabel 4.20 Proporsi bahan <i>Crumb Rubber</i> 2,5% (silinder Ø 15 h 30).....	42
Tabel 4.21 Proporsi bahan <i>Crumb Rubber</i> 7,5% (silinder Ø 15 h 30).....	43
Tabel 4.22 Proporsi bahan <i>Crumb Rubber</i> 12,5% (silinder Ø 15 h 30).....	43
Tabel 4.23 Proporsi bahan <i>Crumb Rubber</i> 17,5% (silinder Ø 15 h 30).....	43
Tabel 4.24 Hasil Pengujian Nilai <i>Slump</i>	44
Tabel 4.25 <i>Mix Design</i> Campuran 17,5% <i>Crumb Rubber</i>	45
Tabel 4.26 Hasil Uji Kuat Tekan Beton.....	46
Tabel 4.27 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	49
Tabel 4.28 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton 0%.	50
Tabel 4.29 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton 2,5%.	51
Tabel 4.30 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton 7,5%.	51
Tabel 4.31 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton 12,5%.	51
Tabel 4.32 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton 17,5%.	52
Tabel 4.33 Hasil Uji Modulus Elastisitas Beton.	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian.....	62
Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian.....	70



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah penduduk Indonesia pada 2019 diproyeksikan mencapai 266,91 juta jiwa hampir semua penduduk Indonesia mempunyai kendaraan bermotor. Hal ini berakibat pada kebutuhan produksi ban di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun sejalan dengan peningkatan penjualan ban. Pada tahun 2006 penjualan ban mencapai 40,01 juta unit/tahun, tahun 2007 mencapai 42,32 juta unit/tahun, tahun 2008 mencapai 42,82 juta unit/tahun, tahun 2009 mencapai 39,19 juta unit/tahun, tahun 2010 mencapai 49,60 juta unit/tahun, tahun 2011 mencapai 54,41 juta unit/tahun, dan tahun 2012 mencapai 59,85 juta unit/tahun, sehingga rata-rata penjualan ban mencapai 46 juta unit/tahun (*Asosiasi Pengusaha Ban Indonesia*).

Di Indonesia sendiri pemanfaatan ban karet masih sangat terbatas, hanya untuk tempat sampah, sandal, dan pelindung dermaga. Ban karet sendiri memiliki modulus elastisitas 0,77 – 1,33 Mpa, dan memiliki *density* yang rendah yaitu berkisar antara 1,08 – 1,27 t/m³. Selain itu dengan penambahan limbah karet roda ban dapat memperbaiki mutu tersebut yaitu: Ketahanan impact yang lebih baik, peningkatan kuat tarik belah, kemampuan beton untuk meredam gelombang getaran, menurunkan sifat penghantar panas/suara, dan menambah ketahanan terhadap bahan agresif (*Frankowski, 1994, dalam Huynh, 1997*).

Dari penjelasan diatas maka perlu di cari cara untuk mengurangi jumlah limbah ban bekas. Ada dua cara sebetulnya untuk menangani masalah tersebut dengan mendaur ulang atau menggunakan kembali limbah ban bekas (*Shulan Zao, 2009*). (*Ahmad Aki Muhaimin, 2015*) pernah meneliti perilaku mekanik beton dengan *crumb rubber* (serpihan karet). Penggunaan *crumb rubber* sebagai substitusi agregat halus dalam campuran beton dapat membantu mengurangi jumlah limbah bekas yang ada di lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan diatas sebagai berikut:

1. Bagaimana proporsi beton campuran crumb rubber dengan *persentase* 0%, 2,5%, 7,5%, 12,5%, dan 17,5%?
2. Bagaimana hasil kuat tekan beton yang didapatkan dengan campuran crumb rubber selama 7, 14, 28 hari?
3. Bagaimana hasil kuat tarik belah beton yang didapatkan dengan campuran crumb rubber sebesar 0%, 2,5%, 7,5%, 12,5%, dan 17,5% ?
4. Bagaimana hasil modulus elastisitas beton yang didapatkan dengan campuran crumb rubber sebesar 0%, 2,5%, 7,5%, 12,5%, dan 17,5%?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari pengujian ini adalah:

1. Untuk mengetahui proporsi beton campuran *crumb rubber* dengan *persentase* 0%, 2,5%, 7,5%, 12,5%, dan 17,5%.
2. Untuk mengetahui hasil nilai kuat tekan beton dengan campuran *crumb rubber* selama 7, 14, 28 hari.
3. Untuk mengetahui hasil nilai kuat tarik belah beton dengan campuran *crumb rubber* sebesar 0%, 2,5%, 7,5%, 12,5%, dan 17,5%.
4. Untuk mengetahui hasil nilai modulus elastisitas beton dengan campuran *crumb rubber* sebesar 0%, 2,5%, 7,5%, 12,5%, dan 17,5%.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari pengujian ini adalah:

1. Penelitian dan pembaca dapat mengetahui pengaruh *crumb rubber* dan *superplasticizer* terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas pada beton.
2. Diharapkan pada penelitian ini berguna sebagai masukan terhadap pihak terkait untuk mempertimbangkan pemanfaatan *crumb rubber* untuk campuran beton.

1.5 Batasan Masalah

Batasan Masalahnya adalah:

1. Persentase *Crumb Rubber* yang dipakai adalah 0%, 2,5%, 7,5%, 12,5%, dan 17,5%.
2. Tidak meneliti mikrostruktur pada beton dengan campuran *Crumb Rubber* dan *Superplasticizer*.
3. Uji kuat tekan menggunakan SNI 03-1974-2011.
4. Uji kuat tarik menggunakan SNI-4431-2011.
5. Pengujian kuat tarik belah (*fct*) beton dengan campuran *crumb rubber* pada usia 28 hari.
6. Jenis semen yang digunakan PPC *type I* merek Holcim.
7. Umur pengujian kuat tekan beton selama 7, 14, 28 hari.
8. Benda uji beton berbentuk silinder ukuran 15 x 30 cm.
9. Agregat kasar berupa kerikil yang berasal dari Panti, Jember.
10. Agregat halus berupa pasir yang berasal dari Pasirian, Lumajang.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Umum

2.1.1 *Crumb Rubber* (Serpihan Karet)

Crumb Rubber adalah Karet ban jenis olahan karet yang terdiri dari karet alam, karet sintetis, kawat, dan karbon hitam bersama dengan senyawa kimia lain. Sifat bahan ini sangatlah lentur, fleksibel, dan mempunyai daya tahan pergeseran yang tinggi (Bujang B.K.Huat,2004).



Gambar 2.1 *Crumb Rubber*

(sumber : <https://www.roguefitness.com/55lb-bulk-crumb-rubber>)

2.1.2 Kandungan Kimia Karet Ban (Vembrianto,2006)

Untuk komposisi kimia yang berada di ban yang ada di negara Indonesia dapat dilihat di tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan kimia karet ban (Vembrianto,2006)

No	Jenis Pemeriksaan	Jumlah Bahan
1	Kadar Natural Karet	25%
2	Kadar Butadin Karet	15%
3	Kadar Butil Karet	5%
4	Kadar Karbon Hitam	35%
5	Kadar Zn O	4%
6	Kadar Oil/Nepthenic/Aromatic	4%
7	Kadar Kotoran/Kaolin/Debu Kalsium	12%

Sumber : Vembriant, 2006

2.2 Pengertian Beton

Menurut SNI 03-2834-2000, Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat.

2.2.1 Jenis – Jenis Beton

Tabel 2.2 Jenis – Jenis Beton

Jenis Beton	Kuat Tekan (Mpa)
Beton sederhana	Sampai 10 Mpa
Beton normal	15-30 Mpa
Beton pra tegang	30-40 Mpa'
Beton kuat tekan tinggi	40-80 Mpa
Beton kuat tekan sangat tinggi	>80 Mpa

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.3 Material Penyusun Beton

Pemilihan bahan material dalam pembuatan beton yang mempunyai kualitas baik, perhitungan campuran yang tepat, dan perawatan yang baik serta tambahan bahan dapat menentukan kualitas beton yang dihasilkan (Rofiqi,2015).

2.3.1 Semen Portland (PC)

Semen Portland adalah perekat hidrolis yang dibuat dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari bahan utama silikat-silikat kalsium dan bahan tambahan batu gypsum dimana senyawa-senyawa tersebut dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat baru bersifat perekat pada bebatuan. Berdasarkan SNI 15-2049-2004 semen portland dibagi menjadi 5 tipe.

Tabel 2.3 Jenis-jenis semen portland

Jenis Semen	Karakteristik Umum
Tipe I	Semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus.
Tipe II	Semen Portland yang penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi.
Tipe III	Semen Portland yang penggunaannya memerlukan persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan
Tipe IV	Semen Portland yang penggunaannya menuntut panas hidrasi rendah
Tipe V	Semen Portland yang penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat

Sumber : SNI 15-2049-2004

2.3.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam atau disintegrasi alam dengan diameter minimum 0,075 mm dan maksimum 5 mm, yang mempunyai susunan butiran yang bervariasi (Rofiqi, 2015). Agregat halus mempunyai kadar bagian yang ukurannya lebih kecil dari 0,063 mm tidak lebih dari 5% (Departemen Pekerjaan Umum, 1982).

Analisa saringan agregat halus kekasaran pasir dibagi menjadi 4 zona berdasarkan gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar

Tabel 2.4 Batas gradasi agregat halus

Nomor	Lubang Ayakan (mm)	Persen berat yang lewat ayakan			
		1	2	3	4
4	4,76	90-100	90-100	90-100	95-100
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	34-59	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

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.3.3 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri dengan ukuran minimal 5 mm dan maksimal 40 mm (SK SNI T-15-1991-03).

Syarat mutu agregat kasar yang ditetapkan menurut DPU tahun 1982 sebagai berikut.

a. Syarat Fisik

1. Ukuran maksimum agregat kasar tidak boleh lebih dari $1/5$, dan tebal pelat maksimum $1/3$ atau $3/4$ minimum jarak bersih dari tulangan.
2. Dengan menggunakan alat bejana rudellof tembus ayakan 2 mm dan tidak diperbolehkan hancur terhadap bagian lebih dari 16%.
3. Tidak diperbolehkan lebih dari 27% bagian yang hancur menggunakan mesin *Los Angeles*.
4. Agregat kasar pada pengujian kadar lumpur tidak diperbolehkan lebih dari 1%.
5. Pada beton mutu tinggi maksimum 20% untuk panjang dan pipih.

b. Syarat Kimia

1. Kekal terhadap Na_2SO_4 bagian yang hancur maksimal 12% berat.
2. Kemampuan bereaksi terhadap alkali harus negatif sehingga tidak berbahaya.

2.3.4 *Superplasticizer*

Superplasticizer adalah bahan tambah (*admixture*). *Admixture* adalah bahan selain semen, agregat, dan air yang ditambahkan pada campuran beton, sebelum atau selama pengadukan beton untuk mengubah sifat beton sesuai dengan keinginan perencana. *Superplasticizer* juga mempunyai pengaruh yang besar dalam meningkatkan *workability*, *superplasticizer* merupakan sarana untuk menghasilkan beton yang mengalir tanpa terjadi pemisahan (*segregasi/bleeding*) yang umumnya terjadi pada beton dengan jumlah air yang besar sehingga berguna untuk cetakan beton di tempat-tempat yang sulit seperti tempat pada penulangan yang rapat (Ria Utami, 2017). Menurut ASTM C494-82, dikenal 7 jenis *admixture* sebagai berikut:

1. Tipe A : *Water Reducer (WR)* atau *plasticizer*, bahan kimia tambahan untuk mengurangi jumlah air yang digunakan. Dengan pemakaian bahan ini diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen yang sama.
2. Tipe B : *Retarder*, Bahan kimia untuk memperlambat proses ikatan beton. Bahan ini diperlukan apabila dibutuhkan waktu yang cukup lama antara pencampuran beton dengan penuangan adukan.
3. Tipe C : *Accelerator*, bahan kimia untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini yang digunakan jika penuangan adukan dilakukan dibawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan pengerasan segera.
4. Tipe D : *Water Reducer Retarder (WRR)*, mempunyai kegunaan mengurangi air dari rencana awal tanpa tambahan tipe D dan berguna untuk memperlambat proses ikatan pada saat pembuatan beton didalam *mixer*.

5. Tipe E : *Water Reducer Accelerator (WRA)*, mempunyai kegunaan mengurangi air dari rencana awal tambahan tipe E dan berguna untuk mempercepat proses ikatan pada saat pembuatan beton didalam *mixer*.
6. Tipe F : *High Range Water Reducer*, bahan kimia ini mempunyai kegunaan mengurangi air sampai 12% dari rencana awal tanpa tambahan bahan tipe F.
7. Tipe G : *High Range Water Reducer*, bahan kimia ini mempunyai dua kegunaan yang pertama untuk mengurangi air dari rencana awal tanpa tambahan bahan tipe G dan yang kedua untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.

2.4 Penelitian Terdahulu

Sejak ditemukan *Crumb Rubber* yang bisa dicampurkan kedalam *mix design* beton sebagai substitusi agregat halus, berikut penelitian terdahulu tentang beton campuran *Crumb Rubber*.

1. (Perilaku Mekanik Beton Dengan *Crumb Rubber*, 2015) oleh Ahmad Aki Muhaimin. Dari penelitian ini didapatkan substitusi *Crumb Rubber* lebih dari 20% menurunkan kuat tekan beton pada umur ke 14 hari dan 28 hari.
2. (Pengujian Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Dengan Campuran Limbah Karet Remah Ban Bekas, 2019) oleh Dedi Septiawan. Dari penelitian ini didapatkan penurunan kuat tekan pada campuran 5% sebesar 20,42% terhadap beton normal, campuran 10% mengalami penurunan sebesar 36,3%, dan yang terakhir dengan campuran 15% penurunan mengalami tingkat yang paling besar yaitu 45,7% dari beton normal. Sedangkan untuk kuat lentur, pada campuran 5%, terdapat kenaikan sebesar 10.36% terhadap beton normal. Campuran 10% mengalami kenaikan sebesar 20.72%. Terakhir, campuran 15% hanya meningkat sebesar 3.6% dari beton normal.

3. (Penggunaan Serutan Karet Ban Bekas Untuk Campuran Beton, 2006) oleh Iman Satryarno. Dari penelitian ini didapatkan yaitu Berat satuan, kuat tekan, modulus elastis dan kuat lentur beton menurun sehubungan dengan penambahan kandungan serutan karet kedalam adukan, namun beton lebih daktail terhadap tekan. Setelah itu ada lagi hasilnya yaitu untuk memperoleh beton ringan dengan berat lebih kecil dari 1800 kg/m^3 , perlu penambahan serutan karet lebih besar dari 40%.

2.5 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Dalam pembuatan perencanaan campuran beton menggunakan standar yang ada di Indonesia yaitu SK.SNI.T-15-1990-03 dan SNI 03-2834-2000 untuk perencanaan campuran beton menggunakan agregat halus gabungan. Standar perencanaan campuran beton tersebut merupakan hasil dari adopsi perencanaan campuran beton DOE (Departement Of Environment). Adapun langkah – langkah pembuatan rencana campuran beton menurut SK.SNI.T-15-1990-03 dan SNI 03-2834-2000.

1. Menentukan kuat tekan beton yang disyaratkan (f_c') lebih rendah hanya sebesar 5% saja.
2. Penetapan Nilai Deviasi Standar (s)

Berdasarkan singkat mutu nilai deviasi standar dalam pelaksanaan pembuatan beton. Jika jumlah data pengujian kurang dari 30 benda uji, dilakukan koreksi terhadap standar dengan suatu faktor perkalian seperti tabel dibawah ini. Penentuan lapisan batuan diperoleh dari hasil setiap titik nilai tahanan jenisnya sehingga dapat ditentukan litologi dalam setiap lapisan yang sebenarnya dapat ditentukan dengan melihat tabel harga tahanan jenis spesifik batuan. Menurut Telford (1998), Tahanan jenis merupakan parameter penting untuk menentukan keadaan fisis bawah permukaan yang disosialisasikan dengan material dan kondisi bawah permukaan. Harga-harga tahanan spesifik batuan banyak cukup dikeluarkan oleh beberapa instalasi, namun harga tersebut hanya bersifat melengkapi. Jika pelaksanaan tidak mempunyai catatan atau pengalaman hasil

pengujian beton pada masa lalu yang memenuhi persyaratan tersebut (termasuk data hasil pengujian kurang dari 15 buah) nilai margin dapat langsung diambil 12 Mpa. Untuk memberikan gambaran bagaimana cara menilai tingkat pengendalian mutu pekerjaan beton, adapun acuan seperti tabel dibawah ini.

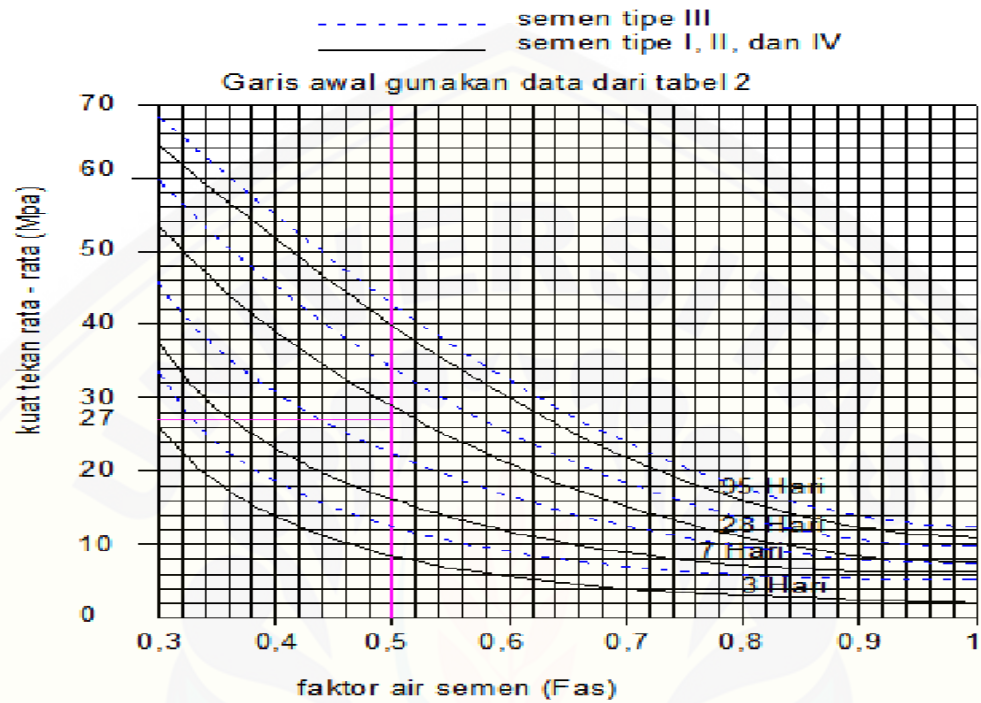
Tabel 2.5 Nilai Deviasi Standar

Tingkat pengendalian mutu pekerjaan	SD (Mpa)
Air Pemasukan	2,8
Air Tanah	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.6 Menentukan Faktor Air Semen

Dalam menentukan FAS (faktor air semen) digunakan grafik sebagai berikut:



Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 2.2 Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen beton silinder.

2.6.1 Menentukan faktor air semen maksimum

Tabel 2.6 Perkiraan kekuatan (Mpa) beton dengan faktor air semen dan agregat kasar yang biasa dipakai di Indonesia

Jenis Semen	Jenis Agregat	Kekuatan Tekan (Mpa)				Bentuk Uji
		Umur				
	Kasar	3	7	28	29	
Semen Portland Tipe I	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	

Sumber : SNI 03-2834-2000

Tabel 2.7 perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton

Ukuran besar butir agregat Maksimum	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
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

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.6.2 Menentukan faktor air semen minimum

Kerusakan beton akibat lingkungan dapat dihindari dengan menentukan kebutuhan semen minimum, yang disajikan pada tabel 2.8.

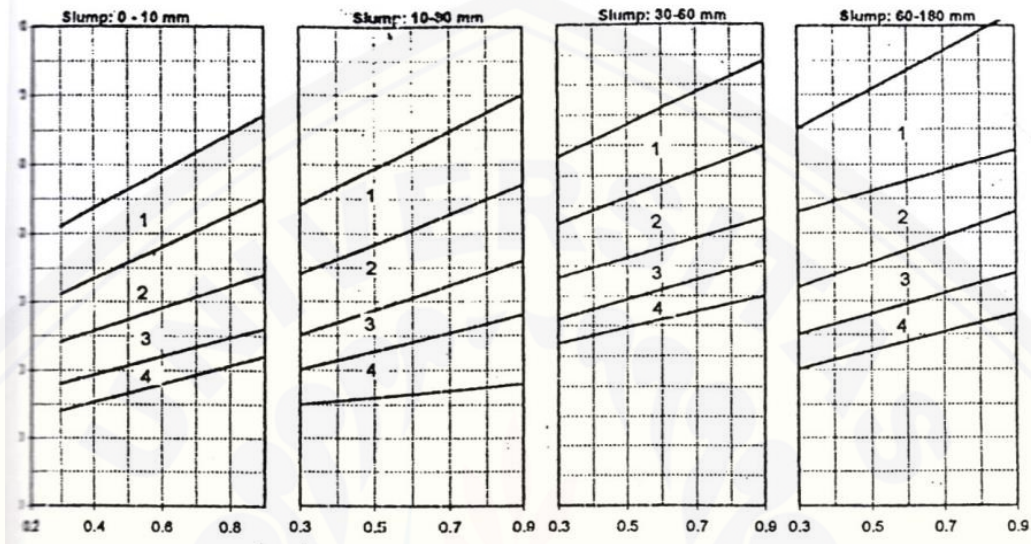
Tabel 2.8 persyaratan fas maksimum pada beton dalam lingkungan khusus

Lokasi	Jumlah semen minimum per m ³ beton (Kg)	Nilai Faktor Air semen maksimum
Beton di dalam ruangan bangunan:		
a. Keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,60
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	325	0,60

Sumber : SNI 03-2834-2000

2.6.3 Menentukan perbandingan agregat halus dan agregat kasar

Dalam menentukan perbandingan agregat halus dan kasarnya, maka dapat digunakan grafik berikut.



Sumber : SNI 03-2834-2000

Gambar 2.3 Grafik persen pasir terhadap kadar total agregat yang dianjurkan untuk ukuran butir maksimum 20 mm

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus :

$$Bj \text{ camp} = \frac{P}{100} \times bj \text{ agg hls} + \frac{K}{100} \times bj \text{ agg ksr} \dots\dots\dots 2.5$$

Keterangan :

Bj camp = Berat jenis agregat campuran

Bj agg hls = Berat jenis agregat halus

Bj 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.

2.7 Kuat Tekan

Kontrol kualitas memiliki tujuan untuk melihat bahwa pekerjaan itu sesuai atau memenuhi persyaratan seperti yang telah disyaratkan oleh peraturan. Kualitas beton harus dipertimbangkan dalam hubungannya dengan kualitas yang dituntut untuk pekerjaan konstruksi. Kontrol kualitas beton biasanya menggunakan metode statistika, seperti :

1. Rata-rata

Adalah jumlah nilai suatu data dalam kelompok dibagi dengan banyaknya data.

Nilai rata rata dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$\text{Kuat tekan rata-rata } (f_c'm) = \frac{\sum f c'}{n} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan : f_c' = kuat tekan (kg/cm²)

n = jumlah benda uji

a. Standar Deviasi (S_d)

Apabila sejumlah benda uji diperiksa kekuatannya, maka hasilnya akan menyebar sekitar suatu nilai rata-rata tertentu. Penyebaran ini tergantung pada tingkat kesempurnaan dari pelaksanaannya. Ukuran dari besar kecilnya penyebaran disebut standar deviasi. Untuk menghitung standar deviasi digunakan persamaan berikut :

$$\text{Standar Deviasi } (S_d) = \sqrt{\frac{\sum (f c' - f c'm)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan : f_c' = kuat tekan (kg/cm²)

$f_c'm$ = kuat tekan rata-rata (kg/cm²)

n = jumlah benda uji

Menurut DoE nilai standar deviasi dengan berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.9 Standar deviasi untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan.

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

2. Variasi

Bahan beton mempunyai sifat fisik dan mekanik yang bervariasi, diperoleh dengan persamaan menurut SK SNI T - 15 - 1990 - 03.

$$\text{Variasi (V)} = \frac{Sd}{f'_{cm}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan : f'_{cm} = kuat tekan rata-rata (kg/cm²)

Sd = standar deviasi (kg/cm²)

Nilai variasi kurang dari 10% mendapatkan mutu sangat baik, nilai variasi 10% sampai 15% mendapatkan mutu baik, nilai variasi 15% sampai 20% mendapatkan mutu cukup baik, dan nilai variasi 20% mendapatkan mutu kurang baik.

2.8 Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah adalah kemampuan beton menahan retak akibat perubahan suhu, kadar air, dan pembebanan. Pengujian kuat tarik belah beton menggunakan benda uji silinder 15 cm x 30 cm.

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi l d}$$

keterangan :

f_{ct} = Kuat tarik belah beton (Mpa)

P = Beban maksimum (N)

l = Tinggi silinder beton (mm)

d = Diameter silinder beton (mm)

2.9 Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Menurut ASTM C 496-94 modulus elastisitas adalah rasio dari tegangan normal tarik atau tekan terhadap regangan yang dilakukan pengujian di laboratorium. Berikut ini rumus untuk menemukan nilai modulus elastisitas beton.

$$E_c = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana :

E_c = Modulus elastisitas beton (Mpa)

σ_2 = Tegangan pada 40 % tegangan runtuh (Mpa)

σ_1 = Tegangan pada nilai kurva regangan ε_1 (Mpa)

ε_2 = Nilai kurva regangan yang terjadi pada σ_2

ε_1 = Regangan sebesar 0,00005

Sesuai dengan SK SNI T-15-1991-03 digunakan rumus modulus elastisitas beton dengan memperhitungkan unsur berat isi beton, untuk W_c diantara 1440 dan 2560 kg/m³ rumus yang digunakan adalah :

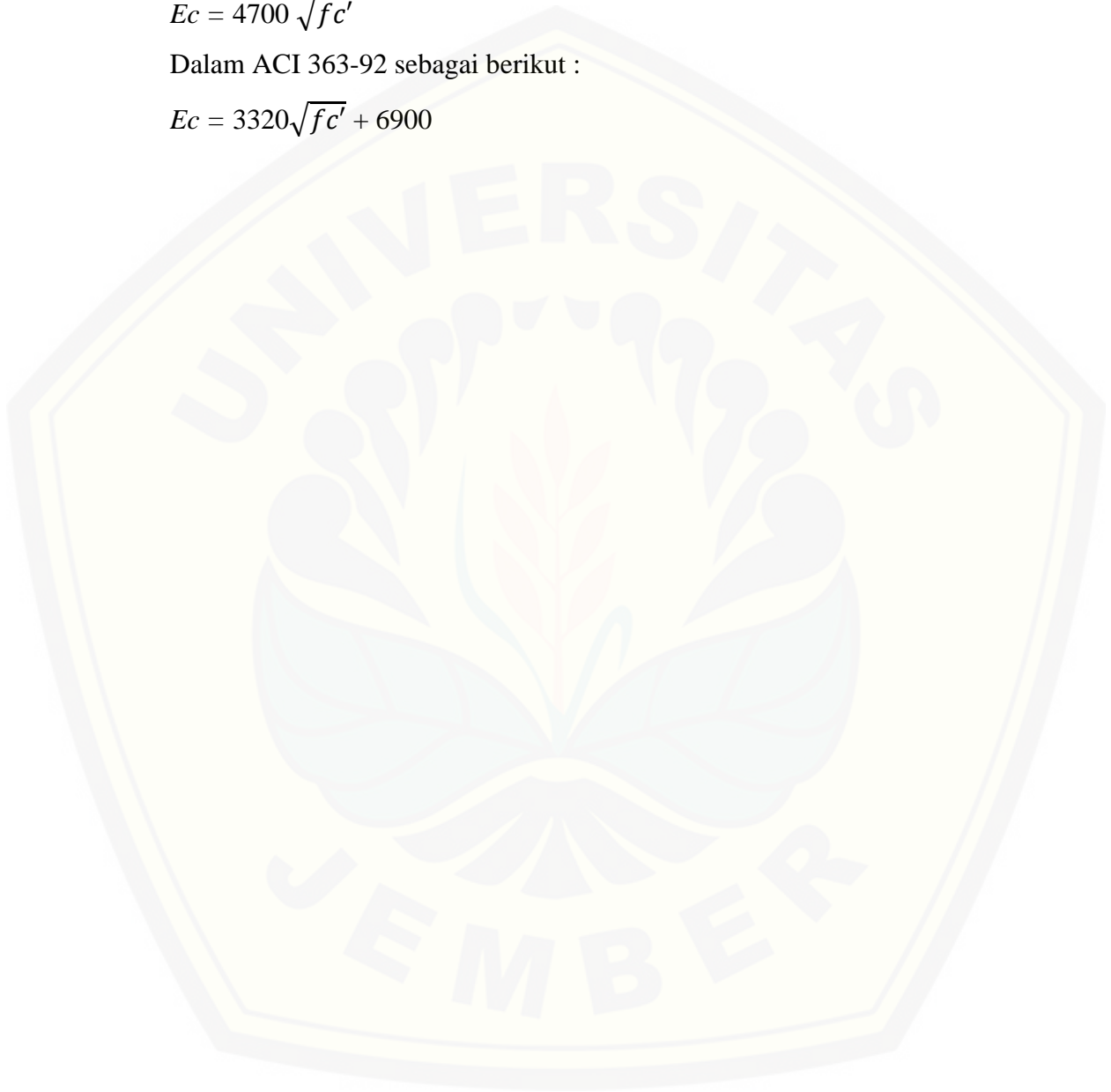
$$E_c = (W_c)^{1,5} \times 0.043 \sqrt{f_c'}$$

Sedang untuk beton normal adalah :

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$$

Dalam ACI 363-92 sebagai berikut :

$$E_c = 3320\sqrt{f_c'} + 6900$$



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data Penelitian

Untuk penelitian ini, peneliti mendapatkan data primer melalui percobaan di laboratorium. Sedangkan data sekunder didapatkan melalui hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh orang lain.

3.2 Alat Dan Bahan Pengujian

1. Dalam penelitian ini akan ada beberapa alat dalam melaksanakan penelitian antara lain:
 - a. Bekisting.
Bekisting silinder dengan ukuran 150 mm dan tinggi 300 mm yang akan digunakan untuk penelitian ini.
 - b. Satu set alat pengujian slump.
Peralatan untuk menguji slump sesuai dengan persyaratan SNI 03-1972-1990.
 - c. Perojok besi.
Peralatan perojok besi dengan diameter 10 mm – 16 mm dan panjang 610 mm.
 - d. Mesin molen $\frac{1}{2}$ m³
Mesin molen dibuat untuk mengaduk campuran bahan pengisi beton.
 - e. Loyang.
Peralatan ini digunakan untuk tempat agregat kasar, agregat halus, dan semen saat waktu pengujian material.
 - f. Mesin uji kuat tekan (*Compressive Strength*).
Compressive strength adalah alat untuk uji menguji kuat tekan beton.
 - g. Mesin uji kuat tarik (*Universal Testing Machine*).
Universal Testing Machine adalah alat untuk uji kuat tarik beton.

2. Dalam penelitian ini akan ada beberapa Bahan dalam melaksanakan penelitian antara lain:
 - a. Bahan Adiktif
Bahan adiktif yang digunakan pada penelitian ini adalah *Superplasticizer type D*.
 - b. Semen
Semen yang digunakan pada penelitian ini adalah semen PCC merk Holcim type I.
 - c. Agregat halus (pasir)
Agregat halus yang digunakan adalah pasir Lumajang.
 - d. Agregat kasar (kerikil)
Kerikil yang dijadikan sebagai agregat kasar adalah kerikil jenis batu pecah dengan ukuran 10-20 mm
 - e. Air
Air yang digunakan dalam campuran pembuatan beton merupakan air sumur sebagaimana air pada umumnya.
 - f. *Crumb Rubber*
Crumb Rubber yang digunakan dalam penelitian ini berdimensi yang lolos ayakan No.4, bertahan didalam tempat saringan No.100, mempunyai tebal bentuk 0,015 cm, dan mempunyai dimensi panjang 2,5 cm – 10 cm.

3.3 Pengujian Material

Pengujian material bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari material tersebut yang akan dijadikan bahan pembuatan beton. Pada pengujian ini material yang akan dilakukan :

1. Pengujian Semen Meliputi :
 - a. Berat volume semen
 - b. Berat jenis semen

2. Pengujian Agregat Kasar Meliputi :

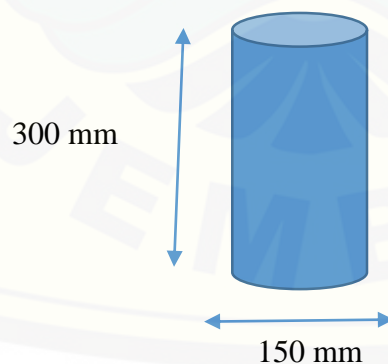
- a. Berat Volume Kerikil
- b. Berat Jenis Kerikil
- c. Kelembaban Kerikil
- d. Air Resapan Kerikil
- e. Kadar Lumpur Kerikil
- f. Analisa Saringan Kerikil

3. Pengujian Agregat Halus Meliputi :

- a. Berat Volume Agregat Halus
- b. Berat Jenis Agregat Halus
- c. Kelembaban Agregat Halus
- d. Air Resapan Agregat Halus
- e. Kadar Lumpur Agregat Halus
- f. Analisa Saringan Agregat Halus

3.4 Model Benda Uji

Untuk penelitian ini digunakan bentuk benda uji yang disajikan dibawah ini:



Gambar 3.1 Model benda uji silinder beton

- a) Penelitian ini digunakan bekisting berbentuk silinder berukuran 15 cm x 30 cm.

$$\text{Rumus: } f_c' = P / A$$

Keterangan:

f_c' = kuat tekan beton (kg/cm^2)

P = beban maksimum (N)

A = luas penampang (mm^2)

Mengacu pada standar SNI 03-1974-1990

MPa = Mega Pascal ; 1 MPa = 1 N/mm² = 10 kg/cm².

3.5 Campuran Beton (Mix design)

Tahapan berikutnya adalah menentukan campuran beton, dalam penelitian ini menggunakan *mix design* SNI 03-2834-2000 yang direncanakan memiliki mutu f_c' 25 Mpa. Berikut ini mix desain yang dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.1 Perhitungan Jumlah Benda Uji Beton Pengujian Kuat Tekan

Kode Sampel	Campuran Agregat Halus		Jumlah Benda Uji (umur)		
	Pasir Lumajang	Crumb Rubber	7	14	28
PL 100%	100%	0%	3	3	3
PL 97,5% CR 2,5%	97,5%	2,5%	3	3	3
PL 92,5% CR 7,5%	92%	7,5%	3	3	3
PL 87,5% CR 12,5%	87,5%	12,5%	3	3	3
PL 82,5% CR 17,5%	82,5%	17,5%	3	3	3

Tabel 3.2 Perhitungan Jumlah Benda Uji Beton Pengujian Kuat Tarik Belah

Kode Sampel	Campuran Agregat Halus		Jumlah Benda Uji (umur)
	Pasir Lumajang	Crumb Rubber	28
PL 100%	100%	0%	3
PL 97,5% CR 2,5%	97,5%	2,5%	3
PL 92,5% CR 7,5%	92%	7,5%	3
PL 87,5% CR 12,5%	87,5%	12,5%	3
PL 82,5% CR 17,5%	82,5%	17,5%	3

Tabel 3.3 Perhitungan Jumlah Benda Uji Beton Pengujian Modulus Elastisitas

Kode Sampel	Campuran Agregat Halus		Jumlah Benda Uji (umur)
	Pasir Lumajang	Crumb Rubber	28
PL 100%	100%	0%	1
PL 97,5% CR 2,5%	97,5%	2,5%	1
PL 92,5% CR 7,5%	92%	7,5%	1
PL 87,5% CR 12,5%	87,5%	12,5%	1
PL 82,5% CR 17,5%	82,5%	17,5%	1

Keterangan :

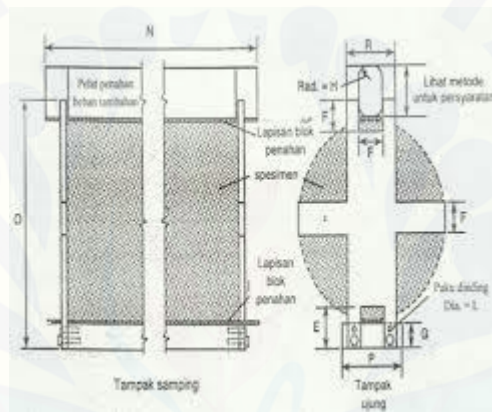
- PJ 100% : Beton dengan campuran bahan menggunakan pasir Lumajang 100 %.
- PL 97,5 % CR 2,5 % : Beton dengan campuran bahan menggunakan pasir Lumajang 97,5 % dan Crumb Rubber 2,5%.
- PL 92,5 % CR 7,5 % : Beton dengan campuran bahan menggunakan pasir Lumajang 92,5 % dan Crumb Rubber 7,5%.
- PL 87,5 % CR 12,5 % : Beton dengan campuran bahan menggunakan pasir Lumajang 87,5 % dan Crumb Rubber 12,5%.
- PL 82,5 % CR 17,5 % : Beton dengan campuran bahan menggunakan pasir Lumajang 82,5 % dan Crumb Rubber 17,5%.

3.6 Metode Pengujian Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tekan belah beton sesuai SNI 03-1974-2011 adalah melakukan beberapa tahapan sebagai berikut.

1. Menimbang berat volume dan mengukur dimensi benda uji.
2. Benda uji berbentuk silinder diletakkan secara sentris.
3. Melakukan penambahan beban dan menjalankan alat kuat tekan.
4. Melakukan pengujian beton silinder sampai hancur dan mencatat beban maksimum pada alat uji kuat tekan.
5. Mencatat keadaan benda uji.

Adapun cara pengujian kuat tarik beton sesuai SNI-2491-2014 dengan menggunakan alat Universal Testing Machine seperti gambar berikut.

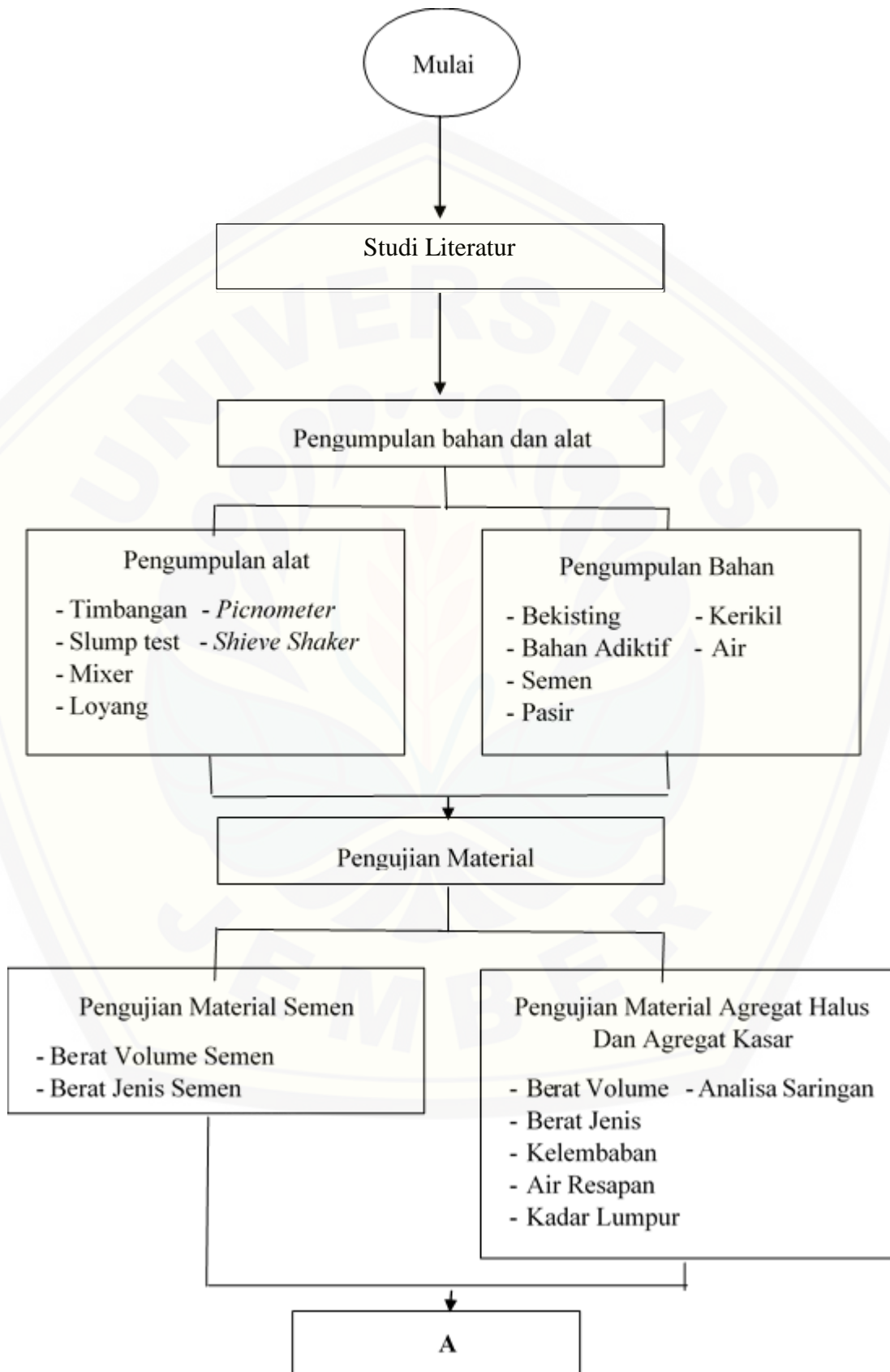


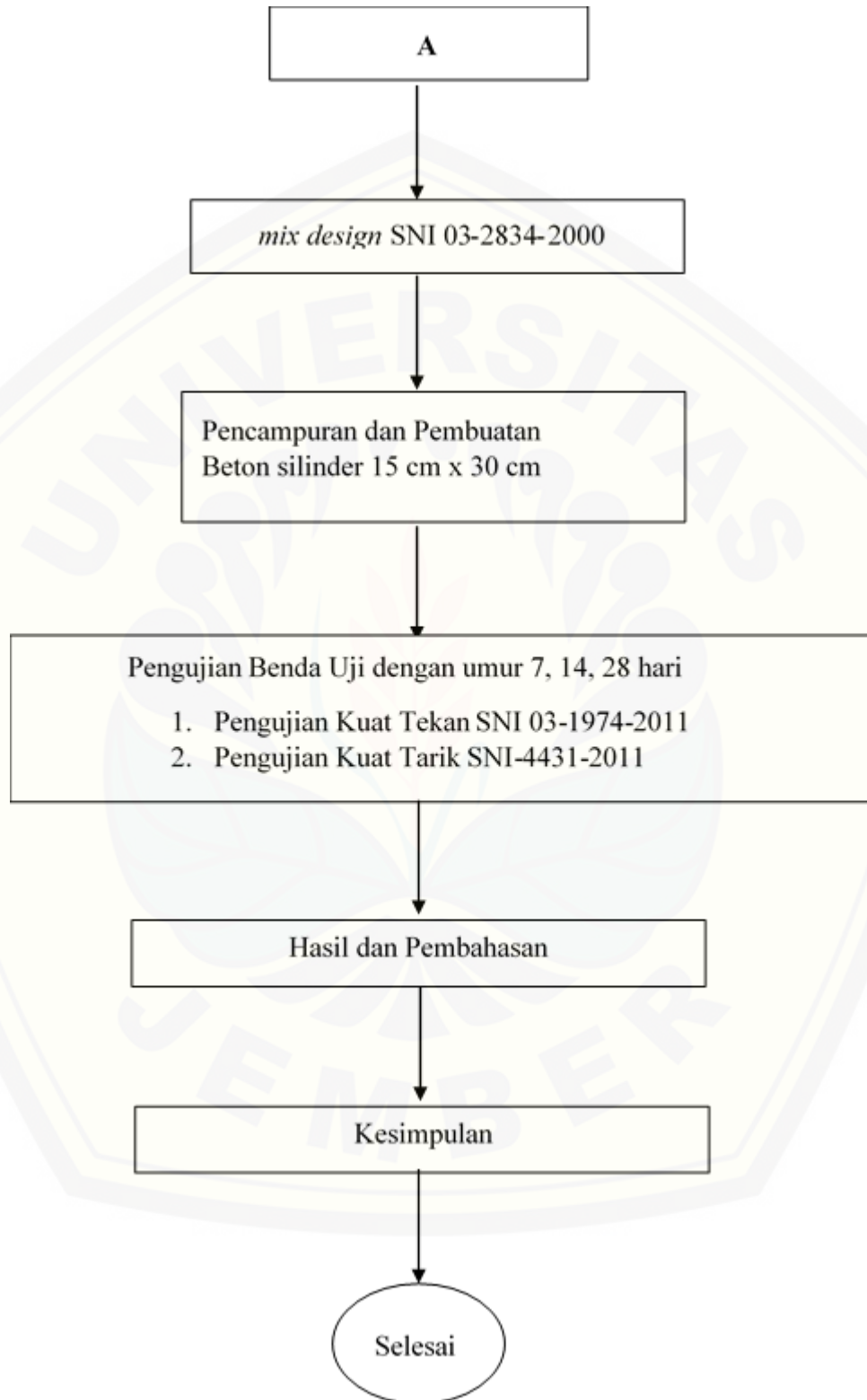
Gambar 3.2 Benda Uji dan Perletakannya

1. Siapkan perletakan benda uji pada alat uji
2. Letakan benda uji di alat uji dan pastikan benda uji tidak bergerak saat diberikan beban lalu tekan tombol start.
3. Alat akan secara otomatis menarik benda uji hingga terjadi perubahan pada benda uji.
4. Catat hasil kuat tarik yang tertera di layar output.

3.7 Diagram Alir

Penelitian menggunakan diagram alir untuk mempermudah menjelaskan urutan pengerjaan penelitian.





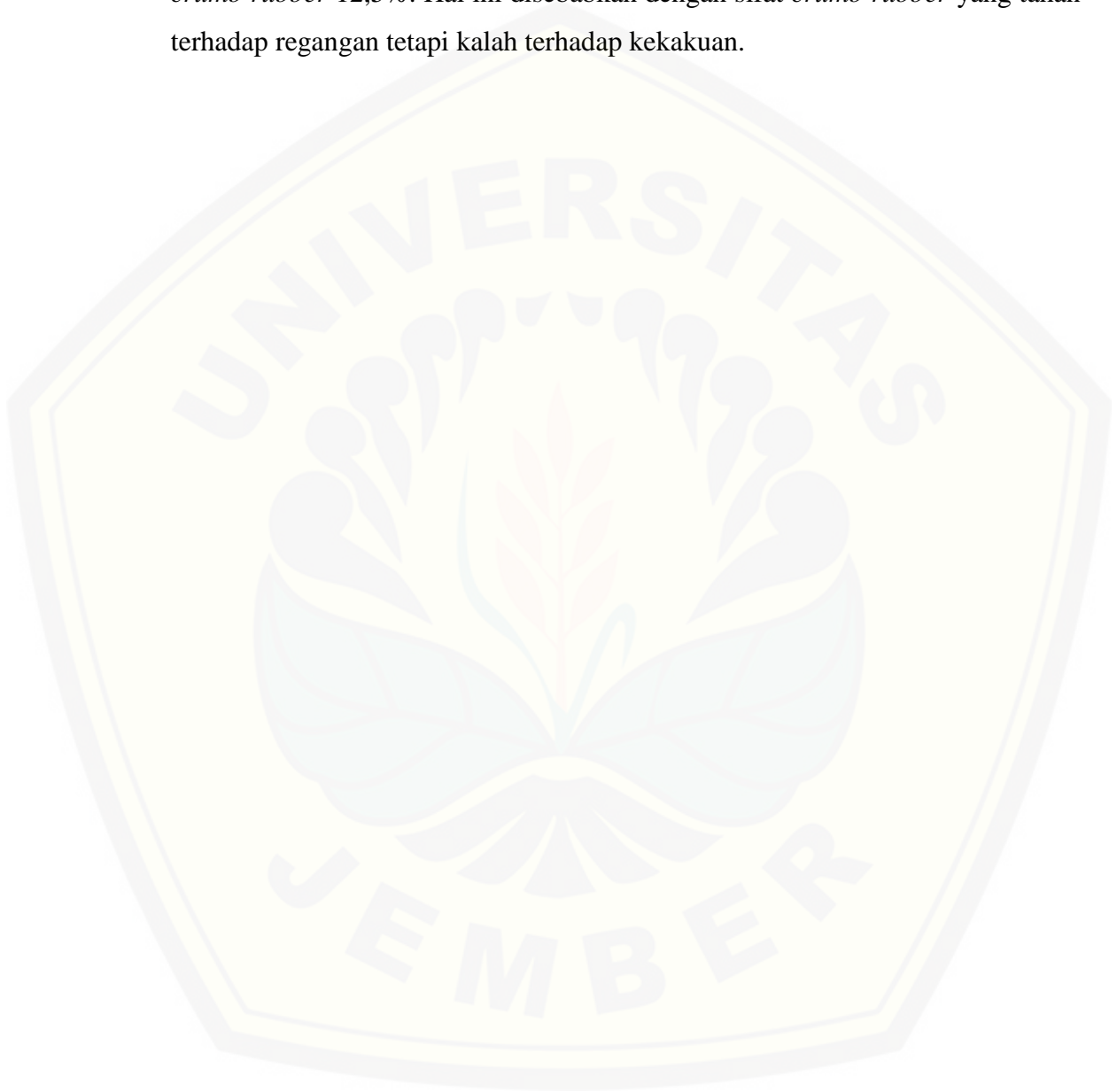
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember dapat diambil kesimpulan.

1. Beton dengan campuran *crumb rubber* dan *superplasticizer* mengalami peningkatan dari umur 7 hari sampai dengan umur 28 hari, sedangkan pada beton dengan campuran *crumb rubber* sebesar 7,5%, 12,5%, dan 17,5% mengalami penurunan drastis. Hal ini disebabkan oleh penambahan jumlah air lebih dari perencanaan untuk mendapatkan nilai *slump* yang diinginkan. Menurut Imran (2006) jumlah kadar air yang berlebihan dapat menyebabkan *segregation* dan *prolonged set retardation*, serta berkurangnya kekuatan tekan beton dan menurut Danamik (2010) karet memiliki sifat elastisitas yang tinggi hal ini yang menyebabkan kuat tekan beton menurun pada saat dicampurkan oleh *crumb rubber*.
2. Beton dengan campuran *crumb rubber* dan *superlasticizer* untuk pengujian kuat tarik belah mendapatkan kesimpulan, bahwa semakin banyak campuran *crumb rubber* kedalam beton mengalami penurunan pada hasil kuat tarik belah. Hal ini sifat *crumb rubber* sendiri sangat lunak dan ukuran dimensi *crumb rubber* yang sama dengan pasir sehingga sangat susah untuk menahan tarik. Menurut SNI 2491 2014 tentang metode tarik belah spesimen beton silinder, masuk kriteria karena pasal 4.1 kekuatan tarik belah pada umumnya lebih besar dari kekuatan tarik langsung dan lebih rendah dari kekuatan lentur. Hasil penelitian Murugan dan Natarjan (2015) penambahan hancuran karet sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dari volume pasir, menunjukkan bahwa modulus runtuh meningkat hingga variasi hancuran karet 15%.

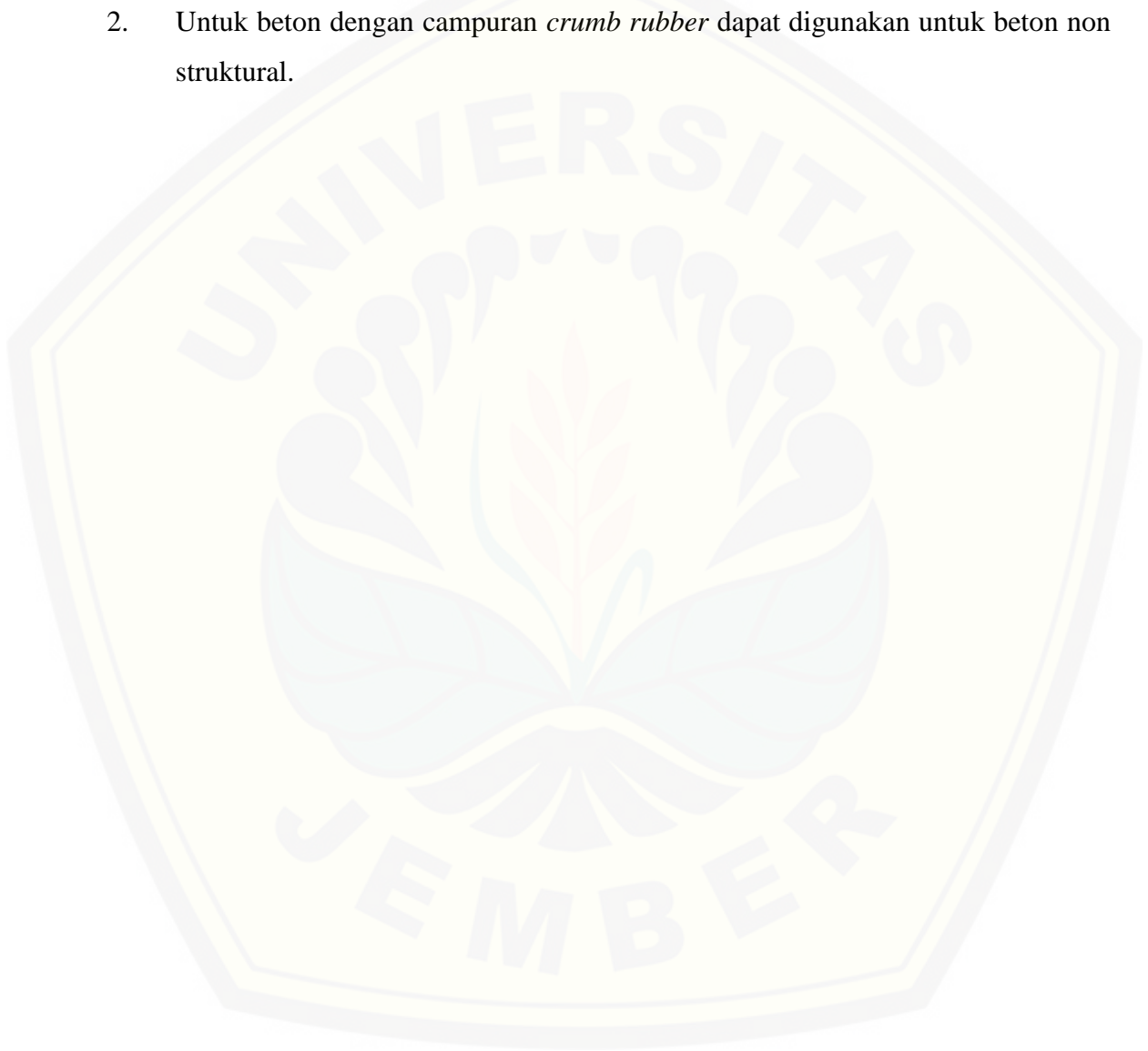
3. Beton dengan campuran *crumb rubber* mengalami penurunan nilai modulus elastisitas, penurunan yang terbesar terjadi pada saat beton dengan campuran *crumb rubber* 12,5%. Hal ini disebabkan dengan sifat *crumb rubber* yang tahan terhadap regangan tetapi kalah terhadap kekakuan.



5.2 Saran

Berikut ini adalah beberapa saran untuk penelitian selanjutnya.

1. Untuk peneliti selanjutnya perlu adanya pengujian SEM untuk benda uji, pengujian XRD dan pengujian XRF untuk *crumb rubber*.
2. Untuk beton dengan campuran *crumb rubber* dapat digunakan untuk beton non struktural.



DAFTAR PUSTAKA

- Asosiasi Pengusaha Ban Indonesia, (2019), *Penjualan Ban (dalam juta unit)*, Pengumuman Bursa Efek Indonesia, PENG-ER-00003/BEI.PPR/03-2011, Jakarta.
- Septiawan, D. (2019). *Pengujian Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Dengan Campuran Limbah Karet Remah Ban Bekas*. Jurusan teknik sipil fakultas teknik universitas jember 2019.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2011). *SNI 03-1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2000). *SNI 03-2843-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2002), *SNI 03-2491-2002 Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2004), *SNI 15-7064-2004 Semen Portlad Komposit*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- American Society for Testing and Material, (1978), *Standard Specification for Concrete Aggregates*, ASTM International, United States.
- American Society for Testing and Material, (1985), *Standard Specification for Portland Cement*, ASTM International, United States.
- American Society for Testing and Material, (2002), *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*, ASTM International, United States.
- Zhao, Shulan & Wang, lili & Duo, Lian (2009). *Effects of waste crumb rubber on medium characters and growth of lolium perenne L*. Pakistan Journal of Botany. 41.
- Satyarno, I. (2006). *Penggunaan Serutan Karet Ban Bekas untuk Campuran Beton*. Media Teknik 45-51.

- Huynh, H., Raghavan, D., (1997), *Durability of Simulated Shredded Rubber Tire in Highly Alkaline Environments*, Advanced Cement Based Materials Journal Vol. 6, pp. 138-143.
- Huat, B.B., (2004). *Organic and peat soils engineering*. Universiti Putra Malaysia Press.
- Vembrianto, N. (2006). *Karet dan Aplikasinya pada Bangunan Teknik Sipil*. Harvest Publication House. Yogyakarta
- Tjokrodinuljo, Kardiyono, (1996), *Teknologi Beton*, Nafiri, Jogjakarta.
- Murugan,R.B. and Natarjan,c., (2015), *Investigation of the Behaviour of Concrete Containing Waste Tire Crumb Rubber*, Departement of Civil Engineering, National Institute of Technology, Tiruchirapalli, Tamil Nadu, India.
- Ahmad Aki Muhaimin, (2015), *Perilaku Mekanik Beton Dengan Crumb rubber*, Tugas Akhir Skripsi, Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin, Makasar.
- Imran, I. (2006), *Catatan Kuliah Pengenalan Rekayasa dan Bahan Konstruksi*, Departemen Teknik Sipil ITB, Bandung.
- Danamik, S., M. Syakir., M. Tasma dan Siswanto. (2010). *Budidaya dan Pasca Panen Karet. Pusat penelitian dan pengembangan Perkebunan*, Bogor.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengujian



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM STRUKTUR
Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegol Boto Kotak Pos 159 Jember 68121

Proyek : Skripsi "Pengaruh Crumb Rubber dan Superplasticizer Terhadap Sifat Mekanik Beton"
Lokasi :
Kontraktor :
Konsultan Pengawas :
Pengujian : Kuat Tekan Umur 7 Hari

Tanggal	Presentase	Berat Beton (KG)	P (KN)	A (Cm)	P/A (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
06-Oct-19	0%	12.590	761,86	176.625	43,13	39,87
	0%	12.430	631,84	176.625	35,77	
	0%	12.620	719,17	176.625	40,71	
	2,5%	12.030	487,29	176.625	27,58	29,38
	2,5%	12.080	529,22	176.625	29,96	
	2,5%	12.050	539,97	176.625	30,57	
	7,5%	11.750	213,3	176.625	12,07	16,57
	7,5%	11.545	324,63	176.625	18,37	
	7,5%	11.710	339,97	176.625	19,24	
	12,5%	10.740	143,87	176.625	8,15	8,71
	12,5%	10.940	149,18	176.625	8,45	
	12,5%	10.885	168,55	176.625	9,54	
	17,5%	10.795	146,74	176.625	8,31	7,43
	17,5%	10.320	128,95	176.625	7,30	
17,5%	10.450	118,24	176.625	6,69		

Koreksi Umur : - Tinggi Benda Uji 300 mm
Diameter Benda Uji 150 mm

Kepala Laboratorium

Jember
Pemeriksa,

Ir. Henu Suyoso, M.T
NIP 195511121987021001

Moch. Akir
NIP 196509282000031001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM STRUKTUR
Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Boto Kotak Pos 159 Jember 68121

Proyek : Skripsi "Pengaruh Crumb Rubber dan Superplasticizer Terhadap Sifat Mekanik Beton"
Lokasi :
Kontraktor :
Konsultan Pengawas :
Pengujian : Kuat Tekan Umur 14 Hari

Tanggal	Presentase	Berat Beton (KG)	P (KN)	A (Cm)	P/A (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
13-Oct-19	0%	12.450	832,32	176.625	47,12	47,41
	0%	12.305	837,49	176.625	47,42	
	0%	12.425	842,57	176.625	47,71	
	2,5%	11.910	554,31	176.625	31,38	33,39
	2,5%	11.920	566,93	176.625	32,09	
	2,5%	12.155	648,44	176.625	36,71	
	7,5%	11.580	307,33	176.625	17,41	
	7,5%	11.360	261,34	176.625	14,79	16,69
	7,5%	11.330	315,71	176.625	17,87	
	12,5%	10.560	194,34	176.625	11,01	
	12,5%	10.685	175,94	176.625	9,96	10,94
	12,5%	10.640	209,27	176.625	11,85	
	17,5%	10.240	127,21	176.625	7,21	7,72
	17,5%	10.415	120,97	176.625	6,85	
	17,5%	10.610	160,7	176.625	9,09	

Koreksi Umur : - Tinggi Benda Uji 300 mm
Diameter Benda Uji 150 mm

Kepala Laboratorium

Ir. Hermu Suyoso, M.T.
NIP 195511121987021001

Jember
Pemeriksa,

Moch. Akir
NIP 196509282000031001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS JEMBER
 FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL
 LABORATORIUM STRUKTUR
 Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Boto Kotak Pos 159 Jember 68121

Proyek : Skripsi "Pengaruh Crumb Rubber dan Superplasticizer Terhadap Sifat Mekanik Beton"
 Lokasi :
 Kontraktor :
 Konsultan Pengawas :
 Pengujian : Kuat Tekan Umur 28 Hari

Tanggal	Presentase	Berat Beton (KG)	P (KN)	A (Cm)	P/A (Mpa)	Rata-rata (Mpa)
27-Oct-19	0%	12,47	917,42	176.625	51,94	53,32
	0%	12,44	980,23	176.625	55,49	
	0%	12,25	927,88	176.625	52,53	
	2,5%	11.625	679,4	176.625	38,46	39,05
	2,5%	11,87	667,53	176.625	37,79	
	2,5%	11.825	722,35	176.625	40,89	
	7,5%	11.295	437,05	176.625	24,74	22,51
	7,5%	11.115	441,33	176.625	24,98	
	7,5%	11.235	314,53	176.625	17,81	
	12,5%	10.655	212,04	176.625	12,01	11,34
	12,5%	10.555	205,8	176.625	11,65	
	12,5%	10,59	183,05	176.625	10,36	
	17,5%	9,92	157,75	176.625	8,93	8,73
	17,5%	10,31	155,59	176.625	8,80	
	17,5%	10,2	149,56	176.625	8,46	

Koreksi Umur : -

Tinggi Benda Uji 300 mm
 Diameter Benda Uji 150 mm

Kepala Laboratorium

Ir. Heru Suyoso, M.T
 NIP 195511121987021001

Jember
 Pemeriksa,

Moch. Akir
 NIP 196509282000031001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM STRUKTUR

Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Boto Kotak Pos 159 Jember 68121

Proyek : Skripsi "Pengaruh Crumb Rubber dan Superplasticizer Terhadap Sifat Mekanik Beton"

Lokasi :
Kontraktor :
Konsultan Pengawas :
Pengujian : Kuat Tarik Belah 28 Hari

Tanggal	presentase	Umur	rat beton (K)	P (KN)	f_{ct}	Rata-rata
27-Oct-19	0%	28hari	12.275	247,51	3,51	3,33
	0%	28hari	12.415	250,18	3,54	
	0%	28hari	12.475	208,8	2,95	
	2,5%	28hari	11.755	186,75	2,64	2,64
	2,5%	28hari	11.765	171,47	2,42	
	2,5%	28hari	12.105	203,24	2,87	
	7,5%	28hari	11.495	148,43	2,10	1,95
	7,5%	28hari	11.185	124,58	1,76	
	7,5%	28hari	11.185	142,14	2,01	
	12,5%	28hari	10.565	93,27	1,32	1,31
	12,5%	28hari	10,43	94,54	1,33	
	12,5%	28hari	10,62	92,28	1,30	
	17,5%	28hari	9.765	61,06	0,86	0,83
	17,5%	28hari	9.855	51,1	0,72	
	17,5%	28hari	9,99	66,2	0,93	

Koreksi Umur : -

Tinggi Benda Uji 300 mm
Diameter Benda Uji 150 mm

Kepala Laboratorium

Ir. Hernu Suyoso, M.T
NIP 195511121987021001

Jember
Pemeriksa,

Moch. Akir
NIP 196509282000031001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM STRUKTUR
 Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Boto Kotak Pos 159 Jember 68121

Proyek : Skripsi "Pengaruh Crumb Rubber dan Superplasticizer Terhadap Sifat Mekanik Beton"

Pengujian : Modulus Elastisitas

Pembacaan : 30 Kn

L : 194 mm

A : 17662,5 mm²

Crumb Rubber 0%				
Kuat Tekan Rata-Rata 53.324 Mpa				
Pembacaan	Load (tegangan Mpa)	Dial (regangan mikrometer)	Regangan (mm/mm)	Δ/L
0	0	0	0	0
30	2	3	0,003	0,00001546
60	3	4	0,004	0,00002062
90	5	5	0,005	0,00002577
120	7	6	0,006	0,00003093
150	8	8	0,008	0,00004124
180	10	10	0,02	0,00005155
210	12	13	0,01	0,00006701
240	14	16	0,013	0,00008247
270	15	20	0,016	0,00010309
300	17	25	0,025	0,00012887
330	19	31	0,031	0,00015979
360	20	42	0,042	0,00021649
390	22	45	0,045	0,00023196
E	77453,975			

Tinggi Benda Uji 300 mm
 Diameter Benda Uji 150 mm

Kepala Laboratorium

Ir. Hernu Suyoso, M.T
 NIP 195511121987021001

Jember
 Pemeriksa,

Moch. Akir
 NIP 196509282000031001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM STRUKTUR
 Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Boto Kotak Pos 159 Jember 68121

Proyek : Skripsi "Pengaruh Crumb Rubber dan Superplasticizer Terhadap Sifat Mekanik Beton"

Pengujian : Modulus Elastisitas

Pembacaan : 30 Kn

L : 194 mm

A : 17662,5 mm²

Crumb Rubber 2,5%				
Kuat Tekan Rata-Rata 39.052 Mpa				
Pembacaan	Load (tegangan Mpa)	Dial (regangan mikrometer)	Regangan (mm/mm)	Δ/L
0	0	0	0	0
30	2	32	0,032	0,00016495
60	3	50	0,05	0,00025773
90	5	70	0,07	0,00036082
120	7	90	0,09	0,00046392
150	8	108	0,108	0,0005567
180	10	128	0,128	0,00065979
210	12	136	0,136	0,00070103
240	14	156	0,156	0,00080412
270	15	166	0,166	0,00085567
300	17	176	0,176	0,00090722
E	20192,201			

Tinggi Benda Uji 300 mm
 Diameter Benda Uji 150 mm

Kepala Laboratorium

Ir. Hernu Suyoso, M.T
 NIP 195511121987021001

Jember
 Pemeriksa,

Moch. Akir
 NIP 196509282000031001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM STRUKTUR
 Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Boto Kotak Pos 159 Jember 68121

Proyek : Skripsi "Pengaruh Crumb Rubber dan Superplasticizer Terhadap Sifat Mekanik Beton"

Pengujian : Modulus Elastisitas

Pembacaan : 20 Kn

L : 194 mm

A : 17662,5 mm²

Crumb Rubber 7,5%				
Kuat Tekan Rata-Rata 22.513 Mpa				
Pembacaan	Load (tegangan Mpa)	Dial (regangan mikrometer)	Regangan (mm/mm)	Δ/L
0	0	0	0	0
20	1	21	0,021	0,00010825
40	2	38	0,038	0,00019588
60	3	51	0,051	0,00026289
80	5	67	0,067	0,00034536
100	6	82	0,082	0,00042268
120	7	85	0,085	0,00043814
140	8	93	0,093	0,00047938
E	17836,583			

Tinggi Benda Uji 300 mm
 Diameter Benda Uji 150 mm

Kepala Laboratorium

Ir. Hernu Suyoso, M.T
 NIP 195511121987021001

Jember
 Pemeriksa,

Moch. Akir
 NIP 196509282000031001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS JEMBER
 FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL
 LABORATORIUM STRUKTUR
 Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Boto Kotak Pos 159 Jember 68121

Proyek : Skripsi "Pengaruh Crumb Rubber dan Superplasticizer Terhadap Sifat Mekanik Beton"

Pengujian : Modulus Elastisitas

Pembacaan : 30 Kn

L : 194 mm

A : 17662,5 mm²

Crumb Rubber 12,5%				
Kuat Tekan Rata-Rata 11.34 Mpa				
Pembacaan	Load (tegangan Mpa)	Dial (regangan mikrometer)	Regangan (mm/mm)	Δ/L
0	0	0	0	0
30	2	63	0,063	0,00032474
60	3	107	0,107	0,00055155
90	5	122	0,122	0,00062887
E	8638,582			

Tinggi Benda Uji 300 mm
 Diameter Benda Uji 150 mm

Kepala Laboratorium

Ir. Hernu Suyoso, M.T
 NIP 195511121987021001

Jember
 Pemeriksa,

Moch. Akir
 NIP 196509282000031001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS JEMBER
 FAKULTAS TEKNIK - JURUSAN TEKNIK SIPIL
 LABORATORIUM STRUKTUR
 Jl. Kalimantan No. 37 Kampus Tegal Boto Kotak Pos 159 Jember 68121

Proyek : Skripsi "Pengaruh Crumb Rubber dan Superplasticizer Terhadap Sifat Mekanik Beton"

Pengujian : Modulus Elastisitas

Pembacaan : 10 Kn

L : 194 mm

A : 17662,5 mm²

Crumb Rubber 17,5%				
Kuat Tekan Rata-Rata 8.736 Mpa				
Pembacaan	load (tegangan Mpa)	(regangan mikrom)	regangan (mm/mm)	$\Delta l/L$
0	0	0	0	0
10	0,6	45	0,045	0,00023196
20	1,1	60	0,06	0,00030928
30	1,7	75	0,075	0,0003866
40	2,3	100	0,1	0,00051546
50	2,8	120	0,12	0,00061856
60	3,4	135	0,135	0,00069588
E	5309,984			

Tinggi Benda Uji 300 mm
 Diameter Benda Uji 150 mm




Kepala Laboratorium





Ir. Hernu Suyoso, M.T
 NIP 195511121987021001





Jember
 Pemeriksa,


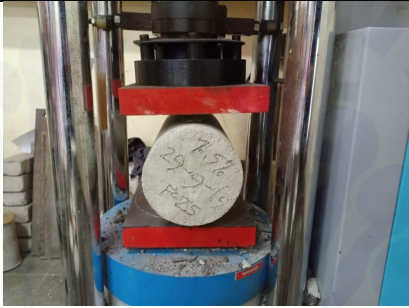

Moch. Akir
 NIP 196509282000031001

Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian

No.	Kegiatan	Gambar	Tempat
1.	Pengujian berat jenis pasir.		Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember
2.	Pengujian agregat kasar.		Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember
3.	Pengujian analisa saringan.		Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember

<p>4.</p>	<p>Pengujian kadar lumpur agregat halus.</p>		<p>Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember</p>
<p>5.</p>	<p>Pengujian air resapan agregat halus.</p>		<p>Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember</p>
<p>6.</p>	<p>Pengujian berat jenis agregat kasar.</p>		<p>Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember</p>
<p>7.</p>	<p>Pengujian analisa saringan <i>crumb rubber</i>.</p>		<p>Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember</p>

<p>8.</p>	<p>Persiapan bahan.</p>		<p>Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember</p>
<p>9.</p>	<p>Proses pengecoran.</p>		<p>Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember</p>
<p>9.</p>	<p>Pengujian slump.</p>		<p>Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember</p>
<p>10.</p>	<p>Pembuatan benda uji dengan bekisting ukuran Ø 15 x 30 cm</p>		<p>Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember</p>

<p>11.</p>	<p>Pengujian kuat tekan.</p>		<p>Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember</p>
<p>12.</p>	<p>Pengujian kuat tarik belah.</p>		<p>Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember</p>
<p>13.</p>	<p>Pengujian Modulus Elastisitas.</p>		<p>Laboratorium Struktur, Teknik Sipil, Universitas Jember</p>