



**KARAKTERISTIK BETON RINGAN STRUKTURAL
DENGAN BIJI PLASTIK DAN BATU SKORIA**

SKRIPSI

oleh

**Dany Rahmatullah
NIM 131910301092**

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



**KARAKTERISTIK BETON RINGAN STRUKTURAL
DENGAN BIJI PLASTIK DAN BATU SKORIA**

SKRIPSI

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

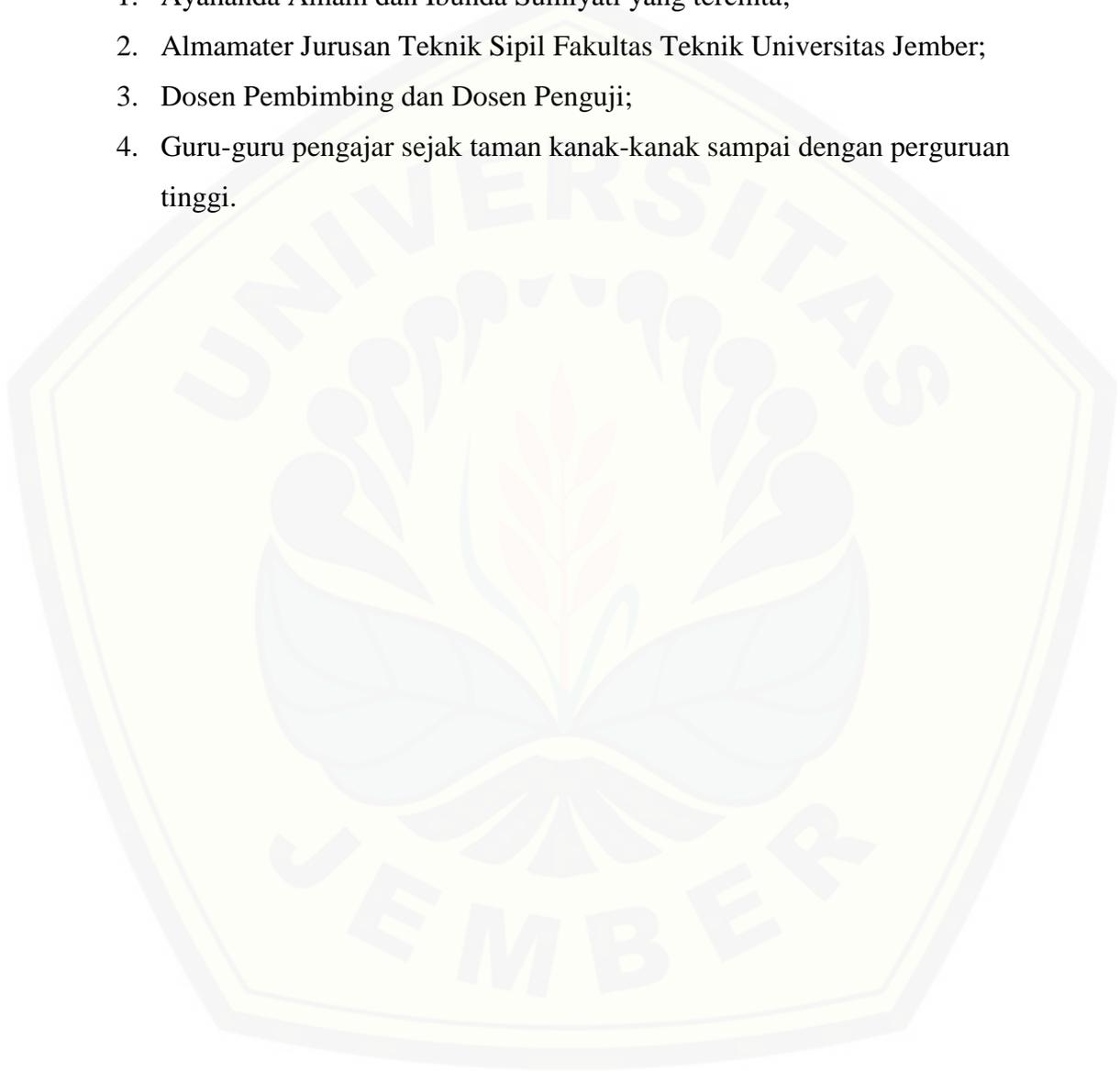
oleh
Dany Rahmatullah
NIM 131910301092

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

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda Amam dan Ibunda Sumiyati yang tercinta;
2. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji;
4. Guru-guru pengajar sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi.



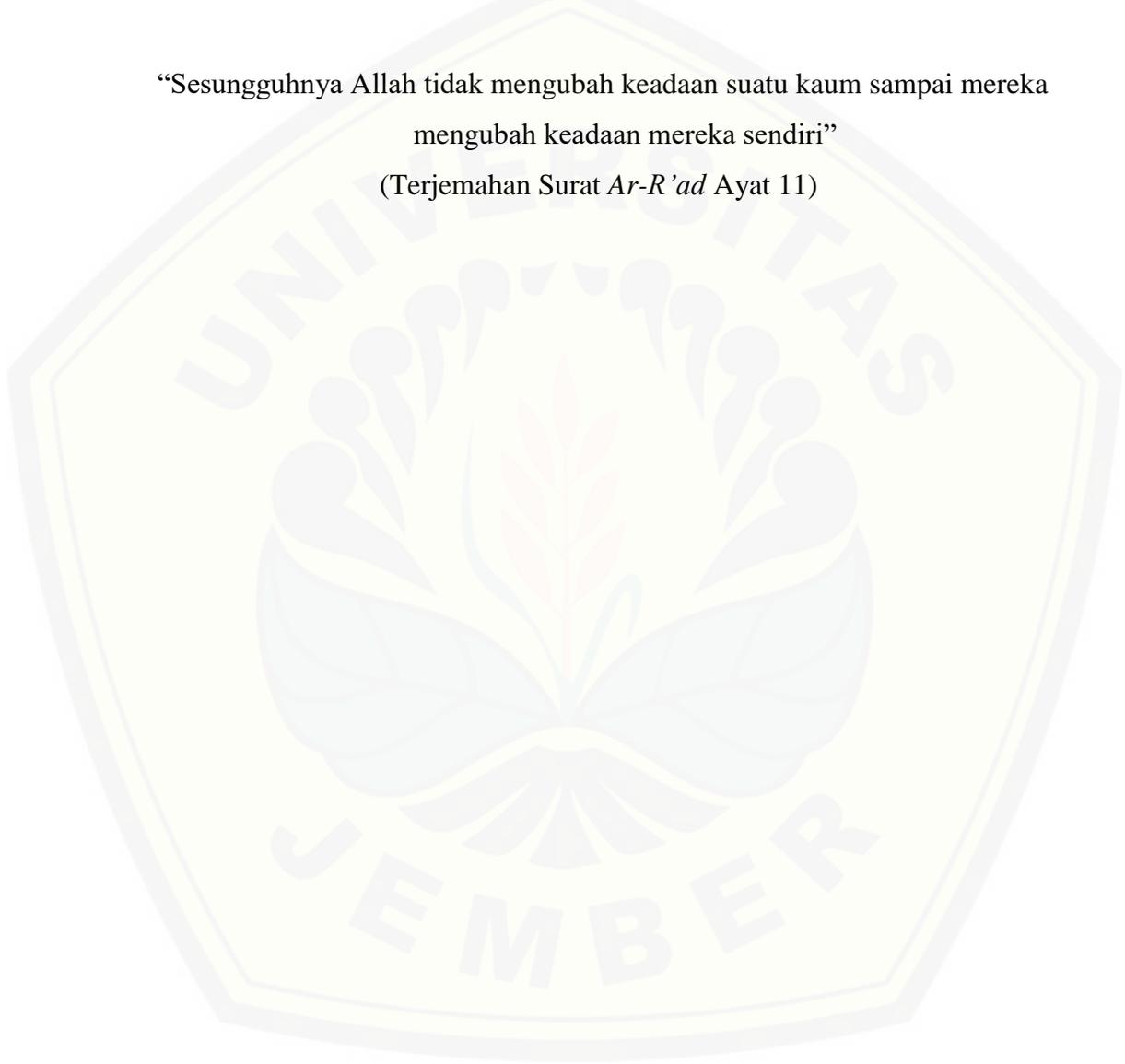
MOTTO

“Man jadda wajada”

(Pepatah Arab)

“Sesungguhnya Allah tidak mengubah keadaan suatu kaum sampai mereka
mengubah keadaan mereka sendiri”

(Terjemahan Surat *Ar-R'ad* Ayat 11)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dany Rahmatullah

NIM : 131910301092

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Karakteristik Beton Ringan Struktural dengan Biji Plastik dan Batu Skoria” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 19 Juni 2017

Yang menyatakan,

Dany Rahmatullah
NIM. 131910301092

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK BETON RINGAN STRUKTURAL DENGAN BIJI
PLASTIK DAN BATU SKORIA**

oleh

Dany Rahmatullah
NIM 131910301092

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Karakteristik Beton Ringan Struktural dengan Biji Plastik dan Batu Skoria” karya Dany Rahmatulah telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Senin, 29 Mei 2017

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Pembimbing Utama,

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

Penguji I,

Ir. Hernu Suyoso, M.T.
NIP 19551112 198702 1 001

Pembimbing Anggota,

Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T.
NIP 760016772

Penguji II,

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

Mengesahkan
Dekan,

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

RINGKASAN

Karakteristik Beton Ringan Struktural dengan Biji Plastik dan Batu Skoria;
Dany Rahmatullah, 131910301092; 2017: 73 halaman; Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Jember.

Meningkatnya limbah plastik dari tahun ke tahun mengakibatkan pemanfaatan limbah plastik menjadi material berdayaguna penting untuk dilakukan, termasuk menggunakan limbah plastik sebagai agregat kasar beton ringan struktural. Selain mudah diperoleh, limbah plastik berpotensi karena mempunyai berat yang ringan, tidak mudah berubah bentuk dan kelembabannya mudah dikontrol. Batu skoria yang dihasilkan dari kegiatan vulkanik gunung berapi juga berpotensi untuk dikembangkan sebagai agregat kasar beton ringan struktural. Keberadaannya yang melimpah di aliran-aliran lahar gunung masih belum termanfaatkan secara optimal. Oleh karena itu dalam penelitian ini digunakan biji plastik LDPE dan batu skoria dari Gunung Kelud Blitar sebagai agregat kasar beton ringan struktural. Tujuannya untuk mengetahui pengaruh kedua material tersebut terhadap karakteristik beton ringan struktural dan untuk mendapatkan proporsi campuran yang optimal.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian bahan dari agregat kasar ringan (biji plastik LDPE dan batu skoria), agregat halus dan sifat mekanis beton ringan struktural yang meliputi kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas dan berat isi beton sesuai standar yang ditetapkan. Benda uji yang digunakan berupa silinder beton ukuran \emptyset 15 cm x 30 cm dan \emptyset 10 cm x 20 cm. Nilai kuat tekan dan berat isi diambil minimal dari rata-rata 4 buah benda uji, kuat tarik belah diambil rata-rata dari 7 benda uji dan modulus elastisitas diambil rata-rata dari 4 benda uji. Proporsi biji plastik LDPE dan batu skoria masing-masing 0%-100%, 10%-90%, 20%-80% dan 30%-70%. Substitusi biji plastik LDPE terhadap batu skoria ini berdasarkan volume, sehingga volume kebutuhan material tetap seperti semula. Untuk proporsi *superplasticizer* digunakan 0,8% dari berat semen dan kebutuhan air ditentukan berdasarkan pada workability yang dinyatakan oleh nilai slump 8 ± 2 cm.

Kuat tekan beton yang dihasilkan dari pengujian untuk campuran 0%, 10%, 20% dan 30% biji plastik secara berturut-turut adalah 216,51 kg/cm², 185,53 kg/cm², 117,35 kg/cm² dan 115,17 kg/cm². Kuat tarik belah beton yang dihasilkan dari pengujian untuk campuran 0%, 10%, 20% dan 30% biji plastik secara berturut-turut adalah 24,31 kg/cm², 22,50 kg/cm², 14,65 kg/cm² dan 14,58 kg/cm². Modulus elastisitas beton yang dihasilkan dari pengujian untuk campuran 0%, 10%, 20% dan 30% biji plastik secara berturut-turut adalah 16731,15 MPa, 12910,28 MPa, 11707,86 MPa dan 10365,82 MPa. Berat isi beton yang dihasilkan dari pengujian untuk campuran 0%, 10%, 20% dan 30% biji plastik secara berturut-turut adalah 1882,89 kg/m³, 1786,07 kg/m³, 1734,05 kg/m³ dan 1711,9 kg/m³. Secara keseluruhan untuk nilai kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas beton tersebut menurun seiring dengan penambahan proporsi biji

plastik LDPE. Namun dengan penambahan biji plastik LDPE berat isi beton semakin ringan. Sehingga dari hasil ini diperoleh proporsi yang paling optimal, yaitu campuran 10% biji plastik LDPE. Proporsi ini memenuhi semua kriteria beton ringan struktural yang ditentukan, baik dari segi kuat tekan, kuat tarik dan berat isinya.



SUMMARY

Characteristic of Structural Lightweight Concrete with Plastic Pellet and Scoria; Dany Rahmatullah, 131910301092; 2017: 73 page; Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

The increasing plastic waste over the years resulting in the utilization of plastic waste become important to do, including using plastic waste as a material of structural lightweight concrete mix. Plastic waste is easy to be obtained, has a light weight, not easy to change shape and moisture content is easy to be controlled. Skoria stone produced from volcanic activity has the potential to be developed as coarse aggregate of structural lightweight concrete. There are many skoria in mountain lava flows, but not yet utilized optimally. Therefore, in this study the LDPE plastic pellet and scoria of Kelud Blitar are used as coarse aggregate of structural lightweight concrete. The aim is to know the effect of both materials on the characteristic of structural lightweight concrete and to get the optimal mix proportion.

This research was conducted in Civil Engineering Structure Laboratory of Jember University. In this research, material testing of lightweight aggregate (LDPE plastic pellet and scoria), fine aggregate and mechanical properties of structural lightweight concrete which include compressive strength, tensile strength, modulus of elasticity and density of concrete tested according to established standard. The test specimens used were concrete cylinder \varnothing 15 cm x 30 cm and \varnothing 10 cm x 20 cm. The value of compressive strength was taken at least from the average of 4 specimens, the tensile strength was taken on average of 7 specimens and the modulus of elasticity was taken on average of 4 specimens. The proportion of LDPE plastic pellet and scoria respectively are 0%-100%, 10%-90%, 20%-80% and 30% -70%. The LDPE plastic pellet substitution of this scoria was based on volume, so the volume of material was same as before. The superplasticizer proportion is 0.8% of the cement weight and the water requirement was based on the workability stated by the slump value of 8 ± 2 cm.

The concrete compressive strength resulting from the test for the mixtures of 0%, 10%, 20% and 30% of the plastic pellet respectively were 216.51 kg/cm², 185.53 kg/cm², 117.35 kg/cm² and 115,17 kg/cm². The concrete tensile strength resulting from the test for the mixtures of 0%, 10%, 20% and 30% of the plastic pellet respectively were 24.31 kg/cm², 22.50 kg/cm², 14.65 kg/cm² and 14,58 kg/cm². The modulus of elasticity of concrete resulting from the test for the mixtures of 0%, 10%, 20% and 30% of the plastic pellet respectively were 16731.15 MPa, 12910.28 MPa, 11707.86 MPa and 10365.82 MPa. The concrete density from the test for the mixtures of 0%, 10%, 20% and 30% of the plastic pellet respectively were 1882.89 kg/m³, 1786.07 kg/m³, 1734.05 kg/m³ and 1711, 9 kg/m³. Overall for the value of compressive strength, tensile strength and modulus of elasticity of concrete decreased with the addition of LDPE plastic pellet proportion. But with the addition of LDPE plastic pellet, the weight of the concrete was getting lighter. So from this result obtained the most optimal

proportion, that was 10% mixture of LDPE plastic pellet. This proportion met all criteria of structural lightweight concrete specified, in terms of compressive strength, tensile strength and density.



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Karakteristik Beton Ringan Struktural dengan Biji Plastik dan Batu Skoria”. Skripsi ini disusun guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M. UM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Ir. Hernu Suyoso , M.T. selaku Ketua Jurusan dan Dr. Anik Ratnaningsih, ST. M.T. selaku Ketua Program Studi (S1) Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
3. Dwi Nurtanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang senantiasa meluangkan waktu dan pikirannya untuk membimbing, mengarahkan dan memberikan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Dr. Rr. Dewi Junita K., S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama masa studi.
5. Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama beberapa tahun ini.
6. Ayahanda Amam dan Ibunda Sumiyati, kedua orang tua hebat yang tidak henti-hentinya berdoa, memberikan semangat dan dukungan finansial dalam kondisi sesulit apapun;
7. Kedua adikku, kakek nenekku dan semua kerabatku yang juga selalu memberikan dukungan maupun do’a dan sering menanyakan “Kapan wisuda?”.

8. Nadia Kurniasih yang sudah menemani dan memberikan suntikan semangat dalam setiap perjuangan skripsi ini.
9. Tim penelitian struktur beton, M. Fahad Kustantiyo, Busthomi Irsyadur Ridlo, Tedy Pranadiarso, Moh. Lukman Abadi, M. Nanang Lutfian Putra, Roby Siswanto P., Ahda Widya Trinanda dan ahmad yang mau bersusah payah bersama di laboratorium struktur demi mewujudkan gelar S.T.
10. Bapak Akir selaku teknisi laboratorium struktur yang sudah banyak membantu penulis selama penelitian.
11. Imam Syafi'ie yang sampai detik ini selalu memberikan motivasi dalam segala hal untuk terus maju. Semoaga Allah masih memberikan kesempatan sesuai dengan janji yang telah penulis buat dengan anda "bertemu di bawah menara Eiffel".
12. Tim Logawa Teloelas yang telah memeberikan banyak ilmu dan pengalaman serta mengajarkan bagaimana harus mengartikan kata berjuang sehingga menghasilkan rentetan prestasi. Penulis tidak akan pernah lupa bahwa prestasi-prestasi yang sudah pernah diraih ini lahir dari tim yang kecil ini.
13. Keluarga Paku Payung 2013 yang sampai saat ini telah menjadi segalanya, teman, sahabat dan sekaligus keluarga yang selalu ada. Semoga hubungan ini akan tetap berlanjut sampai akhir hayat. Sampai bertemu di kesuksesan masing-masing yang telah menunggu di depan sana.
14. Seluruh teman-teman KKN PPM 05 yang telah memberikan banyak pelajaran dan inspirasi.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, 19 Juni 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN/SUMMARY	viii
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Beton Ringan	4
2.2 Beton Ringan Struktural	6
2.3 Material Penyusun Beton Ringan Struktural.....	6
2.3.1 Agregat Ringan	6
2.3.2 Air	8
2.3.3 Semen Portland (PC)	8
2.3.4 Bahan Tambahan (<i>Zat Additive</i>)	9
2.4 Plastik	9
2.5 Batu Skoria	12
2.6 Superplasticizer	12
2.6.1 Tipe-Tipe Beton yang Menggunakan <i>Viscocrete-3115N</i>	13
2.6.2 Karakteristik dan Kelebihan.....	13
2.6.3 Dosis Penggunaan	13
2.7 Penelitian Sejenis yang Pernah dilakukan	14
2.7.1 Plastik HDPE.....	14
2.7.2 Plastik PET	15
2.7.3 Batu Skoria.....	16
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.2.1 Alat	17
3.2.2 Bahan	18

3.3 Variabel Penelitian	19
3.3.1 Variabel Bebas (Independen)	19
3.3.2 Variabel terika (Dependen)	20
3.3.3 Variabel Kontrol/Pengendali	20
3.4 Model Benda Uji yang digunakan	20
3.5 Rancangan Penelitian	21
3.6 Standar Pengujian	22
3.7 Metode Pengujian Bahan	22
3.7.1 Agregat Halus	22
3.7.2 Agregat Kasar	29
3.8 Metode Pengujian Mortar dan Beton	35
3.8.1 Uji Kuat tekan Mortar	35
3.8.2 Uji Kuat Tekan Beton	35
3.8.3 Uji Kuat Tarik Belah Beton	36
3.8.4 Uji Modulus Elastisitas Beton	38
3.9 Metode Pengolahan <i>Mix Design</i> Benda Uji	38
3.10 Metode Pembuatan Benda Uji	40
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Pengujian Bahan	45
4.1.1 Pengujian Pasir	45
4.1.2 Pengujian Batu Skoria	50
4.1.3 Pengujian Biji Plastik	55
4.2 Perhitungan <i>Mix Design</i> Benda Uji	56
4.3 Mortar	59
4.4 Pengujian Slump Beton dan Kebutuhan Air	60
4.5 Pengujian Beton	62
4.5.1 Kuat Tekan Beton.....	62
4.5.2 Kuat Tarik Belah Beton.....	65
4.5.3 Modulus Elastisitas Beton	67
4.5.4 Berat Isi Beton.....	68
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN-LAMPIRAN	77

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Beton ringan berdasarkan kuat tekan, berat isi dan jenis agregat yang dipakai.....	5
2.2 Jenis-jenis beton berdasarkan jenis dan pemakaiannya.....	6
2.3 Persyaratan sifat fisis agregat ringan untuk beton ringan struktural.....	7
2.4 Perbandingan berat jenis dari berbagai material plastik	10
2.5 Jenis-jenis platik dan penggunaanya	11
2.6 Kebutuhan material untuk 1 kali adukan	14
2.7 Berat isi beton (plastik PET).....	15
2.8 Berat isi beton (batu skoria).....	16
3.1 Waktu pelaksanaan penelitian	17
3.2 Rancangan penelitian.....	21
3.3 Standar pengujian	22
3.4 Batas gradasi agregat halus.....	27
4.1 Pengujian pasir.....	45
4.2 Berat volume pasir	46
4.3 Berat jenis dan air resapan pasir	46
4.4 Kadar air pasir.....	47
4.5 Kadar lumpur pasir (tanpa dicuci)	47
4.6 Kadar lumpur pasir (dicuci).....	48
4.7 Hasil analisa saringan pasir	48
4.8 Hasil uji batu skoria.....	50
4.9 Berat volume batu skoria	50
4.10 Berat jenis dan air resapan batu skoria	51
4.11 Kadar air batu skoria.....	51
4.12 Hasil analisa saringan batu skoria (0% plastik).....	52
4.13 Hasil analisa saringan batu skoria (10% plastik).....	52
4.14 Hasil analisa saringan batu skoria (20% plastik).....	52
4.15 Hasil analisa saringan batu skoria (30% plastik).....	53

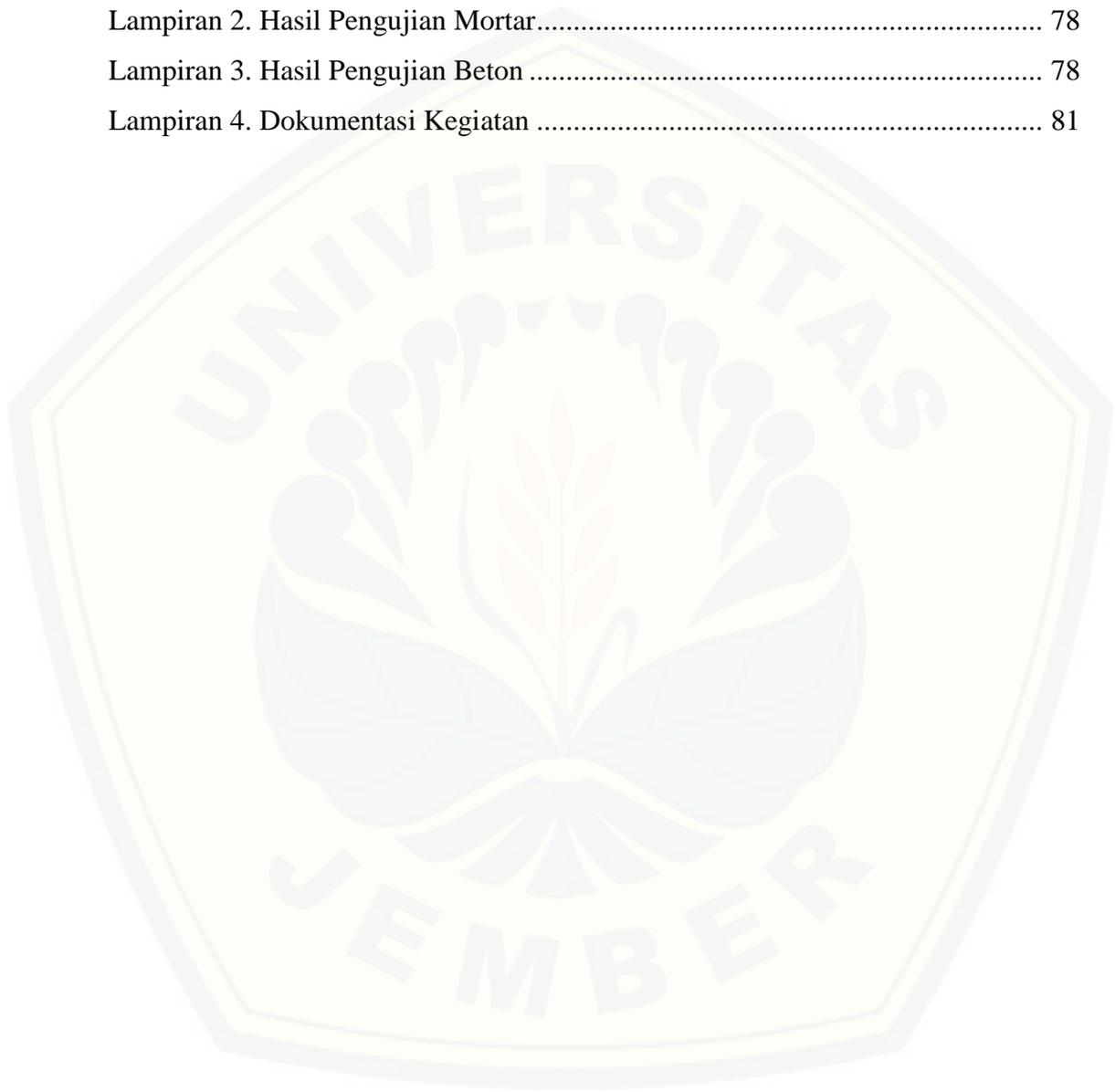
4.16	Kuat tekan batu skoria	55
4.17	Berat volume biji plastik.....	55
4.18	Formulir perencanaan <i>mix design</i> benda uji	56
4.19	Proporsi campuran beton terkoreksi	57
4.20	Proporsi campuran per benda uji beton silinder 10 x 20 cm	57
4.21	Proporsi campuran per benda uji beton silinder 15 x 30 cm	58
4.22	Proporsi campuran beton per m ³	58
4.23	Kuat tekan mortar	59
4.24	Kuat tekan mortar	60
4.25	Pengujian slump beton dan kebutuhan air	61
4.26	Kebutuhan air per m ³	61
4.27	Kuat tekan beton	63
4.28	Kuat tarik belah beton.....	65
4.29	Modulus elastisitas beton.....	67
4.30	Berat isi beton (benda uji kuat tekan)	69
4.31	Berat isi beton (benda uji kuat tarik belah).....	69
4.32	Berat isi beton (benda uji modulus elastisitas)	70
4.33	Berat isi beton rata-rata.....	71

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Nomer kode plastik.....	11
2.2 Kuat tekan beton (plastik PET).....	15
2.3 Kuat tekan beton (batu skoria).....	16
3.1 Model benda uji silinder beton	20
3.2 Pengujian kuat tekan silinder beton.....	36
3.3 Pengujian kuat tarik silinder beton	37
3.4 Diagram alir penelitian	44
4.1 Analisa saringan pasir.....	49
4.2 Analisa saringan batu skoria.....	54
4.3 Kebutuhan air per m ³	62
4.4 Kuat tekan beton.....	65
4.5 Kuat tarik belah beton.....	67
4.6 Modulus elastisitas beton.....	68
4.7 Berat isi beton	71
4.8 Berat isi beton rata-rata.....	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengujian Bahan.....	77
Lampiran 2. Hasil Pengujian Mortar.....	78
Lampiran 3. Hasil Pengujian Beton	78
Lampiran 4. Dokumentasi Kegiatan	81



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik merupakan material yang penggunaannya berkembang dari tahun ke tahun. Pada tahun 2010 tercatat 2,4 juta ton dan pada tahun 2011 sudah meningkat menjadi 2,6 juta ton (Surono, 2013). Konsumsi yang terus meningkat terhadap plastik ini mengakibatkan jumlah sampah yang dihasilkan juga semakin meningkat. Berdasarkan data statistik persampahan domestik Indonesia, produksi sampah plastik di Indonesia mencapai 5,4 juta ton per tahun (Syafputri, 2014). Oleh karena itu pemanfaatan limbah plastik penting untuk dilakukan, termasuk menggunakan limbah plastik sebagai agregat kasar beton ringan struktural. Selain mudah diperoleh, limbah plastik berpotensi karena mempunyai berat yang ringan, tidak mudah berubah bentuk dan kelembabannya mudah dikontrol (Koide dkk., 2016).

Usaha yang dilakukan ialah dengan mengolah limbah plastik menjadi butiran-butiran plastik atau yang sering disebut biji plastik. Biji plastik ini dijadikan substitusi agregat kasar pada beton ringan struktural. Pratikto (2010) dalam penelitiannya menggunakan limbah botol plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) sebagai agregat kasar beton ringan. Kuat tekan beton yang dihasilkan mencapai 17,49 MPa dan berat isinya adalah 1828,44 kg/m³. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan plastik PET menghasilkan kuat tekan dan berat isi yang masih dapat diterima sebagai beton ringan struktural.

Batu skoria yang dihasilkan dari kegiatan vulkanik gunung berapi juga berpotensi untuk dikembangkan sebagai agregat kasar beton ringan struktural. Keberadaannya yang melimpah di aliran-aliran lahar gunung belum dimanfaatkan secara optimal. Suseno (2013) dalam penelitiannya membuat beton ringan dengan menggunakan batu skoria sebagai agregat kasar beton ringan struktural. Kuat tekan beton optimal yang dihasilkan mencapai 23,4 MPa dan berat isinya 1839,69 kg/m³. Hasil ini menunjukkan bahwa batu skoria juga menghasilkan kuat tekan dan berat isi yang masih dapat diterima sebagai beton ringan struktural.

Beton ringan struktural merupakan beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m^3 dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan struktural. Kuat tekan hancur minimal beton ringan struktural adalah $17,24 \text{ MPa}$ bahkan kuat tekan ini dapat meningkat sampai $41,36 \text{ MPa}$ apabila perencanaan campuran sangat teliti (SNI 03-3449-2002). Beton ringan struktural dibuat dengan agregat ringan yang memiliki berat jenis agregat 1,0-1,8 dan berat isi kering oven gembur maksimum 1120 kg/m^3 (SNI 03-2461-2002).

Penggunaan limbah plastik dalam beton ringan struktural akan semakin memudahkan untuk mendapatkan berat isi yang ringan. Sebagaimana yang dinyatakan Choi dkk. (2015) bahwa limbah plastik dapat mereduksi berat beton antara 2% sampai 6%. Sementara untuk mendapatkan kuat tekan beton ringan yang tinggi, maka digunakan batu skoria. Batu skoria memiliki karakteristik yang baik sebagai agregat kasar beton ringan struktural. Suseno (2013) menyimpulkan dalam penelitiannya yang menggunakan batu skoria, bahwa besarnya berat jenis dan berat isi batu skoria memenuhi syarat sebagai agregat ringan untuk beton ringan struktural. Dari hasil pengujian material diperoleh berat jenis sebesar 1,73 dan berat isi keringnya sebesar $756,14 \text{ kg/m}^3$.

Dengan berbagai keuntungan penggunaan plastik dan batu skoria yang telah dikemukakan di atas, perlu untuk dikembangkan lagi penelitian material ini pada beton ringan struktural. Dalam penelitian ini akan dibuat beton ringan struktural dengan menggunakan biji plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*) yang akan dikombinasikan dengan batu skoria dari Gunung Kelud Blitar.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian di atas, dapat dirumuskan permasalahan antara lain:

1. Bagaimana karakteristik beton ringan struktural yang menggunakan biji plastik LDPE dan batu skoria terhadap kuat tekan, kuat tarik, modulus elastisitas dan berat isi beton?

2. Bagaimana proporsi beton ringan struktural yang optimal dengan menggunakan biji plastik LDPE dan batu skoria?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui karakteristik beton ringan struktural yang menggunakan biji plastik LDPE dan batu skoria terhadap kuat tekan, kuat tarik, modulus elastisitas dan berat isi beton.
2. Mendapatkan proporsi beton ringan struktural yang optimal dengan menggunakan biji plastik LDPE dan batu skoria.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini antara lain:

1. Memperoleh nilai guna limbah plastik LDPE dan batu skoria yang selama ini belum dimanfaatkan secara optimal.
2. Memberikan kontribusi untuk perkembangan ilmu dan teknologi tentang material yang digunakan untuk beton ringan.
3. Memberikan informasi kepada para akademisi dan industri konstruksi bahwa limbah plastik LDPE dan batu skoria dapat digunakan sebagai bahan campuran beton ringan struktural.

1.5 Batasan Masalah

Agar penulisan skripsi ini tidak menyimpang dari tujuan yang semula direncanakan, maka ditetapkan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Pengujian beton ringan meliputi kuat tekan, kuat tarik, modulus elastisitas dan berat isi.
2. Biji plastik yang digunakan merupakan biji plastik dari limbah plastik LDPE yang sudah diolah di pabrik. Sementara batu skoria yang digunakan adalah batuan beku yang terbentuk dari hasil pembekuan lava Gunung Kelud Blitar.
3. Benda uji berupa silinder ukuran \emptyset 15 cm x 30 cm dan \emptyset 10 cm x 20 cm.
4. Tidak memperhitungkan biaya pembuatan beton.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Ringan

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton memiliki beberapa kelebihan diantaranya kuat menahan tekanan dan mudah untuk dibentuk. Namun salah satu kelemahan beton adalah berat sendirinya yang cukup besar. Hal ini disebabkan oleh agregat yang menempati (70% - 75%) dari volume total beton. Salah satu cara untuk mereduksinya adalah dengan mengganti agregat normal dengan agregat ringan. Dengan menggunakan agregat ringan tersebut, maka akan dihasilkan beton ringan yang memiliki berat jenis (*density*) lebih ringan daripada beton normal biasanya (Suseno, 2013).

Berdasarkan cara mendapatkan beton ringan menurut Tjokrodimuljo (1996), beton ringan dapat dibedakan menjadi 3 jenis dasar sebagai berikut:

a. Beton agregat ringan

Beton ringan dengan bahan agregat ringan yang digunakan sebagai pengganti agregat kasar/kerikil. Beton ini memakai agregat ringan yang mempunyai berat jenis yang rendah (berkisar 1,0-1,8) akibat agregat kasar yang bersifat porous.

b. Beton busa

Beton busa adalah beton ringan yang diperoleh dengan memasukkan udara ke dalam adukan atau mortar. Dengan demikian akan terjadi pori - pori udara berukuran 0,1 - 1 mm dalam betonnya. Beton ini memiliki berat isi 200 - 1440 kg/m³ dan biasanya digunakan untuk keperluan insulasi serta beton tahan api.

c. Beton tanpa agregat halus (non pasir)

Dimana beton tidak menggunakan agregat halus (pasir) pada campuran pastinya atau sering disebut beton non pasir, sehingga mempunyai sejumlah besar pori - pori di dalamnya. Kekuatan beton non pasir berkisar 7 - 14 Mpa yang dipengaruhi oleh berat isi beton dan kadar semen. Berat isi beton non pasir

berkisar 880 - 1200 kg/m³. Pemakaian beton tipe ini sangat baik untuk kemampuan insulasi dari struktur, meskipun keberadaan rongga udara sangat banyak dan cenderung seragam dapat mengurangi kuat tekan agregat.

Berdasarkan SNI 03-3449-2002, beton ringan dapat dibagi dalam tiga kelompok berdasarkan kuat tekan, berat isi dan jenis agregat yang dipakai, yaitu:

Tabel 2.1 Beton ringan berdasarkan kuat tekan, berat isi dan jenis agregat yang dipakai

No	Konstruksi Bangunan	Beton Ringan		Jenis Agregat
		Kuat Tekan (Mpa)	Berat Isi (Kg/m ³)	
1	Struktural: Minimum Maksimum	17,24 41,36	1400 1850	Agregat yang dibuat melalui proses pemanasan dari batu serpih, batu lempung, batu sabak, terak besi atau terak abu terbang
2	Struktural ringan: Minimum Maksimum	6,89 17,24	800 1400	Agregat ringan alami: skoria atau batu apung
3	Struktural sangat ringan sebagai isolasi: Minimum Maksimum		800	Perlit atau vemikulit

Sumber: SNI 03-3449-2002

Berdasarkan berat jenis dan pemakaiannya beton dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Jenis-jenis beton berdasarkan jenis dan pemakaiannya

Jenis Beton	Berat Jenis Beton (kg/m ³)	Pemakaian
Beton sangat ringan	< 1000	Non struktur
Beton ringan	1000-2000	Struktur ringan dan non struktur
Beton normal	2300-2500	Struktur
Beton berat	> 3000	Perisai sinar-X

Sumber: Prasetya, dkk. (2016)

2.2 Beton Ringan Struktural

Menurut SNI 03-3449-2002, beton ringan struktural merupakan beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alam sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m³ dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan struktural. Kuat tekan hancur minimal beton ringan struktural adalah 17,24 MPa bahkan kuat tekan ini dapat meningkat sampai 41,36 MPa apabila perencanaan campuran sangat teliti.

2.3 Material Penyusun Beton Ringan Struktural

2.3.1 Agregat Ringan

Agregat ringan adalah agregat dengan berat isi kering oven gembur maksimum 1120 kg/m³ (SNI 03-2461-2002). Agregat ringan terdiri dari agregat ringan alami dan buatan. Agregat ringan alami adalah agregat yang diperoleh dari bahan-bahan alami seperti batu apung, skoria atau tufa. Agregat ringan buatan adalah agregat yang dibuat dengan membekahkan melalui proses pemanasan bahan-bahan, seperti terak dari peleburan besi, tanah liat diatome, abu terbang, abu sabak, batu serpih, batu lempung, perlit dan vermikulit (SNI 03-3449-2002).

Untuk persyaratan fisis agregat ringan beton ringan struktural dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Persyaratan sifat fisis agregat ringan untuk beton ringan struktural

No	Sifat Fisis	Persyaratan
1	Berat jenis	1,0 – 1,8
2	Penyerapan air maksimum (%), setelah direndam 24 jam	20
3	Berat isi maksimum:	
	- gembur kering (kg/m ³)	1120
	- agregat halus	880
	- agregat kasar	1040
	- campuran agregat kasar dan halus	60
4	Nilai presentase volume padat (%)	9 – 14
5	Nilai 10 % kehalusan (ton)	
6	Kadar bagian yang terapung setelah direndam dalam air 10 menit maksimum (%)	5
7	Kadar bahan yang mentah (clay dump) (%)	<1
8	Nilai keawetan, jika dalam larutan magnesium sulfat selama 16 – 18 jam, bagian yang larut maksimum (%)	12

Sumber: SNI 03-2461-2002

Berdasarkan SNI 03-3449-2002, pemilihan agregat ringan harus mengikuti ketentuan sebagai berikut:

- a. Agregat ringan dipilih berdasarkan kuat tekan atau berat isi beton ringan yang diisyaratkan, sehingga dapat menghasilkan harga: $0,35 < n_f < 0,5$. Jika harga tersebut tidak dapat terpenuhi, maka harus dipilih agregat lainnya.
- b. Agregat ringan harus dipilih menurut tujuan konstruksi seperti pada Tabel 2.1.
- c. Jika tersedia data kuat hancur agregat ringan kasar sebagai pendekatan dapat digunakan data hasil percobaan laboratorium.
- d. Agregat ringan harus dipilih berdasarkan kuat tekan adukan yang ditetapkan.
- e. Jika perhitungan berat isi terlalu tinggi, berarti campuran yang sudah ditentukan tidak akan dapat dicapai dengan memakai agregat yang dipilih. Jika berat isi terlalu rendah, maka dapat dipilih:
 - 1) Agregat yang lebih besar, biasanya juga berarti kekuatan yang lebih tinggi dapat dicapai.
 - 2) Mengurangi jumlah agregat ringan (jumlah fraksi, n_f , yang lebih kecil) dan menggantinya dengan agregat biasa.

2.3.2 Air

Air berfungsi sebagai bahan pencampur dan pengaduk antara semen dan agregat. Pada umumnya air yang dapat diminum memenuhi persyaratan sebagai air pencampur beton, air ini harus bebas dari padatan tersuspensi ataupun padatan terlarut yang terlalu banyak dan bebas dari material organik. Persyaratan air sebagai bahan bangunan sesuai dengan penggunaannya harus memenuhi syarat menurut PUBI-1982, antara lain:

- a. Air harus bersih.
- b. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
- c. Tidak boleh mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
- d. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter. Kandungan klorida (Cl), tidak lebih dari 500 p.p.m. dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 p.p.m. sebagai SO₃.
- e. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi.

2.3.3 Semen Portland (PC)

Semen portland adalah bahan pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (bahan ini terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis) dengan batu gips sebagai bahan tambahan. Berdasarkan SNI 15-2049-2004, semen portland dibagi menjadi lima tipe, yaitu:

- a. Tipe I Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lain.
- b. Tipe II Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
- c. Tipe III Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.

- d. Tipe IV Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi rendah.

Jenis semen lain juga diatur dalam SNI 15-0302-2004 mengenai semen portland pozolan dan SNI 15-7064-2004 mengenai semen portland komposit.

- a. Semen portland pozolan (*portland pozzolana cement*) adalah semen yang dibuat dari campuran homogen semen portland bersamaan dengan bahan yang mempunyai sifat pozolan. Campuran beton dan mortar menggunakan semen portland pozolan mempunyai sifat pengerjaan yang mudah, namun akan terjadi perpanjangan waktu pengikatan. Kekuatan tekan beton dengan semen pozolan pada umur awal lebih rendah tetapi pada umur lama akan semakin tinggi karena masih terjadi reaksi antara silika aktif pozolan dengan Ca(OH)_2 membentuk senyawa CSH.
- b. Semen portland komposit (*portland composite cement*) adalah semen yang dibuat dari hasil penggilingan terak semen portland dan gips dengan bahan anorganik. Bahan anorganik yang dicampur dapat lebih dari satu macam misalnya terak tanur tinggi, pozolan, senyawa silikat, batu kapur dan sebagainya.

2.3.4 Bahan Tambahan (*Zat Additive*)

Bahan tambahan (*zat additive*) adalah suatu bahan tambahan untuk beton yaitu suatu produksi disamping bahan semen, agregat campuran dan air juga dicampurkan dalam campuran spesi beton. Tujuan dari bahan ini adalah untuk memperbaiki sifat - sifat tertentu dari campuran beton keras dan lunak. Takaran bahan tambahan ini sangat sedikit dibandingkan dengan bahan utama hingga takaran bahan ini dapat diabaikan (Laintawarayan, 2009).

2.4 Plastik

Plastik merupakan material yang baru secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke-20 yang penggunaannya berkembang dari tahun ke tahun. Tahun 2002 konsumsi plastik tercatat 1,9 juta ton, di tahun 2003 naik

menjadi 2,1 juta ton, selanjutnya tahun 2004 naik lagi menjadi 2,3 juta ton per tahun. Di tahun 2010 2,4 juta ton dan pada tahun 2011 sudah meningkat menjadi 2,6 juta ton (Surono, 2013). Konsumsi yang terus meningkat terhadap plastik ini mengakibatkan jumlah sampah yang dihasilkan juga semakin meningkat. Berdasarkan data statistik persampahan domestik Indonesia, produksi sampah plastik di Indonesia menduduki peringkat kedua, yaitu sebesar 5,4 juta ton per tahun (Syafputri, 2014).

Pemanfaatan limbah plastik untuk digunakan kembali (*re-use*) merupakan salah satu langkah yang tepat untuk mengurangi permasalahan limbah plastik yang sampai saat ini belum teratasi. Pemanfaatan limbah plastik menjadi material berdayaguna menjadi penting untuk dilakukan, termasuk menggunakan limbah plastik sebagai agregat kasar beton ringan struktural. Selain mudah diperoleh, limbah plastik berpotensi karena mempunyai berat yang ringan, tidak mudah berubah bentuk dan kelembabannya mudah dikontrol (Koide dkk., 2016).

Tabel 2.4 Perbandingan berat jenis dari berbagai material plastik

Jenis Plastik	Berat Jenis
PP	0.85-0.90
LDPE	0.91-0.93
PET	0.92-0.96
HDPE	0.93-0.96
Polistirena	1.05-1.08
ABS	0.99-1.10
PVC	1.15-1.65
Asetil Selulosa	1.23-1.34
Nylon	1.09-1.14
Poli Karbonat	1.2
Poli Asetat	1.38

Sumber: Mujiarto (2005)

Plastik adalah salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah Karbon dan Hidrogen (Surono, 2013).



Gambar 2.1 Nomer kode plastik (Sumber: Surono, 2013)

Tabel 2.5 Jenis-jenis plastik dan penggunaannya

No Kode	Jenis Plastik	Penggunaan
1	PET (<i>polyethylene terephthalate</i>)	botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik
2	HDPE (<i>High-density Polyethylene</i>)	botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas, dan botol kosmetik
3	PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik, botol shampo, dan botol sambal.
4	LDPE (<i>Low-density Polyethylene</i>)	kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai macam plastik tipis lainnya.
5	PP (<i>Polypropylene</i> atau <i>Polypropene</i>)	cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak, dan margarine
6	PS (<i>Polystyrene</i>)	kotak CD, sendok dan garpu plastik, gelas plastik, atau tempat makanan dari styrofoam, dan tempat makan plastik transparan
7	Other (O), jenis plastik lainnya selain dari no.1 hingga 6	botol susu bayi, plastik kemasan, gallon air minum, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, sikat gigi, dan mainan lego

Sumber: Surono (2013)

2.5 Batu Skoria

Batu skoria adalah salah satu jenis batuan beku yang terbentuk karena pembekuan lava. Batu skoria termasuk kedalam golongan batu ekstrusif (vulkanik) karena terbentuk di luar permukaan bumi. Batu ini memiliki lubang karena pada proses pembentukannya terdapat gas yang terperangkap di dalam lava. Warna skoria hitam, coklat kemerahan, atau abu-abu gelap (Hadi, 2015). Batu skoria memiliki skala kekerasan mohs 5-6. Batuan ini banyak sekali terdapat di daerah aliran lava gunung-gunung berapi yang masih aktif, di Jawa Timur misalnya. Batuan ini tersedia melimpah di aliran-aliran lava Gunung Kelud dan belum dimanfaatkan secara optimal (Suseno, 2013).

Menurut Pusat Pengembangan dan Penelitian yang dikutip oleh Suseno (2013), batuan skoria yang berasal dari Gunung Kelud merupakan fragmen batuan piroklastik dan diperkirakan berasal dari batuan lava bagian pinggir. Ciri-ciri megaskopis batuan ini berwarna abu-abu kehitaman, struktur yang kompak berongga-rongga yang cukup dominan dan tekstur porfiritik dengan massa dasar afinitik. Sedangkan ciri-ciri mikroskopis mempunyai warna keruh kehijauan berbintik hitam, struktur cukup kompak dengan rongga-rongga halus sampai sedang atau vesikuler kurang lebih 20% dan tekstur porfiritik dengan fenorkis yang terdiri dari plagioklas dan piroksen yang tertanam dalam massa dasar gelas isotropis.

2.6 Superplasticizer

Sika *viscocrete-3115N* adalah generasi terbaru dari *superplasticizer* untuk beton dan mortar. Secara khusus dikembangkan untuk produksi beton dengan kemudahan mengalir dan sifat mengalir yang tahan lama. Sika *viscocrete-3115N* memberikan pengurangan air dalam jumlah besar, kemudahan mengalir yang sangat baik dalam waktu bersamaan dengan kohesi yang optimal dan sifat beton yang memadat dengan sendirinya (PT. Sika Indonesia, 2017).

2.6.1 Tipe-Tipe Beton yang Menggunakan *Viscocrete-3115N*

Sika *viscocrete-3115N* digunakan untuk tipe-tipe beton sebagai berikut:

- a. Beton dengan kemampuan mengalir yang tinggi.
- b. Beton yang memadat dengan sendirinya (*self-compacting concrete / S.C.C*).
- c. Beton dengan kebutuhan pengurangan air yang sangat tinggi (hingga 30%).
- d. Beton berkekuatan tinggi.
- e. Beton kedap air (*watertight concrete*).
- f. Beton pracetak (*precast concrete*)

Kombinasi pengurangan air dalam jumlah besar, kemampuan mengalir yang tinggi dan kuat awal yang tinggi menghasilkan keuntungan-keuntungan yang jelas seperti tersebut dalam aplikasi di atas.

2.6.2 Karakteristik dan Kelebihan

Sika *viscocrete-3115N* bekerja melalui penyerapan permukaan partikel-partikel semen yang menghasilkan suatu efek-efek separasi sterikal. Beton yang dihasilkan dengan sika *viscocrete-3115N* memperlihatkan sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Kemampuan mengalir yang sangat baik (dihasilkan pada tingginya pengurangan penempatan dan usaha-usaha pemadatan).
- b. Kemampuan *self compact*-nya kuat.
- c. Pengurangan air yang sangat ekstrim (ditunjukkan pada tingginya berat jenis dan kuat beton).
- d. Mengurangi penyusutan dan keretakan.
- e. Meningkatkan ketahanan terhadap karbonasi pada beton.
- f. Meningkatkan hasil akhir.

2.6.3 Dosis Penggunaan

Dosis yang disarankan untuk beton dengan kelecakan tinggi:

- a. Untuk beton *soft plastic* 0.3-0.8 % dari berat semen.
- b. Untuk beton mengalir dan SCC 0.8-2.0 % dari berat semen.

Sika *viscocrete-3115N* tidak mengandung klorin atau bahan-bahan lain yang dapat menyebabkan karat/bersifat korosif pada tulangan baja. Sehingga cocok digunakan untuk beton dengan tulangan atau pra-tekan. Sika *viscocrete-3115N* juga memberikan beton dengan kelecakan yang panjang dan tergantung pada desain pencampuran dan kualitas material yang digunakan, partikel-partikel *self-compacting* dapat diperthankan lebih dari 1 jam pada suhu 30°C.

2.7 Penelitian Sejenis yang Pernah dilakukan

2.7.1 Plastik HDPE

Soebandono dkk. (2013) dalam penelitiannya menggunakan limbah plastik HDPE untuk mensubstitusi parsial agregat kasar normal pada beton berdasarkan beratnya. Sehingga dari hasil perhitungan *mix design* yang mengacu pada SK SNI 03-2834-2002 diperoleh kebutuhan masing-masing material untuk 1 kali adukan (7 benda uji) sebagai berikut:

Tabel 2.6 Kebutuhan material untuk 1 kali adukan

Jenis Beton	Air (L)	Semen (kg)	Agregat Halus (kg)	Agregat Kasar (kg)	Plastik HDPE (kg)
Normal	7,602	13,818	32,949	34,293	-
Proporsi 10% HDPE	7,602	13,818	32,949	30,87	3,423
Proporsi 15% HDPE	7,602	13,818	32,949	29,148	5,145
Proporsi 20% HDPE	7,602	13,818	32,949	27,44	6,853
Total	30,408	55,272	131,796	63,441	15,421

Sumber: Soebandono dkk. (2013)

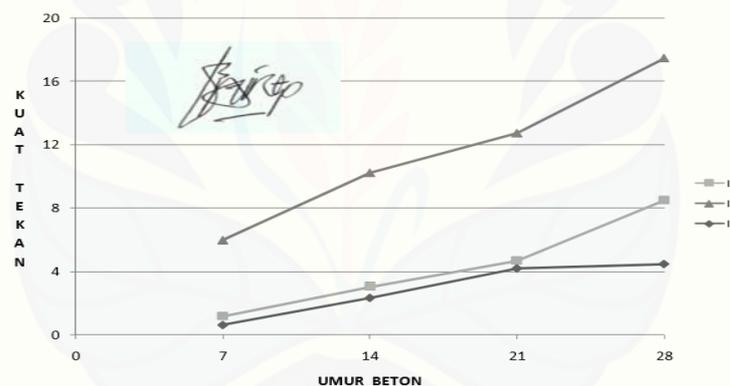
Dari hasil uji yang dilakukan, Soebandono dkk. (2013) menarik kesimpulan bahwa nilai kuat tekan dan kuat tarik beton menurun seiring dengan penambahan kadar limbah plastik HDPE. Kuat tekan rata-rata untuk variasi campuran agregat kasar limbah plastik HDPE 0%, 10%, 15% dan 20% berturut-turut sebesar 27,88 MPa, 15,67 MPa, 14,96 MPa dan 11,08 MPa. Sementara untuk kuat tarik diperoleh berturut-turut sebesar 2,71 MPa, 2,34 MPa, 2,01 MPa dan 1,72 MPa. Dari kesimpulannya juga menjelaskan bahwa penambahan limbah plastik HDPE ke dalam beton dapat menurunkan nilai slump yang dihasilkan, sehingga adukan beton semakin kental dan semakin sulit dikerjakan.

2.7.2 Plastik PET

Penelitian yang dilakukan oleh Pratikto (2010) bertujuan untuk menggunakan limbah plastik PET sebagai agregat ringan. Penentuan komposisi campuran beton ringan yang digunakan berdasarkan standar SNI 09-1993-03 dan agregat batu apung diganti dengan agregat dari limbah plastik. Berikut adalah kebutuhan beton ringan per m³ (kg):

- I. Semen: Pasir: Air: PET adalah 280: 840: 110: 585
- II. Semen: Pasir: Air: PET adalah 263: 420: 279: 559
- III. Semen: Pasir: Air: PET adalah 263: 420: 238: 530

Berdasarkan hasil uji yang dilakukan, kuat tekan benda uji campuran III mencapai 17,49 MPa dengan berat isi 1828,44 kg/m³. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan plastik PET menghasilkan kuat tekan dan berat isi yang masih dapat diterima sebagai beton ringan struktural.



Gambar 2.2 Hubungan kuat tekan beton dengan umur beton (Sumber: Pratikto, 2010)

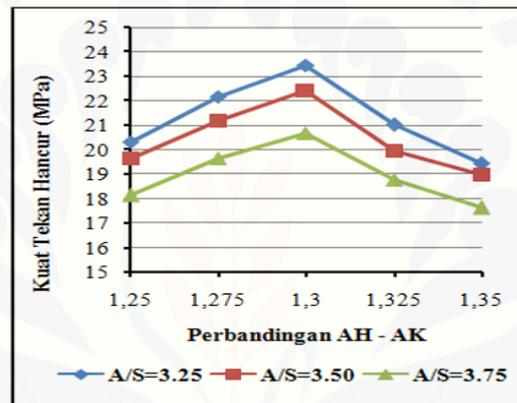
Tabel 2.7 Berat isi beton (plastik PET)

No	Tabung (A) (kg)	Tabung (B) (m ³)	Tabung + Isi (C) (kg)	Berat Isi (kg)
1	4,78	0,007068	15,94	1578,95
2	4,78	0,007068	15,274	1484,72
3	2,180	4,838	7040	1828,-

Sumber: Pratikto (2010)

2.7.3 Batu Skoria

Batu skoria sangat berpotensi untuk dijadikan material beton ringan struktural. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Suseno (2013), batu skoria Gunung Kelud berpotensi karena memiliki karakteristik sebagai agregat kasar beton ringan struktural, baik dari segi karakteristik material agregat maupun beton yang dihasilkan. Dari hasil uji diperoleh berat jenis, berat isi kering, absorpsi, kadar air dan modulus kehalusan batu skoria secara berturut-turut adalah 1,73; 756,14 kg/m³; 17,56%; 1,53% dan 6,74%. Sementara untuk hasil uji agregat halus yang digunakan secara berturut-turut adalah 2,02; 1057,12 kg/m³; 4,08%; 0,85% dan 2,42%. Untuk hasil uji kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.3 Hubungan kuat tekan beton dengan perbandingan agregat halus – agregat kasar (Sumber: Suseno, 2013)

Tabel 2.8 Berat isi beton (batu skoria)

Perbandingan AH - AK	Perbandingan A - S		
	3,25	3,5	3,75
1,250	1849,52	1848,61	1847,42
1,275	1847,84	1846,73	1845,27
1,300	1839,69	1838,12	1836,22
1,325	1838,72	1837,03	1834,60
1,350	1834,56	1832,68	1830,72

Sumber: Suseno (2013)

Dari hasil uji yang dilakukan tersebut, diperoleh kuat tekan beton optimum sebesar 23,4 MPa dengan berat isi 1839,69 kg/m³. Dimana hasil ini sudah memenuhi kuat tekan beton ringan struktural yang ditentukan, yaitu lebih dari 17,24 MPa dan berat isinya di bawah batas nilai yang diijinkan.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember, dimulai dari Januari–April 2017.

Tabel 3.1 Waktu pelaksanaan penelitian

No	Pengerjaan	Januari				Februari				Maret				April			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Pengumpulan bahan	■															
2	Pengujian material					■											
3	Perencanaan <i>mix design</i>									■							
4	Pengecoran beton									■							
5	Perawatan benda uji									■				■			
6	Pengujian benda uji													■			
7	Analisis data & Pembahasan													■			

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini adalah:

- a. Timbangan.
- b. Mesin *shieve shaker*.
- c. Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- d. Satu set ayakan (standar ASTM).
- e. Sikat kuningan.
- f. Mesin pencampur bahan (mixer/molen).
- g. Gelas ukur.
- h. *Slump test*.
- i. Cetakan silinder $\varnothing 15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$ dan $\varnothing 10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$.

- j. Batang penusuk dari baja berbentuk batang lurus, diameter 16 mm dan panjang 610 mm dan ujungnya dibuat tumpul setengah bundar.
- k. *Universal testing machine*.
- l. Alat penakar berbentuk silinder terbuat dari logam atau kedap air dengan ujung dan dasar yang benar-benar rata.
- m. Picnometer.
- n. Kerucut terpancung (400 ± 3) mm, diameter bagian bawah (90 ± 3) mm dan tinggi (75 ± 3) mm dibuat dari logam tebal minimum 0,8 mm.
- o. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (340 ± 15) gram, diameter permukaan penumbuk (25 ± 3)mm.
- p. Keranjang kawat ukuran 3,35 mm (No.6) atau ember dengan tinggi dan leher yang sama dengan kapasitas 4-7 liter untuk agegat ukuran maksimal 37,5 mm (No 1,5 inci).
- q. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan.
- r. *Mounting table*.
- s. Cetakan silinder beton \emptyset 15 cm x 30 cm dan \emptyset 10 cm x 20 cm.
- t. Cetakan kubus panjang sisi 5 cm.
- u. Bak.
- v. Sekop.
- w. Loyang/talam.
- x. Palu.
- y. Jangka sorong.
- z. Penggaris.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Biji plastik LDPE

Biji plastik yang digunakan merupakan biji plastik olahan limbah plastik LDPE yang didapatkan dari PT Toba Recycling Inonesia, Jl. Raya Perum Kraton Harmoni Pasuruan.

b. Batu skoria

Batu skoria yang digunakan merupakan batu yang dihasilkan dari kegiatan vulkanik Gunung Kelud Blitar.

c. Semen

Semen yang digunakan adalah semen tipe *Portland Composite Cement* (PCC) merk Tiga Roda.

d. Agrerat halus

Agrerat halus yang digunakan adalah pasir jember.

e. Air

Air yang digunakan adalah air sumur biasa yang tersedia di Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember.

f. *Superplasticizer*

Superplasticizer yang digunakan pada penelitian ini adalah *viscocrete-3115N*.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel merupakan sesuatu yang menjadi objek pengamatan penelitian, sering juga disebut sebagai faktor yang berperan dalam penelitian atau gejala yang akan diteliti. Variabel dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi tiga jenis pengelompokkan, yaitu:

3.3.1 Variabel Bebas (Independen)

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi timbulnya variabel terikat. Variabel bebas yang terdapat dalam penelitian ini adalah variasi komposisi material penyusun beton ringan dan ukuran butir agregat, yaitu:

- Komposisi material beton ringan struktural dengan batu skoria.
- Komposisi material beton ringan dengan biji plastik LDPE dan batu skoria.
- Ukuran butir biji plastik LDPE dan batu skoria.

3.3.2 Variabel Terikat (Dependen)

Variabel terikat adalah variabel yang mempengaruhi atau menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam hal ini adalah:

- a. Nilai slump.
- b. Kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas beton.
- c. Berat isi beton.

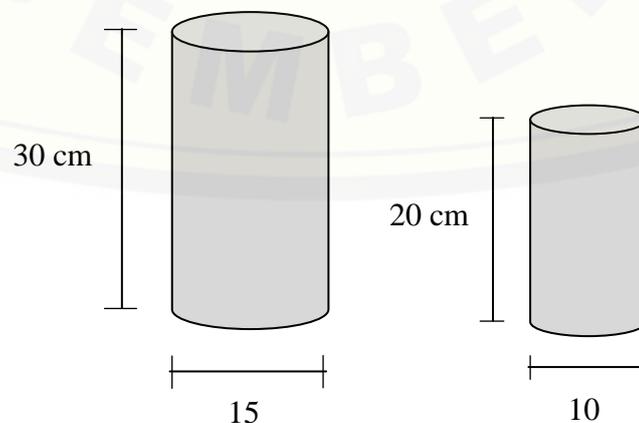
3.3.3 Variabel Kontrol/Pengendali

Variabel kontrol adalah variabel konstan yang digunakan untuk membandingkan variabel lain. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kuat tekan, kuat tarik dan modulus elastisitas beton ringan antara lain:

- a. Tipe semen.
- b. Faktor air semen.
- c. Ukuran butiran maksimum agregat.
- d. Tipe *superplasticizer*.
- e. Cara perawatan benda uji.
- f. Umur benda uji.

3.4 Model Benda Uji

Pengujian beton ringan terdiri atas kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas dan berat isi. Untuk pengujian beton setelah mengeras ini diperlukan beberapa bentuk benda uji sebagai berikut:



Gambar 3.1 Model benda uji silinder beton

- a. Ukuran silinder beton \varnothing 15 cm x 30 cm dan \varnothing 10 cm x 20 cm.
- b. Silinder \varnothing 15 cm x 30 cm digunakan untuk benda uji modulus elastisitas dan silinder \varnothing 10 cm x 20 cm digunakan untuk benda uji kuat tekan dan kuat tarik belah.
- c. Nilai kuat tekan dan berat isi diambil minimal dari rata-rata 3 buah benda uji dan kuat tarik belah diambil rata-rata dari 6 benda uji (SNI 03-2461-2002).
- d. Silinder beton yang dibuat dalam penelitian ini sebanyak 13 buah untuk setiap proporsi pencampuran, yang terdiri dari 4 buah benda uji untuk kuat tekan, 7 benda uji untuk kuat tarik belah, 4 benda uji untuk modulus elastisitas beton.

3.5 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dibuat dengan memproporsikan beberapa campuran beton ringan struktural menggunakan biji plastik LDPE dan batu skoria. Adapun rancangan penelitian akan dilaksanakan sebagaimana pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rancangan penelitian

Proporsi Campuran Plastik	Proporsi		Jumlah Benda Uji		
	Plastik LDPE (%)	Batu Skoria (%)	Kuat Tekan	Kuat Tarik	Modulus Elastisitas
0%	0	100	4	7	4
10%	10	90	4	7	4
20%	20	80	4	7	4
30%	30	70	4	7	4

Proporsi biji plastik LDPE dan batu skoria masing-masing 0%-100%, 10%-90%, 20%-80%, 30%-70%. Substitusi biji plastik LDPE terhadap batu skoria ini berdasarkan volume, sehingga volume kebutuhan material tetap seperti semula. Untuk proporsi *superplasticizer* digunakan 0,8% dari berat semen sesuai dosis penggunaan yang disarankan untuk beton *soft plastic*, yaitu antara 0,3-0,8 % dari berat semen.

3.6 Standar Pengujian

Standar pengujian yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada SNI dan ASTM yang berlaku. Berikut beberapa standar yang digunakan:

Tabel 3.3 Standar pengujian

Pengujian	Standar Pengujian
Analisa saringan agregat	SNI 03-1968-1990
Berat volume agregat	SNI 03-4804-1998
Berat jenis dan resapan agregat halus	SNI 03-1970-2008
Berat jenis dan resapan agregat kasar	SNI 03-1969-2008
Kelembaban agregat	SNI 03-1971-2011
Modulus kehalusan	SNI 03-1749-1990
Uji kuat tekan mortar	SNI-03-6825-2002
Uji kuat tekan beton	SNI 03-1974-1990
Uji kuat tarik belah beton	ASTM C 496-96
Uji modulus elastisitas beton	SNI 03-2847-2002

3.7 Metode Pengujian Bahan

Pengujian bahan pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan karakteristik bahan penyusun beton yang akan dipakai dalam *mix design*. Pengujian bahan meliputi pengujian terhadap agregat halus dan agregat kasar. Penelitian ini mengacu berdasarkan SNI yang berlaku.

3.7.1 Agregat Halus

- a. Berat Volume dan Rongga Udara Agregat Halus (SNI 03-4804-1998)
 - 1) Alat dan Bahan
 - a) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram.
 - b) Batang penusuk dari baja berbentuk batang lurus, diameter 16 mm dan panjang 610 mm dan ujungnya dibuat tumpul setengah bundar.
 - c) Alat penakar berbentuk silinder terbuat dari logam atau kedap air dengan ujung dan dasar yang benar-benar rata.
 - d) Sekop atau sendok sesuai kebutuhan.
 - e) Agregat halus kering oven.

2) Langkah-Langkah Pengujian

Untuk menentukan berat volume agregat, terdapat dua cara yaitu dengan kondisi padat dan kondisi gembur. Cara kondisi padat dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu cara tusuk dan cara ketuk.

a) Cara Tusuk

1. Mengisi penakar 1/3 dari volume penuh dan meratakan dengan batang perata.
2. Menusuk lapisan agregat dengan 25 kali tusukan batang penusuk.
3. Mengisi lagi sampai volume menjadi dua pertiga penuh kemudian meratakan dan menusuk sepertiga diatas.
4. Mengisi penakar sampai berlebih dan ditusuk lagi.
5. Meratakan permukaan agregat dengan batang perata.
6. Menentukan berat penakar dan isinya dan berat penakar itu sendiri.
7. Mencatat beratnya sampai ketelitian 0,05 kg.

b) Dengan Ketuk

1. Mengisi agregat dalam penakar dalam tiga tahap.
2. Memadatkan untuk setiap lapisan dengan cara mengetuk-ngetukkan alas penakar secara bergantian di atas lantai yang rata sebanyak 50 kali.
3. Meratakan permukaan agregat dengan batang perata sampai rata.
4. Menentukan berat penakar dan isinya dan berat penakar itu sendiri.
5. Mencatat beratnya sampai ketelitian 0,05 kg.

c) Kondisi Gembur

1. Mengisi penakar dengan agregat memakai sekop atau sendok secara berlebihan dan menghindarkan terjadinya pemisahan dari butir agregat.
2. Meratakan permukaan dengan batang perata.
3. Menentukan berat penakar dan isinya dan berat penakar itu sendiri.
4. Mencatat beratnya sampai ketelitian 0,05 kg.

3) Perhitungan

a) Berat isi agregat halus

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

b) Kadar rongga udara

$$\frac{[(s - w) - M]}{(s - w)}$$

Keterangan:

- M = Berat isi agregat dalam kondisi kering oven (kg/m^3)
G = Berat agregat dan penakar (kg)
T = Berat Penakar (kg)
V = Volume penakar (m^3)
S = Berat jenis agregat dalam kering oven
W = Kerapatan air, 998 kg/m^3

b. Berat Jenis dan Air Resapan Agregat Halus (SNI 03-1970-2008)

1) Alat dan Bahan

- a) Timbangan.
- b) Picnometer.
- c) Kerucut terpancung (400 ± 3) mm, diameter bagian bawah (90 ± 3) mm dan tinggi (75 ± 3) mm dibuat dari logam tebal minimum 0,8 mm.
- d) Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (340 ± 15) gram, diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm.
- e) Saringan ukuran 4,75 mm (No.4).
- f) Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 ± 5) °C.
- g) Talam.
- h) Bejana atau bak tempat air.
- i) Agregat halus kondisi SSD (agregat halus yang sudah direndam selama 24 jam dan dikeringkan permukaannya).
- j) Air.

2) Langkah-Langkah Pengujian

- a) Menimbang picnometer.
- b) Menimbang pasir kondisi SSD sebanyak 50 gram.
- c) Memasukkan pasir ke dalam picnometer kemudian ditimbang.
- d) Picnometer yang berisi pasir diisi air sampai penuh dan dipegang miring (diputar-putar) hingga gelembung udara keluar.
- e) Picnometer diisi air hingga batas kapasitas dan ditimbang beratnya.
- f) Picnometer kosong diisi air hingga batas kapasitas dan ditimbang beratnya.

3) Perhitungan

- a) Berat jenis curah kering

$$\frac{A}{B + S - C}$$

- b) Berat jenis curah (kondisi jenuh kering permukaan)

$$\frac{S}{B + S - C}$$

- c) Berat jenis semu (
- apparent*
-)

$$\frac{A}{B + A - C}$$

- d) penyerapan

$$\frac{S - A}{A} \times 100\%$$

Keterangan:

- A = Berat benda uji kering oven (g)
B = Berat picnometer yang berisi air (g)
C = Berat picnometer dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (g)
S = Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (g)

c. Kelembaban Agregat Halus (SNI 03-1971-2011)

1) Alat dan Bahan

- a) Timbangan dengan ketelitian 0.1% berat contoh.
- b) Oven yang dilengkapi pengatur suhu sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- c) Talam logam tahan panas dan karat berkapasitas cukup besar.
- d) Pengaduk dari logam atau spatula.
- e) Agregat halus dalam keadaan kering asli.

2) Langkah-langkah pengujian

- a) Menimbang benda uji sampai 0,1% massa terdekat.
- b) Mengeringkan benda uji langsung dalam wadah dengan menggunakan oven selama 24 jam dengan temperatur $(110 \pm 50) ^\circ\text{C}$.
- c) Mengeluarkan pasir dari oven, setelah dingin ditimbang beratnya.
- d) Setelah dingin, sehingga tidak akan merusak atau mempengaruhi timbangan, kemudian benda uji kering ditimbang sampai 0,1% massa terdekat.

3) Perhitungan

$$P = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100 \%$$

Keterangan:

P = Kadar airbenda uji (%)

W1 = Massa benda uji (g)

W2 = Massa Benda uji kering oven (g)

d. Kadar Lumpur Agregat Halus

1) Alat dan Bahan

- a) Gelas ukur dari tabung kaca yang disertai ukuran pada dinding bagian luarnya.
- b) Agregat halus
- c) Air

2) Langkah-Langkah Pengujian

- a) Memasukkan agregat halus ke dalam gelas ukur hampir setengah (misal 450 ml).
- b) Menambahkan air sampai total pasir + air dua kali pasir.
- c) Menutup gelas ukur dan kemudian dikocok selama 1 menit.
- d) Gelas ukur disimpan dan didiamkan di tempat yang datar selama ± 24 jam agar lumpur mengendap.
- e) Mengukur tinggi pasir dan tinggi lumpur.

3) Perhitungan

$$\text{a) Kadar lumpur} = \frac{V2}{(V1+V2)} \times 100 \%$$

Keterangan:

V1 = Tinggi pasir (ml)

V2 = Tinggi lumpur (ml)

e. Analisa Saringan Agregat Halus (SNI 03-1968-1990)

Kekerasan pasir dapat dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar.

Tabel 3.4 Batas gradasi agregat halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Yang Lewat Ayakan			
	1	2	3	4
10	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6	15 – 34	34 – 59	60 – 79	80 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Sumber: SNI 03-2834-2000

1) Alat dan Bahan

- a) Timbangan dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji.
- b) Satu set saringan (standar ASTM)
- c) Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- d) Talam
- e) *Shieve shaker*
- f) Sikat kuningan
- g) Agregat halus dalam keadaan kering oven.

2) Langkah-Langkah Pengujian

- a) Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $110 \pm 5 ^\circ\text{C}$, sampai berat tetap.
- b) Memasukkan pasir dalam ayakan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan di atas dan digetarkan dengan *shieve shaker* selama ± 15 menit.
- c) Menimbang dan menghitung persentase berat benda uji yang tertahan di atas saringan terhadap berat total benda uji.

3) Perhitungan

Persentase benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan adalah:

$$\frac{\text{Berat kumulatif benda uji tertahan}}{\text{Berat total benda uji setelah disaring}} \times 100\%$$

f. Besar Butir Agregat Halus (SNI 03-1749-1990)

1) Alat dan Bahan

- a) Timbangan dengan ketelitian 0,1%.
- b) Ayakan: ayakan dengan lobang persegi (bujursangkar). Ayakan terhalus adalah 0,15 mm, berturut-turut disusun di atasnya yang berlobang 2 kali lipat.
- h) Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- i) Talam
- j) *Shieve shaker*
- k) Sikat kuningan
- c) Agregat halus kering oven.

2) Langkah-Langkah Pengujian

- a) Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu 110 ± 5 °C.
- b) Memasukkan pasir dalam ayakan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan di atas dan digetarkan dengan *shieve shaker* selama ± 15 menit.
- c) Menimbang dan menghitung persentase berat benda uji yang tertahan di atas saringan terhadap berat total benda uji.

3) Perhitungan

$$FM = \frac{\sum \% \text{ tertahan kumulatif mulai dari saringan } 0,15 \text{ mm}}{100}$$

FM = Modulus kehalusan

3.7.2 Agregat Kasar

a. Berat Volume Dan Rongga Udara Agregat Kasar (SNI 03-4804-1998)

1) Alat dan Bahan

- a) Timbangan dengan ketelitian 1 gram.
- b) Batang penusuk dari baja berbentuk batang lurus, diameter 16 mm dan panjang 610 mm dan ujungnya dibuat tumpul setengah bundar.
- c) Alat penakar berbentuk silinder terbuat dari logam atau kedap air dengan ujung dan dasar yang benar-benar rata.
- d) Sekop atau sendok sesuai kebutuhan.
- e) Agregat kasar kering oven.

2) Langkah-Langkah Pengujian

Untuk menentukan berat volume agregat, terdapat dua cara yaitu dengan kondisi padat dan kondisi gembur. Cara kondisi padat dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu cara tusuk dan cara ketuk.

a) Cara Tusuk

1. Mengisi penakar 1/3 dari volume penuh dan meratakan dengan batang perata.
2. Menusuk lapisan agregat dengan 25 kali tusukan batang penusuk.
3. Mengisi lagi sampai volume menjadi dua pertiga penuh kemudian meratakan dan menusuk sepertiga di atas.

4. Mengisi penakar sampai berlebih dan ditusuk lagi.
5. Meratakan permukaan agregat dengan batang perata.
6. Menentukan berat penakar dan isinya dan berat penakar itu sendiri.
7. Mencatat beratnya sampai ketelitian 0,05 kg.

b) Dengan Ketuk

1. Mengisi agregat dalam penakar dalam tiga tahap.
2. Memadatkan untuk setiap lapisan dengan cara mengetuk-ngetukkan alas penakar secara bergantian di atas lantai yang rata sebanyak 50 kali.
3. Meratakan permukaan agregat dengan batang perata sampai rata.
4. Menentukan berat penakar dan isinya dan berat penakar itu sendiri.
5. Mencatat beratnya sampai ketelitian 0,05 kg.

c) Kondisi Gembur

1. Mengisi penakar dengan agregat memakai sekop atau sendok secara berlebihan dan menghindarkan terjadinya pemisahan dari butir agregat.
2. Meratakan permukaan dengan batang perata.
3. Menentukan berat penakar dan isinya dan berat penakar itu sendiri.
4. Mencatat beratnya sampai ketelitian 0,05 kg.

3) Perhitungan

a) Berat isi agregat kasar

$$M = \frac{(G - T)}{V}$$

b) Kadar rongga udara

$$\frac{[(s - w) - M]}{(s - w)}$$

Keterangan:

M = Berat isi agregat dalam kondisi kering oven (kg/m^3)

G = Berat agregat dan penakar (kg)

T = Berat Penakar (kg)

V = Volume penakar (m^3)

S = Berat jenis agregat dalam kering oven

W = Kerapatan air, 998 kg/m^3

b. Berat Jenis dan Air Resapan Agregat Kasar (SNI 03-1969-2008)

1) Alat dan Bahan

- a) Timbangan.
- b) Keranjang kawat ukuran 3,35 mm (No.6) atau ember dengan tinggi dan leher yang sama dengan kapasitas 4-7 liter untuk agregat ukuran maks 37,5 mm (No 1,5 inci).
- c) Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan.
- d) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- e) *Mounting table*.
- f) Agregat kasar dalam kondisi SSD (agregat yang sudah direndam selama 24 jam dan dikeringkan permukaannya).
- g) Air.

2) Langkah-langkah Pengujian

- a) Mencuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan.
- b) Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.
- c) Mendinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam, atau sampai agregat telah dingin pada suatu temperatur yang dapat dikerjakan pada temperatur (kira-kira $50 ^\circ\text{C}$) kemudian menimbang dengan ketelitian 0,5 gram.
- d) Merendam benda uji dalam air yang mempunyai kerapatan $(997 \pm 2) \text{ kg/m}^3$ pada temperatur $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$.
- e) Benda uji dari air, dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan harus satu persatu.
- f) Menimbang benda uji kering permukaan jenuh.

- g) Benda uji didalam air, digoncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan menentukan beratnya di dalam air.

3) Perhitungan

- a) Berat jenis curah kering

$$\frac{A}{B - C}$$

- b) Berat jenis kering

$$\frac{B}{B - C}$$

- c) Berat jenis semu

$$\frac{A}{A - C}$$

- d) Penyerapan air

$$\frac{B - A}{A} \times 100\%$$

Keterangan

A = Berat benda uji kering oven (g)

B = Berat benda uji kering permukaan jenuh (g)

C = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (g)

c. Kelembaban Agregat Kasar (SNI 03-1971-2011)

1) Alat dan Bahan

- a) Timbangan dengan ketelitian 0.1% berat contoh.
- b) Oven yang dilengkapi pengatur suhu sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- c) Talam logam tahan panas dan karat berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan benda uji.
- d) Pengaduk dari logam atau spatula.
- e) Agregat kasar dalam keadaan kering asli.

2) Langkah-Langkah Pengujian

- a) Menimbang benda uji sampai 0,1% massa terdekat.

- b) Mengeringkan benda uji langsung dalam wadah dengan menggunakan oven selama 24 jam dengan temperatur $(110 \pm 50) ^\circ\text{C}$.
- c) Mengeluarkan pasir dari oven, setelah dingin ditimbang beratnya.
- d) Setelah dingin, sehingga tidak akan merusak atau mempengaruhi timbangan, kemudian benda uji kering ditimbang sampai 0,1% massa terdekat.

3) Perhitungan

$$P = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100 \%$$

Keterangan:

- P = Kadar airbenda uji (%)
W1 = Massa benda uji (g)
W2 = Massa Benda uji kering oven (g)

d. Analisa Saringan Agregat Kasar (SNI 03-1968-1990)

1) Alat dan Bahan

- a) Timbangan dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji.
- b) Satu set saringan (standar ASTM).
- c) Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- d) Talam
- e) *Shieve shaker*
- f) Sikat kuningan
- g) Agergat kasar dalam keadaan kering oven.

2) Langkah-Langkah Pengujian

- a) Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $110 \pm 5 ^\circ\text{C}$, sampai berat tetap.
- b) Memasukkan pasir dalam ayakan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan di atas, dan digetarkan dengan *shieve shaker* selama ± 15 menit.
- c) Menimbang dan menghitung persentase berat benda uji yang tertahan diatas saringan terhadap berat total benda uji.

3) Perhitungan

Porsentase benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan adalah:

$$\frac{\text{Berat komulatif benda uji tertahan}}{\text{Berat total benda uji setelah disaring}} \times 100\%$$

e. Besar Butir Agregat Kasar (SNI 03-1749-1990)

1) Alat dan Bahan

- a) Timbangan dengan ketelitian 0,1%.
- b) Ayakan: ayakan dengan lobang persegi (bujursangkar). Ayakan terhalus adalah 0,15 mm, berturut-turut disusun di atasnya yang berlobang 2 kali lipat.
- h) Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- i) Talam
- j) *Shieve shaker*
- k) Sikat kuningan
- c) Agregat kasar kering oven.

2) Langkah-Langkah Pengujian

- a) Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $110 \pm 5 ^\circ\text{C}$.
- b) Memasukkan agregat kasar dalam ayakan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan di atas dan digetarkan dengan *shieve shaker* selama ± 15 menit.
- c) Menimbang dan menghitung porsentase berat benda uji yang tertahan diatas saringan terhadap berat total benda uji.

3) Perhitungan

$$FM = \frac{\sum \% \text{ tertahan komulatif mulai dari saringan } 0,15 \text{ mm}}{100}$$

FM = Modulus kehalusan

3.8 Metode Pengujian Mortar dan Beton

3.8.1 Uji Kuat Tekan Mortar

Kekuatan tekan mortar adalah gaya per satuan luas yang bekerja pada benda uji mortar berbentuk kubus dengan ukuran tertentu serta berumur tertentu. Dalam hal ini, metode pengujian yang digunakan mengacu pada SNI-03-6825-2002 dengan persamaan berikut:

$$\sigma_m = \frac{P_{maks}}{A}$$

Keterangan:

- σ_m = kekuatan tekan mortar (MPa)
 P_{maks} = gaya tekan maksimal (N)
 A = luas penampang benda uji (mm²)

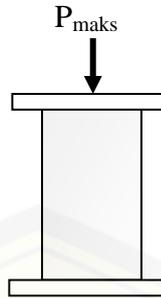
a. Langkah-langkah pengujian

Untuk melaksanakan pengujian kuat tekan mortar harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut:

- 1) Meletakkan benda uji pada mesin penekan.
- 2) Menjalankan mesin tekan dengan penambahan besarnya gaya tetap sampai benda uji hancur.
- 3) Mencatat besarnya gaya tekan maksimum yang bekerja pada saat benda uji hancur.

3.8.2 Uji Kuat Tekan Beton

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. Besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum pada saat benda uji menjadi hancur dengan luas penampang. Dalam hal ini, metode pengujian yang digunakan mengacu pada SNI 03-1974-1990 dengan persamaan berikut:



Gambar 3.2 Pengujian kuat tekan silinder beton (Sumber: Achmadi, 2009)

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

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

P = beban uji maksimum (kg)

A = luas penampang (cm^2)

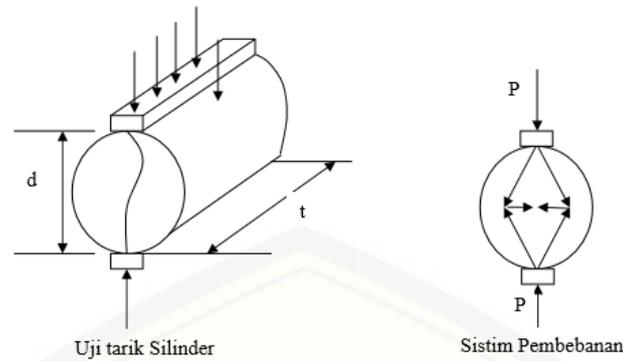
a. Langkah-langkah pengujian

Untuk melaksanakan pengujian kuat tekan beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut:

- 1) Meletakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris.
- 2) Menjalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan antara 2 sampai 4 kg/m^2 perdetik.
- 3) Melakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan mencatat beban maksimum yang terjadi.

3.8.3 Uji Kuat Tarik Belah Beton

Metode yang digunakan untuk uji kuat tarik belah beton mengacu pada ASTM C 496-96. Metode pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Pengujian kuat tarik silinder beton (Sumber: Achmadi, 2009)

Besaran kuat tarik belah benda uji dihitung dengan persamaan berikut:

$$F_{ct} = \frac{2P}{\pi LD}$$

Keterangan:

- F_{ct} = kuat tarik belah (MPa)
- P = beban uji maksimum (kN)
- L = panjang benda uji (cm)
- D = diameter benda uji (cm)

a. Langkah-langkah pengujian

Untuk melaksanakan pengujian kuat tarik belah beton harus diikuti beberapa tahapan sebagai berikut:

- 1) Memberikan tanda pada benda uji (garis tengah).
- 2) Meletakkan peralatan bantu perletakan benda uji pada posisi benda uji.
- 3) Pengukuran benda uji.
- 4) Meletakkan benda uji pada posisi uji dengan mengacu pada tanda garis tengah pada kedua ujung.
- 5) Pemberian beban dilakukan secara menerus tanpa sentakan dengan kecepatan pembebanan konstan yang berkisar antara 0,7 hingga 1,4 MPa permenit sampai benda uji hancur.

3.8.4 Uji Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas beton mempunyai hubungan dengan sifat beton lainnya terutama kuat tekan beton itu sendiri. Dengan mengacu pada SNI 03-2847-2002, besarnya modulus elastisitas beton secara teoritis dapat dihitung dengan rumus:

$$E_c = (W_c)^{1,5} 0,043 \sqrt{f_c'}$$

Keterangan:

- E_c = modulus elastisitas (MPa)
 W_c = berat satuan beton (kg/m^3)
 f_c' = kuat tekan beton (MPa)

3.9 Metode Pengolahan *Mix Design* Benda Uji

Dalam penelitian ini, *mix design* yang digunakan mengacu pada SNI 03-3449-2002 tentang “Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan”. Langkah-langkah yang dilakukan dalam menggunakan SNI ini adalah sebagai berikut:

- Menetapkan kuat tekan beton ringan yang disyaratkan (f_c', B) pada umur 28 hari.
- Menghitung deviasi standar.

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

S = deviasi standar

x_i = kuat tekan beton ringan yang didapat dari masing-masing benda uji

\bar{x} = kuat tekan beton rata-rata menurut rumus

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

- n = jumlah nilai hasil uji yang harus diambil minimum 30 buah yang setiap nilainya diambil minimum rata-rata dari 2 buah benda uji yang dibuat dari contoh beton yang sama pada umur 28 hari

c. Menghitung nilai tambah.

$$M = k \times s$$

dengan:

M = nilai tambah

K = tetapan statistik yang nilainya tergantung pada persentase hasil uji yang lebih rendah dari fc',c . Dalam hal ini diambil 5% dan nilai $k = 1,64$

S = deviasi standar

d. Menghitung kuat tekan beton ringan rata-rata yang ditargetkan (fc',Br).

$$fc',Br = fc',B + M$$

e. Memilih agregat kasar dan halus sesuai dengan rencana kuat tekan dan berat isi beton ringan yang akan dibuat dengan ketentuan butir 2.3.1.

f. Menentukan kuat tekan hancur (fc',A).

g. Menghitung jumlah fraksi agregat nf dalam beton.

$$fc',Br = (fc',A) nf \times fc',M (1-nf)$$

$$\text{atau } nf = \frac{\log(fc',B/fc',M)}{\log(fc',A/fc',M)}$$

1) Apabila $nf > 0,50$ atau $nf < 0,35$ pilih agregat kasar atau halus lainnya dipilih menurut tujuan konstruksi sesuai dengan Tabel 2.1.

2) Apabila $fc',A < (1/15) \times fc',M$ atau $fc',A (1/2) fc',M$, maka kuat tekan adukan diperbesar, kemudian menghitung kembali harga nf .

h. Menentukan kuat tekan dan berat isi adukan berdasarkan butir 7 diatas.

i. Menentukan susunan campuran adukan dari hasil percobaan laboratorium per m^3 berdasarkan butir 7 diatas.

j. Menentukan susunan campuran beton ringan dengan proporsi yang sesuai dengan harga fraksi agregat kasar.

k. Menghitung kadar agregat kasar, semen, air dan agregat halus yang digunakan.

l. Menjumlahkan beratnya = berat isi beton ringannya.

m. Mengoreksi proporsi campuran menurut perhitungan.

Jika agregat tidak dalam keadaan jenuh kering permukaan, proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat.

Air : $B - (C_k - C_a) \times C/100 - (D_k - D_a) \times D/100$

Agregat ringan halus : $C + (C_k - C_a) \times C/100$

Agregat ringan kasar : $D + (D_k - D_a) \times D/100$

dengan:

B = jumlah air (kg/m^3)

C = jumlah agregat ringan halus (kg/m^3)

D = jumlah (kg/m^3)

C_a = absorpsi air pada agregat ringan halus (%)

D_a = absorpsi agregat ringan kasar (%)

C_k = kandungan air dalam agregat ringan kasar (%)

D_k = kandungan air dalam agregat ringan kasar (%)

n. Membuat campuran uji, kemudian mengukur dan mencatat besarnya slump dan kekuatan yang sesungguhnya seperti pada beton normal.

- 1) Melakukan penyesuaian berat isi dan kuat tekan dengan mengubah fraksi agregat ringan.
- 2) Jika kuat tekan beton didapatkan terlalu rendah, kuat tekan dapat dipertiggi sementara jumlah fraksi volume dijaga konstan atau dengan menjaga kuat tekan adukan tetap tidak kembali sementara jumlah fraksi volume agregat kasar dikurangi.
- 3) Jika penyimpangan terlalu besar, maka dapat dipilih bahan-bahan lain, yaitu agregat yang lebih kuat atau jenis semen lainnya.

3.10 Metode Pembuatan Benda Uji

Metode yang digunakan dalam pembuatan benda uji ini dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu:

a. Tahap I: Persiapan Alat dan Penyediaan Bahan

Tahap ini merupakan tahap persiapan penelitian yang meliputi semua persiapan alat termasuk didalamnya menyiapkan bahan penyusun beton ringan berupa semen, pasir, biji plastik LDPE, batu skoria, *superplasticizer* dan air.

b. Tahap II: Pengujian Bahan

Tahap ini adalah tahap pengujian pasir, biji plastik LDPE dan batu skoria sebelum digunakan sebagai bahan campuran dalam beton ringan. Tahap ini meliputi pengujian:

1. berat jenis
2. kelembaban
3. air resapan
4. berat volume
5. gradasi
6. kadar lumpur
7. kuat tekan
8. modulus kehalusan

c. Tahap III: Perencanaan *Mix Design*

Tahap ini merupakan tahap perencanaan *mix design*. Perbandingan proporsi bahan campuran beton ditentukan/ dihitung dengan menggunakan SNI 03-3449-2002 tentang “Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan”.

Dalam tahap ini juga dilakukan pembuatan dan pengujian mortar yang akan disesuaikan dengan kuat tekan mortar pada perhitungan *mix design*. Jika hasil pengujian sesuai, maka perhitungan dapat dilanjutkan sehingga diperoleh proporsi masing-masing bahan untuk adukan beton.

d. Tahap IV: Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini, benda uji yang digunakan adalah silinder ukuran \emptyset 15 cm x 30 cm untuk benda uji modulus elastisitas dan silinder \emptyset 10 cm x 20 cm untuk benda uji kuat tekan dan kuat tarik belah. Pada tahap ini meliputi:

1. pembuatan adukan beton
2. uji slump
3. pengecoran ke dalam cetakan
4. pelepasan benda uji dari cetakan

e. Tahap V: Perawatan Beton

Perawatan beton dengan cara merendam benda uji sampai sesuai dengan umur yang ditentukan untuk dilaksanakan uji kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas. Perendaman dilakukan untuk menghindari pengaruh cuaca terhadap proses pengerasan beton yang dapat mempengaruhi kekuatan beton.

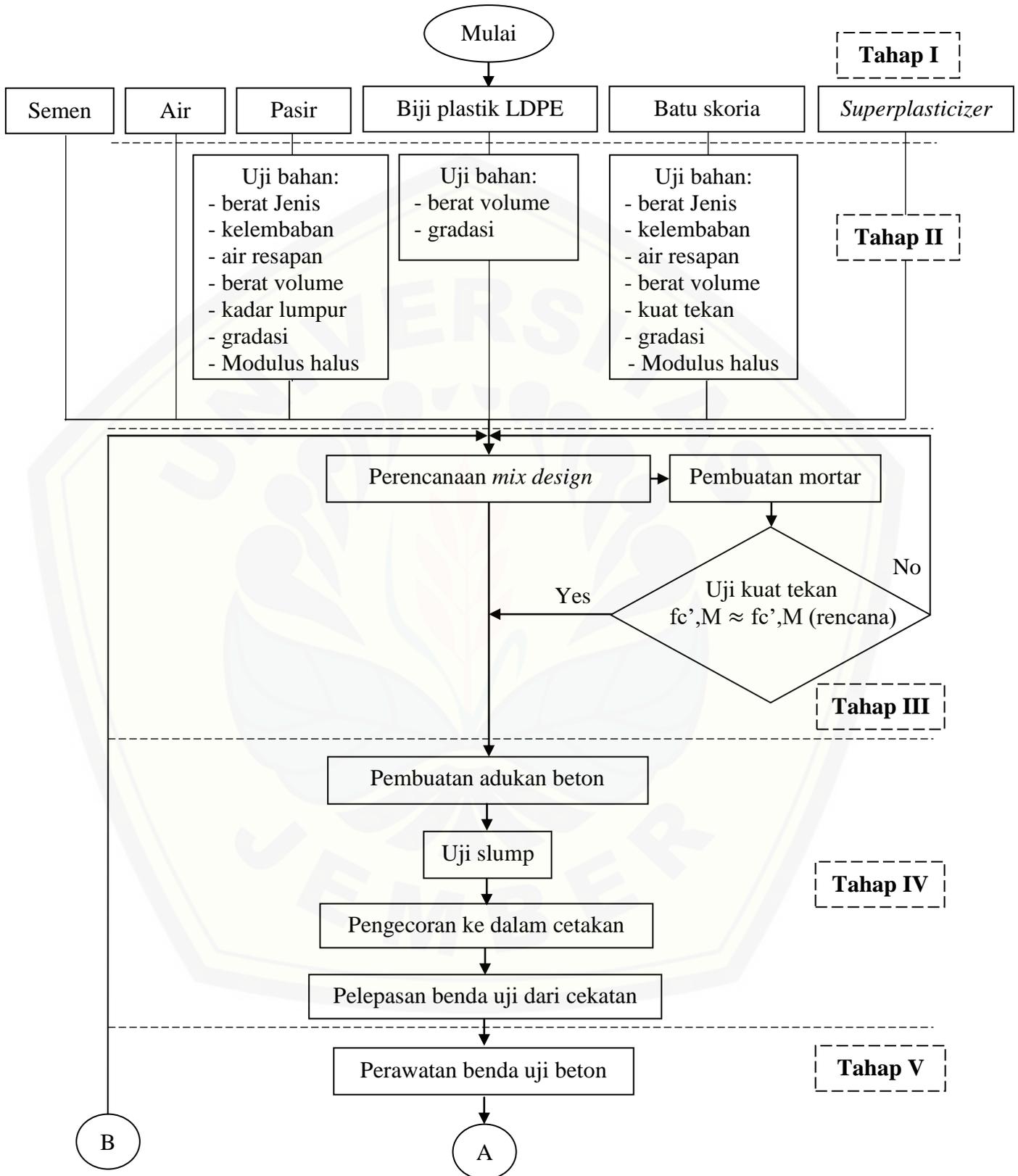
f. Tahap VI: Pengujian Beton

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan biji plastik LDPE, batu skoria dan *superplasticizer* terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, modulus elastisitas dan berat isi beton pada umur 28 hari. Apakah sudah memenuhi ketentuan sebagai beton ringan struktural atau belum. Jika belum memenuhi, maka diperlukan perhitungan *mix design* kembali.

g. Tahap VII: Analisis Data, Pembahasan dan Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang dihasilkan, kemudian dilakukan analisis data. Analisis tersebut merupakan pembahasan dari hasil penelitian yang kemudian dapat ditarik kesimpulan.

Tahapan dalam penelitian ini juga disajikan secara skematis dalam bentuk diagram alir pada Gambar 3.4.



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan pembahasan pada bab-bab sebelumnya mengenai penggunaan biji plastik LDPE dan batu skoria sebagai agregat kasar ringan beton ringan struktural, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Karakteristik beton ringan struktural yang menggunakan biji plastik LDPE dan batu skoria dari segi kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas menurun seiring penambahan proporsi biji plastik LDPE. Namun dengan penambahan biji plastik LDPE, berat isi beton semakin ringan.
2. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan berat isi beton diperoleh proporsi yang paling optimal untuk menghasilkan beton ringan struktural yaitu campuran 10% biji plastik LDPE.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat dianjurkan berkaitan dengan hasil penelitian ini, yaitu:

1. Lebih teliti lagi dalam merancang *mix design* agar dapat menghasilkan beton ringan struktural yang memiliki karakteristik lebih baik.
2. Menggunakan bahan campuran yang dapat mengurangi penggunaan air namun pengerjaan beton masih mudah untuk dikerjakan.
3. Plastik yang digunakan sebagai campuran beton ringan lebih baik memiliki bentuk angular dengan tekstur permukaan yang lebih lebar dan kasar agar daya lekatnya lebih tinggi antara pasta semen dengan agregat tersebut.
4. Perlu dilakukan pengujian kuat tekan hancur batu skoria dengan benda uji yang lebih variatif agar dihasilkan kuat tekan hancur yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, Ali. 2009. Kajian Beton Mutu Tinggi Menggunakan Slag Sebagai Agregat Halus dan Agregat Kasar dengan Aplikasi *Superplasticizer* dan *Silicafume*. Tesis. Semarang: Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
- ASTM C 496-96. *Standar Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens*.
- Badan Standarisasi Nasional. 1989. *SK SNI S-04-1989-F: Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam*.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. *SNI 03-1968-1990: Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. *SNI 03-1971-1990: Metode Pengujian Kadar Air Agregat*.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. *SNI 03-1974-1990: Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*.
- Badan Standarisasi Nasional. 1998. *SNI 03-4804-1998: Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 03-2461-2002: Spesifikasi Agregat Ringan untuk Beton Ringan Struktural*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 03-2847-2002: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI 03-3449-2002: Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SNI-03-6285-2002: Metode Pengujian Kekuatan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. *SNI 15-0302-2004: Semen Portland Pozolan*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. *SNI 15-2049-2004: Semen Portland*.

- Badan Standarisasi Nasional. 2004. *SNI 15-7064-2004: Semen Portland Komposit*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *SNI 1969-2008: Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *SNI 1970-2008: Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. *SK-SNI T 03-3449-2002: Tata Cara Pembuatan Campuran Beton Ringan Dengan Agregat Ringan*.
- Choi, Y. W., D. J. Moon, J. S. Chung, S. K. Cho. 2005. Effects of waste PET bottles aggregate on the properties of concrete. *Cement Concr Res.* 35, pp. 776–781.
- Departemen Perindustrian Republik Indonesia. 1980. *(SII) 0052-80: Mutu dan Cara Uji Agregat*.
- Dewan Standarisasi Nasional. 1990. *SNI 03-1749-1990: Besar Butir Agregat Untuk Aduk dan Beton*.
- Hadi, Abdul. 2015. *Batu Scoria*.
<http://www.pengertianologi.com/2015/05/Pengertian-Proses-Pembentukan-Ciri-Batu-Scoria-Adalah.html>. [Diakses pada tanggal 25 Januari 2017].
- Koide, H., M. Tomon, dan T. Sasaki. 2016. *Investigation of the Use of Waste Plastic as an Aggregate for Lighweight Concrete*. DPS Bridge Works Company Limited Japan.
- Mujiarto, Iman. 2005. Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. *Traksi*. 3(2): 65-73.
- Pratikto. 2010. *Beton Ringan Beragregat Limbah Botol Plastik Jenis PET (Poly Ethylene Terephalate)*. Seminar Nasional. Jakarta: Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
- Prasetya, E., S. R. Kusuma, dan M. D. W. Rahman. 2016. Beton Lupis, Beton dengan Penggunaan Lumpur Lapindo Sebagai Subtituen Semen dan Batu Apung Sebagai Subtituen Agregat Kasar. *Proposal*. Surabaya: Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya.

PT. Sika Indonesia. 2016. *Product Data Sheet Sika Viscocrete-3115 N*.

Simanullang, Dian Yunita. 2014. Kajian Kuat Tekan Mortar Menggunakan Pasir Sungai dan Pasir Apung dengan Bahan Tambah *Fly Ash* dan *Conplast* dengan Perawatan (*Curing*). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. 2(4): 621-631.

Soebandono, B., A. Pujiyanto, dan D. Kurniawan. 2013. Perilaku Kuat Tekan dan Kuat Tarik Beton Campuran Limbah plastik HDPE. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*. 16(1): 76-82.

Surono, Budi Untoro. 2013. Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Teknik*. 3(1): 32-40.

Suseno, Hendro. 2013. Penggunaan Batuan Skoria dari Gunung Kelud Blitar Sebagai Agregat Kasar Ringan Pada Beton Ringan Struktural. *Jurnal Rekayasa Sipil*. 7(2): 149-156.

Syafputri, Ella. 2014. *Produksi Sampah Plastik Indonesia 5,4 Juta ton Per Tahun*. <http://www.antaraneews.com/berita/417287/produksi-sampah-plastik-indonesia-54-juta-ton-per-tahun>. [Diakses tanggal 15 November 2016].

Tjokrodinuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Nafiri.

Untu, Geertruida Eveline. 2015. Pengujian Kuat Tarik belah dengan variasi kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*. 13(10): 703-708.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengujian Bahan

No	Tanggal	Kegiatan	Karakteristik Pasir	Satuan	Hasil	Paraf Teknisi
1	13 - 31 Februari 2017	Pengujian pasir	Berat volume kondisi padat	kg/m ³	1244,94	
			Berat volume kondisi gembur	kg/m ³	1125,65	
			Berat jenis curah kering		1,91	
			Berat jenis kering		2,17	
			Berat jenis semu		2,60	
			Air resapan	%	13,90	
			Kadar air	%	17,65	
			Kadar lumpur (tidak dicuci)	%	12,86	
			Kadar lumpur (dicuci)	%	0,78	
			Analisa agregat		Zona 2	
			Modulus kehalusan		2,62	
2	13 - 31 Februari 2017	Pengujian batu skoria	Berat volume kondisi padat	kg/m ³	863,39	
			Berat volume kondisi gembur	kg/m ³	765,30	
			Berat jenis curah kering		1,53	
			Berat jenis kering		1,79	
			Berat jenis semu		2,07	
			Air resapan	%	17,15	
			Kadar air	%	6,21	
			Kuat tekan	MPa	7,15	
			Analisa agregat (ukuran maks)	mm	20	
			Modulus kehalusan		6,64	
3	13 - 31 Februari 2017	Pengujian biji plastik LDPE	Berat volume kondisi padat	kg/m ³	546,64	
			Berat volume kondisi gembur	kg/m ³	517,52	

Lampiran 2. Hasil Pengujian Mortar

No	Tanggal	P (kN)	fc' (Mpa)	Paraf Teknisi
1	4 Maret 2017	32,48	32,48	
		30,46	30,46	
		30,21	30,21	

Lampiran 3. Hasil Pengujian Beton

a. Kuat Tekan Beton

No	Tanggal	Proporsi Campuran	P (kN)	fc' (Kg/cm ²)	Berat (kg)	Berat Isi (Kg/cm ³)	Paraf Teknisi
1	9 & 11 April 2017	0%	169,03	205,07	2,97	1894,39	
			205,86	249,76	2,98	1901,14	
			182,26	221,12	2,98	1896,57	
			156,67	190,08	2,90	1848,87	
2	13 & 22 April 2017	10%	187,29	227,22	2,88	1831,56	
			161,27	195,66	2,89	1841,36	
			125,00	151,65	2,78	1770,70	
			138,15	167,60	2,75	1750,05	
3	14 & 22 April 2017	20%	99,01	120,12	2,71	1727,39	
			87,97	106,72	2,69	1715,65	
			101,82	123,53	2,74	1742,87	
			98,13	119,05	2,70	1721,64	
4	22 April 2017	30%	78,04	94,68	2,73	1735,91	
			71,36	117,81	2,66	1693,59	
			95,37	132,18	2,67	1698,37	
			95,62	116,01	2,77	1763,02	

b. Kuat Tarik Belah Beton

No	Tanggal	Proporsi Campuran	P (kN)	Fct (Kg/cm ²)	Berat (kg)	Berat Isi (Kg/cm ³)	Paraf Teknisi
1	9 & 11 April 2017	0%	105,40	31,97	2,92	1862,72	
			60,66	18,40	2,93	1864,04	
			77,53	23,51	2,93	1869,01	
			79,62	24,15	2,94	1869,64	
			70,21	21,30	2,91	1853,85	
			81,80	24,81	2,98	1898,98	
			85,91	26,06	2,97	1890,89	
2	13 & 22 April 2017	10%	100,44	30,46	2,90	1848,77	
			74,44	22,58	2,90	1846,03	
			88,88	26,96	2,82	1799,01	
			77,16	23,40	2,84	1807,23	
			33,48	10,15	2,70	1717,47	
			72,80	22,08	2,68	1709,83	
			72,06	21,86	2,73	1735,72	
3	14 & 22 April 2017	20%	61,51	18,66	2,71	1724,57	
			47,14	14,30	2,72	1729,69	
			42,42	12,87	2,72	1733,73	
			41,87	12,70	2,75	1751,59	
			54,88	16,65	2,71	1728,58	
			52,37	15,88	2,76	1760,35	
			37,86	11,48	2,69	1710,93	
4	22 April 2017	30%	57,24	17,36	2,71	1728,71	
			47,50	14,41	2,61	1659,49	
			55,75	16,91	2,69	1710,50	
			40,79	12,37	2,70	1719,56	
			41,16	12,49	2,69	1714,65	
			35,84	10,87	2,69	1711,62	
			58,17	17,64	2,69	1711,62	

c. Modulus Elastisitas Beton

No	Tanggal	Proporsi Campuran	P (kN)	Modulus (MPa)	Berat (kg)	Berat Isi (Kg/cm ³)	Paraf Teknisi
1	9 & 11 April 2017	0%	334,88	15326,35	9,99	1885,25	
			422,18	17379,15	10,06	1897,69	
			409,02	16874,26	9,96	1880,50	
			419,39	17344,85	10,06	1899,38	
2	13 & 22 April 2017	10%	298,01	13665,96	9,62	1815,75	
			300,00	13776,90	9,65	1821,51	
			265,00	12050,00	9,20	1736,26	
			266,06	12148,28	9,24	1743,37	
3	14 & 22 April 2017	20%	261,74	12270,38	9,35	1764,63	
			233,44	11211,86	9,15	1726,23	
			245,00	11406,38	9,10	1718,23	
			252,00	11942,82	9,30	1755,13	
4	22 April 2017	30%	227,72	10762,81	8,97	1693,78	
			203,00	10495,04	9,17	1730,60	
			180,11	9681,66	9,04	1706,72	
			219,70	10523,77	8,95	1688,67	

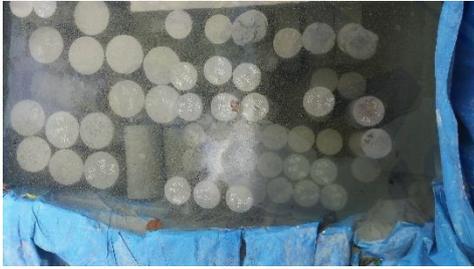
Lampiran 4. Dokumentasi Kegiatan

No	Tanggal	Kegiatan	Dokumentasi	Tempat	Paraf Teknisi
1	1 Januari – 12 Februari 2017	Persiapan bahan			
		Biji plastik LDPE		PT Toba Recycling Indonesia, Jl. Raya Perum Kraton Harmoni Pasuruan	
		Batu Skoria		Gunung Kelud Blitar	
		Pasir		Garahan Jember	

No	Tanggal	Kegiatan	Dokumentasi	Tempat	Paraf Teknisi
2	13 - 31 Februari 2017	Pengujian bahan Pasir Batu Skoria		Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember	

No	Tanggal	Kegiatan	Dokumentasi	Tempat	Paraf Teknisi
					
		Biji plastik LDPE		Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember	
3	20 Februari 2017	Benda uji kuat hancur batu skoria		Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember	

No	Tanggal	Kegiatan	Dokumentasi	Tempat	Paraf Teknisi
					
4	1-4 Maret 2017	Benda uji kuat hancur mortar		Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember	

No	Tanggal	Kegiatan	Dokumentasi	Tempat	Paraf Teknisi
5	12 - 25 Maret 2017	Pembuatan benda uji beton		Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember	
6	12 Maret – 22 April 2017	Perawatan beton		Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember	
7	9 – 22 April 2017	Pengujian Kuat tekan beton		Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember	
8	9 – 22 April 2017	Pengujian kuat tarik belah beton		Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember	

No	Tanggal	Kegiatan	Dokumentasi	Tempat	Paraf Teknisi
9	9 – 22 April 2017	Pengujian modulus elastisitas beton		Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember	
10	9 – 22 April 2017	Pengujian berat isi beton		Lab. Struktur Teknik Sipil Univ. Jember	