



**PERILAKU PEMANFAATAN
LIMBAH PLASTIK HDPE
TERHADAP BETON**

SKRIPSI

oleh

RINNO IQSYAM PRIYANANTA

NIM 101910301010

**PROGRAM STUDI SI TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2015



**PERILAKU PEMANFAATAN
LIMBAH PLASTIK HDPE
TERHADAP BETON**

SKRIPSI

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

Oleh

RINNO IQSYAM PRIYANANTA

NIM 101910301010

**PROGRAM STUDI SI TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2015

PERSEMBAHAN

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda drg.Rina Sutjiati.,M.Kes dan Ayahanda Ir.Pujo Priyono.,M.T. yang telah memberikan semangat dan bantuan baik material maupun moril serta adik dan kakak saya.
2. Erno Widayanto.,ST.,MT sebagai pembimbing utama dan Dwi Nurtanto.,ST.,MT sebagai pembimbing kedua dalam penyusunan skripsi.
3. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember
4. Teman-teman Teknik Sipil angkatan 2010 dan berbagai angkatan lainnya.

MOTTO

*“Berjuanglah dalam melakukan suatu kebaikan selama itu masih
dalam garis yang benar”*

(Rinno Iqsyam Priyananta)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rinno Iqsyam Priyananta

NIM : 101910301010

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Perilaku Pemanfaatan Limbah Plastik HDPE Terhadap 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 atas kesalahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 18 Mei 2015

Yang menyatakan,

Rinno Iqsyam Priyananta

101910301010

SKRIPSI

PERILAKU PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK HDPE TERHADAP
BETON

Oleh

Rinno Iqsyam Priyananta

101910301010

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Erno Widayanto, S.T., M.T.

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul Perilaku Pemanfaatan Limbah Plastik HDPE terhadap Beton telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas

Jember pada :

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Erno Widayanto, ST., MT.
NIP. 197004191998031002

Dwi Nurtanto, ST., MT.
NIP.197310151998021001

Penguji I,

Penguji II,

Ketut Aswatama, ST.,M.T.
NIP. 197007132000121001

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

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik

Ir. Widyono Hadi, M. T
NIP. 19610414 198902 1 001

ABSTRAK

Rinno Iqsyam Priyananta, 2015 **“Perilaku Pemanfaatan Limbah Plastik HDPE terhadap Campuran Beton”** Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Pembimbing I : Erno Widayanto, S. T., M.T.

Pembimbing II : Dwi Nurtanto, S.T., M.T.

Beton merupakan campuran yang bahan penyusunnya terdiri dari bahan semen hidrolis (portland cement), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (jika diperlukan). Bahan-bahan limbah di sekitar lingkungan kita dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah dalam campuran beton. Hal tersebut dapat memberikan alternatif untuk memanfaatkan limbah-limbah yang tidak terpakai, seperti limbah botol plastik HDPE (HIGH DENSITY POLYETHYLENE). Dengan optimalisasi pemakaian limbah plastik High Density Polyethylene ini diharapkan mengurangi limbah yang mencemari lingkungan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari efektifitas penggunaan cacahan limbah plastik HDPE terhadap peningkatan kuat tekan, modulus elastisitas beton. Kadar cacahan botol plastik bekas HDPE terdiri dari 0%, 1%, 1,5% dan 2%. Beton tanpa penambahan cacahan HDPE diklasifikasikan sebagai beton dengan kadar cacahan 0,00% atau beton normal. Untuk pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari.

Di dalam penelitian ini telah mengikuti metode standart yang telah ada khususnya dalam hal pembuatan benda uji maupun dalam hal pengujian material beton. Sesuai dengan hasil yang telah didapat di dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kuat tekan paling optimal pada prosentase 1,5%, nilai modulus elastisitas paling optimal pada presentase 1,5% . Namun, pada pengujian kuat tekan beton mengalami penurunan pada prosentase 2%.

Kata kunci : *Kuat tekan beton, modulus elastisitas beton, limbah plastik HDPE.*

SUMMARY

Rinno Iqsyam Priyananta, 2015 ,**The Behaviour of HDPE Plastic Waste Recycling Toward the Concrete Mixture**, thesis, civil engineering, engineering faculty, jember university.

First advisor : Erno Widayanto, S. T., M.T.

Second advisor : Dwi Nurtanto, S.T., M.T.

Concrete is a mixture of Portland cement, coarse aggregate, fine aggregate, water, and material added (optional). Some of waste material around us can be use as a material added in the concrete mixture. One of waste material that can be alternative as a material added is bottle plastic HDPE (HIGH DENSITY POLYETHYLENE). It has purpose to minimize the environmental pollution by recycling bottle plastic HDPE (HIGH DENSITY POLYETHYLENE).

The research purpose is to study the effectiveness of using HDPE plastic shreds waste toward the increasing of compressive strength and elasticity modulus of concrete. The percentages of bottle HDPE shreds consist of 0%, 1%, 1, 5 %, and 2 %. The concrete without HDPE shreds known as standard concrete (0,00%).

This research use standard method to manufacture and testing the concrete specimen. The result of the research is the optimal compressive strength is 1,5 % and the optimal value of elasticity modulus is 1,5%, but it decrease 2 % in the testing of concrete compressive strength

Keywords: compressive strength, elasticity modulus of concrete, plastic HDPE waste.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ Perilaku Pemanfaatan Limbah Plastik HDPE Terhadap Beton”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

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

1. Ir. Widyono Hadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M., selaku Ketua Jurusan dan Dr. Anik Ratnaningsih, ST.,M.T., selaku Ketua Program Studi (S1) Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember;
3. Ahmad Hasanudin, S.T., M.T., selaku Ketua Komisi Bimbingan dan Dwi Nurtanto, S.T., M.T., selaku Sekretaris Komisi Bimbingan Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember;
4. Kedua Orang Tuaku yang telah memberikan dorongan dan doanya demi terselesaikannya skripsi ini;
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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

Jember, Mei 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	viii
SUMMARY	ix
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Pembatasan Masalah	2

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Tinjauan Tentang Beton	3
2.1.1 Definisi Beton	3
2.1.2 Jenis-Jenis Beton	3
2.1.3 Sifat-Sifat Beton	5
2.1.4 Keunggulan dan Kelemahan Beton	6
2.1.4.1 Keunggulan Beton	6
2.1.4.2 Kelemahan Beton	7
2.1.5 Bahan Penyusun Beton	8
2.1.5.1 Semen	8
2.1.5.2 Agregat	9
2.1.5.2.1 Agregat Halus	10
2.1.5.2.2 Agregat Kasar	12
2.1.5.3 Air	14
2.1.6 Bahan Tambah Beton	15
2.2 Polimer High Density Polyethylene (HDPE)	17
2.2.1 Pengertian Polimer High Density Polyethylene (HDPE)	17
2.3 Modulus Elastisitas	18
2.3.1 Modulus Elastisitas Beton	18
2.3.2 Macam-macam Modulus Elastisitas	20
2.3.3 Kurva Tegangan-Regangan	21

2.4 Kuat Tekan	22
2.4.1 Kuat Tekan Beton	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Studi Kepustakaan	24
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	24
3.2.1 Lokasi Penelitian	24
3.2.2 Waktu Penelitian	24
3.3 Kerangka Penelitian	25
3.3.1 Teknik Pelaksanaan Penelitian	25
3.4 Bahan dan Alat	28
3.4.1 Bahan	28
3.4.2 Alat	28
3.5 Pembuatan Benda Uji	29
3.6 Perawatan Benda Uji (Curing)	30
3.7 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji	31
3.8 Pelaksanaan Pengujian	31
3.9 Pengamatan Data	32
3.9.1 Variabel Penelitian	32
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Pembuatan Benda Uji	34
4.2 Data Pengujian Material	35

4.2.1 Agregat Halus	35
4.2.2 Agregat Kasar	39
4.2.3 Semen	42
4.3 Pengujian Kuat Tekan Beton	43
4.3.1 Perhitungan Standar Deviasi	43
4.4 Perhitungan Modulus Elastisitas Beton	45
4.5 Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton Dengan Prosentase Campuran	46
4.6 Grafik Hubungan Modulus Elastisitas Beton Dengan Persentase	46
4.7 Retakan Pada Beton	47
4.7.1 Retakan Pada Beton Normal	47
4.7.2 Retakan Pada Beton Campuran 1% HDPE	48
4.7.3 Retakan Pada Beton Campuran 1,5% HDPE	49
4.7.4 Retakan Pada Beton Campuran 2% HDPE	50
BAB V PENUTUP	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	54

DAFTAR TABEL

	<i>Halaman</i>
Tabel 2.1 Syarat Mutu Kekuatan Agregat	12
Tabel 2.2 Agregat yang Biasa Digunakan dan Kuat Tekannya	14
Tabel 3.1 Distribusi Pengujian Benda Uji Silinder dengan Variasi Limbah Plastik HDPE	26
Tabel 3.2 Variabel Penelitian Kuat Tekan dan Moduls Elastisitas.....	33
Tabel 4.1 Tabel Kadar Lumpur.....	35
Tabel 4.2 Tabel Berat Jenis Pasir.....	36
Tabel 4.3 Tabel Kelembapan Pasir	36
Tabel 4.4 Tabel Air Resapan Pasir	36
Tabel 4.5 Tabel Berat Volume Pasir.....	36
Tabel 4.6 Tabel Analisa Pengujian Agregat Halus.....	37
Tabel 4.7 Tabel Pengujian Agregat Kasar	39
Tabel 4.8 Tabel Kelembapan Kerikil.....	40
Tabel 4.9 Tabel Berat Jenis Kerikil	40
Tabel 4.10 Tabel Air Resapan Kerikil	40
Tabel 4.11 Tabel Berat Volume Kerikil	40
Tabel 4.12 Tabel Kadar Lumpur.....	41

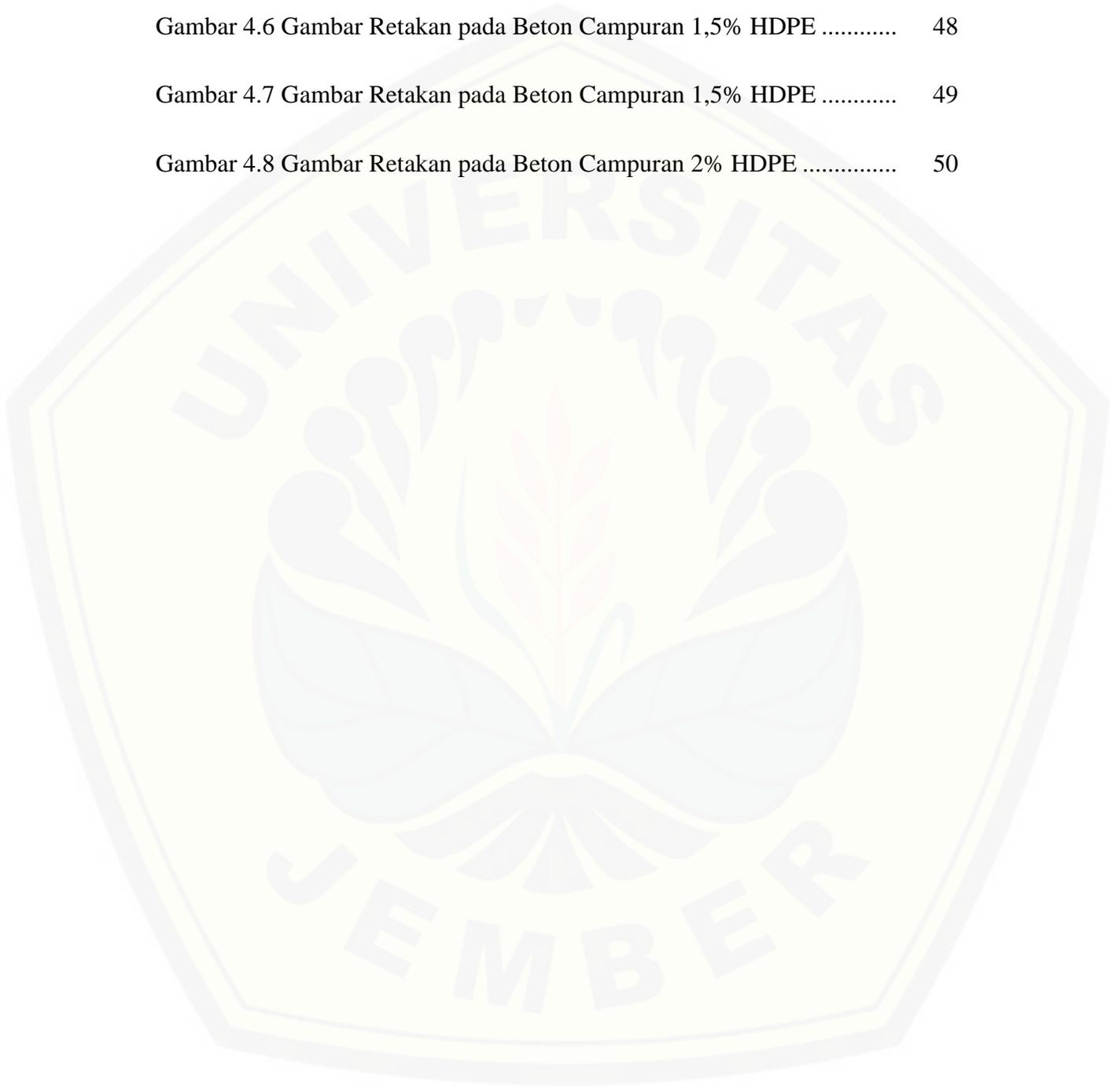
Tabel 4.13	Tabel Pengujian Semen Merk Gresik	42
Tabel 4.14	Tabel Hasil Uji Tekan Beton	44
Tabel 4.15	Tabel Hasil Uji Modulus Elastisitas Beton.....	45



DAFTAR GAMBAR

	<i>Halaman</i>
Grafik 2.1 Zona 1 Daerah Gradasi Pasir Kasar	10
Grafik 2.2 Zona 2 Daerah Gradasi Pasir Agak Kasar	11
Grafik 2.3 Zona 3 Daerah Gradasi Pasir Halus	11
Grafik 2.4 Zona 4 Daerah Gradasi Pasir Agak Halus	11
Gambar 2.2 Hubungan Stress dan Strain	19
Gambar 2.3 Macam-macam Modulus Elastisitas	21
Gambar 2.4 Kurva Tegangan Regangan	21
Gambar 2.5 Kurva Tegangan Regangan	21
Gambar 2.6 Kurva Tegangan Regangan	21
Gambar 2.7 Kurva Tegangan Regangan	22
Gambar 2.8 Kurva Tegangan Regangan	22
Gambar 3.2 Bagan Penelitian	27
Gambar 4.1 Daerah Gradasi Pasir Zona 3	38
Gambar 4.2 Daerah Gradasi Kerikil Ukuran Maksimal 10 mm	39
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton dengan Berat Volume ..	46
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Modulus Elastisitas Beton dengan Berat	

Volume	46
Gambar 4.5 Gambar Retakan pada Beton Normal.....	47
Gambar 4.6 Gambar Retakan pada Beton Campuran 1,5% HDPE	48
Gambar 4.7 Gambar Retakan pada Beton Campuran 1,5% HDPE	49
Gambar 4.8 Gambar Retakan pada Beton Campuran 2% HDPE	50



DAFTAR LAMPIRAN

	<i>Halaman</i>
Lampiran A Data-data hasil uji bahan	54
Lampiran B Data-data perhitungan mix design	58
Lampiran C Dokumentasi proses pencampuran	60
Lampiran D Dokumentasi Uji Slump	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Bahan-bahan limbah disekitar lingkungan dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah dalam campuran beton. Hal tersebut dapat memberikan alternatif untuk memanfaatkan limbah-limbah yang tidak termanfaatkan, seperti limbah botol plastik High Density Polyethylene. Khusus mengenai limbah botol plastic.

Jika diperhatikan lebih lanjut mengenai bahan dasar botol plastic ini seperti yang tertera pada bagian dasarnya, terdapat tulisan HDPE (High Density Polyethylene)/ memiliki nomor 2 pada symbol daur ulang, yang berarti bahwa dasar botol plastic ini adalah high density polyethylene. Dengan optimalisasi pemanfaatan limbah botol plastic High Density Polyethylene ini diharapkan dapat mengurangi limbah yang mencemari lingkungan dan memberikan nilai tambah tersendiri.

Dalam penelitian ini cacahan limbah botol plastic high density polyethylene (HDPE) berfungsi sebagai serat yang akan digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran beton normal. Serat tersebut dicampurkan ke dalam adukan beton dengan presentase penambahan serat yang bervariasi. Dengan penambahan serat tersebut diharapkan dapat meningkatkan kekuatan beton khususnya kekuatan tekan yang pada dasarnya relative kecil sehingga dapat mengurangi retak-retak beton serta meningkatkan harga modulus elastisitas yang berpengaruh terhadap kekakuan struktur.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah adalah langka yang penting untuk membatasi masalah yang akan diteliti. Masalah adalah bagian pokok dari kegiatan penelitian. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh bahan tambah cacahan limbah plastic high density polyethylene (HDPE) 0%, 1%, 1.5%, 2%, terhadap kuat tekan beton?
2. Bagaimana perhitungan modulus elastisitas beton dengan bahan tambah cacahan limbah plastic high density polyethylene (HDPE) 0%, 1%, 1.5%,

2%?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui sifat perilaku beton jika diberi bahan tambah seperti plastic HDPE.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini yaitu:

1. Secara praktis

Diharapkan dengan penelitian ini masyarakat dapat mengetahui manfaat cacahan limbah plastic HDPE dalam perindustrian konstruksi bangunan dan dapat mengetahui pengaruh campuran cacahan limbah plastic HDPE dalam pembuatan beton yang dapat digunakan dalam teknologi beton.

2. Secara teoritis

Diharapkan dengan penelitian ini dapat memperkaya pengetahuan penelitian dan melatih diri serta mengembangkan pemahaman dan kemampuan berpikir melalui penulisan ilmiah dengan penerapan pengetahuan yang diperoleh selama belajar di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.

3. Secara akademis

Sebagai bahan masukan bagi penulis dalam mengembangkan ilmu sipil, khususnya yang berhubungan dengan bahan-bahan material nonorganik maupun bahan material organik.

1.5 Pembatasan Masalah

Untuk membatasi luasnya ruang lingkup masalah maka dibuat batasan-batasan masalahnya yaitu:

1. Pengaruh pencucian botol dengan detergen tidak dibahas
2. Tidak membahas reaksi kimia yang terjadi antara bahan dasar pembentuk beton normal dengan bahan tambah cacahan plastic HDPE.
3. Semen menggunakan semen Gresik (1 zak=40kg)
4. Penelitian yang dilakukan kuat tekan.
5. Perhitungan yang dilakukan yaitu nilai modulus elastisitas.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Tentang Beton

2.1.1 Definisi Beton

Dalam bidang bangunan yang dimaksud dengan beton adalah campuran dari agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil, batu pecah, atau split) dengan semen yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu. Menurut Mulyono (2003 : 3) yang dimaksud dengan "beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolis yang lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk masa padat".

Beton juga didefinisikan sebagai bahan bangunan dan konstruksi yang sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih. Bahan-bahan pilihan itu adalah semen, air dan agregat. Agregat yang dimaksud dapat berupa kerikil, batu pecah, sisa bahan mentah tambang, pasir atau sejenis lainnya. Bahan-bahan tersebut kemudian dicampur bersama-sama campuran menjadi homogen dan bersifat plastis sehingga mudah untuk dikerjakan. Karena hidrasi semen oleh air, adukan tersebut akan mengeras atau membatu dan memiliki kekerasan dan kekuatan yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai tujuan.

2.1.2 Jenis-Jenis Beton

Pada umumnya beton sering digunakan sebagai struktur dalam konstruksi suatu bangunan. Dalam teknik sipil, beton digunakan untuk bangunan pondasi, kolom dan plat. Berdasarkan pedoman beton 1989 draft konsensus dan terminologi ASTM-C.125 (Mulyono, 2003 : 136-137) terdapat beberapa jenis beton yang biasa dipakai dalam konstruksi suatu bangunan.

Berikut ini merupakan beberapa jenis beton yang dimaksud :

1. Beton normal, adalah beton yang menggunakan agregat normal.
2. Beton bertulang, adalah beton yang menggunakan tulangan dengan jumlah dan luas tulangan tidak kurang dari nilai minimum yang disyaratkan dengan atau tanpa pratekan dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua

material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja

3. Beton pracetak, adalah beton yang elemen betonnya tanpa atau dengan tulangan yang dicetak ditempat yang berbeda dari posisi akhir elemen dalam struktur.
4. Beton prestress (pratekan), adalah beton bertulang dimana telah diberikan tegangan dalam untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat pemberian beban yang bekerja.
5. Beton ringan struktural, adalah beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alami sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1850 kg/m³ kering udara dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan struktural.
6. Beton ringan total atau beton ringan berpasir, adalah beton yang seluruh agregat halus dengan berat normal.

Berdasarkan Diktat Pedoman Praktikum Beton (Hoedajanto, 2003 : 3-8) dilihat dari beratnya, beton dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok yaitu :

1. Beton ringan, dimana beratnya 1360 kg/m³ - 1840 kg/m³
2. Beton normal, dimana beratnya 2160 kg/m³ - 2560 kg/m³
3. Beton berat, dimana beratnya 2800 kg/m³ - 6400 kg/m³

Selain dilihat berdasarkan jenis dan beratnya, beton juga dapat diklasifikasikan berdasarkan kelas mutu beton. Menurut PBI tahun 1971 (Candra dan Samekto, tanpa tahun : 54) Beton dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu :

1. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan bahan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu beton kelas I dinyatakan dengan beton mutu BD.
2. Beton kelas II adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar B_i, K125, K175 dan K225- Pada mutu B₁ } pengawasan mutu hanya

dibatasi pada pengawasan sedang terhadap kuat desak tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu K125, K175 dan K225 pengawasan mutu terdiri dari pengawasan ketat terhadap mutu bahan, dengan keharusan harus untuk memeriksa kekuatan beton secara kontinu.

3. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan struktural dimana dipakai mutu beton dengan kuat desak karakteristik yang lebih tinggi dari 225 kg/cm². Pada pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap, dan dilayani tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

2.1.3 Sifat-Sifat Beton

Dalam pengerjaan beton segar, ada tiga sifat yang penting dan harus selalu diperhatikan, yaitu :

1. Kemudahan pengerjaan (Workability)

Untuk mengetahui kemudahan pengerjaan beton segar dapat dilihat dari nilai slump. Nilai slump identik dengan nilai keplastisan beton. Berikut ini merupakan unsur-unsur yang dapat mempengaruhi nilai slump :

- a. Jumlah air pencampur

Semakin banyak air semakin mudah untuk dikerjakan

- b. Kandungan semen

Jika FAS tetap, semakin banyak semen berarti semakin banyak kebutuhan air sehingga keplastisannya pun akan lebih tinggi.

- c. Gradasi campuran pasir kerikil

Jika memenuhi syarat dan sesuai dengan standar, akan mudah dikerjakan.

- d. Bentuk butiran agregat kasar

Agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah untuk dikerjakan.

- e. Butir maksimum

- f. Cara pemadatan dan alat pemadat

2. Pemisahan kerikil (Segregation)

Segregation atau segregasi pada beton dapat menyebabkan sarang kerikil

yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. Secara umum, segregasi ini disebabkan oleh beberapa hal, yaitu :

- a. Campuran kurus atau kurang semen.
 - b. Terlalu banyak air.
 - c. Besar ukuran agregat maksimum lebih dari 40 mm.
 - d. Permukaan butir agregat kasar (semakin kasar permukaan butir agregat, maka semakin mudah terjadi segregasi). Namun demikian, segregasi dapat dicegah dengan beberapa cara, yaitu :
 - Tinggi jatuh diperpendek.
 - Penggunaan air sesuai dengan syarat
 - Cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan
 - Ukuran agregat sesuai dengan syarat.
 - Pemadatan dilakukan dengan baik.
3. Bleeding (naiknya air)

Bleeding adalah air yang naik kepermukaan beton yang baru dipadatkan. Air yang naik ini membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang pada saatbeton mengeras nantinya akan membentuk selaput (laitance). Pada dasarnya bleeding ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

- a. Susunan butir agregat

Jika komposisinya sesuai, kemungkinan untuk terjadinya bleeding kecil.

- b. Banyaknya air

Semakin banyak air berarti semakin besar pula kemungkinan terjadinya bleeding.

- c. Kecepatan hidrasi

Semakin cepat beton mengeras, semakin kecil kemungkinan terjadinya bleeding.

Pemadatan yang berlebihan akan menyebabkan terjadinya bleeding.

2.1.4 Keunggulan dan Kelemahan Beton

2.1.4.1. Keunggulan Beton

Dari pemakaiannya yang begitu luas maka dapat diduga bahwa struktur

beton mempunyai banyak keunggulan dibandingkan materi struktur yang lain.

Menurut Antonio dan Nugraha (2007 : 4-6) beberapa keunggulan dari beton adalah sebagai berikut:

1. Ketersediaan (availability) materi dasar
Agregat dan air pada umumnya bisa didapat dari lokal setempat. Semen pada umumnya juga dapat dibuat di daerah setempat, bila tersedia. Dengan demikian, biaya pembuatan relatif lebih murah karena semua bahan terdapat didalam negeri, bahkan bisa setempat. Bahan termahal adalah semen, yang bisa diproduksi di dalam negeri.
2. Kemudahan untuk digunakan (Workability)
 - a. Pengangkutan bahan mudah. Karena masing-masing bahan bisa diangkut secara terpisah.
 - b. Beton bisa dipakai untuk berbagai struktur, seperti bendungan, pondasi, jalan dan sebagainya.
 - c. Beton bertulang biasa digunakan untuk berbagai struktur yang lebih berat, seperti jembatan, gedung, tandon air dan lain sebagainya.
 - d. Kemampuan beradaptasi (adaptability)
 - Beton bersifat monolit sehingga tidak memerlukan sambungan seperti baja.
 - Beton dapat dicetak dengan bentuk dan ukuran berapapun.
 - Beton dapat diproduksi dengan berbagai cara yang disesuaikan dengan situasi sekitar.
 - e. Kebutuhan pemeliharaan yang minimal

Secara umum ketahanan beton cukup tinggi, lebih tahan karat, sehingga tidak perlu dicat seperti struktur baja dan lebih tahan terhadap bahaya kebakaran.

2.1.4.2 Kelemahan Beton

Disamping segala keunggulan beton, beton sebagai bahan struktur juga mempunyai beberapa kelemahan yang perlu dipertimbangkan. Beberapa kelemahan yang dimaksud antara lain :

1. Berat sendiri beton yang besar, sekitar 2400 kg/m³.
2. Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekanannya besar.
3. Beton cenderung untuk retak, karena semennya hidraulis.

4. Kualitasnya sangat tergantung cara pelaksanaan dilapangan. Beton yang baik maupun yang buruk dapat terbentuk dari rumus dan campuran yang sama.
5. Struktur beton sulit untuk dipisahkan. Pemakaian kembali atau daur ulang sulit dan tidak ekonomis.

2.1.5 Bahan Penyusun Beton

2.1.5.1 Semen

Semen adalah bahan yang bertindak sebagai pengikat untuk agregat. Jika dicampur dengan air, semen akan berubah menjadi pasta. Dengan proses waktu dan panas, reaksi terjadi dengan air yang menghasilkan sifat perkerasan pada pasta semen.

Standard Industri Indonesia (SII 0013 - 1981) mendefinisikan semen Portland sebagai semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis bersama bahan-bahan yang biasa digunakan, yaitu gypsum.

Secara umum, semen dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Semen hidraulis adalah semen yang akan mengeras bila bereaksi dengan air (water resistance) dan stabil dalam air setelah mengeras.
2. Semen non hidraulis adalah semen yang dapat mengeras tetapi tidak stabil dalam air.

Berikut ini merupakan senyawa penting yang terdapat dalam semen :

- a. Trikalsium silikat (C3S) adalah senyawa yang memiliki sifat perekat.
- b. Dikalsium silikat (C2S) adalah senyawa yang memiliki sifat perekat.
- c. Trikalsium aluminat (C3A) adalah senyawa yang paling reaktif.
- d. Tetrakalsiumaluminoforit(C4AF)adalahsenyawayangberfungsi sebagai katalisator yang menurunkan temperatur pembakaran dalam klin untuk pembentukan kalsium silikat.

Berikut ini merupakan beberapa tipe semen portland yang ditetapkan oleh ASTM (America Standard for Testing Material):

- a. Tipe I adalah semen portland untuk tujuan tertentu. Jenis ini paling

banyak diproduksi karena digunakan untuk hampir semua jenis konstruksi.

- b. Tipe II adalah semen portland modifikasi. Maksudnya tipe yang sifatnya setengah tipe IV dan setengah tipe V (moderat). Lebih banyak diproduksi sebagai pengganti tipe IV. Dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap panas hidrasi sedang.
- c. Tipe III adalah semen portland dengan kekuatan awal tinggi. kekuatan 28 hari umumnya dapat di capai dalam 1 minggu. Semen jenis ini umumnya di pakai ketika acuan harus di bongkar secepat mungkin atau ketika struktur harus dapat cepat di pakai.
- d. Tipe IV adalah semen portland dengan panas hidrasi rendah, yang dipakai untuk kondisi dimana kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum. Misalnya pada bendungan masif seperti bendungan gravitasi yang besar. Pertumbuhan kekuatannya lebih lambat dari pada semen tipe I
- e. Tipe V adalah semen portland tahan sulfat, yang dipakai untuk menghadapi aksi sulfat yang ganas. Umumnya dipakai di daerah dimana tanah atau airnya memiliki sulfat yang tinggi.

2.1.5.2 Agregat

Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, maka agregat ini pun menjadi penting. Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu :

1. Agregat halus, adalah agregat yang semua butirannya menembus ayakan berlubang 4,80 mm (SII 00252 1980), atau 4,75 mm (ASTM C33 1982), atau 5,00 mm (BS 812 1976).
2. Agregat kasar, adalah agregat yang semua butirannya tertinggal diatas ayakan berlubang 4,80 mm (SII 0052 1980), atau 4,75 mm (ASTM C33 1982), atau 5,00 mm (BS 812 1976).

Menurut Mulyono (2003:77) disebutkan bahwa agregat dapat dibedakan berdasarkan berat jenisnya menjadi:

- a. Agregat normal dengan berat jenis 2,5 - 2,7
- b. Agregat berat dengan berat jenis > 2,8

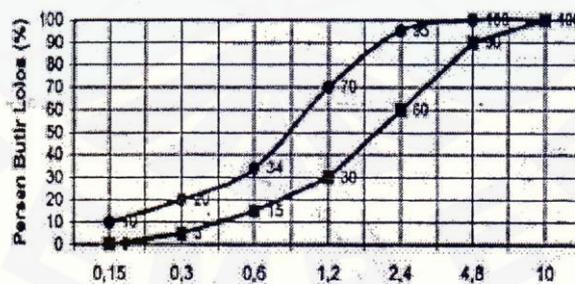
c. Agregat ringan dengan berat jenis $< 2,0$

Berikut ini merupakan persyaratan agregat yang dapat digunakan untuk campuran beton berdasarkan SK SNI S - 04 - 1989 - F :

2.1.5.2.1 Agregat Halus

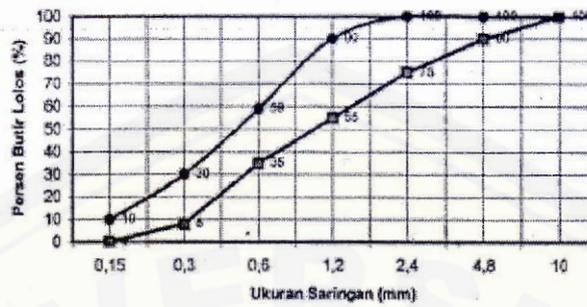
1. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras, dengan indeks kekerasan $< 2,2$
2. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
3. Sifat kekal.
4. Agregat halus tidak mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,060 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5%, maka agregat halus harus dicuci.
5. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak.
6. Susunan besar butir agregat halus mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 - 3,8 dan harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya. Apabila diayak dengan susunan ayakan tertentu, harus masuk dalam salah satu dalam daerah susunan zona I,II,III atau IV.

Daerah I



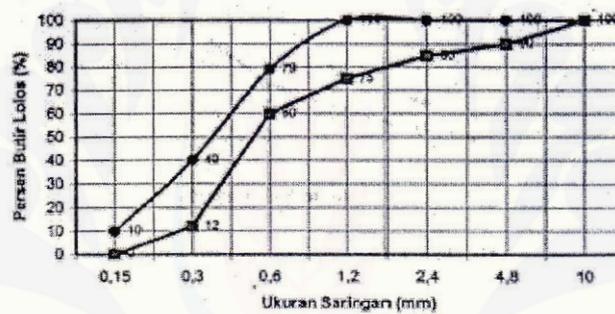
Grafik 2.1 Zona I Daerah Gradasi Pasir Kasar

Daerah II



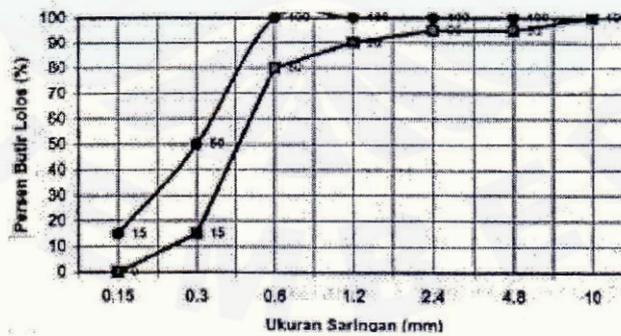
Grafik 2.2 Zona II Daerah Gradasi Pasir Agak kasar

Daerah III



Grafik 2.3 Zona III Daerah Gradasi Pasir Halus

Daerah IV



Grafik 2.4 Zona IV Daerah Gradasi Pasir Agak halus

(SKBI/BS : 882) dan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- Sisa diatas ayakan 4,8 mm, harus maksimum 2% berat
 - Sisa diatas ayakan 1,2 mm, harus minimum 10% berat
 - Sisa diatas ayakan 0,3 mm, harus minimum 15% berat
7. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.
 8. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pengujian bahan-bahan yang diakui.
 9. Agregat halus yang diguuiakan untuk maksud spesi plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan diatas (pasir pasang).

2.1.5.2.2 Agregat Kasar

1. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Kadar bagian yang lemah bila diuji dengan goresan batang tembaga maksimum 5%. Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20 ton, dengan mana harus dipenuhi syarat-syarat berikut:

Tabel 2.1 Syarat Mutu Kekuatan Agregat

Kelas & mutu beton	Kekerasan dengan bejan rudeloff, bagian hancur menembus ayakan 2 mm, persen (%) Maksimum		Kekerasan dengan bejana geser los angeles, bagian hancur menembus ayakan 1.7 mm % maksimum
	fraksi butir 9.5-19 mm	fraksi butir 19-30 mm	
1	2	3	4
Beton kelas I dan mutu BO dan B1	22-30	24-32	40-50
Beton kelas II K.125 K.175 dan K.225	11-14	16-24	27^0
Beton kelas III dan mutu > K.225 atau beton pratekan	Kurang dari 14	kurang dari 16	Kurang dari 27

2. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih dan panjang hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih dan panjang tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya.
3. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
4. Sifat kekal.
5. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
6. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat kasar harus dicuci.
7. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan, susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 6-7,1 dan harus memenuhi syarat-syarat berikut:
 - a. Sisa diatas ayakan 38 mm, harus 0% berat
 - b. Sisa diatas ayakan 4,8 mm, harus berkisar antara 90% dan 98% berat.
 - c. Selisih antara sisa-sisa kumulatif diatas 2 ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.

Pada umumnya agregat terdiri dari bahan-bahan yang terdapat secara alamiah berupa batuan. Secara geologi, batuan terbagi menjadi tiga kelompok, yaitu :

a. Batuan sedimen

Batuan sedimen berbentuk dari hasil pelapukan kulit bumi, ditransport oleh media air, angin atau es, diendapkan dan kemudian mengalami proses pembatuan . ciri khas dari struktur batuan sedimen ini adalah berlapis.

b. Batuan beku

Batuan beku berbentuk dari hasil pembekuan magma. Batuan ini terbagi menjadi dua kelompok, yaitu batuan beku ekstrusif dan batuan beku intrusif. Batuan beku ekstrusif adalah batuan beku hasil pembekuan magma akibat erupsi gunung api. Sedangkan batuan beku intrusif adalah batuan beku hasil pembekuan magma akibat pendinginan didalam kerak

bumi.

c. Batuan metamorf

Batuan metamorf berbentuk dari hasil perubahan kulit bumi akibat temperatur, tekanan atau temperatur dan tekanan yang tinggi sehingga terjadi proses rekristalisasi dan reorientasi pada mineral-mineral batuan asalnya sehingga terbentuk mineral baru yang stabil sesuai dengan kondisi lingkungan pengendapan yang baru.

Berikut ini merupakan daftar agregat yang biasa digunakan sebagai bahan alternatif campuran beton beserta kuat tekannya :

Tabel 2.2 Agregat yang Biasa Digunakan dan Kuat Tekannya

Jenis Agregat	Kekuatan Tekan (kg/cm ²)
Granit	2650-1180
Felsit	5450-1240
Kokuina	3900-2080
Batu gamp ing	2490 - 970
Batu pasir	2490 - 460
Marnier	2520 - 530
Kuarsit	4380-1290
Gneis	2430-970
Skis	3080 - 940

Sumber: Kusnadi (Kusnawan,1999:9)

2.5.2.2 Air

Pada pembuatan beton, semen tidak bisa menjadi pasta tanpa air. Untuk itu air diperlukan untuk memicu proses kimiawi semen (hidrasi semen), membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pengerjaan beton. Dikarenakan pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dengan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total berat campuran yang penting , tetapi justru perbandingan antara air dengan semen atau disebut faktor air semen (fas). Untuk itu, tekanan air yang digunakan dalam campuran beton harus benar-benar

diperhitungkan, karena ini akan berpengaruh terhadap kekuatan beton. " air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, zat organik atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan" (Mulyono,2003:53).

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

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.
3. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
4. Tidak mengandung garam-garam yang terlarut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter. Kandungan klorida (Cl) tidak lebih dari 500 ppm dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000ppm sebagai SO₃.
5. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan dan beton yang memakai air suling, maka penurunan kekuatan adukan dan beton yang memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10%
6. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisis secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakainnya.
7. Khusus untuk beton pratekan, kecuali syarat-syarat tersebut diatas air tidak boleh mengandung klorida lebih dari 50 ppm.

2.1.6 Bahan Tambah Beton

Bahan tambah adalah suatu bahan berupa bubukan atau cairan yang dibubuhkan kedalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk merubah beberapa sifatnya. Bahan tambahan yang dimaksud bisa berupa bahan kimia (chemical admixtures) atau bahan lainnya. Jumlahnya yang relatif sedikit tetapi pengaruhnya cukup besar pada beton mengakibatkan bahan ini sering digunakan. Namun pada penggunaannya perlu diperhatikan secara teliti.

Menurut Kelompok Eropa CEN. Berdasarkan ISO dan Federasi Asosiasi

Admixture Beton Eropa (Antonio dan Nugraha. 2007:83) mengemukakan bahwa "Material yang ditambahkan selama proses pencampuran beton dengan kuantitas tidak lebih dari 5% dari berat semen dari beton untuk mengubah sifat campuran dan/keadaan keras".

Berdasarkan SK SNI S-18-1990-03 terdapat beberapa macam bahan kimia yang dipakai sebagai bahan tambahan pada beton, yaitu :

1. Bahan tambahan tipe A

Adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan.

2. Bahan tambahan tipe B

Adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk memperlambat waktu pengikatan beton.

3. Bahan tambahan tipe C

Adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mempercepat waktu pengikatan dan menambah kekuatan awal beton.

4. Bahan tambahan tipe D

Adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan dan juga untuk memperlambat waktu pengikatan beton.

5. Bahan tambahan tipe E

Adalah suatu bahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan dan juga untuk mempercepat waktu pengikatan serta menambah kekuatan awal beton

6. Bahan tambahan tipe F

Adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air campuran sebesar 12% atau lebih. Untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan.

7. Bahan tambah tipe G

Adalah suatu bahan tambahan yang digunakan untuk mengurangi jumlah air

campuran sebesar 12% atau lebih. Untuk menghasilkan beton sesuai dengan konsistensi yang ditetapkan dan juga untuk meniperlambat waktu pengikatan beton.

2.2 Polimer High Density Polyethylene (HDPE)

2.2.1 Pengertian Polimer High Density Polyethylene (HDPE)

Monomer adalah molekul organik yang mampu dikombinasikan secara kimia dengan molekul yang sama atau berbeda untuk membentuk material high molecular weight yang disebut polimer. Ukuran polimer dinyatakan dalam massa (massa rata-rata ukuran molekul dan jumlah rata-rata ukuran molekul) dan tingkat polimerisasi, sangat mempengaruhi sifatnya, seperti suhu cair dan viskositasnya terhadap ukuran molekul (misal seri hidrokarbon).

Polyethylene digolongkan menjadi polietylene tekanan tinggi, tekanan medium dan tekanan rendah oleh tekanan pada polimerisasinya, atau masing - masing menjadi polimer masa jenis rendah (LDPE) dengan masa jenis 0,910-0,926, polyethylene masa jenis medium (MDPE) dengan masa jenis 0,926-0,940 dan polyethylene masa jenis tinggi (HDPE) dengan masa jenis 0,941 - 0,965, menurut masa jenisnya, karena sifat-sifatnya erat hubungannya dengan masajenis (kristalinitas).

Karakteristik HDPE (high density polyetylene) [ilmu dan teknologi bahan Lawrence H. van vlack], sebagai berikut:

- | | |
|---|------------------------|
| a. Beratjenis, g/cm ³ | : 0.96 |
| b. Kristallinitas, v/o | : 50 |
| c. Muai panas, o C-4 | : 120x10 ⁻⁶ |
| d. Daya hantar panas (watt/m ²) (oC/M) | : 0,52 |
| e. Kekuatan tank, MPa | : 20-40 |
| f. Modulus Young, MPa | : 400-1200 |
| g. Ketahanan panas terhadap pemakaian terus menerus, oC | 80-120 |
| h. Daya hantar 10 menit, oC | : 120-125 |

2.3 Modulus Elastisitas

2.3.1 Modulus Elastisitas Beton

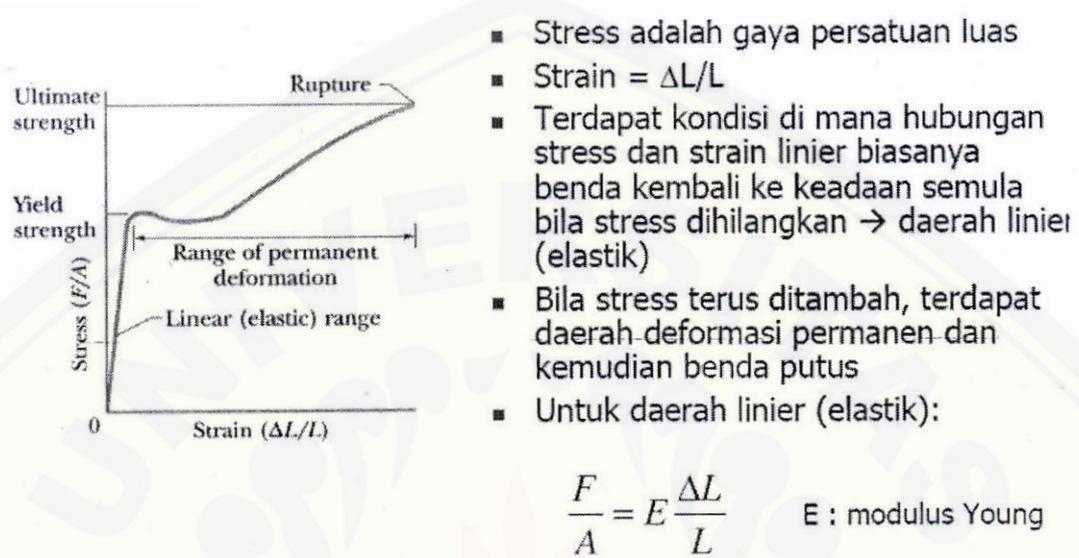
Modulus elastisitas adalah penjabaran matematis dari suatu kecenderungan objek atau bentuk unruk berubah bentuk ketika diberikan suatu gaya. Modulus elastisitas dari suatu objek ditentukan sebagai puncak dari kurva tegangan-regangan-nya. Kuantitas E yaitu rasio unit tegangan terhadap unit regangan, adalah modulus elastisitas bahan, atau sering disebut Modulus Young. Karena unit regangan e merupakan bilangan tanpa dimensi (rasio dua satuan panjang), maka E mempunyai satuan yang sama dengan tegangan yaitu N/m². Untuk banyak bahan-bahan teknik, modulus elastisitas dalam tekanan mendekati sama dengan modulus elastisitas dalam tarikan.

$$\lambda \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\text{stress}}{\text{strain}}$$

dimana lamda adalah modulus elastisitas; tegangan (stress) adalah gaya yang menyebabkan perabahan dibagi dengan luas permukaan dimana gaya itu diberikan dan regangan (strain) adalah rasio perabahan yang disebabkan oleh tegangan pada bentuk asli dari suatu objek. Karena tegangan diukur dalam pascal dan regangan adalah perbandingan tanpa satuan, satuan untuk lamda adalah pascal. Definisi alternatif modulus elastisitas adalah regangan yang dibutuhkan untuk memperpanjang material dua kalinya. Hal ini tidaklah selalu benar untuk seluruh material karena terkadang nilainya jauh lebih besar daripada tegangan batas (yield stress) dari suatu material atau suatu titik dimana perpanjangan menjadi tidak lagi linear (seimbang), tetapi pernyataan ini dapat dijadikan sebagai suatu definisi. Konsep dari modulus elastisitas yang konstan tergantung pada perkiraan bahwa kurva tegangan-regangan selalu lurus. Pada kenyataannya, kurva tersebut hanya lurus hingga batas tertentu, karena benda yang ditarik atau ditekan secara berlebihan akhirnya akan gagal (patah), dan benda pada tekanan tinggi dapat menanggung proses yang akan mempengaruhi kurva tegangan-regangan,

misalnya reaksi kimia atau penekukan (buckling)

(<http://eeboenk.blog.friendster.com>, *Modulus Elastisitas*, 1, diperoleh tanggal 14 April 2009)



Gambar 2.2 Hubungan Stress dan Strain

Menurut Wang, Salmon (1986:14), bahwa berbeda dengan baja, maka modulus elastisitas beton adalah berubah-ubah menurut kekuatan. Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis, dan ukuran dari benda uji. Selanjutnya, karena beton memperlihatkan deformasi yang tetap (permanen) sekalipun dengan beban yang kecil, ada beberapa macam definisi untuk modulus elastisitas.

Perlu dijelaskan bahwa persamaan-persamaan peraturan ACI (the American Concrete Institute) untuk menghitung modulus elastisitas beton hanyalah rumus umum praktis karena selain dipengaruhi oleh beban, dipengaruhi juga oleh faktor-faktor lain seperti kelembaban benda uji beton, faktor air-semen, umur beton, dan temperaturnya. Dengan demikian untuk struktur-struktur khusus seperti pelengkung, terowongan tangki, modulus elastisitasnya harus ditenrunkandari hasil percobaan. Hanya sedikit penelitian untuk menentukan modulus elastisitas dalam keadaan tarik karena kekuatan tank beton yang rendah dan biasanya diabaikan dalam perhitungan. Bagaimanapun bisa diasumsikan dengan batasan tertentu

bahwa modulus elastisitasnya sama dengan keadaan tekan (Nawy, 1990 : 47).

2.3.2 Macam-macam Modulus Elastisitas

Ada tiga modulus elastisitas primer yang masing-masingnya menjelaskan bentuk deformasi yang berbeda.

1. Modulus Young (E)

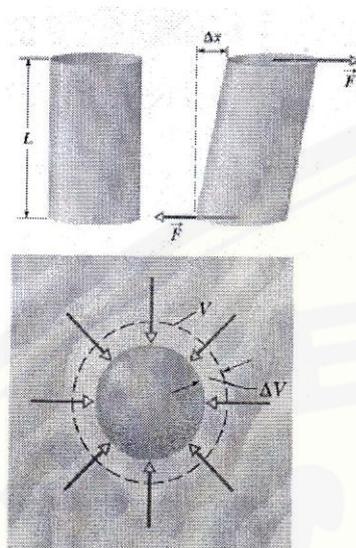
Menjelaskan elastisitas kekakuan, atau kecenderungan suatu benda untuk berubah sepanjang suatu sumbu ketika gaya yang berlawanan diberikan sepanjang sumbu tersebut. Hal ini dijelaskan sebagai perbandingan tegangan tekan terhadap tegangan tarik. Karena modulus elastisitas yang lain dapat dijelaskan dari ini, Modulus Young sering dianggap sebagai modulus elastisitas. Modulus Young adalah persamaan matematika dari prinsip pengecualian Pauli.

2. Modulus geser atau modulus kekakuan (G)

Menjelaskan kecenderungan suatu objek untuk bergeser (perubahan bentuk pada volume konstan) ketika bergerak pada gaya yang berlawanan; hal ini ditentukan sebagai tegangan geser dan regangan geser. Modulus geser adalah bagian dari perubahan viskositas.

3. Modulus Bulk (kepadatan/K)

Menunjukkan elastisitas secara volumetric, atau kecenderungan suatu volume objek untuk berubah akibat suatu penekanan; hal ini didefinisikan sebagai tegangan volumetrik, dan sebagai kebalikan dari kemampuan untuk ditekan. Modulus Bulk adalah penurunan dari Modulus Young secara tiga dimensi (<http://www.antara.co.id/arc>, Modulus Elastisitas, % 2, diperoleh tanggal 14 April 2009).



- $\frac{F}{A} = G \frac{\Delta x}{L}$

- G : shear modulus (modulus geser)

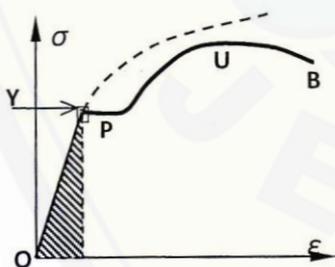
- $\frac{F}{A} = p = B \frac{\Delta V}{V}$

- B : bulk modulus

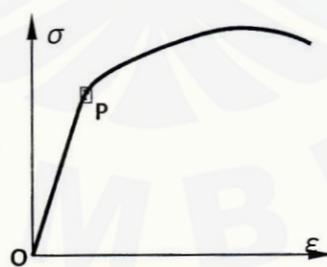
Gambar 2.3 Macam-macam Modulus Elastisitas

2.3.3 Kurva Tegangan-Regangan

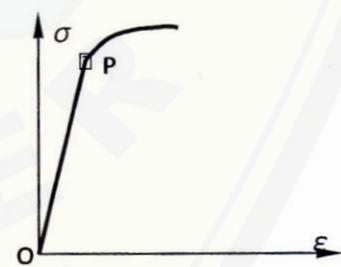
Sebagaimana beban aksial yang bertambah bertahap, pertambahan panjang terhadap panjang gaya diukur pada setiap pertambahan beban dan ini dilanjutkan sampai terjadi kerusakan (fracture) pada spesimen. Dengan mengetahui luas penampang awal spesimen, maka tegangan normal, yang dinyatakan dengan σ , dapat diperoleh untuk setiap nilai beban aksial dengan menggunakan hubungan :



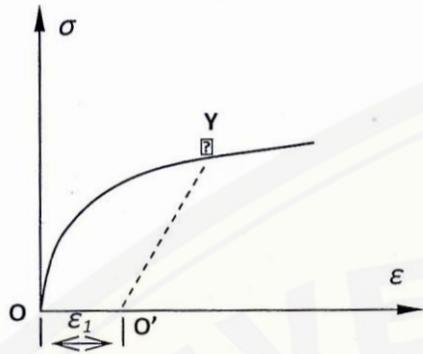
Gambar 2.4



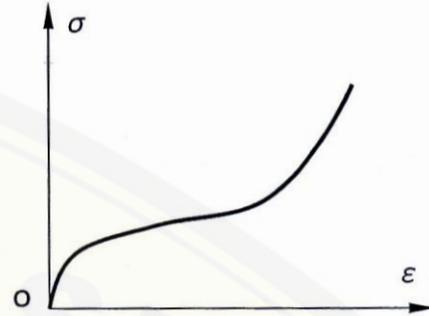
Gambar 2.5



Gambar 2.6



Gambar 2.7



Gambar 2.8

Gambar 2.4 s/d 2.8 Macam-macam Kurva Tegangan Regangan

dimana P menyatakan beban aksial dalam Newton dan A menyatakan luas penampang awal (m^2). Dengan memasangkan pasangan nilai tegangan normal dan regangan normal s , data percobaan dapat digambarkan dengan memperlakukan kuantitas-kuantitas ini sebagai absis dan ordinat. Gambar yang diperoleh adalah diagram atau kurva tegangan-regangan. Kurva tegangan-regangan mempunyai bentuk yang berbeda-beda tergantung dari bahannya. Gambar 2.4 adalah kurva tegangan regangan untuk baja karbon-medium, Gambar 2.5 untuk baja campuran, dan Gambar 2.6 untuk baja karbon-tinggi dengan campuran bahan nonferrous. Untuk campuran nonferrous dengan besi kasar diagramnya ditunjukkan pada Gambar 2.7, sementara untuk karet ditunjukkan pada Gambar 2.8.

2.4 Kuat Tekan

2.4.1 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 tekan. Kuat desak beton merupakan sifat terpenting dalam kualitas beton dibanding dengan sifat-sifat lain. Kekuatan desak beton ditentukan oleh

pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air dan berbagai jenis campuran. Perbandingan dari air semen merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan beton. Semakin rendah perbandingan air semen, semakin tinggi kuat desaknya. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan (mudahnya beton untuk dicor) akan tetapi menurunkan kekuatan (Chu Kia Wang dan G. Salmon, 1990). Nilai kekuatan beton dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$f_{cr} = P/A$$

dimana:

f_{cr} = kuat tekan beton (MPa)

P = beban runtuh yang di terima benda uji (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yaitu penelitian yang bertujuan untuk mengetahui hubungan sebab akibat antara satu sama lain dan membandingkan hasilnya. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian bahan, pengujian kuat tekan dan perhitungan modulus elastisitas beton serta mengetahui bahan tambah beton. Untuk pengujian yang dilaksanakan menggunakan standar SK SNI dan petunjuk praktikum asistensi teknik laboratorium pengujian beton dari pusat penelitian MBT (1993). Adapun langkah-langkah metode yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

3.1 Studi Kepustakaan

Studi pustaka adalah kegiatan untuk memperoleh data-data dan informasi mengenai pengujian yang akan dilakukan, studi pustaka ini dilakukan supaya pengujian yang akan dilakukan benar-benar mempunyai dasar yang kuat dengan adanya data-data, teori-teori yang didapat dari buku-buku referensi, buku-buku petunjuk praktikum, dan jurnal-jurnal dari penelitian terdahulu dan masih banyak lagi literatur-literatur lainnya yang berhubungan dengan penelitian ini.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

3.2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi untuk melaksanakan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Jember.

3.2.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada bulan oktober s/d bulan desember 2014.

3.3 Kerangka Penelitian

3.3.1 Teknik Pelaksanaan Penelitian

Sebagai penelitian ilmiah, penelitian harus dilaksanakan dalam sistematis dan urutan yang jelas dan teratur sehingga hasilnya dapat dipertanggung jawabkan. Untuk itu pelaksanaan percobaan dibagi dalam beberapa tahap pelaksanaannya, yaitu:

1. Tahap I

Disebut tahap penyediaan bahan penyusun beton: batu pecah, pasir, semen dan cacahan limbah plastic HDPE

2. Tahap II

Disebut tahap pemeriksaan bahan penyusun beton.

- a) Analisa ayakan agregat halus dan agregat kasar.
- b) Pemeriksaan kadar lumpur (pencucian pasir lewat ayakan no.200).
- c) Pemeriksaan berat isi agregat halus dan agregat kasar.
- d) Pemeriksaan berat jenis dan absorpsi agregat halus dan agregat kasar

3. Tahap III

Disebut tahap Mix Design (perencanaan campuran beton) berdasarkan metode SK. SNI. T-15-1990-03. Penimbangan/penakaran bahan penyusun beton berdasarkan uji karakteristik bahan penyusun dan mutu beton yang direncanakan.

4. Tahap IV

Percobaan / pembuatan benda uji

4.1 Pembuatan benda uji silinder

Adapun variasi yang digunakan adalah :

- a. Variasi I, beton normal, tanpa adanya substitusi cacahan limbah plastik (HDPE) terhadap semen dinamakan beton normal (BN)
- b. Variasi II, dengan substitusi cacahan limbah plastik HDPE terhadap semen sebesar 1% dari berat semen dinamakan HDPE 1%.
- c. Variasi III, dengan substitusi cacahan limbah plastik HDPE terhadap semen sebesar 1.5% dari berat semen dinamakan HDPE 1.5%.
- d. Variasi IV, dengan substitusi cacahan limbah plastik HDPE terhadap semen

sebesar 2% dari berat semen dinamakan HDPE 2%.

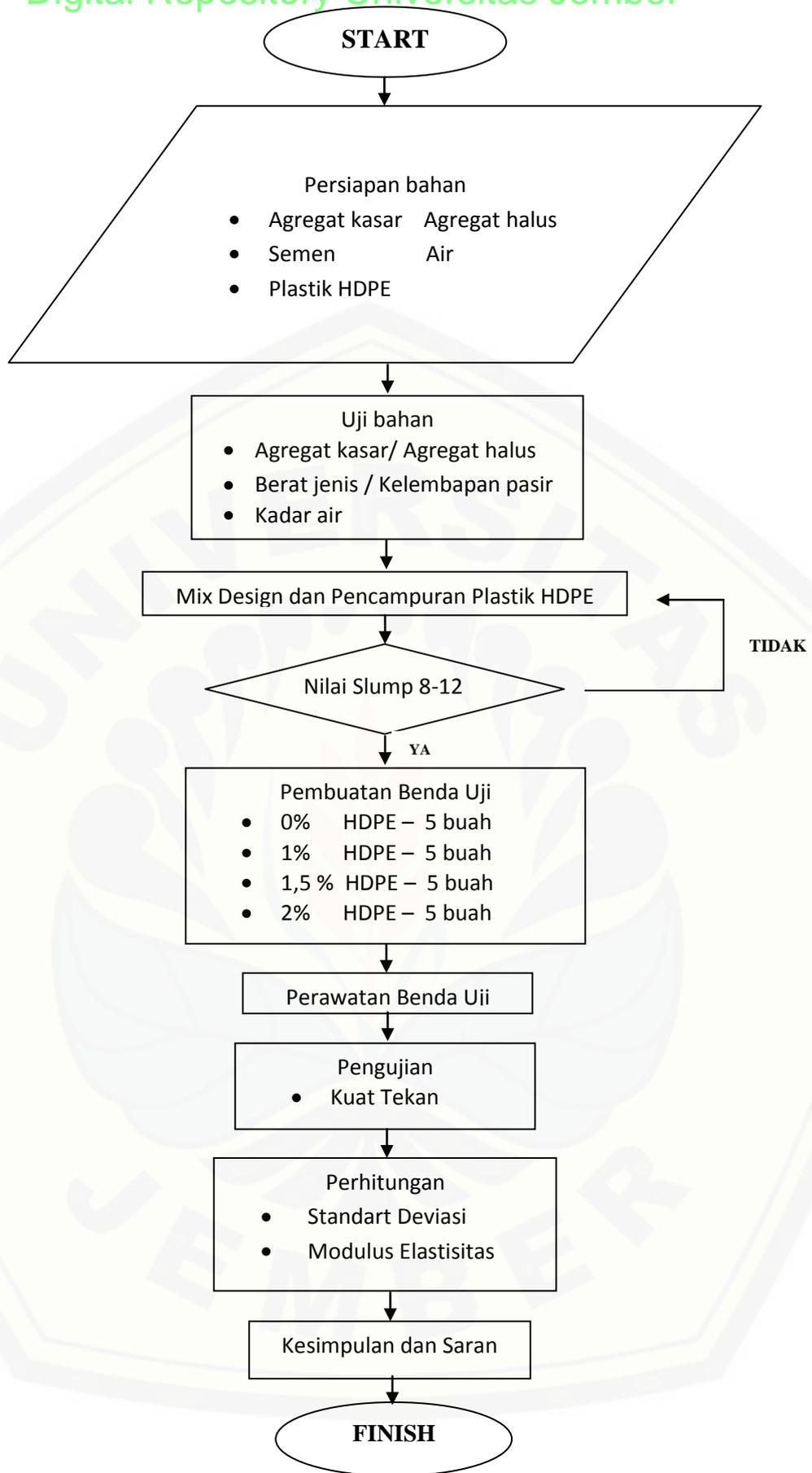
Untuk lebih jelasnya benda uji yang akan dibuat dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. 1 Distribusi Pengujian Benda Uji Silinder Dengan Variasi limbah plastik HDPE

Variasi Limbah Plastik HDPE	Jumlah Benda Uji Untuk Kuat Tekan Beton	
	28 hari	
Beton Normal	5	
HDPE1%	5	
HDPE 1.5%	5	
HDPE 2%	5	
Jumlah	20	

5. Tahap V
Disebut tahap pengujian slump (slump test ASTM C143-90 a) Untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan beton.
6. Tahap VI
Disebut tahap perawatan beton. Dengan cara perendaman dalam air untuk silinder.
7. Tahap VII
Disebut tahap pengujian kuat tekan beton. (ASTM C39-86) pada umur 28 hari
8. Tahap VIII
Disebut tahap analisa data. Pada tahap ini data yang diperoleh dari hasil pengujian dianalisis untuk mendapatkan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti dalam penelitian ini.
9. Tahap IX
Disebut tahap pengambilan kesimpulan. Pada tahap ini data yang telah dianalisis dibuat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

Untuk lebih jelasnya, tahapan dalam penelitian ini disajikan secara skematis dalam bentuk bagan alir sebagai berikut:



Gambar 3.2 Bagan Penelitian

3.4 Bahan dan Alat

3.4.1 Bahan

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pengaruh pemanfaatan pembuatan beton dengan campuran cacahan limbah plastik (HDPE) adalah :

1. Semen

Semen sebagai bahan pengikat adukan beton, semen digunakan semen Portland tipe I (normal) merk Gresik dalam kemasan 40 kg.

2. Agregat halus (pasir)

Pasir yang digunakan adalah pasir Lumajang kabupaten Lumajang, Jawa Timur.

3. Air

Air yang digunakan berasal dari jaringan air bersih Universitas Jember. Secara visual air tersebut berwarna jernih, tidak berasa, tidak berbau dan dapat diminum. Sehingga air ini dapat digunakan sebagai bahan penyusun beton.

4. Cacahan limbah plastik HDPE

Cacahan limbah plastik HDPE berasal dari lingkungan kampus Universitas Jember, Jawa Timur.

5. Koral

Koral yang digunakan dari CV. Teratai Jaya

3.4.2 Alat

Alat yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pengaruh pemanfaatan pembuatan beton dengan campuran cacahan limbah plastik HDPE adalah :

1. Satu set saringan ASTM

Ayakan dengan lubang berturut-turut 76.2 mm, 38.1 mm, 19.1 mm, 9.52 mm, 4.76 mm, 2.36 mm, 1.18 mm, 0.800 mm, 0.300 mm, 0.150 mm, yang dilengkapi dengan tutu, pan dan juga alat penggetar. Digunakan untuk mengetahui gradasi pasir.

2. Seperangkat alat vicat

3. Alat getar (Vibrator)

Vibrator digunakan untuk pemadatan pada waktu membuat benda uji silinder

4. Solet perata
5. Timbangan analitis 2600 gram
6. Oven
Oven digunakan untuk mengeringkan material (pasir dan kerikil)
7. Picnometer
8. Gelas ukur
9. Cawan stop watch
10. Kuas
11. Takaran silinder
12. Perojek besi diameter 1,6 cm dan panjang 60 cm
13. Gerobak dorong
14. Scoop
15. Seperangkat alat slump test
16. Cetakan silinder
Benda uji dalam penelitian ini berbentuk silinder, sehingga cetakannya juga berbentuk silinder terbuat dari baja dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
17. Bak dari besi untuk menuang adukan sebelum dimasukkan kedalam cetakan
18. Cangkul
19. Ember untuk tempat air
20. Hidraulic
Alat ini digunakan untuk memberikan pembebanan pada pengujian kolom dengan skala penuh berkapasitas max 25 ton.

3.5 Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini menggunakan benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan cetakan silinder / sylinder mold ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Dengan langkah-langkah dibawah ini:

1. Siapkan bahan-bahan campuran beton yang akan digunakan.
2. Siapkan cetakan yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji.
3. Masukkan semua bahan beserta air yang sudah ditentukan proporsinya kedalam mesin pengaduk (molen).
4. Hidupkan mesin molen agar adukan beton tercampur dengan merata.

5. Setelah semua tercampur dengan merata/homogen lakukan pengujian slump dengan menggunakan kenicutAbrams, seperti berikut:
 - a. Basahilah cetakan dan pelat dengan kain basah
 - b. Letakkan cetakan di atas dengan kokoh
 - c. Isilah cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam 3 (tiga) lapis. Tiap lapis berisi kira-kira $\frac{1}{3}$ isi cetakan. Setiap lapis ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan secara merata. Tongkat harus masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan pertama. Untuk penusukan bagian tepi, tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan cetakan.
 - d. Segera setelah selesai penusukan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang jatuh disekitar cetakan harus disingkirkan. Kemudian cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus keatas. Balikkan cetakan dan letakkan perlahan-lahan disamping benda uji. Ukurlah slump yang terjadidengan menentukan perbedaan tinggi tetakan dengan tinggi rata-rata benda uji.
6. Mengisi cetakan silinder dengan campuran beton, dengan cara memasukan campuran beton secara bertahap sebanyak tiga lapis, setiap lapis dirojok sebanyak 25 kali sampai cetakan terisi penuh, perojokan dilakukan untuk menghindari adanya rongga dalam beton, dengan ketentuan :
 - a. Pada saat melakukan pemadatan lapisan pertama, tongkat pemadat tidak boleh mengenai dasar cetakan.
 - b. Pada lapisan kedua serta ketiga, tongkat pemadat boleh masuk kira-kira 25,4 mm (1 inci) kedalam lapisan dibawahnya.
7. Setelah selesai melakukan pemadatan, ketuk sisi eetakan perlahan sampai rongga bekas tusukan tertutup.
8. Diamkan eetakan beton selama 18 jam atau 24 jam ditempat yang aman dan bebas dari getaran.
9. Setelah beton mengeras keluarkan beton dari eetakan.

3.6 Perawatan Benda Uji (Curing)

Beton yang sudah dikeluarkan dari eetakan kemudian dilakukan perawatan dengan cara d'irendam atau ditutupi dengan karung (goni) basah. Peredaman ini

adalah salah satu cara untuk perawatan beton agar beton terhindar dari pengaruh cuaca karena beton dalam proses pengerasan (hidrasi) sehingga tidak mempengaruhi kekuatan beton. Perendaman ini dilakukan sesuai dengan umur yang sudah direncanakan. Kehilangan air yang cepat juga menyebabkan beton menyusut, terjadi tegangan tarik pada beton yang sedang mengering sehingga dapat menimbulkan retak.

3.7 Pengujian Kuat Tekan Benda Uji

Dalam proses pengujian benda uji, secara tidak langsung ini artinya menguji seluruh kekuatan beton yang dibuat. Dalam pengujian benda uji ini dapat dilakukan beberapa kekuatan benda uji, seperti kuat tekan, kuat tarik dan lain sebagainya. Pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk menenrukan kekuatan tekan beton yang berbentuk kubus dan silinder yang dibuat dan dirawat.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton, yaitu :

1. Kondisi ujung benda uji

Maksudnya kerataan dan ketegakan lurusnya terhadap sumbu benda uji. Untuk itu sebelum melakukan pengujian kuat tekan, sebaiknya benda uji terlebih dahulu bagian ujung silindemya diberi kaping agar permukaannya rata.

2. Ukuran benda uji

Ukuran standar yang sering digunakan adalah silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Namun, ada juga yang menggunakan ukuran lebih kecil. Penggunaan ukuran silinder yang lebih kecil dapat mempengaruhi kuat tekan yang diperoleh.

3.8 Pelaksanaan Pengujian

Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan dan Struktur Fakultas Teknik Universitas Jember yang meliputi:

1. Pengujian kuat tekan beton

Langkah-langkah pengujia kuat tekan beton adalah sebagai berikut:

- a. Silinderbetonyangtelahberumur28haridikeluarkandaribak perendaman.
- b. Sebelumdilakukanpengujian,bendaujiditimbangdandilakukan pengukuran

diameter dan tingginya.

- c. Pada saat pengujian, benda uji diletakkan pada alas pembebanan mesin uji kuat tekan beton.
- d. Mesin uji kuat tekan beton dihidupkan, kemudian pembebanan diberikan secara berangsur-angsur hingga benda uji tersebut hancur pada pembebanan maksimum. Kemudian mesin dimatikan dan besarnya pembebanan dicatat sesuai angka yang tertera.

3.9 Pengamatan Data

3.9.1 Variabel Penelitian

Variabel adalah segala sesuatu yang akan menjadi objek pengamatan penelitian. Variabel juga dapat diartikan sebagai faktor-faktor yang berperan penting dalam peristiwa atau gejala yang akan diteliti. Variabel dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan Komposisi cacahan plastik HDPE 0%, 1%, 1.5 %, 2 %, (dan berat semen).

Variabel bebas adalah variabel yang menyebabkan atau memengaruhi, yaitu faktor-faktor yang diukur, dimanipulasi atau dipilih oleh peneliti untuk menentukan hubungan antara fenomena yang diobservasi atau diamati. variabel tak bebas adalah faktor-faktor yang diobservasi dan diukur untuk menentukan adanya pengaruh variabel bebas, yaitu faktor yang muncul, atau tidak muncul, atau berubah sesuai dengan yang diperkenalkan oleh peneliti.

Didalam tahapan ini yaitu menganalisa data-data yang di peroleh dari hasil uji laboratorium untuk mengetahui pengaruh cacahan plastik HDPE terhadap kuat tekan, modulus elastisitas, dan kuat tarik belah beton. Regresi sederhana yaitu hubungan antara dua variabel yang biasanya cukup tepat dinyatakan dalam satu garis lurus. (J.Supranto,1991):

Persamaan regresi adalah sebagai berikut:

$$Y' = a + bX$$

Keterangan:

a : Y pintasan, (nilai Y' bila X=0)

b : Kemiringan dari garis regresi (kenaikan atau penurunan Y' untuk setiap perubahan satu satuan X) atau koefisien regresi, mengukur

besarnya pengaruh X terhadap Y kalau X naik satu unit.

X : nilai tertentu dari variabel bebas

Y' : nilai yang diukur /dihitung pada variabel tidak bebas

Variabel dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut:

Panjang Cacahan HDPE (cm)	Kadar (%) HDPE dari Berat Semen	Jumlah Benda Uji	
		Untuk Uji (Ec)	Untuk Uji (fci)
1	0		5
	1		5
	1,5		5
	2		5
	Jumlah		20

Tabel 3.3. Variabel Penelitian Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Data-data dari hasil pengujian. Kemudian dilakukan analisa pada hasil pengujian. Pada penelitian ini, juga dilakukan pemeriksaan dan pengujian semua agregat halus, agregat kasar maupun semen yang digunakan dalam campuran beton.

4.1 Pembuatan Benda Uji

a) Dalam penelitian ini menggunakan benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan cetakan silinder / sylinder mold ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Dengan hasil perhitungan mix design memiliki hasil kuat tekan yang disyaratkan adalah 25 Mpa, dan kuat tekan yang direncanakan sebesar 36,48 Mpa dengan proporsi campuran air = 3,7 liter, semen = 7,3 kg, pasir = 11,6 kg, kerikil = 27 kg yang secara rinci terlampir di halaman 58, maka langkah-langkah pembuatan benda uji sebagai berikut:

1. Siapkan bahan-bahan campuran beton yang akan digunakan
 - a. Limbah plastic HDPE dipotong-potong sampai ukuran @ 1 cm dan plastic tersebut disiapkan sebanyak kurang lebih 400gram di semua total pengecoran.
2. Siapkan cetakan yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji.
3. Masukkan semua bahan beserta air yang sudah ditentukan proporsinya kedalam mesin pengaduk (molen).
4. Hidupkan mesin molen agar adukan beton tercampur dengan merata.
5. Setelah semua tercampur dengan merata lakukan pengujian slump dengan menggunakan kenicut Abrams, seperti berikut:
 - a. Basahilah cetakan dan pelat dengan kain basah
 - b. Letakkan cetakan di atas dengan kokoh
 - c. Isilah cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam 3 (tiga) lapis. Tiap lapis berisi kira-kira 1/3 isi cetakan. Setiap lapis ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan secara merata. Tongkat harus masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan pertama. Untuk penusukan bagian tepi, tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan cetakan.

- d. Segera setelah selesai penusukan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat dan semua sisa benda uji yang jatuh disekitar cetakan harus disingkirkan. Kemudian cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus keatas.
- e. Balikkan cetakan dan letakkan perlahan-lahan disamping benda uji. Ukurlah slump yang terjadidengan menentukan perbedaan tinggi tetakan dengan tinggi benda uji.
6. Mengisi cetakan silinder dengan campuran beton, dengan cara memasukan campuran beton secara bertahap sebanyak tiga lapis, setiap lapis dirojok sebanyak 25 kali sampai cetakan terisi penuh, perojokan dilakukan untuk menghindari adanya rongga dalam beton, dengan ketentuan :
 - a. Pada saat melakukan pemadatan lapisan pertama, tongkat pemadat tidak boleh mengenai dasar cetakan.
 - b. Pada lapisan kedua serta ketiga, tongkat pemadat boleh masuk kira-kira 25,4 mm (1 inci) kedalam lapisan dibawahnya.
7. Setelah selesai melakukan pemadatan, ketuk sisi cetakan perlahan sampai rongga bekas tusukan tertutup.
8. Diamkan cetakan beton selama 24 jam ditempat yang aman dan bebas dari getaran.
9. Setelah beton mengeras keluarkan beton dari cetakan.

4.2. Data Pengujian Material

4.2.1. Agregat Halus

Pengujian ini tujuannya untuk menentukan kelayakan agregat halus sebagai salah satu bahan campuran beton. Adapun analisa hasil pengujian agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.1.

4.1. Tabel Kadar Lumpur

Percobaan	1	2	3
Berat Pasir Kering Oven (gr) (W1)	500	500	500

Berat Pasir Bersih Kering Oven (gr) (W2)	492,5	493,2	492,8
$KL = (W1 - W2) / W2 * 100\%$	1,5	1,36	1,44
KL RATA-RATA	1,43		

4.2 Tabel Berat Jenis Pasir

Percobaan	1	2	3
Berat Picnometer+Pasir+Air(gr) (W2)	162,2	167,5	165,2
Berat Pasir SSD (gr) (W1)	50	50	50
Berat Picnometer+Air (gr) (W3)	131,2	135,8	133,9
$BJ\ Pasir = W1 / (W1 - W2 + W3)$	2,551	2,591	2,618
Berat Jenis Pasir Rata-Rata	2,59		

4.3 Tabel Kelembapan Pasir

Percobaan	1	2	3
Berat Pasir Asli (gr) (W1)	250	250	250
Berat Pasir Oven (gr) (W2)	242,5	243,5	242,4
$KP = (W1 - W2) / W2 * 100\%$	3,09	2,796	3,135
Kelembapan Pasir Rata-Rata (%)	3,007		

4.4 Tabel Air Resapan Pasir

Percobaan	1	2	3
Berat Pasir SSD (gr) (W1)	100	100	100
Berat Pasir Oven (gr) (W2)	98,9	98,8	98,8
$KAR = (W1 - W2) / W2 * 100\%$	1,020	1,2	1,2
KAR Rata-Rata (%)	1,149		

4.5 Tabel Berat Volume Pasir

Percobaan	Dengan Rojokan	Tanpa Rojokan
-----------	----------------	---------------

	1	2	1	2
Berat Silinder (gr) (W1)	7380	7380	7380	7380
Berat Silinder+Pasir (gr) (W2)	23300	23290	21570	21585
Volume Silinder (cm ³) (V)	9989,1325	9989,1325	9989,1325	9989,1325
BV=(W2-W1)/V (gr/cm ³)	1,58	1,60	1,41	1,43
BV Pasir Rata-Rata	1,59		1,42	

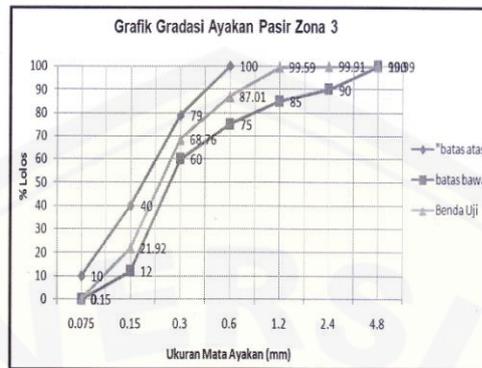
Tabel 4.6. Analisa Pengujian Agregat Halus	
Jenis Pengujian	Rata-rata
a. Analisa saringan pasir	Modulus kehalusan 3.19 (Zona 3)
b. Kelembaban pasir (%)	3.007
c. Berat jenis (gr)	2,65
d. Air resapan (%)	1.149
e. Berat Volume (gr/cm ³)	
• Dengan Rojokan	1.59
• Tanpa Rojokan	1.42
f. Kadar Lumpur	1,43%

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium

Dari tabel di atas pengujian agregat halus meliputi pengujian berat jenis, kelembaban, air resapan, dan analisa saringan. Agregat halus diketahui bahwa berat jenis pasir yang baik adalah besar dari 2,6 gr (SNI PB-0203-76). Dari hasil pengujian, berat jenis pasir didapat sebesar 2,65 gr, maka pasir tersebut masih baik digunakan sebagai campuran beton.

Pada penelitian ini, uji gradasi agregat halus mengikuti standart ASTM C-33, dimana peralatan yang digunakan berupa ayakan/saringan dengan ukuran standart. Adapun hasil uji gradasi agregat halus dapat dilihat pada lampiran. Modulus kehalusan adalah jumlah prosentase kumulatif pasir yang tertinggal pada tiap-tiap saringan dibagi dengan 100. Modulus kehalusan pasir berkisar antara 1,5-3,8 (SII 0052 - 80), jika modulus kehalusan semakin besar, maka semakin

kasar pula pasir tersebut. Dari hasil penelitian didapatkan modulus kehalusan sebesar 3,19. Pasir termasuk gradasi (zona 3) yang artinya pasir halus.



Gambar 4.1. Daerah Gradasi Pasir Zona 3

Dari data hasil uji kelembaban agregat halus dapat dilihat pada lampiran, didapat nilai kelembaban agregat sangat dipengaruhi oleh kondisi agregat, besar pori, daya hisap, gradasi dan jenis agregat (SNI PB-0210-76). Pengaruh kelembaban agregat pada komponen beton sangat besar karena sangat berpengaruh pada kekuatan beton itu sendiri dan tingkat pengerasannya. Dari hasil pengujian, kelembaban pasir yang didapat adalah 3,007 %.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, didapat berat jenis pasir - sebesar 2,65, Dari hasil data pengujian pada lampiran, tampak bahwa agregat pasir masuk dalam kategori agregat normal, dimana agregat normal mempunyai berat jenis antara 2 - 2,7 gr.

Besarnya penyerapan agregat tergantung dari pori-pori yang ada dalam butir agregat itu sendiri (SNI PB - 0203 - 76). Dari hasil pengujian pada lampiran, didapat sebesar 1,149%. Masing-masing bahan beton yang mempunyai tingkatan resapan yang berbeda-beda tergantung dari rongga udara yang ada. Adapun hasil pengujian berat volume agregat halus dapat dilihat pada lampiran, dimana dari hasil pengujian berat volume agregat halus di dapatkan nilai berat volume tanpa rojokan didapat sebesar 1,42 gr/cm³ dan jika menggunakan rojokan didapatkan sebesar 1,59 gr/cm³, maka, berdasarkan ke dua cara pengujian tersebut dapat diketahui bahwa berat volume semen dapat dipengaruhi oleh rojokan.

Selain itu agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%. apabila kadar lumpur yang terkandung dalam agregat halus melampaui syarat

batas maksimum, maka pasir harus dicuci terlebih dahulu hingga diperoleh kadar lumpur yang tidak melampaui batas maksimum (SNI PB-0208-76). Adapun hasilpengujian kadar lumpur agregat halus dapat dilihat pada lampiran, didapat sebesar 1,43%. Maka kadar lumpur yang ada pada agregat halus kurang dari 5% dan layak digunakan sebagai campuran beton.

4.2.2. Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar ini ,dilaksanakan secara keseluruhan telah mengikuti standart atau peraturan yang ada. Hal ini bertujuan untuk menentukan kelayakan agregat kasar sebagai salah satu bahan campuran beton. Analisa hasil pengujian agregat kasar dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.7.Pengujian Agregat Kasar	
Jenis Pengujian	Rata-rata
a. Analisa saringan kerikil (gr) Modulus kehalusan 6,999 (Zona 3)	
b. Kelembaban kerikil (%)	0.611
c. Air Resapan (%)	1.263
d. Berat Jenis (gr)	2.61
e. Berat volume(gr/cm3)	
• Dengan Rojokan	1.68
• Tanpa Rojokan	1.56
f. Kadar Lumpur (%)	0.75

Sumber: Hasil Penelitian Laboratorium



Gambar 4.2.Daerah Gradasi Kerikil Ukuran Maksimal 10 mm

4.8 Tabel Kelembapan Kerikil

Percobaan	1	2	3
Berat Kerikil Asli (gr) (W1)	500,3	500	500,4
Berat Kerikil Oven (gr) (W2)	493,4	498,4	499,1
$KK = (W1 - W2) / W2 * 100\%$	1,33	0,323	0,18
KK Rata-Rata (%)	0,611		

4.9 Tabel Berat Jenis Kerikil

Percobaan	1	2	3
Berat Kerikil SSD Di Udara (gr) (W1)	3000	3000	3000
Berat Kerikil Di Air (gr) (W2)	1850	1850	1850
$BJ \text{ Kerikil} = W1 / (W1 - W2)$	2,61	2,61	2,61
BJ Kerikil Rata-Rata	2,61		

4.10 Tabel Air Resapan Kerikil

Percobaan	1	2	3
Berat Kerikil SSD (gr) (W1)	500	500	500
Berat Kerikil Oven (gr) (W2)	494,4	493,6	493,3
$KAR = (W1 - W2) / W2 * 100\%$	1,133	1,298	1,359
KAR Rata-Rata (%)	1,263		

4.11 Tabel Berat Volume Kerikil

Percobaan	Dengan Rojokan		Tanpa Rojokan	
	1	2	1	2
Berat Silinder (gr) (W1)	7380	7380	7380	7380
Berat Silinder+Pasir (gr) (W2)	33.000	33.200	31100	31300
Volume Silinder (cm ³) (V)	15227,89	15227,89	15227,89	15227,89
$BV = (W2 - W1) / V \text{ (gr/cm}^3\text{)}$	1,67	1,69	1,55	1,57
BV Pasir Rata-Rata	1,68		1,56	

4.12 Tabel Kadar Lumpur

Percobaan	1	2	3
Berat Kerikil Kering Oven (gr) (W1)	500	500	500
Berat Kerikil Bersih Kering Oven (gr) (W2)	499,8	496,2	492,8
$KL = (W1 - W2) / W2 * 100\%$	0,04	0,76	1,44
KL RATA-RATA	0,75		

Pada penelitian ini, uji gradasi agregat kasar juga mengikuti standart ASTM C-33, dimana peralatan yang digunakan berupa ayakan/saringan dengan ukuran standart yang sudah ditentukan. Adapun hasil uji gradasi agregat kasar dapat dilihat pada lampiran. Modulus kehalusan agregat kasar diperoleh dengan menjumlahkan persen komulatif agregat yang tertinggal dibagi dengan 100. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan modulus kehalusannya berkisar antara 5-8 (SII 0052 - 80). Dari pengujian yang telah dilakukan modulus kehalusan kerikil didapat sebesar 6,999 gr.

Pada data hasil uji kelembaban dapat dilihat pada lampiran. Kelembaban agregat dipengaruhi oleh kondisi agregat, besar pori, daya hisap, gradasi dan jenis agregat (SNI PB - 0210 - 76). Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan kelembaban kerikil sebesar 0,611%.

Besarnya penyerapan air tergantung dari pori-pori yang ada dalam butir agregat itu (SNI PB - 0203 - 76). Dari hasil pengujian pada lampiran. dapat didapatkan nilai air resapan sebesar 1.263 %. Dan Berat jenis agregat kasar kerikil rata-rata adalah 2,55 - 2,65 gr atau tidak boleh kurang dari 1,2 (SNI PB - 0203 - 76). Dari pengujian yang telah dilakukan berat jenis kerikil didapat sebesar 2.61 gr, Adapun hasil pengujiannya dapat dilihat pada lampiran. jadi kerikil ini baik digunakan sebagai campuran beton.

Adapun hasil pengujian berat volume agregat kasar dapat dilihat pada lampiran, dimana dari hasil pengujian berat volume agregat kasar di dapatkan nilai berat volume tanpa rojokan didapat sebesar 1,56 gr/cm³ dan jika menggunakan rojokan didapatkan sebesar 1,68 gr/cm³ maka, berdasarkan ke

duacara pengujian tersebut dapat diketahui bahwa berat volume agregat kasar dapat dipengaruhi oleh rojokan.

Selain itu agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 %, apabila kadar lumpur yang terkandung dalam agregat kasar melampaui syarat batas maksimum, maka kerikil harus dicuci terlebih dahulu hingga diperoleh kadar lumpur yang tidak melampaui batas maksimum (SII 0052-80). Adapun hasil pengujian kadar lumpur kerikil dapat dilihat pada lampiran. dari hasil pengujian terhadap kerikil didapat nilai kadar lumpur sebesar 0,75%. Sehingga kerikil telah memenuhi syarat.

4.2.3. Semen

Pengujian ini, bertujuan untuk menentukan kelayakan semen dalam hal ini menggunakan semen merk gresik kemasan 40 kg.

Tabel 4.13 Pengujian Semen Merk Gresik

No	Jenis Pengujian	Rata-Rata
1	Berat jenis semen (gr)	3,13
2	Berat volume (gr/cm ³)	
	a. dengan rojokan	1.210
	b. tanpa rojokan	1.142

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

Pada penelitian ini pengujian semen mengikuti standart ASTM C 188-78, adapun hasil pengujian berat jenis semen dapat dilihat pada lampiran. Syarat berat jenis semen berkisar antara 3,10-3,30 gram (SK-SNI-1990), dimana dari hasil pengujian berat jenis semen didapat berat jenis semen sebesar 3,13 gram, jadi berat jenis semen merk Gresik memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan campuran beton. Selain itu adapun hasil pengujian berat volume semen pada penelitian ini dapat dilihat pada lampiran, dimana dari hasil pengujian berat volume semen di dapat berat volume tanpa rojokan sebesar 1,142 gr/cm³, bila menggunakan rojokan didapat sebesar 1,210 gr/cm³, maka, dapat diketahui pengujian berat volume semen dengan rojokan semakin berat, hal ini dikarenakan dipengaruhi oleh rojokan.

4.3 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian beton dilakukan setelah beton dianggap kering. Pengujian kuat tekan beton dilakukan menggunakan alat compression tes. Data-data hasil pengujian dan perhitungan standar deviasi diolah dan ditampilkan dalam bentuk table, hitungan maupun bentuk grafik seperti berikut:

4.3.1 Perhitungan Standar deviasi

- Standar Deviasi (Sd) Beton Normal (0%)

$$\text{Benda Uji 1 : } (X_1 - X_{rt})^2 = (250,17 - 252,51)^2 = 5,475 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Benda Uji 2 : } (X_2 - X_{rt})^2 = (251,96 - 252,51)^2 = 0,062 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Benda Uji 3 : } (X_3 - X_{rt})^2 = (250,99 - 252,51)^2 = 1,488 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Benda Uji 4 : } (X_4 - X_{rt})^2 = (260,02 - 252,51)^2 = 95,453 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Benda Uji 5 : } (X_5 - X_{rt})^2 = (247,75 - 252,51)^2 = 19,891 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Jumlah} = 122,369 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Standar deviasi (Sd) Beton Normal (0\%)} = \sqrt{(\sum(X_i - X_{rt})^2 / (n-1))}$$

$$= \frac{122,369}{(5-1)}$$

$$= \mathbf{5,531}$$

- Standar Deviasi (Sd) Beton 1% HDPE

$$\text{Benda Uji 1 : } (X_1 - X_{rt})^2 = (250,29 - 260,28)^2 = 99,80 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Benda Uji 2 : } (X_2 - X_{rt})^2 = (261,67 - 260,28)^2 = 1,932 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Benda Uji 3 : } (X_3 - X_{rt})^2 = (262,97 - 260,28)^2 = 7,236 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Benda Uji 4 : } (X_4 - X_{rt})^2 = (261,23 - 260,28)^2 = 0,902 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Benda Uji 5 : } (X_5 - X_{rt})^2 = (262,85 - 260,28)^2 = 6,605 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Jumlah} = 116,479 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Standar deviasi (Sd) Beton 1\% HDPE} = \sqrt{(\sum(X_i - X_{rt})^2 / (n-1))}$$

$$= \frac{116,479}{(5-1)}$$

$$= \mathbf{5,396}$$

- Standar Deviasi (Sd) Beton 1,5% HDPE

$$\text{Benda Uji 1 : } (X_1 - X_{rt})^2 = (270,97 - 270,65)^2 = 0,102 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Benda Uji 2 : } (X_2 - X_{rt})^2 = (273,28 - 270,65)^2 = 6,916 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Benda Uji 3 : } (X_3 - X_{rt})^2 = (280,48 - 270,65)^2 = 96,628 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Benda Uji 4 : } (X_4 - X_{rt})^2 = (272,96 - 270,65)^2 = 5,336 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Benda Uji 5 : } (X_5 - X_{rt})^2 = (280,07 - 270,65)^2 = 88,736 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Jumlah} = 197,72 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Standar deviasi (Sd) Beton 1,5\% HDPE} = \sqrt{(\sum(X_i - X_{rt})^2 / (n-1))}$$

$$= \frac{197,72}{(5-1)}$$

$$= \mathbf{7,030}$$

- Standar Deviasi (Sd) Beton 2% HDPE

$$\text{Benda Uji 1 : } (X_1 - X_{rt})^2 = (197,38 - 193,81)^2 = 12,745 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Benda Uji 2 : } (X_2 - X_{rt})^2 = (189,56 - 193,81)^2 = 18,062 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Benda Uji 3 : } (X_3 - X_{rt})^2 = (189,71 - 193,81)^2 = 16,81 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Benda Uji 4 : } (X_4 - X_{rt})^2 = (193,23 - 193,81)^2 = 0,336 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Benda Uji 5 : } (X_5 - X_{rt})^2 = (199,05 - 193,81)^2 = 27,457 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Jumlah} = 75,41 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Standar deviasi (Sd) Beton 2 \% HDPE} = \sqrt{(\sum(X_i - X_{rt})^2 / (n-1))}$$

$$= \frac{75,41}{(5-1)}$$

$$= \mathbf{4,342}$$

4.14 TABEL HASIL UJI KUAT TEKAN BETON

Perlakuan	Tegangan Tekan Rata-Rata (Mpa)(X _{rt})	Standart Deviasi
Beton Normal 0% HDPE	25,250	5,531
Beton 1% HDPE	26.028	5,396
Beton 1.5% HDPE	27.657	7,030
Beton 2% HDPE	19,381	4,342

Sumber : data pengujian kuat tekan

4.4. Perhitungan Modulus Elastisitas Beton

- **Beton Normal (0%)**

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

$$= 4700 * \sqrt{25.25258430} = \mathbf{23621,15 \text{ Mpa}}$$

- **Beton 1% HDPE**

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

$$= 4700 * \sqrt{26.03067513} = \mathbf{23979,52 \text{ Mpa}}$$

- **Beton 1,5 % HDPE**

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

$$= 4700 * \sqrt{27.65759233} = \mathbf{24717,53 \text{ Mpa}}$$

- **Beton 2 % HDPE**

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

$$= 4700 * \sqrt{19.38153529} = \mathbf{20691,49 \text{ Mpa}}$$

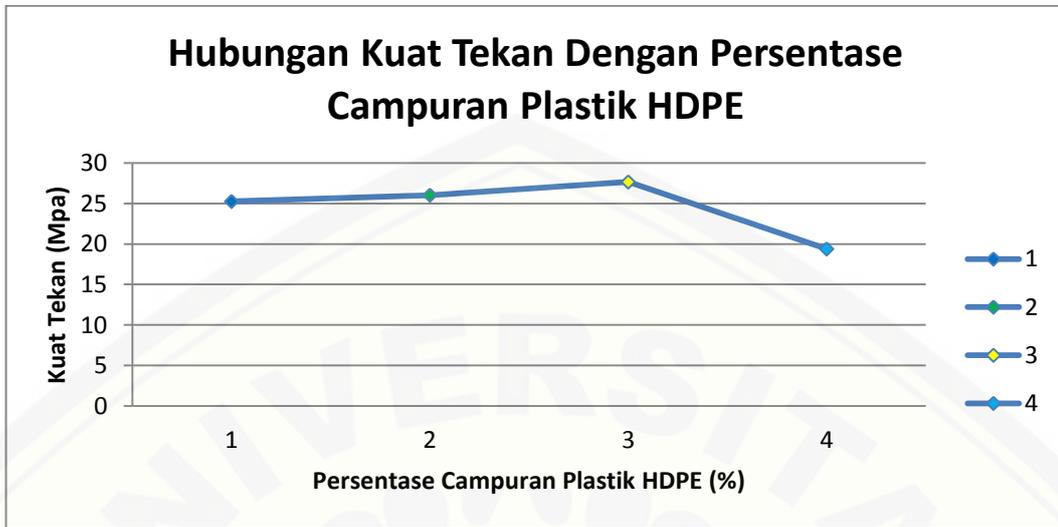
Perlakuan	Modulus Elastisitas Rata-Rata (Mpa)
Beton Normal 0% HDPE	23621,15
Beton 1% HDPE	23979,52
Beton 1,5% HDPE	24717,53
Beton 2% HDPE	20691,49

Sumber: hasil pengujian laboratorium

Tabel 4.15 nilai modulus elastisitas beton

Nilai pada tabel diatas menunjukkan bahwa beton normal tanpa campuran plastik HDPE diatas mempunyai nilai modulus elastisitas sebesar 23621,15 Mpa. Pada beton dengan campuran 1% plastik HDPE memiliki nilai modulus elastisitas sebesar 23979,52 Mpa. Pada beton dengan campuran 1,5% HDPE memiliki nilai modulus elastisitas sebesar 24717,53 Mpa. Pada beton dengan campuran 2% memiliki nilai modulus elastisitas 20691,49. Dari tabel diatas, semakin besar campuran plastik HDPE terhadap beton maka semakin mengecil pula nilai modulus elastisitas dikarenakan bahan tersebut tidak mampu melekat ke agregat yang lain.

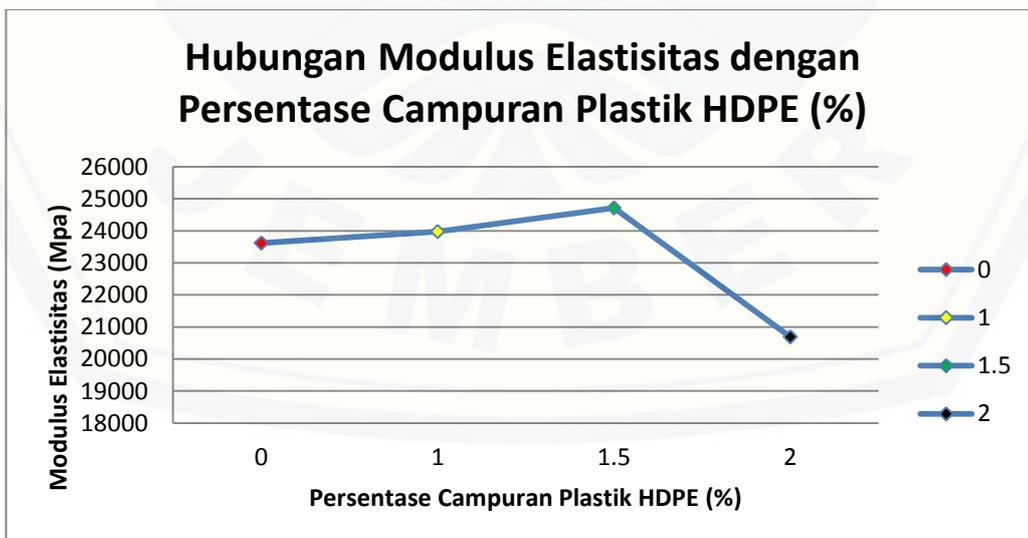
4.5. Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton Dengan Persentase (%)



Gambar 4.3. Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton dg Berat Volume

Hubungan nilai kuat tekan beton dengan persentase campuran diatas menunjukkan bahwa nilai persentase campuran plastik HDPE0% (normal) mempunyai kuat tekan sebesar 25,2525843 Mpa (ditandai dengan titik berwarna ungu). Nilai persentase campuran plastik HDPE 1% mempunyai kuat tekan sebesar 26,03067513 Mpa (ditandai dengan titik berwarna hijau). Nilai persentase campuran plastik HDPE 1,5% mempunyai kuat tekan sebesar 27,6575923 Mpa (ditandai dengan titik berwarna kuning). Sedangkan, nilai persentase campuran plastik HDPE 2% mempunyai kuat tekan hanya sebesar 19,3815353 Mpa (ditandai dengan titik warna biru).

4.6. Grafik Hubungan Modulus Elastisitas Beton Dengan Persentase (%)



Gambar 4.4. Grafik Modulus Elastisitas Dengan Berat Volume

Hubungan nilai modulus elastisitas beton dengan persentase campuran diatas menunjukkan bahwa nilai persentase campuran plastik HDPE 0% (normal) mempunyai modulus elastisitas sebesar 23621,15Mpa (ditandai dengan titik berwarna merah). Nilai persentase campuran plastik HDPE 1% mempunyai modulus elastisitas sebesar 23979,52 Mpa (ditandai dengan titik warna kuning). Nilai persentase campuran plastik HDPE 1,5% mempunyai modulus elastisitas sebesar 24717,53 Mpa (ditandai dengan titik berwarna hijau). Sedangkan, nilai persentase campuran plastik HDPE 2% mempunyai modulus elastisitas hanya sebesar 20691,49 Mpa (ditandai dengan titik warna hitam).

4.7. Retakan Pada Beton

4.7.1. Retakan Pada Beton Normal



Gambar 4.5. Gambar Retakan Pada Beton Normal

Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa beton yang diuji kuat tekannya memiliki retak-retak rambut dibagian atas kiri beton, dan dibawah bagian kanan beton. Ditengah-tengah beton tersebut juga terdapat retakan yang menjadi tolak ukur maksimalnya dari nilai kuat tekan beton tersebut. Gambar tersebut menunjukkan masih mengalami sedikit retakan, sehingga beton tersebut sudah mencapai batas maksimalnya.

Retak-retak rambut diatas bisa terjadi karena beton tersebut sudah mencapai batasnya dalam uji kuat tekan, sehingga sudah tidak bisa lagi diuji dan harus dibuang tidak bisa dipakai lagi. Dalam proses pengambilan beton pasca diuji tekan, sebaiknya dilakukan secara hati-hati karena jika diambil secara tergesa-gesa akan menghancurkan beton tersebut, dan puing-puing retakan beton tersebut akan jatuh pada alas uji tekannya yang bisa mengakibatkan tidak ratanya alas alat uji tekan dan bisa berakibat tidak teraturnya pengujian selanjutnya.

4.7.2. Retakan Pada Beton Campuran 1% HDPE



Gambar 4.6. Gambar Retakan Pada Beton Campuran 1% HDPE

Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa beton yang diuji kuat tekannya memiliki retak dibagian atas beton, dan masih utuh untuk bagian bawah beton. Diposisi tengah-tengah beton juga terdapat retakan yg menjalar hampir ke posisi bagian bawah beton. Berbeda halnya dengan yang terjadi pada bagian kiri beton, dapat dilihat bahwa ada retakan yang begitu besar sehingga mengakibatkan beton itu hancur. Hancurnya bagian tersebut mungkin dikarenakan ada campuran plastic yang tidak menyatu dengan komposisi beton.

4.7.3. Retakan Pada Beton Campuran 1,5% HDPE



Gambar 4.7. Gambar Retakan Pada Beton Campuran 1,5% HDPE

Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa beton yang diuji tekan memiliki retak di sisi bagian kanan dan juga bagian tengahnya menjalar sampai ke bawah. Di sisi kiri hanya terjadi retak rambut dan dibagian bawah beton hanya terjadi sedikit retakan. Retak di sisi bagian kanan dan ditengah beton dikarenakan plastic tersebut tidak menyatu dengan komposisi campuran lainnya. Sedangkan di sisi bagian kiri beton tersebut masih terlihat tidak hancur.

4.7.4. Retakan Pada Beton Campuran 2% HDPE



Gambar 4.8. Gambar Retakan Pada Beton Campuran 2% HDPE

Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa beton yang diuji tekan memiliki retak di bagian tengah menjalar kebawah. Dibagian sisi bawah beton tidak terjadi retakan, sedangkan di bagian atas beton terjadi retak yang mengakibatkan benda uji tersebut pecah. Pecahnya benda uji tersebut dikarenakan cara merojoknya kurang tercampur dengan komposisi lainnya, mengakibatkan tidak menyatunya campuran-campuran beton dengan baik.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah selesai melakukan penelitian "PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK HDPE TERHADAP BETON" di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Jember, ada beberapa hal yang dapat di simpulkan, yaitu:

- 1) Kuat tekan beton yang ditimbulkan dari penambahan limbah plastik HDPE ternyata mampu mempengaruhi kuat tekan melebihi pada beton normal pada persentase tertentu, terlihat pada hasil kuat tekan yaitu beton HDPE 1% (26,03 Mpa) dengan nilai standart deviasi sebesar 5,396 Mpa, beton HDPE 1.5% (27,65 Mpa) dengan nilai standart deviasi 7,030 Mpa, beton normal (25,25 Mpa) dengan nilai standart deviasi sebesar 5,531 Mpa. Namun pada beton HDPE 2% (19.38 Mpa) mengalami penurunan dengan nilai standart deviasi sebesar 4,342 Mpa.
- 2) Dari hasil data pengujian diatas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak campuran plastik HDPE terhadap campuran beton, maka semakin mengecil pula kuat tekannya.
- 3) Dari hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa semakin banyak campuran plastik HDPE terhadap campuran beton, maka semakin mengecil pula nilai modulus elastisitasnya.

5.2. Saran

Setelah mendapatkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, maka ada beberapa saran yang dapat saya sampaikan yaitu:

- 1) Disarankan kepada mahasiswa yang ingin meneliti cacahan plastik lebih lanjut, untuk melakukan penelitian dengan ukuran cacahan yang lebih kecil (biji plastik) guna mengetahui apakah cacahan plastik HDPE bisa mencapai nilai yang paling optimal, ataupun sebaliknya.
- 2) Pada penelitian ini agar mutu beton tercapai disarankan kepada mahasiswa pada pembuatan benda uji lebih diperhatikan aturan mix design nya. Dan pada pengujian kuat tekan disarankan agar alas benda uji rata dan tidak

bergelombang. Dan pada perendaman disarankan tidak lebih dari 28 hari agar benda uji tidak berlumut yang bisa mengakibatkan berkurangnya nilai kuat tekan. Dan pada pencampuran mix design disarankan untuk lebih ditepatkan proporsi campuran semen,kerikil,pasir, dan air supaya tidak ada kelebihan atau kekurangan pada nilai kuat tekannya.



DAFTAR PUSTAKA

- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
- Anonim. 2011. *Petunjuk Praktikum Praktek Teknologi Beton*. Laboratorium Struktur. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Anonim. 2006. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (Standar SK. SNI T-15 1990-03)*. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang.
- Hoedajanto. 2003. *Diktat Pedoman Praktikum Beton*. Jakarta.
- Antonio, Nugraha. 2007. *Federasi Asosiasi Admixture Beton Eropa*. Jakarta

LAMPIRAN

1. Pasir

1.1 Tabel Kadar Lumpur

Percobaan	1	2	3
Berat Pasir Kering Oven (gr) (W1)	500	500	500
Berat Pasir Bersih Kering Oven (gr) (W2)	492,5	493,2	492,8
$KL = (W1 - W2) / W2 * 100\%$	1,5	1,36	1,44
KL RATA-RATA	1,43		

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

1.2 Tabel Berat Jenis Pasir

Percobaan	1	2	3
Berat Picnometer+Pasir+Air(gr) (W2)	162,2	167,5	165,2
Berat Pasir SSD (gr) (W1)	50	50	50
Berat Picnometer+Air (gr) (W3)	131,2	135,8	133,9
$BJ \text{ Pasir} = W1 / (W1 - W2 + W3)$	2,551	2,591	2,618
Berat Jenis Pasir Rata-Rata	2,59		

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

1.3 Tabel Kelembapan Pasir

Percobaan	1	2	3
Berat Pasir Asli (gr) (W1)	250	250	250
Berat Pasir Oven (gr) (W2)	242,5	243,5	242,4
$KP = (W1 - W2) / W2 * 100\%$	3,09	2,796	3,135
Kelembapan Pasir Rata-Rata (%)	3,007		

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

1.4 Tabel Air Resapan Pasir

Percobaan	1	2	3
Berat Pasir SSD (gr) (W1)	100	100	100
Berat Pasir Oven (gr) (W2)	98,9	98,8	98,8
$KAR = (W1 - W2) / W2 * 100\%$	1,020	1,2	1,2
KAR Rata-Rata (%)	1,149		

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

1.5 Tabel Berat Volume Pasir

Percobaan	Dengan Rojokan		Tanpa Rojokan	
	1	2	1	2
Berat Silinder (gr) (W1)	7380	7380	7380	7380
Berat Silinder+Pasir (gr) (W2)	23300	23290	21570	21585
Volume Silinder (cm ³) (V)	9989,1325	9989,1325	9989,1325	9989,1325
$BV = (W2 - W1) / V$ (gr/cm ³)	1,58	1,60	1,41	1,43
BV Pasir Rata-Rata	1,59		1,42	

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

2. Kerikil

2.1 Tabel Kelembapan Kerikil

Percobaan	1	2	3
Berat Kerikil Asli (gr) (W1)	500,3	500	500,4
Berat Kerikil Oven (gr) (W2)	493,4	498,4	499,1
$KK = (W1 - W2) / W2 * 100\%$	1,33	0,323	0,18
KK Rata-Rata (%)	0,611		

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

2.2 Tabel Berat Jenis Kerikil

Percobaan	1	2	3

Berat Kerikil SSD Di Udara (gr) (W1)	3000	3000	3000
Berat Kerikil Di Air (gr) (W2)	1850	1850	1850
BJ Kerikil = $W1/(W1-W2)$	2,61	2,61	2,61
BJ Kerikil Rata-Rata	2,61		

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

2.3 Tabel Air Resapan Kerikil

Percobaan	1	2	3
Berat Kerikil SSD (gr) (W1)	500	500	500
Berat Kerikil Oven (gr) (W2)	494,4	493,6	493,3
KAR = $(W1-W2)/W2 * 100\%$	1,133	1,298	1,359
KAR Rata-Rata (%)	1,263		

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

2.4 Tabel Berat Volume Kerikil

Percobaan	Dengan Rojokan		Tanpa Rojokan	
	1	2	1	2
Berat Silinder (gr) (W1)	7380	7380	7380	7380
Berat Silinder+Pasir (gr) (W2)	33.000	33.200	31100	31300
Volume Silinder (cm ³) (V)	15227,89	15227,89	15227,89	15227,89
BV = $(W2-W1)/V$ (gr/cm ³)	1,67	1,69	1,55	1,57
BV Pasir Rata-Rata	1,68		1,56	

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

2.5 Tabel Kadar Lumpur

Percobaan	1	2	3
Berat Kerikil Kering Oven (gr) (W1)	500	500	500
Berat Kerikil Bersih Kering Oven (gr) (W2)	499,8	496,2	492,8
KL = $(W1-W2)/W2 * 100\%$	0,04	0,76	1,44

KL RATA-RATA	0,75
--------------	------

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

3. Semen

3.1 Tabel Berat Volume Semen

Percobaan	Dengan Rojokan		Tanpa Rojokan	
	1	2	1	2
Berat Silinder (gr) (W1)	4152	4152	4152	4152
Berat Silinder+Semen (gr) (W2)	7780	7780	7780	7780
Volume Silinder (cm ³) (V)	3000	3000	3000	3000
$BV=(W2-W1)/V$ (gr/cm ³)	1,209	1,211	1,144	1,140
BV Semen Rata-Rata	1,21		1,142	

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

3.2 Tabel Berat Jenis Semen

Percobaan	1	2	3
Berat Semen (gr) (W1)	55	55	55
Berat Picnometer+Semen+Minyak (gr) (W2)	153,3	154,1	154,7
Berat Picnometer+Minyak (gr) (W3)	112,9	113,1	113,3
$BJ\ Semen = 0,8*W1/(W1-W2+W3)$	3,01	3,14	3,24
Berat Jenis Semen Rata-Rata	3,13		

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

MIX DESIGN

- Kuat tekan yang disyaratkan $f_c' = 25 \text{ MPa}$
- Standar deviasi $= 7 \text{ Mpa}$
- Keadaan keliling non korofit

Agregat Kasar

- Jenis agregat $= \text{batu pecah}$
- Ukuran agregat maksimum $= 40 \text{ mm}$
- Berat jenis SSD $= 2,61$
- Penyerapan $= 1,26 \%$
- Kadar air $= 0,61 \%$
- Berat isi $= 1,56$

Agregat Halus

- Jenis agregat $= \text{pasir lumajang}$
- Gradasi agregat maksimum $= \text{zona 3}$
- Berat jenis SSD $= 2,65$
- Penyerapan $= 1,15 \%$
- Kadar air $= 3 \%$
- Berat isi $= 1,42$
- Slump $= 80 - 120 \text{ mm}$

Semen

- Jenis semen $= \text{semen portland type I}$
- Berat Jenis $= 3,13$
- Berat Isi $= 1,21$

Bentuk benda uji $= \text{silinder diameter } 15 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$

Penyelesaian:

1. Kuat tekan beton yang diisyaratkan $= 25 \text{ Mpa}$
2. Deviasi standart ; $S = 7 \text{ Mpa}$, karena tidak mempunyai data sebelumnya (“Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*. Jakarta”).
3. Nilai tambah $= 1,64 \times 7 = 11,48 \text{ Mpa}$
4. Kuat tekan yang direncanakan; $f'_{cr} = 25 + 11,48 = 36,48 \text{ Mpa}$
5. Jenis semen $= \text{semen portland tipe I}$
6. Jenis agregat kasar $= \text{batu pecah 2-3}$
7. Jenis agregat halus $= \text{pasir alami}$

8. Faktor air semen bebas = 0,53
9. Faktor air semen maksimum = 0,55 (ditetapkan)
10. Slump = 80 – 120 mm (ditetapkan)
11. Ukuran agregat maksimum = 40 mm
12. Kadar air bebas = $\frac{2}{3} \times 175 + \frac{1}{3} \times 205 = 116,6 + 68,3 = 184,9 \text{ kg/m}^3$
13. Jumlah semen = $184,9 / 0,53 = 348,86 \text{ kg/m}^3$
14. Jumlah semen minimum = 275 kg/m³ (ditetapkan)
15. Faktor air semen yang disesuaikan
16. Susunan besar butir agregat = zona3
17. Persen bahan lebih halus dr 4,80 mm = 30 %
18. Berat jenis relatif agregat = 2,6 (karena tidak ada data sebelumnya)
19. Berat jenis beton = 2370 kg/m³
20. Kadar agregat gabungan = $2370 - 348,86 - 184,9 = 1836,24 \text{ kg/m}^3$
21. Kadar agregat halus = $30\% \times 1836,24 = 550,87 \text{ kg/m}^2$
22. Kadar agregat kasar = $1836,24 - 550,87 = 1285,37 \text{ kg/m}^3$

Kesimpulan:

- Untuk 1m³ beton (berat betonnya 2370 kg) dibutuhkan:
 - a) Air = 184 liter
 - b) Semen = 348 kg
 - c) Pasir = 550 kg
 - d) Kerikil = 1285 kg

- Untuk 1x pengecoran (tiap adukan 0,021 atau 4 benda uji silinder) maka;
 - b) Air = 3,7 liter
 - c) Semen = 7,3 kg
 - d) Pasir = 11,6 kg
 - e) Kerikil = 27 kg

- Proporsi untuk penambahan plastic HDPE
 - a) 1% dari berat semen = 0,073 kg = 73 gram
 - b) 1,5% dari berat semen = 0,109 kg = 110 gram
 - c) 2% dari berat semen = 0,146 kg = 146 gram

PROSES PENCAMPURAN











UJI SLUMP





PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON



