

SKRIPSI

**STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK POLY ETHYLENE
TEREPHTHALATE (PET) 0.5% DAN BOTTOM ASH TERHADAP SIFAT MEKANIS
BETON DENGAN MUTU BETON RENCANA f_c' 25 MPa**



Disusun oleh :

BENY PRASETYO

03.21.058

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2012

MEMORANDUM

TO : SAC, NEW YORK (100-100000)

FROM : SAC, NEW YORK (100-100000)

SUBJECT: [Illegible]

DATE: [Illegible]

BY: [Illegible]

RE: [Illegible]

[Illegible]

[Illegible]

[Illegible]

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK POLY
ETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) 0.5% DAN BOTTOM ASH
TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON DENGAN MUTU BETON
RENCANA 25 MPa.**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil (S-1)
Institut Teknologi Nasional Malang*

**Disusun Oleh :
BENY PRASETYO
03. 21. 058**

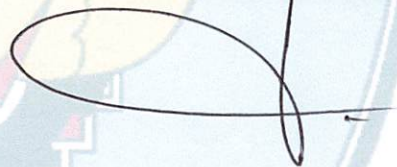
Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



(Ir. Bambang Wedyantadji, MT.)

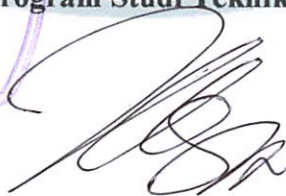
Dosen Pembimbing II



(Ir. H. Ibnu Hidayat, MT.)

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



(Ir. H. Hirijanto, MT)

LEMBAR PENGESAHAN

*STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK POLY ETHYLENE
TEREPHTHALATE (PET) (0.5%) DAN BOTTOM ASH TERHADAP SIFAT MEKANIS
BETON DENGAN MUTU BETON RENCANA $f_c' = 25 \text{ MPa}$*

SKRIPSI

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)

Pada Hari : Senin

Tanggal : 13 Agustus 2012

**Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Disusun Oleh:

BENY PRASETYO

03 21 058

Disahkan Oleh:

Ketua



Ir. H. Hirijanto, MT

Sekretaris



Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT

Anggota Penguji:

Penguji I



Ir. H. Hirijanto, MT

Penguji II



Ripkianto, ST, MT

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2012

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **BENY PRASETYO**
Nim : **03. 21. 058**
Program Studi : **Teknik Sipil**
Fakultas : **Teknik Sipil dan Perencanaan**

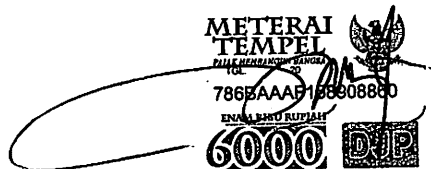
Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

**“STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK POLY
ETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) 0.7% DAN BOTTOM ASH
TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON DENGAN MUTU BETON
RENCANA f_c' 25MPa.”**

Adalah hasil karya saya sendiri, bukan merupakan duplikat serta tidak mengutip
atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang, September 2012

Yang Membuat Pernyataan



(BENY PRASETYO)

Studi Penelitian Pemanfaatan Limbah Plastik Poly Ethylene Terephthalate (PET) (0.5%) Dan Bottom Ash Terhadap Sifat Mekanis Beton Dengan Mutu Beton Rencana f_c' 25 MPa. Skripsi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang. Prasetyo, Beny. 2012. Pembimbing (I) Ir. Bambang Wedyantadji, MT, (II) Ir. H.Ibnu Hidayat, MT.

ABSTRAK

Nilai beton merupakan suatu faktor yang berpengaruh terhadap kualitas beton itu sendiri. Banyak cara untuk meningkatkan mutu dari beton, salah satunya dengan menggunakan bahan tambahan yang mampu meningkatkan mutu beton itu sendiri, baik bahan tambahan kimiawi ataupun bahan tambah mineral. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari pemanfaatan bahan tambah yang berupa *bottom ash* terhadap beton PET, dan diharapkan dapat menjadi sebuah informasi cara pemanfaatan limbah plastik dan limbah abu terbang dari pembakaran batu bara. Penelitian ini dilakukan dilaboratorium bahan konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang. Analisis yang dipakai pada penelitian ini adalah analisis regresi. Variasi perlakuan yang digunakan untuk *bottom ash* 0%,7%,14%,21% dan 28%.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada beton PET dengan tambahan *bottom ash* dapat meningkatkan nilai mutu beton. Nilai optimum untuk kuat tekan didapat 27,89 MPa dengan variasi *bottom ash* 6.45%, untuk kuat tarik belah didapat 3,28 MPa dengan variasi *bottom ash* 8,67% dan untuk modulus elastisitas didapat 23994,41 MPa dengan variasi *bottom ash* 8,24%.

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disarankan agar dilakukan penelitian lebih lanjut dengan penggunaan *bottom ash* 0% hingga 28%. Dalam pelaksanaan pengecoran sebaiknya memperhatikan komposisi penggunaan bahan apabila proses pengecoran dilakukan lebih dari satu tahap.

Kata Kunci : *Poly Ethilene Terephthalate (PET),Bottom Ash, Mutu.*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr. wb.

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan anugerah-Nya sehingga kami dapat menyusun tugas akhir dengan baik. Skripsi ini kami lakukan untuk memenuhi syarat menempuh jenjang S-1 disamping sebagai pelengkap dari teori-teori yang kami dapat selama perkuliahan. Pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam Penyelesaian ini, yakni :

1. Tuhan Yang Maha Esa
2. Ir. Soeparno Djiwo, MT selaku Rektor ITN Malang
3. Ir. A. Agus Santoso, MT selaku Dekan Program Studi Teknik Sipil S-1
3. Ir. Hirijanto, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1
4. Lyla ayu ratna, ST., MT selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1
5. Ir. Togi H. Nainggolan, MS selaku dosen koordinator bidang Penelitian
6. Ir. Bambang Wedyantadji. MT selaku dosen pembimbing
7. Ir. H. Ibnu Hidayat. MT selaku dosen pembimbing
8. Ripkianto .ST. MT yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini
6. Orang tua kami yang selalu memberi bimbingan tiada henti
7. Teman – teman seperjuanganku Teknik Sipil 2003 ITN Malang

Lepas dari itu semua kami menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu kami mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan penyusunan laporan selanjutnya. Akhir kata semoga laporan ini bermanfaat bagi Akademika Teknik Sipil S-1 ITN Malang.

Wassalamualaikum wr. wb

Malang Agustus 2012

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GRAFIK.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii

BAB I : PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Hipotesis	5

BAB II : LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
2.2 Pengertian Beton.....	11
2.3 Bahan Penyusun Beton	14
2.3.1 Agregat Halus	14
2.3.2 Agregat Kasar	14
2.3.3. Air	15
2.3.4 Semen.....	16
2.3.5 Bahan Tambah (Admixture).....	16
2.4 Poly Ethylene Terephthalate (PET).....	17

2.5 Bottom Ash	18
2.6 Proses Pembuatan Bahan Tambahan PET	18
2.7 Sifat Mekanis Beton.....	20
2.7.1 Kuat Tekan.....	20
2.7.2 Kuat Tarik Belah.....	20
2.7.3 Modulus Elastisitas	21
2.8 Pengujian Interval Kepercayaan	21
2.9 Pengertian Hipotesis	22
2.9.1 Hipotesis Penelitian	28
2.10 Analisa Regresi	29
2.10.1 Regresi Linier Sederhana.....	29
2.10.2 Regresi Ganda.....	30

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data.....	32
3.2 Tujuan Penelitian Secara Oprasional.....	32
3.3 Tempat Dan Waktu Penelitian.....	32
3.4 Metode Penelitian	33
3.5 Alat dan Bahan Penelitian.....	34
3.6 Populasi Dan Sampel.....	35
3.7 Rancangan Penelitian.....	36
3.7.1 Prosedur Pelaksanaan Campuran.....	36
3.7.2 Uji Slump Beton.....	37
3.7.3 Pembuatan Dan Persiapan Benda Uji.....	39
3.8 Pengujian Sifat Mekanis Beton.....	42
3.8.1 Uji Kuat Tekan.....	42
3.8.2 Uji Kuat Tarik Belah.....	44
3.8.3 Uji Modulus Elastisitas.....	46
3.9 Bagan Alir Penelitian.....	49

BAB IV : PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1 Pengujian Material.....	51
4.1.1 Pemeriksaan Berat Isi	44
4.1.2 Analisa Saringan Agregat Kasar Dan Agregat Halus.....	56
4.1.3 Pemeriksaan Kotoran Organik.....	65
4.1.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus.....	67
4.1.5 Pemeriksaan Kadar Air Agregat.....	68
4.1.6 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar Batu Pecah... 73	
4.1.7 Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus.....	76
4.1.8 Pengujian Keausan Agregat Kasar Batu Pecah Dengan Menggunakan Alat Los Angeles.....	80
4.2 Perencanaan Campuran Beton.....	84
4.2.1 Tujuan.....	84
4.2.2 Peralatan.....	84
4.2.3 Bahan.....	84
4.2.4 Prosedur Pelaksanaan.....	84
4.3 Pemeriksaan Mutu Beton Dan Mutu Pelaksanaan.....	84
4.4 Perencanaan Campuran Beton Dengan Metode ACI.....	85
4.5 Perhitungan Mix Design.....	91

BAB V : HASIL DAN ANALISA DATA PENELITIAN

5.1 Data Dan Hasil Pengujian Sifat Mekanis Beton.....	96
5.1.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan	96
5.1.2 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah	104
5.1.3 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas.....	110
5.2 Pengujian Interval Kepercayaan	118
5.2.1 Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tekan	118
5.2.2 Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah	121
5.2.3 Pengujian Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas.....	123
5.3 Pengujian Hipotesis	126
5.3.1 Pengujian Hipotesis Kuat Tekan.....	126

5.3.2 Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Belah.....	130
5.3.3 Pengujian Hipotesis Modulus Elastisitas.....	134
5.4 Analisa Regresi	139
5.4.1 Analisa Regresi Untuk Kuat Tekan	140
5.4.2 Analisa Regresi Untuk Kuat Tarik Belah	143
5.4.3 Analisa Regresi Untuk Modulus Elastisitas.....	148
5.5 Analisa Pembahasan	152
 BAB IV PENUTUP	
6.1 Kesimpulan	158
6.2 Saran	159
DAFTAR PUSTAKA.....	160

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel

Tabel 3.1 Tabel Variasi Benda Uji.....	35
Tabel 4.1 Berat Isi Agregat Kasar.....	54
Tabel 4.2 Berat Isi Agregat Halus.....	54
Tabel 4.3 Berat Isi Semen.....	55
Tabel 4.4 Ukuran Saringan Untuk Agregat Kasar.....	57
Tabel 4.5 Ukuran Saringan Untuk Agregat Halus.....	58
Tabel 4.6 Analisa Saringan Agregat Kasar.....	59
Tabel 4.7 Analisa Saringan Agregat Halus.....	62
Tabel 4.8 Warna Standart.....	66
Tabel 4.9 Berat Minimum Contoh Agregat Terhadap Ukuran Maksimum.....	70
Tabel 4.10 Kadar Air Agregat Kasar.....	71
Tabel 4.11 Kadar Air Agregat Halus.....	72
Tabel 4.12 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar.....	75
Tabel 4.13 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus.....	79
Tabel 4.14 Daftar Berat Gradasi Benda Uji.....	81
Tabel 4.15 Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angles (500 Putaran).....	83
Tabel 4.16 Deviasi Standat Berdasarkan Isi Pekerjaan.....	85
Tabel 4.17 Hubungan Kuat Tekan Beton Rencana Dengan Faktor Air Semen....	88
Tabel 4.18 Ukuran Slump Yang Dianjurkan Untuk Berbagai Jenis Konstruksi...	88

Tabel 4.19 Jumlah air perlu untuk setiap m ³ beton dan udara terperangkap untuk berbagai slump dan ukuran maksimum agregat.....	89
Tabel 4.20 Prosentase Volume Agregat Kasar/Satuan Volume Beton.....	90
Tabel 4.21 Berat Jenis Beton.....	91
Tabel 4.22 Tabel Kebutuhan Untuk Satu Silinder Dengan Penambahan PET	95
Tabel 4.23 Kebutuhan Bottom Ash Untuk Satu Silinder.....	95
Tabel 5.1 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 0%.....	98
Tabel 5.2 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi 7%.....	99
Tabel 5.3 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 14%.....	100
Tabel 5.4 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 21%.....	101
Tabel 5.5 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 28%.....	102
Tabel 5.6 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi 0%.....	106
Tabel 5.7 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi 7%.....	106
Tabel 5.8 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi 14%.....	107
Tabel 5.9 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi 21%.....	107
Tabel 5.10 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi 28%.....	108
Tabel 5.11 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0%.....	112
Tabel 5.12 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 7%.....	113
Tabel 5.13 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 14%.....	114
Tabel 5.14 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 21%.....	115
Tabel 5.15 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 28%.....	116
Tabel 5.16 Data Pengujian Kuat Tekan	118
Tabel 5.17 Interval Kepercayaan Kuat Tekan Dengan Semua Variasi.....	120

Tabel 5.18 Data Pengujian Kuat Tekan Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan.....	121
Tabel 5.19 Data Pengujian Kuat Tarik Belah	121
Tabel 5.20 Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah.....	123
Tabel 5.21 Data Pengujian Pada Kuat Tarik Belah Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan	123
Tabel 5.22 Data Pengujian Modulus Elastisitas.....	124
Tabel 5.23 Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas	125
Tabel 5.24 Data Pengujian Pada Modulus Elastisitas Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan	126
Tabel 5.25 Data Hasil Pengujian Nilai Kuat Tekan Beton Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan	127
Tabel 5.26 Analisa Varian Untuk Kuat Tekan.....	129
Tabel 5.27 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan.....	132
Tabel 5.28 Analisa Varian Untuk Kuat Tarik Belah.....	133
Tabel 5.29 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan	135
Tabel 5.30 Analisa varian Untuk Moduluss Elastisitas.....	137
Tabel 5.31 Analisa Statistik Untuk Seluruh Pengamatan	138
Tabel 5.32 Nilai Regresi Untuk Kuat Tekan.....	140
Tabel 5.33 Daftar Nilai Untuk Menentukan Nilai Regresi Kuat Tarik Belah.....	143
Tabel 5.34 Nilai Regresi Untuk Kuat Tarik Belah.....	145

Tabel 5.35 Nilai Regresi Untuk Modulus Elastisitas.....	148
Tabel 5.36 Tabel Variasi dan Nilai Optimum.....	157

DAFTAR GRAFIK

Grafik

Grafik 4.1 Pembatasan Gradasi Agregat Kasar Diameter 4,8 - 9,6 mm.....	60
Grafik 4.2 Pembatasan Gradasi Agregat Kasar Diameter 4,8 - 19 mm.....	60
Grafik 4.3 Pembatasan Gradasi Agregat Kasar Diameter 4,8 - 38 mm.....	61
Grafik 4.4 Pembatasan Gradasi Agregat Halus Zone 1	63
Grafik 4.5 Pembatasan Gradasi Agregat Halus Zone 2	63
Grafik 4.6 Pembatasan Gradasi Agregat Halus Zone 3	64
Grafik 4.7 Pembatasan Gradasi Agregat Halus Zone 4	64
Grafik 5.1 Analisa Regresi Untuk Kuat Tekan.....	103
Grafik 5.2 Analisa Regresi Untuk Kuat Tarik Belah.....	109
Grafik 5.3 Analisa Regresi Untuk Modulus Elastisitas	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar

Gambar 3.1 Peralatan Uji Slump.....	37
Gambar 3.2 Pengujian Slump.....	39
Gambar 3.2 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	43
Gambar 3.3 Pengujian Kuat Tarik Belah	46
Gambar 3.4 Pengujian Modulus Elastisitas.....	47
Gambar 3.6 Diagram Alir.....	49,50
Gambar 4.1 Aparatus Pemeriksaan Berat Volume Agregat.....	52
Gambar 4.2 Aparatus Untuk Analisis Saringan Agregat Kasar dan Halus.....	57
Gambar 4.3 Aparatus Untuk Pemeriksaan Kadar Air Agregat.....	69
Gambar 4.4 Aparatus Untuk Analisis Specific Gravity dan Absorpsi Agregat Halus.....	77
Gambar 4.5 Kurva Pembatas Gradasi Agregat Halus Dan Kasar.....	86

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era globalisasi ini, perkembangan teknologi kini semakin maju pesat di segala bidang. Salah satunya adalah bidang konstruksi. Dalam bidang konstruksi material yang paling sering digunakan adalah beton. Penggunaan beton merupakan pilihan yang paling diutamakan karena beton merupakan bahan dasar yang mudah dibentuk, tidak memerlukan keahlian khusus dalam pembuatannya beton, bahan bakunya mudah didapat dan dengan harga bahan baku yang terjangkau dibandingkan konstruksi lainnya.

Beton merupakan suatu material yang sangat dikenal sebagai material yang mempunyai kekuatan untuk menahan beban tekan yang sangat tinggi namun beton juga dikenal sebagai material yang lemah terhadap tarik dibandingkan dengan baja. Dengan penambahan bahan tambah berupa serat yang akan dicampurkan ke dalam campuran beton diharapkan dapat membuat beton lebih daktail serta meningkatkan kuat tarik pada beton. Untuk itu cara menghasilkan beton yang lebih baik adalah dengan menggunakan bahan aditif kimia atau mineral.

Pada saat ini, setiap kegiatan pembangunan sebuah konstruksi khususnya menggunakan beton sebagai struktur utamanya, ternyata banyak sekali yang menilai kegiatan tersebut sangat mengganggu keseimbangan alam. Hal ini dikarenakan bahan-bahan penyusun beton itu sendiri sangat bergantung terhadap sumber daya alam yang ada. Misalnya limbah disekitar

lingkungan. Bahan-bahan limbah disekitar lingkungan yang terkesan merugikan lingkungan sebenarnya dapat dimanfaatkan sebagai bahan dalam campuran beton. seperti limbah botol plastik *Poly Ethylene Terephthalate* (PET).

Limbah botol plastik *Poly Ethylene Terephthalate* (PET), jika diperhatikan lebih lanjut mengenai bahan dasar botol plastik ini seperti yang tertera pada bagian dasarnya, memiliki nomor 1 pada symbol daur ulang, yang berarti bahan dasar gelas plastik ini adalah bahan yang digunakan hanya untuk satu kali pakai. Dengan optimalisasi pemanfaatan limbah botol plastik *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) ini diharapkan dapat mengurangi limbah yang mencemari lingkungan dan memberikan nilai tambah tersendiri.

Penelitian ini menggunakan limbah botol plastik *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) yang berfungsi sebagai serat yang akan digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran beton. Serat tersebut dicampurkan ke dalam adukan beton dengan persentase penambahan serat yang bervariasi. Dengan penambahan serat tersebut diharapkan dapat memberikan perbaikan terhadap nilai kuat tarik beton serta membuat beton lebih daktil. Dalam penelitian ini, limbah dari hasil pembakaran batu bara (*Bottom ash*) juga digunakan sebagai bahan aditif yang berfungsi untuk mengurangi penggunaan agregat halus seperti pasir.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah terjadi peningkatan nilai sifat mekanis pada beton PET 0,5% dengan penambahan *bottom ash*?
2. Apakah nilai sifat mekanis beton dengan penambahan *bottom ash* pada beton PET 0.5% memenuhi mutu beton rencana 25 Mpa?
3. Berapa variasi optimum pada masing-masing sifat mekanis beton PET 0,5% terhadap penggunaan *bottom ash*?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini yang bertujuan untuk memfokuskan pada permasalahan pokok, yaitu sebagai berikut :

1. Penelitian ini mengkaji pengaruh nilai Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas beton yang menggunakan bahan tambah *bottom ash* pada beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5%.
2. Kadar *bottom ash* yang digunakan sebagai bahan tambahan yang berfungsi mengurangi penggunaan semen adalah 0%,7%,14%,21%,28% terhadap beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5 %.
3. Penelitian ini juga mengkaji seberapa besar prosentase peningkatan nilai Kuat Tekan Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas dengan bahan tambah *bottom ash* pada beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5%.



1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui apakah terjadi pengaruh nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas dengan bahan tambah *bottom ash* pada beton Poly Ethylene Terephthalate (PET) 0,5%
2. Mengetahui bagaimana pengaruh penggunaan *bottom ash* dengan variasi (0%. 7%. 14%. 21%. 28%) terhadap beton Poly Ethylene Terephthalate (PET) 0,5%.
3. Untuk mengetahui berapakah besar prosentase peningkatan nilai Kuat, Tekan Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas dengan penambahan *bottom ash* pada beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5%.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai bahan informasi pemanfaatan limbah plastik dan limbah abu terbang dari pembakaran batu bara.
2. Memberikan nilai tambah pada penggunaan limbah plastik dan limbah abu dari hasil pembakaran batu bara.
3. Secara umum, diharapkan mampu mengurangi tingkat pencemaran lingkungan.
4. Memberi kontribusi untuk perkembangan ilmu dan teknologi tentang material beton.

1.6 Hipotesis

Pada penelitian ini diduga

1. Terjadi pengaruh nilai Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas dengan bahan tambahan *bottom ash* yang berfungsi untuk mengurangi pengurangan semen pada beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5%.
2. Terjadi pengaruh penambahan bahan tambah *bottom ash* dengan variasi 0%, 7%,14%,21%,28% pada beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5%.
3. Terjadi besar prosentase peningkatan nilai Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas dengan bahan tambah *bottom ash* terhadap beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5%.

Hipotesis penelitian merupakan jawaban sementara terhadap pertanyaan yang diajukan dalam perumusan masalah. Jawaban sementara ini masih kurang lengkap, sehingga memerlukan pengujian berdasarkan fakta yang dikumpulkan.

Ada 2 bentuk hipotesa penelitian yaitu:

- 1 Hipotesis nol (H_0) artinya menyatakan tidak ada pengaruh dari penambahan botom ash sebagai bahan tambah dalam campuran beton PET0,5%.
- 2 Hipotesis alternatif (H_a) artinya menyatakan adanya pengaruh dari penambahan botom Ash sebagai bahan tambah dalam campuran beton PET 0,5%

Sedangkan hipotesis statistiknya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 = \mu_5$$

Dimana:

μ = Nilai rata-rata variabel tak bebas dalam suatu kelompok perlakuan

μ_1 = Prosentase botom Ash 0% dengan Beton Poly Ethylene Terephthalate (PET) 0,5 %

μ_2 = Prosentase botom Ash 7% dengan Beton Poly Ethylene Terephthalate (PET) 0,5 %

μ_3 = Prosentase botom Ash 14% dengan Beton Poly Ethylene Terephthalate (PET) 0,5 %

μ_4 = Prosentase botom Ash 21% dengan Poly Ethylene Terephthalate (PET) 0,5 %

μ_5 = Prosentase botom Ash 28% dengan Beton Poly Ethylene Terephthalate (PET) 0,5 %

Dengan menggunakan 20 benda uji pada masing-masing persentase.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian serupa yang dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Penggunaan Limbah Botol Plastik PET Sebagai Campuran Beton Untuk Meningkatkan Kapasitas Tarik Belah Dan Geser, (Bambang Mahendya Lestario, 2008). Dari hasil penelitian didapatkan kesimpulan penambahan kadar PET dalam adukan beton sampai kadar optimum 0.5% dari volume fraksi pada umur 7 hari, akan meningkatkan kekuatan tarik belah pada beton maximum sebesar 25,44%, sedangkan pada umur 28 hari penambahan kadar PET sampai dengan kadar optimum 0.7% akan meningkatkan kuat tarik belah pada beton maksimum sebesar 19,39%.
2. Pengaruh Pemakaian Cacahan Limbah Gelas Plastik Polypropylene (PP) Pada Kuat Tekan Dan Kuat Geser Material Beton, (Jesica Sjah, 2008). Dari hasil penelitian didapatkan kesimpulan dari hasil uji kuat tekan beton umur 7 hari, nilai optimum terdapat pada variasi kadar plastik *polypropylene* 1,0% dengannilai $f_c' = 18,076$ MPa dengan kenaikan persen f_c' beton sebesar 5%. Dari hasil uji kuat geser beton umur 28 hari, nilai optimum terdapat pada variasi kadar cacahan *polypropylene* 0,50% dengan nilai $f_c' = 5,872$ MPa dengan persen kenaikan f_c' beton sebesar 42,65%.

3. Pengaruh pergantian agregat halus (Pasir) dengan *BOTTOM ASH* terhadap perilaku fisik beton konvensional. Dari penelitian yang telah dilakukan di dapatkan kesimpulan :
- a) peningkatan kuat tekan beton pada kadar Bottom ash 25% merupakan nilai optimum dari campuran antara pasir dengan bottom ash,
 - b) terjadi penurunan tekan beton untuk kadar bottom ash 50 %, 75 %, 100% menunjukkan bahwa setelah mencapai nilai optimum, penambahan kadar bottom ash akan menyebabkan penurunan kuat tekan beton.
 - c) Berat jenis bottom ash lebih kecil dari berat jenis pasir, maka penggantian pasir dengan bottom ash akan menurunkan berat jenis beton menjadi lebih ringan,
 - d) Pengganti pasir dengan bottom ash tidak mempengaruhi pola retak beto,
 - e) Pengganti pasir dengan bottom ash setelah melewati nilai optimum akan mempengaruhi antar agregat dengan semen, semakin besar penambahan bottom ash maka lekatan semakin berkurang,
 - f) Dari aspek ekonomi, penggunaan bottom ash akan meningkatkan nilai ekonomis bahan tersebut dan mengurangi biaya produksi,
 - g) Pemanfaatan limbah bottom ash berdampak positif pada pengendalian pencemaran lingkungan,
4. Pemanfaatan Limbah Bottom Ash sebagai bahan tambah pada campuran Beton

Salah satu dampak buruk yang ditimbulkan dengan adanya kemajuan dibidang industri adalah masalah limbah. Sisa hasil pembakaran dengan batubara menghasilkan abu yang disebut *fly ash* dan *bottom ash*,

yang merupakan limbah yang dihasilkan dari pembakaran batubara sebesar 5 – 10%. Salah satu cara untuk meningkatkan kekuatan beton adalah meningkatkan pematatannya, yaitu meminimumkan rongga yang terbentuk di dalam beton. Penggunaan bahan tambah dapat membantu memecahkan permasalahan tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah peningkatkan kuat desak beton mutu tinggi dengan menggunakan bahan tambah dari sisa hasil pembakaran batubara yaitu *bottom ash*. Komposisi yang digunakan adalah 5% dari berat semen. Benda uji yang direncanakan adalah berbentuk silinder, mutu beton yang direncanakan 30 MPa yang diuji pada umur 28 hari. Diharapkan dengan penambahan 5% *bottom ash* dari berat semen dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 40 MPa.

TA Pope Jhon, JOGJAKARTA November 2010

<http://popejhon.blogspot.com/2010/11/pemanfaatan-limbah-bottom-ash-sebagai.html>

5. Pengaruh Kadar Karbon Pada Bottom Ash Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Lekat Beton *Juni 26, 2009* Tugas Akhir UNLA Untuk menghindari terjadinya penimbunan limbah *bottom ash* bertambah lebih besar lagi, yaitu dengan memanfaatkan limbah *bottom ash* sebagai bahan tambah dalam pembuatan campuran beton. Akan tetapi *bottom ash* masih banyak mengandung karbon (C), maka terlebih dahulu harus diketahui bagai mana pengaruh kadar karbon terhadap mutu beton apa bila digunakan untuk beton bertulang yang merupakan paduan dari dua jenis bahan yaitu beton dan besi tulangan yang masing-

masing mempunyai sifat mekanik yang berlainan. Pada umumnya karbon sangat berpengaruh terhadap mutu beton dan besi tulangnya, namun sejauh mana pengaruh karbon tersebut dapat mempengaruhinya. Sebab dalam perencanaan struktur beton bertulang diperlukan data-data sifat bahan, diantaranya data kuat lekat beton terhadap besi tulangnya. Sebagai hasil penelitian dapat dilihat dari perbandingan kuat lekat beton normal tulangan polos sebesar $66,700 \text{ kg/cm}^2$, normal tulangan ulir $94,140 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan bila menggunakan bahan tambah bottom ash dari PLTU menghasilkan nilai kuat lekat beton pada umur 28 hari, tulangan polos sebesar $67,375 \text{ kg/cm}^2$, tulangan ulir sebesar $94,932 \text{ kg/cm}^2$; PT. KHT tulangan polos sebesar $66,636 \text{ kg/cm}^2$, tulangan ulir sebesar $95,593 \text{ kg/cm}^2$; PT. DLT tulangan polos sebesar $70,243 \text{ kg/cm}^2$, tulangan ulir sebesar $99,232 \text{ kg/cm}^2$; PT. BA tulangan polos sebesar $71,753 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan tulangan ulir sebesar $11,611 \text{ kg/cm}^2$. Nilai kadar karbon optimumnya dapat dihitung dari persamaan untuk tulangan $y = -0,011x^2 + 0,538x + 94,14$ ($C = 24,4545\%$, $f_c = 100,718 \text{ kg/cm}^2$), tulangan polos $y = -0,01x^2 + 0,459x + 66,7$ ($C = 22,59\%$, $f_c = 71,967 \text{ kg/cm}^2$). Sehingga dapat disimpulkan bahwa, kuat lekat beton yang mengandung bottom ash dapat meningkat sampai nilai optimum apabila kadar karbon yang terkandung dalam bottom ash sebesar $22,59\%$ $24,4545\%$ ($22,59\%$ untuk tulangan polos, $24,4545\%$ untuk tulangan ulir).

<http://kakedudul.wordpress.com/2009/06/26/bottom-as/>

2.2 Pengertian Beton

Dalam konstruksi, beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen Portland, yang terdiri dari agregat mineral (biasanya kerikil dan pasir), semen dan air.

Biasanya dipercayai bahwa beton mengering setelah pencampuran dan peletakan. Sebenarnya, beton tidak menjadi padat karena air menguap, tetapi semen berhidrasi, mengelem komponen lainnya bersama dan akhirnya membentuk material seperti-batu. Beton digunakan untuk membuat perkerasan jalan, struktur bangunan, fondasi, jalan, jembatan penyeberangan, struktur parkir, dasar untuk pagar/gerbang, dan semen dalam bata atau tembok blok. Nama lama untuk beton adalah batu cair.

Dalam perkembangannya banyak ditemukan beton baru hasil modifikasi, seperti beton ringan, beton semprot (eng: shotcrete), beton fiber, beton berkekuatan tinggi, beton berkekuatan sangat tinggi, beton mampat sendiri (eng: self compacted concrete) dan lain-lain.

Beton merupakan bahan bangunan yang memiliki kekuatan yang sangat tinggi. Kekuatan beton akan bertambah dengan bertambahnya umur beton. Kekuatan beton akan naik secara cepat (linier) sampai umur beton 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Biasanya kekuatan tekan rencana mutu beton dihitung pada umur 28 hari.

Selain itu, perawatan beton juga perlu dilakukan setelah beton mencapai final setting, artinya beton telah mengeras. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, maka beton

akan mengalami keretakan karena kehilangan air begitu cepat. Perawatan tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan beton yang tinggi tetapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kedap air, ketahanan terhadap aus serta stabilitas dari dimensi struktur.

Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 4%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%. Untuk mendapatkan kekuatan yang baik, sifat dan karakteristik dari masing-masing bahan penyusun tersebut perlu dipelajari.

Struktur beton memiliki banyak keunggulan dibanding materi struktur yang lain, antara lain :

1. Beton menggunakan material dasar yang mudah didapatkan
2. Kemudahan untuk digunakan (versatility), masing-masing bahan dapat diangkut secara terpisah dan bisa dipakai untuk berbagai struktur tergantung kepada kebutuhan penggunaannya.
3. Kemampuan beradaptasi (adaptability), beton bersifat monolit sehingga tidak memerlukan sambungan seperti baja, dapat dicetak dengan bentuk dan ukuran berapapunserta dapat diproduksi dengan berbagai cara yang disesuaikan keadaan sekitar.

Disamping segala keunggulan diatas, beton sebagai struktur juga mempunyai beberapa kelemahan yang perlu dipertimbangkan antara lain :

1. Masa jenis beton sekitar 2400 kg/m^3
2. Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekannya besar.
3. Beton cenderung retak, karena semennya hidraulis.

4. Kualitasnya sangat tergantung pada cara pelaksanaan dilapangan. Beton yang baik maupun buruk dapat terbentuk dari rumusan dan campuran yang sama.
5. Struktur beton sulit untuk dipindahkan. Pemakaian kembali (daur ulang) sulit dan tidak ekonomis.

Meskipun demikian kelemahan beton tersebut diatas dapat diatasi dengan berbagai cara, antara lain :

1. Untuk element struktural membuat beton mutu tinggi, beton pratekan, atau keduanya, sedangkan untuk elemen non-struktural dapat dipakai beton ringan.
2. Melakukan perawatan (curing) yang baik untuk mencegah terjadinya retak, memakai beton pratekan atau memakai bahan tambahan yang mengembang (expansive admixture).
3. Mempelajari teknologi beton dan melakukan pengawasan dan control kualitas yang baik.
4. Memakai beton bertulang atau beton pratekan.
5. Beberapa elemen struktural dibuat pracetak sehingga dapat dilepas per elemen seperti baja.

2.3 Bahan-Bahan Penyusun Beton

2.3.1 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang semua butirannya menembus ayakan 4.82 mm. sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu agregat untuk berbagai mutu beton, maka agregat halus atau pasir beton harus memenuhi syarat-syarat berikut :

1. Pasir halus terdiri dari butiran-butiran yang tajam dan keras.
2. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, apabila kadar lumpur melebihi 5% harus dicuci.
3. Pasir tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak.
4. Pasir harus terdiri dari butiranberaneka ragam dan apabila diayak dengan susunan dibawah ini, harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - a. Sisa ayakan minimum harus 2%.
 - b. Sisa diatas ayakan 0.5 mm harus minimum 10% berat.
 - c. Sisa ayakan 0.252 mm harus berkisar antara 80% - 95% berat.
5. Tidak boleh mengandung zat-zat kimia yang dapat merusak beton dan tulangan sedangkan fungsi dari agregat halus pada campuran beton adalah mengisi ruang antara butiran agregat kasar.

2.3.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran lebih besar dari 5 mm. Agregat dapat diambil dari batuan alam ukuran kecil ataupun batu alam besar yang dipecah. Menurut SNI 03-2847-2002 untuk ukuran nominal agregat kasar harus tidak melebihi 1/5 jarak terkecil antara sisi cetakan ataupun 1/3 ketebalan plat lantai ataupun $\frac{3}{4}$ jarak bersih minimum antara tulangan-tulangan atau kawat-

kawat, bundle tulangan, atau tendon-tendon prategang atau slongsong-selongsong. Gradasi agregat kasar untuk ukuran maksimum tertentu dapat divariasikan tanpa berpengaruh besar pada kebutuhan semen dan air yang baik. Karena variasi sulit diantisipasi, sering lebih ekonomis untuk mempertahankan keseragaman penanganan daripada menyesuaikan proporsi untuk variasi gradasi.

Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek yang dapat merusak lainnya. Agregat kasar mineral ini harus bersih dari bahan-bahan organik, dan harus mempunyai ikatan yang baik dengan semen.

2.3.3 Air

Air sangat diperlukan dalam pembuatan beton, beton tidak akan terbentuk tanpa adanya air sebagai campurannya. Karena semen tidak akan bereaksi dan menjadi pasta apabila tidak ada air. Air selalu diperlukan dalam campuran beton, tidak saja untuk proses hidrasi semen, tetapi juga mengubah semen menjadi pasta sehingga beton menjadi lecah dan mudah dikerjakan terutama pada saat penuangan beton dalam cetakan.

Karena pengerasan beton berdasarkan reaksi antara semen dan air, maka sangat diperlukan memeriksa apakah air yang akan digunakan memenuhi syarat-syarat tertentu. Air tawar yang dapat diminum, tanpa diragukan dapat dipakai. Dan bila tidak ada disarankan untuk mengamati apakah air yang akan digunakan tersebut tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton.

Syarat umum air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan kimia yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton.

2.3.4 Semen

Material semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat adhesive dan kohesif yang diperlukan untuk mengikat agregat-agregat menjadi suatu massa yang padat yang mempunyai kekuatan yang cukup.

Semen merupakan hasil industri dari paduan bahan baku batu gamping/kapur sebagai bahan utama, yaitu bahan alam yang mengandung senyawa Calcium Oksida (CaO), dan lempung/tanah liat yaitu bahan alam yang mengandung senyawa Silika Oksida (SiO₂), Aluminium Oksida (Al₂O₃), Besi Oksidasi (Fe₂O₃) dan Magnesium Oksidasi (MgO) atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk (bulk), tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membatu pada pencampuran dengan air. Untuk menghasilkan semen, bahan baku tersebut dibakar sampai meleleh, sebagian untuk membentuk clinkernya. Yang kemudian dihancurkan dan ditambah dengan gips(gypsum) dalam jumlah yang sesuai.

2.3.5 Bahan Tambah (*admixture*)

Bahan tambah adalah bahan yang ditambahkan kedalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan tambah ini adalah untuk merubah sifat-sifat dari beton agar menjadi sesuai untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.

Penambahan bahan tambah dalam campuran beton tidak mengubah komposisi yang besar dari bahan yang lainnya, karena penggunaan bahan tambah ini cenderung merupakan pengganti dari dalam campuran beton itu sendiri. Karena tujuannya memperbaiki atau mengubah sifat dan karakteristik dari beton yang akan dihasilkan maka kecenderungan perubahan komposisi dalam berat

volume tidak terasa secara langsung dibandingkan komposisi awal beton tanpa bahan tambah.

Secara umum bahan tambah dibagi dua jenis yaitu, bahan tambah yang bersifat kimiawi dan bahan tambah yang bersifat mineral. Bahan tambah jenis kimia ditambahkan pada saat pengadukan dan atau pada saat pelaksanaan pengecoran sedangkan bahan tambah jenis mineral ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan.

2.4 Poly Ethylene Terephthalate (PET)

Poly Ethylene Terephthalate atau biasa disingkat PET, PETE, atau PET-P merupakan plastik yang paling umum digunakan diseluruh dunia. Biasanya pada bagian bawah kemasan botol plastik, tertera logo daur ulang dengan angka 1 di tengahnya dan tulisan PETE atau PET dibawah segitiga. Symbol itu biasanya dipakai untuk botol plastik yang jernih/transparan/tembus pandang seperti botol air mineral, botol jus, dan hampir semua botol minuman lainnya. Mayoritas bahan plastik PET didunia untuk serat sintetis (sekitar 60%), dalam pertekstilan PET biasa disebut dengan polyster (bahan dasar botol kemasan 30%). Botol jenis PET/PETE ini direkomendasikan “hanya untuk sekali pakai”. Alasannya, apabila terlalu sering dipakai, apalagi digunakan untuk menyimpan air hangat apalagi panas, akan mengakibatkan lapisan polimer pada botol tersebut akan meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik yang dapat menyebabkan kanker. Tidak mengherankan, ini juga merupakan plastik yang paling banyak didaur ulang, terutama botol air mineral. PET lahir pada tahun 1973, dan pertama kali didaur ulang pada tahun 1977.

Poly ethylene terephthalate merupakan resin polyester yang tahan lama, kuat, ringan dan mudah dibentuk ketika panas. Kepekatannya adalah sekitar 1,35-1,38 gram/cc, ini membuatnya kokoh, rumus molekulnya adalah $(-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_5-\text{CO}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-)_n$. (<http://pranaindonesia.wordpress.com/pemanasan-global/plastik-1-pete-atau-pet/>)

a. BOTTOM ASH

Bottom ash adalah bahan buangan dari proses pembakaran batu bara pada pembangkit tenaga yang mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat dari pada fly ash, sehingga bottom ash akan jatuh pada dasar tungku pembakaran (boiler dan terkumpul pada penampung debu ash hopper) lalu di keluarkan dari tungku dengan cara di semprot dengan air untuk kemudian dibuang atau di pakai sebagai bahan tambahan pada beton.

Bottom ash di kata gorikan menjadi dry bottom ash dan wet bottom ash atau boiler slag berdasarkan jenis tungkunya yaitu dry bottom boiler yang menghasilkan dry bottom ash dan slag-tab boiler serta cyclon boiler yang menghasilkan wet bottom ash (boiler slag). Sifat dari bottom ash sangat bervariasi karena di pengaruhi oleh jenis batu bara dan sistem pembakarannya.

2.5 Proses Pembuatan Bahan Tambahan PET

Proses pembuatan bahan tambah PET yang berupa cacahan-cacahan botol plastik ini cukup mudah dan cepat untuk dilakukan, karena dalam proses pencacahan botol plastik itu dilakukan dengan bantuan mesin pencacah. Berbagai jenis botol plastik dapat digunakan untuk penelitian ini, karena pada umumnya botol plastik terbuat dari bahan *Poliethylene terephthalate* (PET). Keterangan bahan botol plastik yang mengindikasikan bahwa botol plastik tersebut terbuat dari

PET biasanya dapat dilihat pada lapisan bawah botol plastik. Adapun proses pembuatan bahan tambah ini, yaitu :

1. Botol plastik dibersihkan terlebih dahulu dari sisa-sisa cairan ataupun kandungan lainnya dengan menggunakan air bersih.
2. Kemudian leher botol plastik dipotong, dan plastik merk dari botol plastik tersebut juga dibuang.
3. Botol plastik tersebut dipotong menjadi tiga atau empat bagian, yang kemudian dimasukkan ke dalam mesin pencacah. Mesin dinyalakan dan potongan plastik yang telah dimasukkan tadi akan menjadi bentuk cacahan dengan beragam ukuran antara 3-25 mm.
4. Cacahan botol plastik tersebut kemudian dicuci kembali dengan detergen hingga bersih.
5. Setelah PET yang telah dicuci telah mengering, maka bahan tambah PET yang berupa cacahan ini siap untuk digunakan dalam campuran beton sebagai bahan tambah.

2.6 Sifat Mekanis Beton

Sifat mekanis yang terdapat pada beton antara lain yang akan dijelaskan disini adalah kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas.

2.6.1 Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas, pemberian gaya ini tegak lurus terhadap sumbunya. Penentuan kekuatannya ini dilakukan dengan alat uji kuat tekan.

$$f_c' = \frac{P}{A \cdot F_u} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

f_c' = Kuat tekan benda uji (MPa)

P = Beban tekan maksimum (N)

A = Luas bidang tekan (mm^2)

F_u = Faktor Umur

2.6.2 Kuat Tarik Belah

Untuk menentukan tegangan kuat tarik beton dilakukan dengan metode *spleting test*/kuat tarik belah dan dapat dihitung dengan rumus :

$$f_{ct} = \frac{2p}{\pi dL} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

f_{ct} = Kuat tarik belah (N/m^2)

P = Beban pada waktu belah (N)

L = Panjang benda uji silinder (m)

d = Diameter benda uji silinder (m)

2.6.3 Modulus Elastisitas

Nilai modulus elastisitas beton dapat ditentukan sebagai berikut:

$$E_c = \frac{\text{tegangan}}{\text{regangan}} = \frac{f_c'}{\varepsilon}$$

$$\text{Perhitungan tegangan } f_c' = \frac{P}{A}$$

$$\text{Perhitungan Regangan } \varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Dimana :

ε = Regangan

ΔL = Perubahan tinggi akhir benda uji (mm)

L = Tinggi/panjang benda uji (mm)

A = Luas permukaan benda uji (mm²)

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

f_c' = Kuat Tekan Beton (MPa)

2.7 Pengujian Interval Kepercayaan

Interval kepercayaan adalah suatu estimasi terhadap parameter populasi dengan memakai range (interval nilai). Estimasi interval merupakan sekumpulan angka, yang kita duga salah satunya adalah nilai yang diduga. Dengan melakukan estimasi interval maka hasil pendugaan kita akan lebih objektif. Kita juga dapat menyatakan berapa besar tingkat kepercayaan kita, bahwa interval yang terbentuk mengandung nilai parameter yang kita duga. Dalam ilmu social, interval kepercayaan yang sering digunakan adalah 90%, 95%, atau 99%. Pada dasarnya seorang peneliti bebas menentukan berapa besar interval kepercayaan yang akan dipergunakan.

Pertimbangan adalah dengan semakin besar tingkat kepercayaan yang diberikan maka semakin tinggi pula tingkat kepercayaan bahwa parameter populasi yang diestimasi terletak dalam interval yang terbentuk, namun penelitian itu semakin menjadi tidak teliti. Apabila kita menetapkan interval kepercayaan sebesar 95% maka dengan kata lain kita menetapkan alpha sebesar 5% (100-95). Pengertiannya adalah kita memberikan toleransi untuk melakukan kesalahan sebanyak 5 kali dalam 100 kali percobaan.

Dengan interval kepercayaan itu maka peneliti memiliki kepercayaan bahwa nilai parameter ditingkat populasi akan berada pada interval $\pm Z$ standard error dari rata-rata populasi. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan. Dalam pengujian ini, digunakan interval koefisien 95% hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah sebesar 5%, sedangkan sisanya (95%) adalah data-data yang dapat dipercaya. Data-data yang tidak memenuhi syarat tersebut kemudian dibuang, sehingga tertinggal data-data yang valid yang siap untuk diuji secara statistik. Pada penelitian ini interval kepercayaan di uji dengan menggunakan t – test (uji t), hal ini disebabkan data yang dibutuhkan adalah data interval yang memiliki dua sampel yang berkorelasi.

2.8 Pengertian Hipotesis

Hipotesis adalah jawaban sementara terhadap pernyataan yang diajukan pada rumusan masalah penelitian. Hipotesis akan ditolak jika salah satu palsu dan akan diterima fakta-fakta yang membenarkan. Penolakan dan penerimaan hipotesis sangat bergantung pada hasil-hasil penyelidikan terhadap fakta-fakta empiric yang dikumpulkan.

Adapun peran hipotesis pada penelitian ilmiah adalah :

- a. Memberikan tujuan yang tegas bagi peneliti.
- b. Membantu dalam penentuan arah kegiatan yang harus ditempuh dalam pembatasan ruang lingkup, memilih fakta dan menentukan relevansi pelaksanaan kegiatan.
- c. Menghindari peneliti dari suatu kegiatan pelaksanaan penelitian yang tidak terarah dan tidak bertujuan.

Hipotesis dapat dibagi menjadi 2 bagian yaitu sebagai berikut :

1. Hipotesis nihil (H_0) : yaitu hipotesis yang menyatakan suatu kesamaan atau tidak adanya perbedaan antara dua kelompok atau lebih permasalahan yang dihadapi.
2. Hipotesis alternatif (H_a) : yaitu hipotesis yang menyamakan kebalikan dari hipotesis nihil.

Secara oprasional dapat ditulis : $H_0 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$.

Dalam merumuskan suatu hipotesis penelitian ada beberapa macam cara yang dapat digunakan, antara lain:

- a. Distribusi Binominal

Distribusi binominal adalah salah satu distribusi probabilitas yang dapat digunakan bilamana suatu proses sampling dapat diasumsikan sesuai dengan proses Bernouli. Misalnya, dalam pelemparan sekeping uang logam sebanyak 5 kali, hasil setiap ulangan mungkin muncul sisi gambar atau sisi angka. Begitu pula, bila kartu diambil berturut-turut, kita dapat memberi label “berhasil” bila kartu terambil adalah kartu merah atau

“gagal” bila yang terambil adalah kartu hitam. Ulangan-ulangan tersebut bersifat bebas dan peluang keberhasilan setiap ulangan tetap sama.

Adapun rumus dari distribusi binomial

$$b(x;n,p) = {}_n C_x p^x q^{n-x}$$

Dimana :

x = 0,1,2,3,...,n

n = banyaknya ulangan

x = banyaknya keberhasilan dalam peubah acak x

p = peluang berhasil dalam setiap ulangan

q = peluang gagal, dimana $q = 1-p$ dalam setiap ulangan

b. Distribusi Poisson (σ^2)

Distribusi poisson adalah banyaknya hasil percobaan yang terjadi dalam suatu selang waktu atau suatu daerah tertentu, tidak bergantung pada banyaknya hasil percobaan yang terjadi pada selang waktu atau daerah lain yang terpisah. Peluang terjadinya suatu hasil percobaan selama satu selang waktu yang singkat sekali atau dalam suatu daerah yang kecil, sebanding dengan panjang selang waktu tersebut atau besarnya daerah tersebut, dan tidak bergantung pada banyaknya hasil percobaan yang terjadi diluar selang waktu atau daerah tersebut. Peluang bahwa lebih dari satu hasil percobaan akan terjadi dalam selang waktu yang singkat tersebut atau dalam daerah kecil tersebut, dapat diabaikan.

Adapun rumus dari distribusi poisson

$$P(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

Dimana :

$$\lambda = np$$

n = banyaknya amatan

p = probabilitas sukses

x = var random diskrit

e = bilangan irasional (2,71828)

c. Distribusi Normal (Z)

Disebut pula distribusi Gauss, adalah distribusi probabilitas yang paling banyak digunakan dalam berbagai analisis statika. Distribusi normal baku adalah distribusi normal yang memiliki rata-rata nol dan simpang baku satu. Distribusi ini juga dijuluki kurva lonceng (bell curve) karena grafik fungsi kepadatan probabilitasnya mirip dengan bentuk lonceng.

Adapun rumus dari distribusi normal

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Dimana :

σ = standart deviasi

μ = rata-rata/ekspektasi

d. Distribusi Student (distribusi t)

Distribusi dengan variable acak kontinu lainnya, selain dari distribusi normal, ialah distribusi student atau distribusi t. fungsi densitasnya adalah:

$$f(t) = \frac{K}{1 + \left(\frac{t^2}{n-1}\right)^{1/2n}},$$

dimana :

t = harga t

K = bilangan tetap yang besarnya bergantung pada n

n-1 = derajat kebebasan

e. Distribusi Chi Kuadrat (X^2)

Teknik uji chi kuadrat pertama kali diperkenalkan oleh Karl Pearson untuk menguji keselarasan. Pengujian ini dipergunakan apakah 2 atau lebih dapat digunakan untuk populasi yang tidak terbatas. Chi kuadrat juga dapat digunakan menguji apakah dua atribut independen satu sama lain. Dapat juga dilakukan untuk memeriksa ketergantungan dan homogenitas kedua prosedur tersebut meliputi perbandingan frekuensi yang teramati dengan frekuensi yang diharapkan bila hipotesis nol yang ditetapkan benar.

Adapun rumus dari distribusi chi kuadrat

$$X^2 = E [(E-O)^2/E]$$

Dimana :

E = frekuensi harapan

O = frekuensi obsevasi

f. Distribusi Fisher (F)

Digunakan untuk membandingkan dua varian, uji harga rata-rata tidak mencukupi (deviasinya sangat besar, sehingga nilai rata-rata sulit dijadikan ukuran) oleh karena itu digunakan uji variance yang mengikuti distribusi

F. Adapun rumus dari distribusi fisher yaitu :

$$JKT = \sum Y^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2$$

$$JKK = \left(\frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y$$

$$JKG = JKT - JKK$$

Dimana :

JKT : Jumlah Kuadrat Total

y_{2ij} : Pengamatan ke-j dari populasi ke-i

J^2 : Total semua pengamatan

JKK : Jumlah Kuadrat Kolom

JKG : Jumlah Kuadrat Galat

nk : Banyaknya anggota secara keseluruhan

T2i : Total semua pengamatan dalam contoh dari populasi ke-i

n : Banyaknya pengamatan / anggota baris

Pada penelitian ini digunakan distribusi F, karena uji F banyak digunakan untuk uji hipotesis yang berdasarkan hasil pengamatan lebih dari 2 buah sampel. Uji F ini digunakan untuk mengetahui pengaruh variable bebas terhadap variable terikat secara simultan.

2.9.1 Hipotesis Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa yang dihasilkan dari rumusan penelitian, hipotesis tersebut adalah :

1. . Hipotesis nihil (H_0) : Menyatakan tidak ada pengaruh dari penambahan bottom ash sebagai bahan tambah dalam campuran beton PET 0,5%.
2. Hipotesis alternatif (H_a) : Menyatakan adanya pengaruh dari penambahan bottom ash sebagai bahan tambah dalam campuran beton PET 0,5%.

Dari semua cara diatas semua digunakan untuk merumuskan suatu hipotesa tertentu pada suatu penelitian. Dimana prinsip dari hipotesa tersebut adalah setiap percobaan hanya mempunyai hasil sukses atau gagal dan probabilitas pada setiap percobaan harus sama (constant).

Didalam suatu penelitian, pada pengujian hipotesa statistic ada satu aturan umum yang dapat diikuti untuk membuktikan apakah suatu hipotesa dapat diterima atau ditolak. Pada prinsipnya tergantung pada hipotesa yang dibuat oleh peneliti serta jumlah sampel dan distribusi populasi yang akan digunakan.

2.9 Analisa Regresi

Analisa regresi adalah analisa dimana mempelajari hubungan data yang terdiri atas dua buah atau lebih variable. Hubungan yang didapat pada umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variable-variable.

Analisa regresi merupakan salah satu analisa yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suatu variable terhadap variable lain. Dalam analisis regresi, variable yang mempengaruhi disebut Independent Variable (Variabel bebas) dan variable yang dipengaruhi disebut Dependent Variable (variable terikat). Jika dalam persamaan regresi hanya terdapat satu variable bebas dan satu variable terikat, maka disebut sebagai persamaan regresi sederhana, sedangkan jika variable bebasnya lebih dari satu, maka disebut sebagai persamaan regresi berganda. Pada penelitian ini digunakan analisa regresi sederhana.

2.9.1 Regresi linier sederhana

Analisa regresi merupakan uji yang digunakan untuk meramalkan suatu variabel terikat berdasarkan satu variabel atau beberapa variabel lain (variabel bebas) dalam suatu persamaan linier (*Sugiono, 2010*).

$$Y = a + bX$$

(2.8)

dimana:

Y = variabel terikat

X = variabel bebas

a = harga Y bila X=0 (harga konstan)

b = angka arah atau koefesien regresi yang menunjukkan angka peningkatan ataupun penurunan variabel bebas. Bila b (+) maka naik, dan bila (-) maka terjadi penurunan

$$\text{Harga } b = r \frac{S_y}{S_x}$$

$$\text{Harga } a = Y - bX$$

(2.10)



dimana:

r = koefisien *product moment* antara variabel X dengan variabel Y

S_y = Simpang baku variabel Y

S_x = Simpang baku variabel X

2.9.2 Regresi Ganda

Analisis regresi ganda digunakan oleh peneliti, bila peneliti bermaksud meramalkan bagaimana keadaan (naik turunnya) variabel terikat (kriterium), bila dua atau lebih variabel bebas sebagai faktor prediktor dimanipulasi (dinaikturunkan nilainya), jadi analisis regresi ganda akan dilakukan bila jumlah variabel bebasnya minimal 2.

Persamaan regresi untuk n preditor adalah

$$X = a + b_1Y_1 + b_2Y_2 + \dots + b_nY_n$$

(2.11)

Untuk bias membuat ramalan mempunyai regresi maka data setiap variabel harus tersedia. Selanjutnya berdasarkan data itu peneliti harus dapat menemukan persamaan perhitungan.

PERPUSTAKAAN
ITM MALANG

Jadi harga b merupakan fungsi dari koefisien korelasi. Bila koefisien korelasi tinggi, maka harga b juga besar, sebaliknya bila koefisien rendah maka harga b juga rendah (kecil). Selain itu bila koefisien korelasi negatif maka harga b juga negatif dan sebaliknya bila koefisien korelasi positif maka harga b juga positif.

Selain itu harga a dan b dapat dicari dengan rumus berikut:

$$a = \frac{(\sum Y_i)(\sum X_i^2) - (\sum Y_i)(\sum X_i Y_i)}{n\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$b = \frac{n\sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

dimana:

n = Jumlah sampel

$\sum X_i$ = Jumlah dari variabel bebas ke i

$\sum Y_i$ = Jumlah dari variabel terikat ke i

$\sum X_i Y_i$ = Jumlah perkalian antara skor instrument dan skor total

$\sum X_i^2$ = Jumlah kuadrat skor item

$\sum Y_i^2$ = Jumlah kuadrat skor total

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dari tes agregat, tes campuran agregat, tes Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas seluruh benda uji dengan alat Kuat Tekan Hidrolik.

- Jadwal pelaksanaan penelitian
- Pengolahan data dan analisis data kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas.

3.2 Tujuan Penelitian

Secara operasional tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh sifat-sifat mekanis pada uji Kuat Tekan, uji Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas yang menggunakan bahan tambah *fly ash* pada beton *poly ethylene terephthalate* (PET) 0,7%.

3.3 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang mulai dari percobaan bahan dasar sampai pada pelaksanaan pengecoran, pembuatan benda uji, perawatan benda uji, dan pengetesan benda uji.

3.4 Metode Penelitian

Studi penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Studi pustaka, bertujuan untuk mengkaji hubungan variable yang akan diteliti dengan mempelajari teori-teori yang ada untuk meneruskan hipotesis penelitian.
2. Studi eksperimen dilakukan dilaboratorium untuk mendapatkan data-data yang diperlukan. Data tersebut dianalisa secara statistic untuk menguji hipotesis sehingga didapat kesimpulan akhir.

Adapun langkah-langkah penelitian pada studi eksperimen secara garis besar adalah sebagai berikut:

- a. Mencari nilai kadar air (water content) dari agregat.
- b. Mencari berat jenis dari agregat halus, agregat kasar dan bahan tambahan plastik PET .
- c. Analisa saringan agregat halus dan kasar.
- d. Pemeriksaan kadar organik pada agregat halus.
- e. Mencari berat volume isi agregat halus dan agregat kasar.
- f. Perencanaan campuran (*mix design*).
- g. Pembuatan benda uji silinder 15cm x 30cm.
- h. Perawatan benda uji (*curing system*).
- i. Pengujian kuat tekan terhadap benda uji.

3.5 Alat Dan Bahan Penelitian

Untuk keperluan penelitian baik analisa pendahuluan maupun percobaan secara keseluruhan diperlukan peralatan dan bahan.

a. Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

- Semen : Gresik PPC 40 kg
- Agregat Halus : Pasir dari wilayah Kota Malang
- Agregat Kasar : Batu koral dari wilayah Kota Malang
- Air : Air dari PDAM Kota Malang
- Bahan Tambahan : Plastik PET dari pengepul barang bekas.
Fly Ash dari toko bahan bangunan.

b. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Seperangkat saringan.
- Mesin pencampur Beton (*Concrete mixer*), dengan kapasitas $0,15\text{m}^3$.
- Peralatan slump test.
- Timbangan kapasitas 40 kg dengan ketelitian 0,01 kg.
- Timbangan kapasitas 4100 gram dengan ketelitian 0,1 gram.
- Oven yang dilengkapi dengan pengaturan suhu.
- Cetakan silinder dengan ukuran diameter: 15 cm dan tinggi 30 cm.
- Sekop.
- Talam dan cawan logam.
- Gelas ukur 1000 mm.
- Mesin abrasi Los Angles.
- Mesin pengaduk beton dengan kapasitas $0,05\text{ m}^3$.

- Alat uji kuat tekan beton dengan kapasitas 2000 KN (compression machine test).
- Mistar perata (strainht edge).
- Pikhometer kapasitas 500 ml.
- Bak air untuk perendaman perawatan beton (moist curing).
- Sikat baja halus.
- Termometer.

3.6 Populasi Dan Sampel

Total benda uji yang digunakan sebanyak 100 benda uji dengan variasi bentuk dan ukuran. Benda uji yang mewakili dari populasi tersebut adalah sampel. Adapun variasi dari bentuk, ukuran dan bahan tambah plastik Poly Ethylene Terephthalate (PET) dan fly ash dapat dibagi sebagai berikut :

Tabel 3.1 Tabel Variasi Benda Uji

No.	Variasi PET	Variasi bottom ash	Jenis Pengujian	Ukuran sampel	Jumlah benda uji	
1	0,5%	0%	Kuat Tekan	Cylinder 15x30	16	
			Modulus Elastisitas	Cylinder 15x30		
			Kuat Tarik Belah	Cylinder 15x30	4	
2		7%	7%	Kuat Tekan	Cylinder 15x30	16
				Modulus Elastisitas	Cylinder 15x30	
				Kuat Tarik Belah	Cylinder 15x30	4
3		14%	14%	Kuat Tekan	Cylinder 15x30	16
				Modulus Elastisitas	Cylinder 15x30	
				Kuat Tarik Belah	Cylinder 15x30	4
4		21%	21%	Kuat Tekan	Cylinder 15x30	16
				Modulus Elastisitas	Cylinder 15x30	
				Kuat Tarik Belah	Cylinder 15x30	4
5		28%	28%	Kuat Tekan	Cylinder 15x30	16
				Modulus Elastisitas	Cylinder 15x30	
				Kuat Tarik Belah	Cylinder 15x30	4

3.7 Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini, perancangan campuran beton dengan menggunakan metode standar SNI 03-2847-2002 dengan mutu beton rencana (f_c') = 30 MPa.

3.7.1 Prosedur Pelaksanaan Campuran (pengecoran)

Prosedur untuk pelaksanaan campuran, setelah ditetapkan unsur-unsur campuran sebagai berikut :

- a. Persiapkan bahan campuran sesuai dengan rencana berat pada wadah yang terpisah.
- b. Persiapkan wadah yang cukup menampung volume beton basah rencana.
- c. Masukkan agregat kasar dan agregat halus ke dalam wadah.
- d. Masukkan bahan tambah berupa plastik PET kedalam wadah.
- e. Dengan menggunakan sekop atau alat pengaduk, lakukan pencampuran agregat dengan bahan tambahan plastik PET.
- f. Tambahkan semen dan variasi fly ash pada agregat campuran, dan ulangi proses pencampuran sehingga diperoleh adukan kering agregat dan semen yang merata.
- g. Tuangkan sebanyak 1/3 jumlah air ke dalam wadah dan lakukan pencampuran sampai terlihat konsistensi adukan yang merata.
- h. Tambahkan 1/3 jumlah air ke dalam wadah dan ulangi proses untuk mendapatkan konsistensi adukan.
- i. Lakukan pemeriksaan slump.
- j. Apabila nilai slump sudah mencapai nilai rencana, lakukan pembuatan benda uji silinder beton.
- k. Lakukan perhitungan berat jenis beton.

- l. Buatlah benda uji silinder atau kubus sesuai dengan petunjuk jumlah benda uji ditetapkan berdasarkan volume adukan.
- m. Lakukan pencatatan hal-hal yang menyimpang dari perencanaan terutama jumlah pemakaian air dan nilai slump.

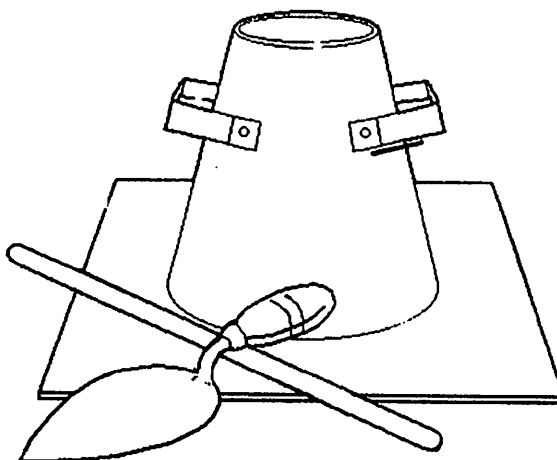
3.7.2 Uji Slump Beton

A. Tujuan

Tujuan dari uji slump beton adalah untuk menentukan ukuran derajat kemudahan (*workability*) pengecoran adukan beton segar.

B. Peralatan

- a. Cetakan berupa kerucut terpancung dengan diameter bagian bawah 20 cm, bagian atas 10 cm dan tinggi 30 cm. Bagian atas dan bawah cetakan terbuka.
- b. Tongkat pemadat dengan diameter 16 mm, panjang 60 cm. Ujung dibulatkan dan sebaiknya terbuat dari baja tahan karat.
- c. Pelat logam dengan permukaan rata dan kedap air.
- d. Sendok cekung.



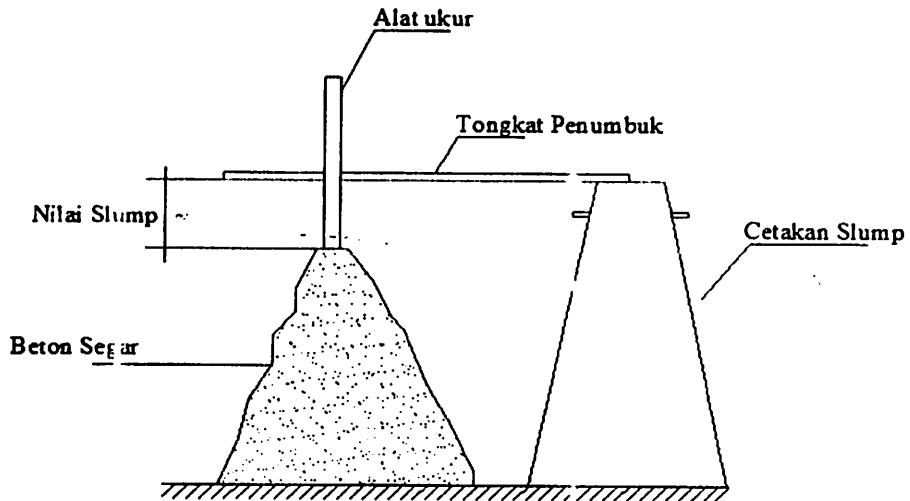
Gambar 3.1 Peralatan Uji Slump

C. Prosedur Pelaksanaan

- a. Cetakan dan pelat dibasahi dengan kain basah.
- b. Letakkan cetakan di atas pelat.
- c. Isilah cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam 3 lapis. Tiap lapis kira-kira $\frac{1}{3}$ isi cetakan. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Tongkat pemadat harus masuk tepat sampai bagian bawah tiap-tiap lapisan. Pada lapisan pertama, penusukan bagian tepi dilakukan dengan tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan dinding cetakan.
- d. Setelah selesai pemadatan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat; tunggu selama setengah menit, dan dalam jangka waktu ini semua kelebihan beton segar di sekitar cetakan harus dibersihkan.
- e. Cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas.
- f. Balikkan cetakan dan letakkan di samping benda uji.
- g. Ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata dari benda uji.

D. Hasil uji slump

Dari pengujian slump beton, hasil nilai yang diperoleh sebesar 75 mm. (Lihat tabel 4.18, Sumber: MCP 211.1-91)



Gambar 3.2 : Uji Slump

3.7.3 Pembuatan Dan Persiapan Benda Uji

A. Tujuan

Tujuan dari tahap pelaksanaan ini merupakan inti dari penelitian secara keseluruhan yaitu membuat benda uji beton dengan pemanfaatan bahan tambahan plastik PET dan fly ash sebagai pengganti semen untuk diperiksa pengaruhnya terhadap sifat mekanis beton.

B. Peralatan

- a. Cetakan silinder, diameter 15 cm dan tinggi 30 cm (digunakan untuk pengujian kuat tekan, tarik belah dan modulus elastisitas)
- b. Tongkat pemadat baja tahan karat, diameter 16 mm, panjang 60 cm, dengan ujung dibulatkan
- c. Bak pengaduk beton kedap air atau mesin pengaduk (molen / mixer)
- d. Timbangan dengan ketelitian 0,3% dari berat contoh
- e. Mesin uji tekan dengan kapasitas sesuai kebutuhan

- f. Satu set alat pelapis (capping)
- g. Peralatan tambahan : ember, sekop, sendok perata dan talam.

C. Prosedur Pelaksanaan

- a. Benda uji (silinder atau balok) harus dibuat dengan cetakan yang sesuai dengan bentuk benda uji. Cetakan disapu sebelumnya dengan vaselin/lemak/minyak agar mudah nanti dilepaskan dari beton hasil cetakan.
- b. Adukan beton diambil langsung dari wadah adukan beton dengan menggunakan ember atau alat lainnya yang tidak menyerap air. Bila dirasakan perlu bagi konsistensi adukan, lakukan pengadukan ulang sebelum dimasukkan ke dalam cetakan.
- c. Padatkan adukan dalam cetakan, sampai permukaan adukan beton mengkilap.
- d. Isilah cetakan dengan adukan beton dalam 3 lapis, tiap-tiap lapis dipadatkan dengan 25 kali tusukan secara merata. Pada saat melakukan pemadatan lapisan pertama, tongkat pemadat tidak boleh mengenai dasar cetakan. Pada saat pemadatan lapisan kedua serta ketiga pemadat boleh masuk antara 25,4 mm ke dalam lapisan di bawahnya. Setelah selesai melakukan pemadatan, ketuklah sisi cetakan perlahan-lahan sampai rongga bekas tusukan tertutup. Ratakan permukaan beton dan tutuplah segera dengan bahan yang kedap air dan tahan karat. Kemudian biarkan beton dalam cetakan selama 24 jam dan tempatkan di tempat yang bebas dari getaran.

- e. Setelah 24 jam, bukalah cetakan dan keluarkan benda uji.
- f. Rendamlah benda uji dalam bak perendam berisi air yang telah memenuhi persyaratan untuk perawatan (curing), selama waktu yang dikehendaki.

D. Persiapan Pengujian

- a. Ambillah benda uji yang akan ditentukan kekuatannya dari bak perendam, kemudian bersihkan dari kotoran yang menempel dengan kain lembab.
- b. Tentukan berat dan ukuran benda uji.
- c. Untuk benda uji silinder, lapolah permukaan atas dan bawah benda uji dengan mortar belerang dengan cara sebagai berikut :
- d. Lelehkan mortar belerang di dalam pot peleleh (melting pot) sampai suhu kira-kira 130°C.
- e. Tuangkan belerang cair ke dalam cetakan pelapis (capping plate) yang dinding dalamnya telah dilapisi gemuk tipis-tipis. Diamkan sampai mortar belerang mengeras.
- f. Dengan cara yang sama lakukan pelapisan pada permukaan yang lainnya.

3.11 Pengujian Kuat Tekan, Tarik Belah Dan Modulus Elastisitas

I. Tujuan

Menentukan kekuatan tekan dan tekan belah beton yang dibuat dan dirawat (cured) di laboratorium.

II. Peralatan

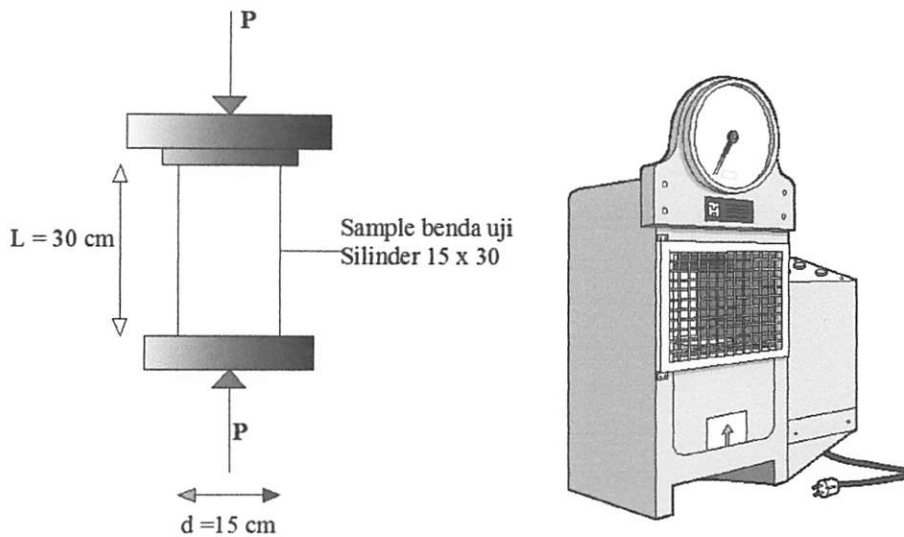
Mesin penguji tekan hidraolis dengan kapasitas sesuai kebutuhan.

III. Prosedur Pelaksanaan Pengujian

1. Uji Kuat Tekan

- a. Mengambil benda uji dari tempat perawatan.
- b. Menimbang dan catatlah berat benda uji.
- c. Meletakkan benda uji pada mesin tekan secara sentries.
- d. Menjalankan mesin uji tekan. Tekanan harus dinaikkan berangsur-angsur dengan kenaikan berkisar antara 4 kg/cm^2 s/d 6 kg/cm^2 per detik.
- e. Melakukan pembebanan sampai benda uji hancur dan catatlah beban maksimum hancur yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
- f. Melakukan langkah-langkah diatas sesuai dengan jumlah benda uji yang akan ditentukan kekuatan tekan karakteristiknya.

Dari hasil pengujian kuat tekan maka didapat beban maksimum yang diterima oleh beton, kemudian dilakukan analisis untuk mendapatkan nilai kuat tekan.



Gambar 3.3 Pengujian Kuat Tekan Beton dan Mesin Kuat

Tekan hidrolik

Kuat tekan beton dapat dihitung dengan persamaan :

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

Dimana :

f_c' = Kuat tekan benda uji (MPa)

P = Beban tekan maksimum (N)

A = Luas bidang tekan (mm^2)

F_u = Faktor umur

Setelah mendapatkan data kuat tekan pada setiap sampel kemudian pengolahan data dilanjutkan dengan perhitungan untuk mencari kuat tekan rata-rata.

Kuat tekan rata-rata dapat dihitung dengan persamaan :

$$f_c'r = \frac{\sum_i^n f_c'i}{n}$$

Dimana :

$f_c'r$ = Kuat tekan rata-rata (MPa)

$f_c'i$ = Nilai kuat tekan (MPa)

n = Jumlah benda uji

Selanjutnya pengolahan data dilanjutkan dengan mencari nilai standart deviasi. Standart deviasi dapat dihitung dengan persamaan :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_i^n (f_c' - f_c'r)^2}{n - 1}}$$

Dimana :

s = Standart deviasi

$f_c'r$ = Kuat tekan rata-rata (MPa)

f_c' = Nilai kuat tekan (MPa)

n = Jumlah benda uji

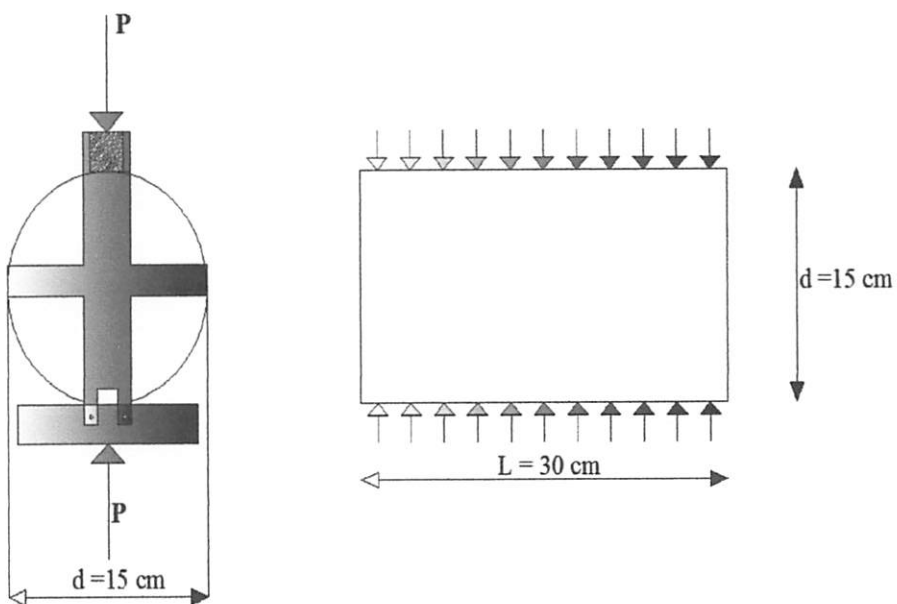
Setelah mendapatkan nilai standartdeviasi selanjutnya menghitung kuat tekan karakteristik, nilai kuat tekan karakteristik ini menghasilkan nilai mutu beton dari sampel yang ada pada suatu variasi campuran beton.

2. Uji Kuat Tarik Belah

- a. Ambillah benda uji dari tempat perawatan
- b. Timbang dan catatlah berat benda uji
- c. Pasang benda uji pada pemegang benda uji belah secara secara sentris, kemudian letakkan benda uji beserta pemegangnya pada mesin tekan secara sentris.

- d. Jalankan mesin uji tekan. Tekanan harus dinaikkan berangsur-angsur dengan kenaikan berkisar antara 4 kg/cm^2 s/d 6 kg/cm^2 per detik.
- e. Lakukan pembebanan sampai benda uji terbelah dan catatlah beban maksimum yang terjadi pada saat benda uji terbelah.
- f. Lakukan langkah-langkah di atas sesuai dengan jumlah benda uji yang akan diperiksa.
- g. Hasil dari nilai tekan hancur maksimum setelah melakukan pengujian kuat tarik belah dimaksudkan untuk mencari nilai kuat tarik belah rata-rata beton tersebut.

Setelah melakukan pengujian kuat tarik belah didapatkan nilai beban maksimum yang diterima beton, dari nilai tersebut maka dilakukan pengolahan data untuk mencari nilai kuat tarik belah yang kemudian menghitung kuat tarik belah rata-rata dari jumlah sampel yang ada.



Gambar 3.4 Pengujian Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah dapat dihitung dengan persamaan :

$$f_{ct} = \frac{2p}{\pi LD}$$

Dimana :

f_{ct} = Kuat tarik belah (N/m²)

P = Beban pada waktu belah (N)

L = Panjang benda uji silinder (m)

D = Diameter benda uji silinder (m)

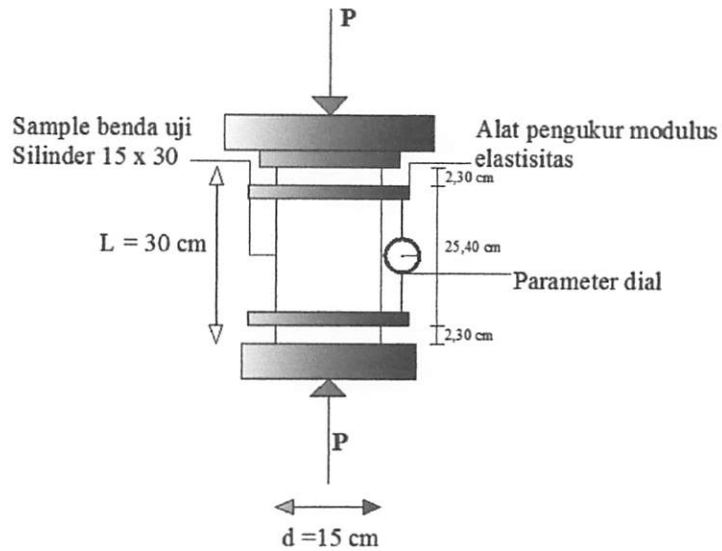
3. Uji Modulus Elastisitas

Tujuan dari pengujian adalah untuk mengetahui seberapa besar regangan yang dihasilkan dari pengujian kuat tekan beton benda uji.

Peralatan Strain Gauge atau alat pengukur deformasi bentuk (pengukur ΔL) yang diletakkan menempel secara magnetis pada mesin uji kuat tekan.

Pelaksanaan :

- a. Alat ukur strain gauge diletakkan pada mesin uji tekan, diusahakan jarum penunjuk dapat dilihat dengan jelas dan aman dari serpihan pecahan beton.
- b. Jarum petunjuk diatur pada posisi nol.
- c. Pembacaan jarum penunjuk dilakukan tepat pada saat beton hancur.



Gambar 3.5 Posisi Benda Uji saat pengetesan modulus elastisitas

Setelah dilakukan pengujian modulus elastisitas hasil yang telah didapat kemudian dilakukan pengolahan data. Pertama menghitung regangan yang terjadi pada beton dengan persamaan :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Dimana :

ε = Regangan

L = Tinggi/panjang benda uji (mm)

ΔL = Perubahan tinggi akhir benda uji (mm)

ΔL didapat dari hasil pengujian berupa perubahan tinggi benda uji sebelum dilakukan uji modulus elastisitas dan sesudah dilakukan pengujian modulus elastisitas, nilai ΔL dapat dilihat pada dial pada alat modulus elastisitas.

Setelah itu dilanjutkan dengan menghitung nilai kuat tekan beton dengan persamaan nilai kuat tekan beton. Kemudian menghitung nilai modulus elastisitas yang dapat dihitung dengan persamaan :

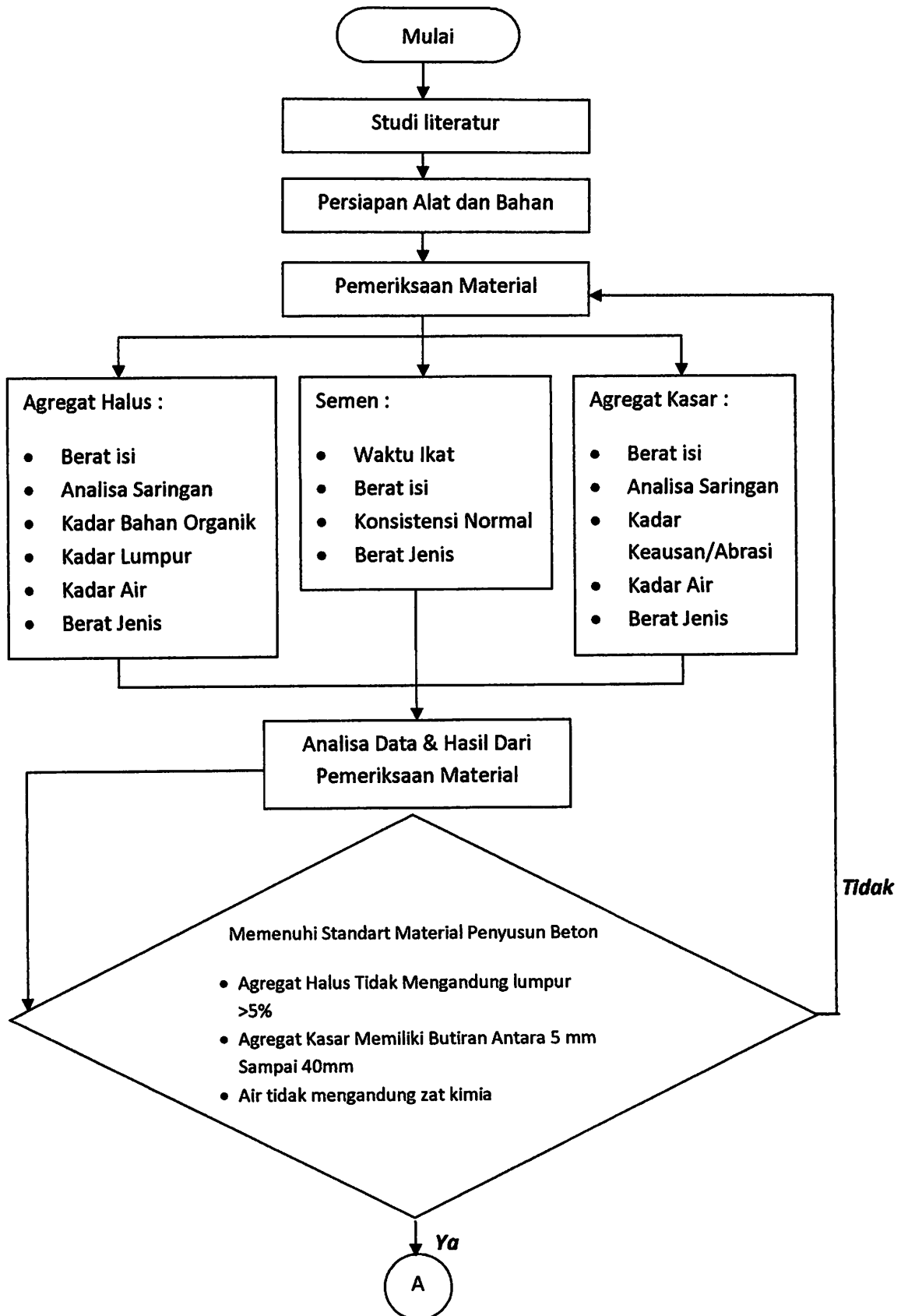
$$E_c = \frac{f_c'}{\varepsilon}$$

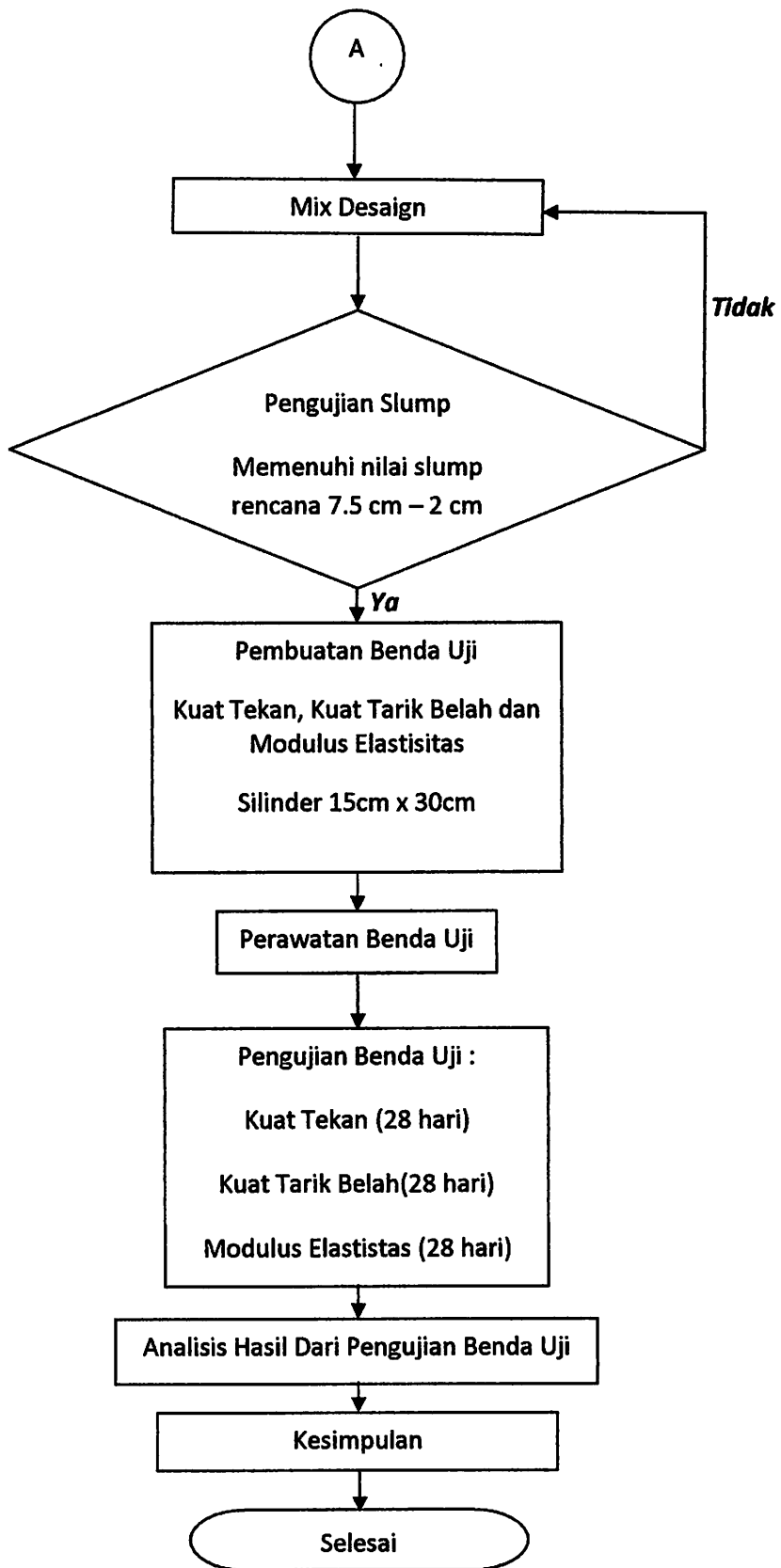
Keterangan :

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

ε = Regangan

3.9 Bagan Alir Penelitian





BAB IV

PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENELITIAN



4.1 Pengujian Material

Sebelum diadakan pencampuran bahan - bahan pembentuk campuran beton sebaiknya terlebih dahulu dilakukan penelitian terhadap agregat kasar dan agregat halus. Percobaan yang dilakukan meliputi : pemeriksaan berat isi, analisa saringan agregat kasar dan halus, pemeriksaan kotoran organik dan kadar lumpur untuk agregat halus, pemeriksaan kadar air, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat, pengujian keausan agregat kasar (*Abrasi Test*) dengan alat *Los Angeles*.

Di bawah ini adalah cara perhitungan dan hasil-hasil dari pekerjaan pemeriksaan bahan. Untuk hasil selengkapnya, dapat dilihat pada lampiran.

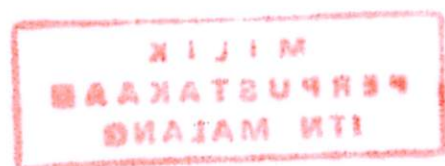
4.1.1 Pemeriksaan Berat Isi

I. Tujuan Penelitian

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan berat isi agregat yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya.

II. Peralatan

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh.
- b. Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- c. Tongkat pemadat diameter 15 mm, panjang 60 cm, yang ujungnya bulat, terbuat dari baja tahan karat.
- d. Mistar perata.



4.1. Pengantar Material

Sebelum diadakan percobaan bahan-bahan pembuat komposit beton sebaiknya terlebih dahulu dilakukan penelitian terhadap sifat-sifat agregat halus, fortoban yang dibekukan sebagai pengganti pasir, dan bahan pengikat lainnya. Hal ini penting untuk mengetahui sifat-sifat bahan-bahan tersebut dan untuk mengetahui sifat-sifat komposit beton yang akan dihasilkan. Untuk itu, perlu dilakukan penelitian terhadap sifat-sifat agregat halus, fortoban, dan bahan pengikat lainnya. Penelitian ini akan dilakukan dengan cara menguji sifat-sifat agregat halus, fortoban, dan bahan pengikat lainnya. Hasil penelitian ini akan digunakan untuk menentukan sifat-sifat komposit beton yang akan dihasilkan.

Di bawah ini adalah cara perhitungan dan hasil-hasil dan kesimpulannya.

4.1.1. Penentuan Berat Isi

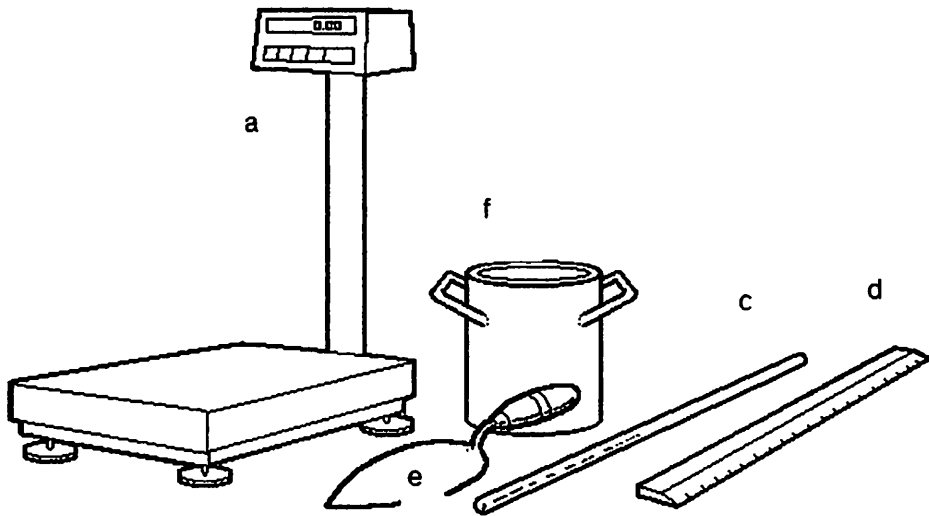
1. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat-sifat komposit beton yang dihasilkan sebagai pengganti pasir, fortoban, dan bahan pengikat lainnya. Penelitian ini akan dilakukan dengan cara menguji sifat-sifat agregat halus, fortoban, dan bahan pengikat lainnya. Hasil penelitian ini akan digunakan untuk menentukan sifat-sifat komposit beton yang akan dihasilkan.

2. Metode

- a. Limbungan dengan diameter 10 cm dan berat 100 gram
- b. Oven dengan kapasitas suhu sampai maksimum 110°C
- c. Tongkat pemadat diameter 1 cm panjang 30 cm yang digunakan untuk memadatkan beton

- e. Sekop.
- f. Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pemegang, berkapasitas sebagai berikut



Gambar 4.1. : Aparatus Pemeriksaan Berat Volume Agregat

III. Bahan

Bahan yang digunakan adalah agregat kasar dan agregat halus.

IV. Prosedur Pelaksanaan

Masukkan agregat ke dalam talam sekurang - kurangnya sebanyak kapasitas wadah, keringkan dengan oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat menjadi tetap, untuk digunakan sebagai benda uji.

a. Berat isi lepas :

- Timbang dan catatlah berat wadah (W1).

- Masukkan benda uji dengan hati - hati agar tidak terjadi pemisahan butir - butir, dari ketinggian 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh.
 - Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
 - Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji (W2).
 - Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).
- b. Berat isi agregat ukuran butir maksimum 20,1 mm dengan cara penusukan:
- Timbang dan catatlah berat wadah (W1)
 - Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang ditusukkan sebanyak 25 kali secara merata.
 - Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
 - Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji (W2).
 - Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

V. Perhitungan

$$\text{Berat isi} = \frac{W_3}{V} \text{ (kg/cm}^3\text{)}$$

$$\text{Dimana : } V = \text{isi wadah (cm}^3\text{)}$$

$$W_3 = \text{Berat contoh uji (kg)}$$

VI. Tabel Perhitungan

Tabel 4.1. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

BATU PECAH		LEPAS / GEMBUR			PADAT		
		I	II	III	I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	21250	21250	21250	22910	22910	22910
B.	Berat tempat (gr)	7910	7910	7910	7910	7910	7910
C.	Berat benda uji (gr)	13340	13340	13340	15000	15000	15000
D.	Isi tempat (cm ³)	10000	10000	10000	10000	10000	10000
E.	Berat isi (gr/cm ³)	1,33	1,33	1,33	1,5	1,5	1,5
F.	Berat isi rata-rata (gr/cm ³)	1,33			1,50		

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 4.2. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

BATU PECAH		LEPAS / GEMBUR			PADAT		
		I	II	III	I	II	III
A.	Berat tempat+Benda uji (gr)	8490	8490	8490	8740	8740	8740
B.	Berat tempat (gr)	3570	3570	3570	3570	3570	3570
C.	Berat benda uji (gr)	4920	4920	4920	5170	5170	5170
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000	3000	3000	3000
E.	Berat isi (gr/cm ³)	1,64	1,64	1,64	1,72	1,72	1,72
F.	Berat isi rata-rata (gr/cm ³)	1,64			1,72		

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 4.3. Pemeriksaan Berat Isi Semen

BATU PECAH		LEPAS / GEMBUR			PADAT		
		I	II	III	I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	7260	7260	7260	7440	7440	7440
B.	Berat tempat (gr)	3570	3570	3570	3570	3570	3570
C.	Berat benda uji (gr)	3690	3690	3690	3870	3870	3870
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000	3000	3000	3000
E.	Berat isi (gr/cm ³)	1,23	1,23	1,23	1,29	1,29	1,29
F.	Berat isi rata-rata (gr/cm ³)	1,23			1,29		

Sumber : Data Hasil Penelitian

VII. Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian yang diperoleh, hasil pengujian tersebut digunakan untuk perencanaan campuran beton adalah:

1. Hasil agregat halus digunakan untuk menentukan proporsi campuran agregat yang diperuntukan dalam perencanaan adukan beton dilapangan.
2. Hasil agregat halus digunakan untuk menentukan berat volume setelah dicetak.
3. Berat isi agregat adalah perbandingan antara berat agregat dengan isi berdasarkan percobaan :

⇒ Berat isi agregat halus :

$$\text{Lepas / gembur} : 1.640 \text{ gr / cm}^3 = 1640 \text{ kg / m}^3$$

$$\text{Padat} : 1.720 \text{ gr / cm}^3 = 1720 \text{ kg / m}^3$$

⇒ Berat isi agregat kasar :

$$\text{Lepas / gembur} : 1.330 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 1330 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$\text{Padat} : 1.500 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 1500 \text{ kg} / \text{m}^3$$

⇒ Berat isi semen :

$$\text{Lepas / gembur} : 1.230 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 1230 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$\text{Padat} : 1.290 \text{ gr} / \text{cm}^3 = 1290 \text{ kg} / \text{m}^3$$

4.1.2 Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

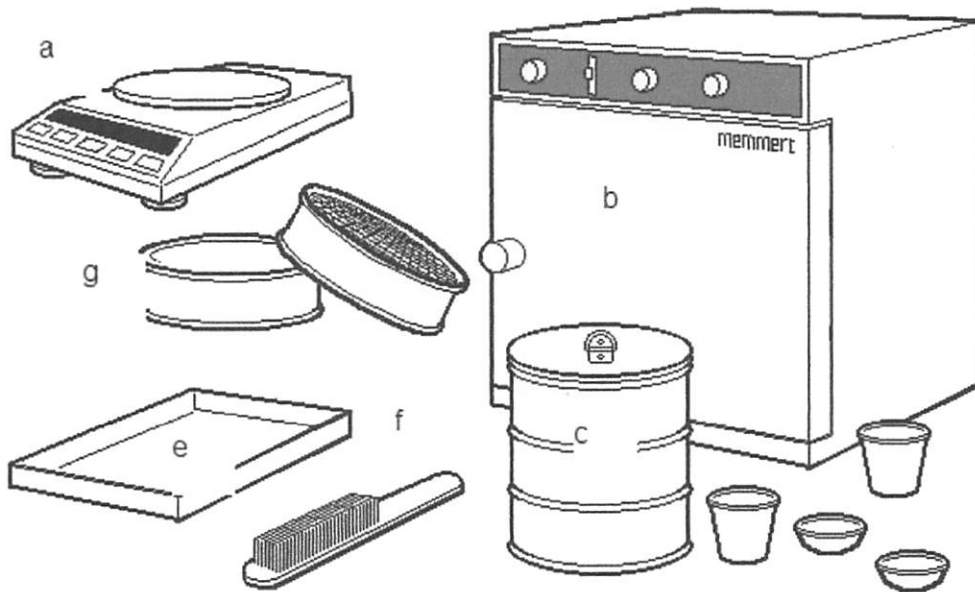
I. Tujuan Penelitian

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat. Data distribusi butiran pada agregat diperlukan dalam perencanaan adukan beton. Pelaksanaan penentuan gradasi ini dilakukan pada agregat halus dan agregat kasar. Alat yang digunakan adalah seperangkat saringan dengan ukuran lubang (jaring - jaring) tertentu.

II. Peralatan

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,2 % dari berat benda uji.
- b. Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.
- c. Alat pemisah contoh (*sample splitter*).
- d. Alat penggetar saringan (*shieve shaker*).
- e. Talam - talam.
- f. Kuas, sikat kuning, sendok

g. Seperangkat saringan dengan ukuran :



Gambar 4.2. : Aparatus untuk analisis saringan agregat kasar dan halus

Tabel 4.4. Penentuan Saringan Untuk Agregat Kasar

Nomor Saringan	Diameter Lubang Saringan (mm)
(3")	76,2
(1 1/2")	38,1
(3/4")	19,1
(3/8")	9,6
(No. 4)	4,75
(No. 8)	2,36
(No. 16)	1,18
(No. 30)	0,6
(No. 50)	0,3
(No. 100)	0,15
(No. 200)	0,075

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton

Tabel 4.5 Ukuran Saringan Untuk Agregat Halus

Nomor saringan	Ukuran lubang		Keterangan
	mm	inchi	
-	9,50	3/8	Berat minimum contoh 500 gram
No. 4	4,76	-	
No. 8	2,38	-	
No. 16	1,19	-	
No. 30	0,59	-	
No. 50	0,297	-	
No. 100	0,149	-	
No. 200	0,075	-	

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton

III. Bahan

Benda uji diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempatan. Berat dari contoh disesuaikan dengan ukuran maksimum diameter agregat kasar yang digunakan, seperti diuraikan pada tabel perangkat saringan.

IV. Prosedur Pelaksanaan

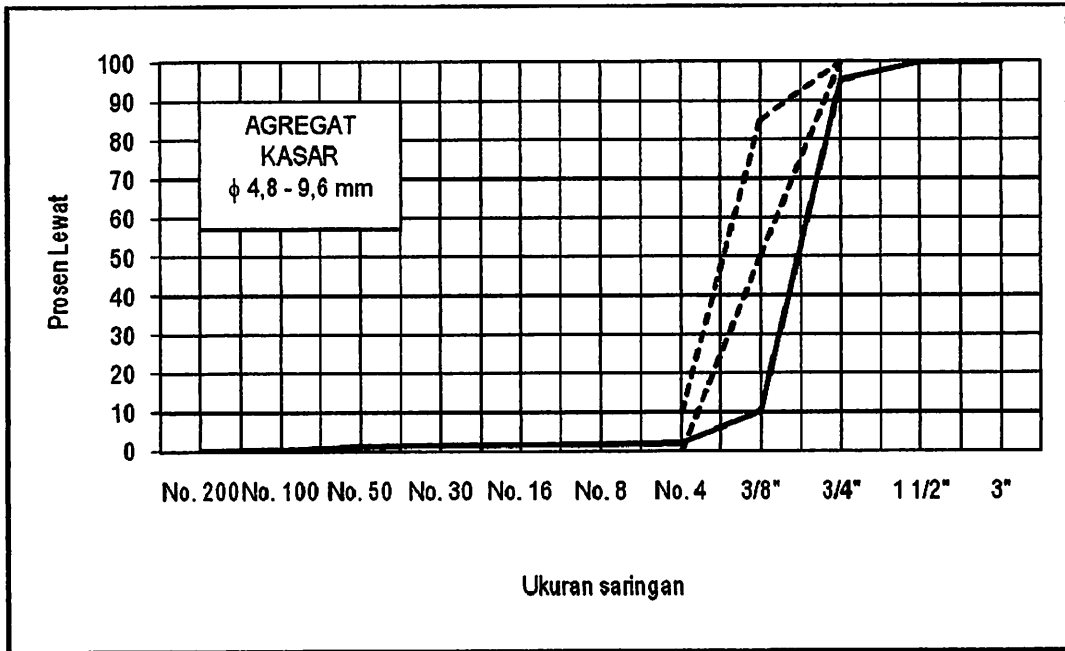
- a. Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ hingga mencapai berat tetap.
- b. Contoh dicurahkan pada perangkat saringan. Susunan saringan dimulai dari saringan paling besar di atas. Perangkat saringan diguncang-guncang dengan tangan atau alat penggetar saringan, selama 15 menit.

V. Tabel Perhitungan

Tabel 4.6. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Batu Pecah

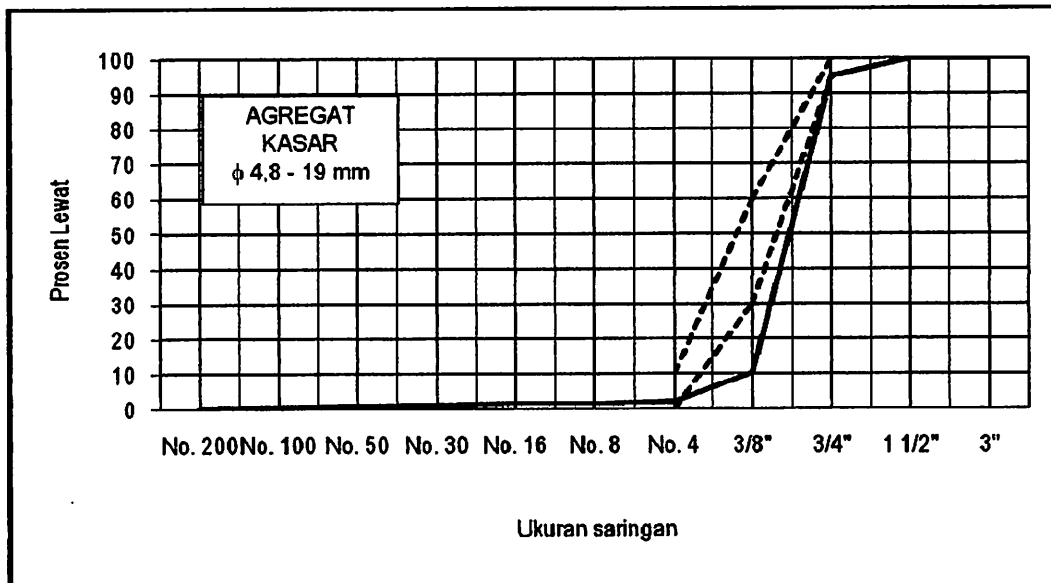
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			Tertahan	Lewat
76.2 Mm (3")	0,00	0,00	0,00	100,00
38.1 Mm (1 1/2")	0,00	0,00	0,00	100,00
19.1 Mm (3/4")	932,20	4,72	4,72	95,28
9.6 Mm (3/8")	16810,00	85,04	89,76	10,24
4.75 mm (No. 4)	1571,20	7,95	97,71	2,00
2.36 mm (No. 8)	136,00	0,69	98,40	1,60
1.18 mm (No. 16)	42,90	0,22	98,62	1,38
0.6 mm (No. 30)	40,50	0,20	98,82	1,18
0.3 mm (No. 50)	40,80	0,21	99,03	0,97
0.15 mm (No. 100)	82,30	0,42	99,45	0,55
0.075 mm (No. 200)	59,60	0,30	99,75	0,25
Pan	51,50	0,26	100,00	0,00

Sumber : Data Hasil Penelitian



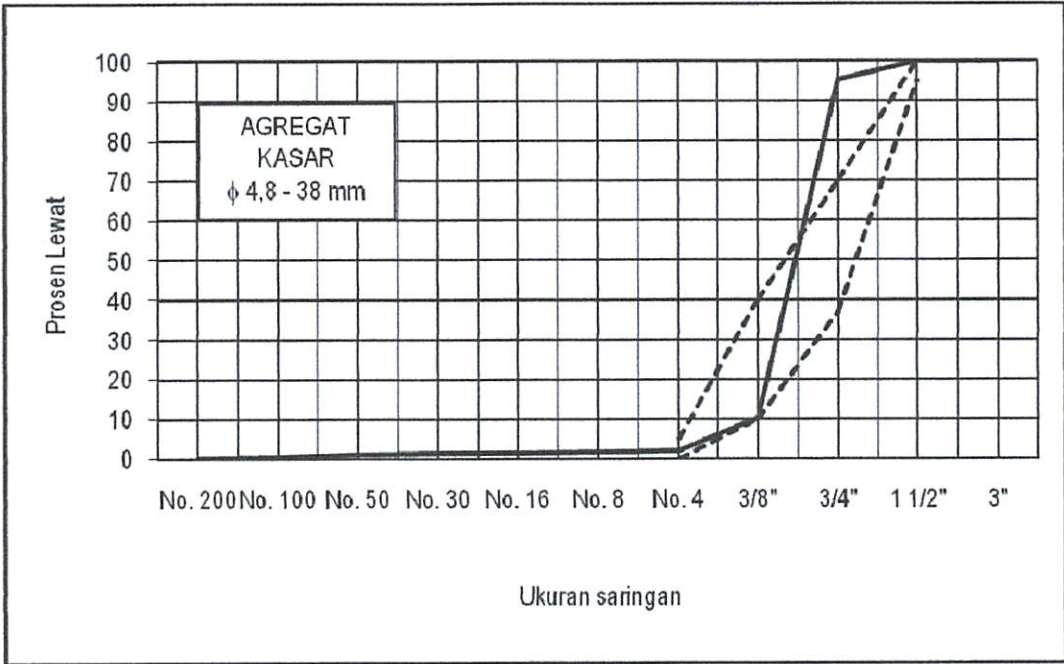
Grafik 4.1. : Batas Gradasi untuk Agregat Kasar 4,8 – 9,6 mm

Sumber : Data Hasil Penelitian



Grafik 4.2. : Batas Gradasi untuk Agregat Kasar 4,8 – 19 mm

Sumber : Data Hasil Penelitian



Grafik 4.3. : Batas Gradasi untuk Agregat Kasar 4,8 – 38 mm

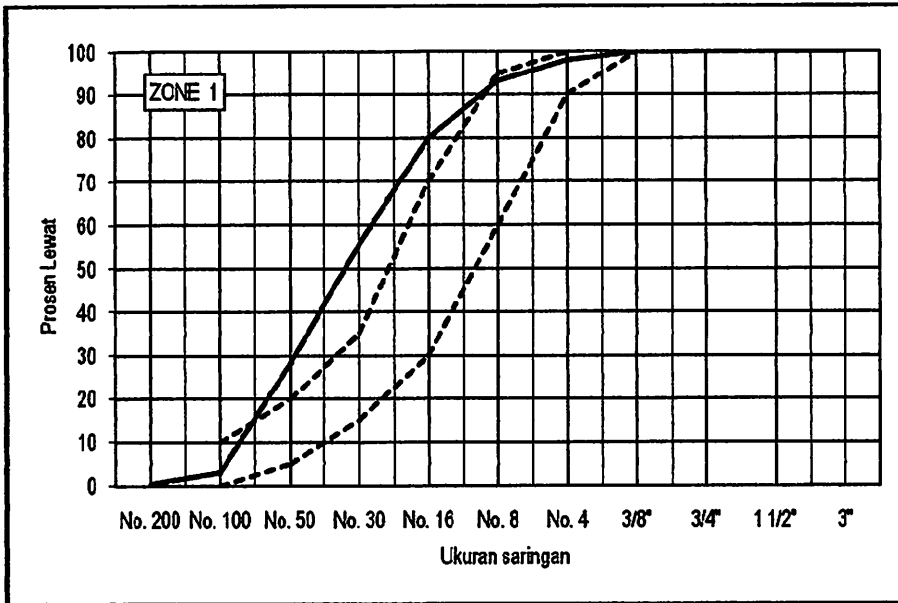
Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 4.7. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

Ukuran saringan			Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
					Tertahan	lewat
76.2	m m	(3")	0,00	0,00	0,00	100,00
38.1	m m	(1 1/2")	0,00	0,00	0,00	100,00
19.1	m m	(3/4")	0,00	0,00	0,00	100,00
9.6	m m	(3/8")	1,30	0,07	0,07	99,94
4.75	m m	(No. 4)	36,00	1,80	1,87	98,14
2.36	m m	(No. 8)	98,90	4,95	6,81	93,19
1.18	m m	(No. 16)	264,10	13,21	20,02	79,99
0.6	m m	(No. 30)	487,30	24,37	44,38	55,62
0.3	m m	(No. 50)	546,80	27,34	71,72	28,28
0.15	m m	(No. 100)	505,30	25,27	96,99	3,02
0.075	m m	(No. 200)	50,90	2,55	99,53	0,47
Pan			7,50	0,38	99,91	0,09

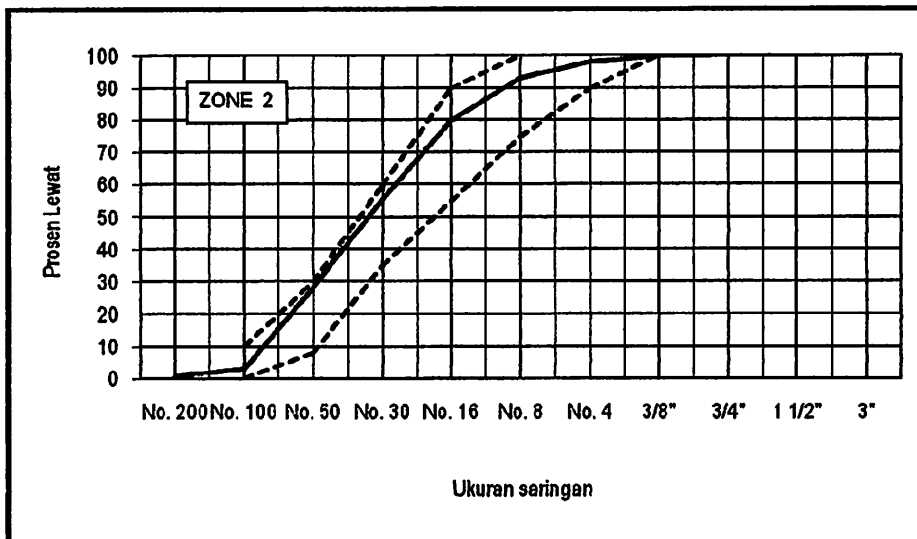
Sumber : Data Hasil Penelitian





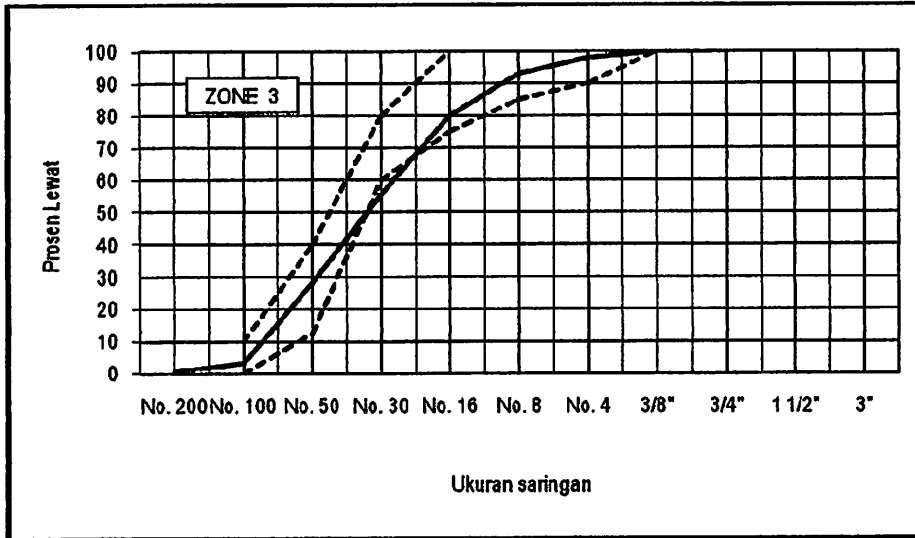
Grafik 4.4. : Batas Gradasi Zona 1 untuk Agregat Halus

Sumber : Data Hasil Penelitian



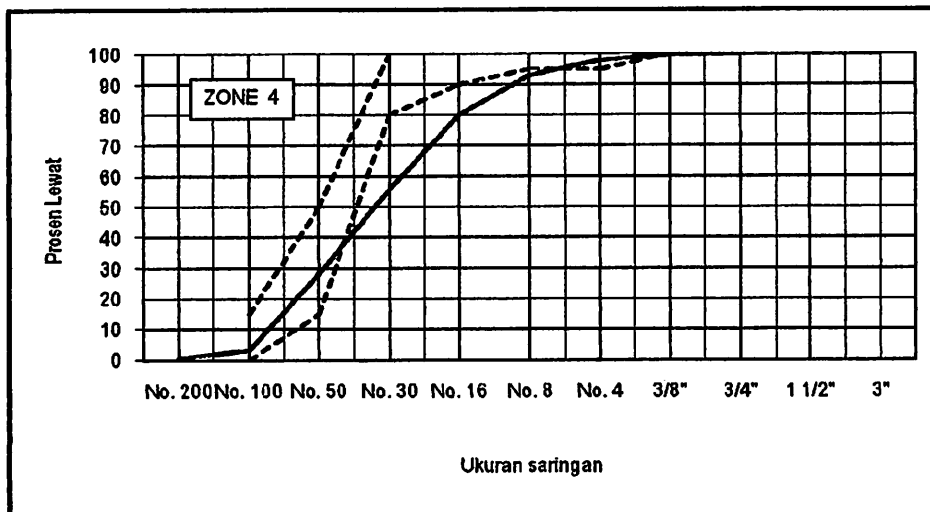
Grafik 4.5. : Batas Gradasi Zona 2 untuk Agregat Halus

Sumber : Data Hasil Penelitian



Grafik 4.6. : Batas Gradasi Zona 3 untuk Agregat Halus

Sumber : Data Hasil Penelitian



Grafik 4.7. : Batas Gradasi Zona 4 untuk Agregat Halus

Sumber : Data Hasil Penelitian

VI. Hasil Penelitian

Dari hasil pengujian analisa saringan agregat, hasil pengujian yang diperoleh digunakan untuk perencanaan campuran beton adalah :

1. Untuk agregat halus masuk dalam grafik zona 2, yang akan digunakan data perencanaan campuran beton, karena pada zone 2 yang paling mendekati kurva, sebab terletak di dalam pembatas kurva sedang.
2. Untuk Agregat kasar pada \emptyset (4.8–19 mm) adalah yang digunakan dalam perencanaan adukan beton karena pada diameter tersebut hasil analisa saringan terletak diantara pembatas kurva sedang.

4.1.3 Pemeriksaan Kotoran Organik

- Tujuan Penelitian

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan adanya kandungan bahan organik dalam agregat halus. Kandungan bahan organik yang berlebihan dapat mempengaruhi kualitas penggunaan pasir untuk campuran beton.

- Peralatan

- a. Botol gelas tembus pandang dengan penutup karet atau gabus atau bahan lainnya yang tidak bereaksi terhadap NaOH. Volume gelas = 350 ml.
- b. Standar warna (organics plate).
- c. Larutan NaOH 3%.

- **Prosedur Pelaksanaan**

- 1 Contoh benda uji dimasukkan ke dalam botol.
- 2 Tambahkan senyawa NaOH 3%. Setelah dikocok, total volume menjadi kira - kira $\frac{3}{4}$ volume botol.
- 3 Botol ditutup erat-erat, dan botol dikocok kembali. Diamkan botol selama 24 jam.
- 4 Setelah 24 jam, bandingkan warna cairan yang terlihat dengan warna standar No. 3 (apakah lebih tua atau lebih muda).

Tabel 4.8. Warna Standart

Warna Larutan	Penurunan Kekuatan
Putih	0
Kuning Muda	5 - 10
Kuning Merah	15 - 30
Coklat Muda	30 - 40
Coklat Tua	40 - 60

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton

- **Catatan**

- a. Larutan NaOH 3% diperoleh dari campuran 3 bagian larutan berat NaOH dalam 97 bagian berat air suling.
- b. Bila warna cairan contoh lebih tua dari warna standar No. 3, berarti kandungan bahan organik melebihi toleransi (pasir terlalu kotor).

- Hasil Penelitian

Warna cairan NaOH 3 % yang didiamkan selama 24 jam untuk pasir berwarna **Bening**. Artinya, tidak ada kotoran organik dalam pasir berarti pasir yang diperiksa memenuhi syarat untuk digunakan untuk campuran beton (< 5%).

4.1.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus

I. Tujuan Penelitian

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan prosentase kadar lumpur dalam agregat halus. Kandungan lumpur < 5% merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton.

II. Peralatan

- a. Gelas ukur
- b. Alat pengaduk

III. Bahan

Contoh pasir secukupnya (kondisi lapangan) dengan bahan pelarut air biasa.

IV. Prosedur Pelaksanaan

- a. Contoh benda uji dimasukkan ke dalam gelas ukur.
- b. Tambahkan air pada gelas ukur guna melarutkan lumpur.
- c. Gelas dikocok untuk mencuci pasir dari lumpur.
- d. Simpan gelas pada tempat yang datar dan biarkan lumpur mengendap setelah 24 jam.
- e. Ukur tinggi pasir (V_1) dan tinggi lumpur (V_2).

V. Perhitungan

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% = \frac{5}{490+5} \times 100\% = 1,010\%$$

Dimana : V_1 = tinggi pasir

V_2 = tinggi Lumpur

VI. Hasil penelitian

Kadar lumpur untuk pasir sebesar 1,010 %, berarti pasir yang diperiksa memenuhi syarat untuk digunakan untuk perencanaan campuran beton (< 5 %).

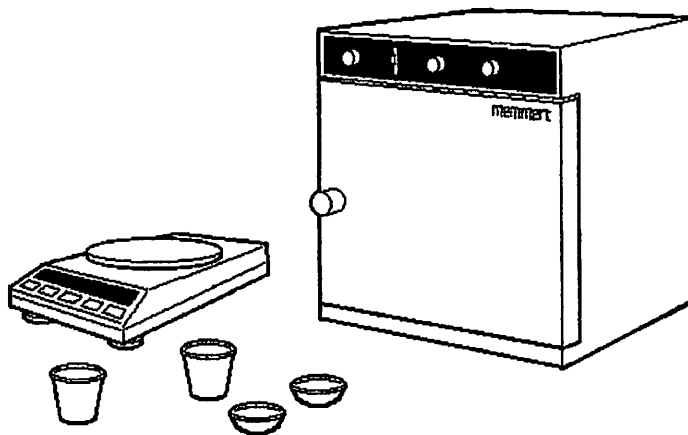
4.1.5 Pemeriksaan Kadar Air Agregat

I. Tujuan Penelitian

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan kadar air agregat dengan cara pengeringan. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering permukaan atau SSD (*saturated surface dry*).

II. Peralatan

- a. Timbangan.
- b. Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- c. Talam logam tahan karat berkapasitas cukup besar bagi tempat pengeringan contoh benda uji.



Gambar 4.3 : Aparatus untuk pemeriksaan kadar air agregat

III. Bahan

Berat minimum contoh agregat tergantung pada ukuran maksimum, dengan batasan sebagai berikut :

Tabel 4.9. Ukuran Maksimum Agregat

Ukuran maksimum	Berat minimum	Ukuran maksimum	Berat minimum
6,30 mm (1/4 “)	0,50 kg	50,80 mm (2 “)	8,00 kg
9,50 mm (3/8 “)	1,50 kg	63,50 mm (2 ½ “)	10,00 kg
12,70 mm (1/2 “)	2,00 kg	76,20 mm (3 “)	13,00 kg
19,10 mm (3/4 “)	3,00 kg	88,90 mm (3 ½ “)	16,00 kg
25,40 mm (1 “)	4,00 kg	101,60 mm (4 “)	25,00 kg
38,00 mm (1 ½ “)	6,00 kg	152,40 mm (6 “)	50,00 kg

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton

IV. Prosedur Pelaksanaan

- a. Timbang dan catatlah berat talam (W_1).
- b. Masukkan benda uji ke dalam talam, kemudian timbang dan catatlah berat talam + benda uji (W_2).
- c. Hitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).
- d. Keringkan benda uji bersama talam dalam oven pada suhu (110 ± 5)°C hingga mencapai berat tetap.
- e. Setelah kering, timbang dan catatlah berat talam + benda uji kering (W_4).
- f. Hitung berat benda uji kering ($W_5 = W_4 - W_1$).

V. Perhitungan

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100\%$$

Dimana : W_3 = berat contoh semula (gram)

W_5 = berat contoh kering (gram)

VI. Tabel Perhitungan

Tabel 4.10. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

BATU PECAH		ASLI		SSD	
	Nomor test	I	II	I	II
A.	Berat tempat (gr)	2670	2700	259,7	277,6
B.	Berat tempat + contoh (gr)	22800	23520	5259,7	5277,6
C.	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	22450	23160	5164	5182,8
D.	Kadar air = $\frac{B-C}{C-A} \times 100\%$ (%)	1,77	1,76	1,95	1,93
F.	Kadar air rata-rata (%)	1,76		1,94	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 4.11. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

AGREGAT HALUS		ASLI		SSD	
	Nomor test	I	II	I	II
A.	Berat tempat (gr)	2500	2610	106,5	288,8
B.	Berat tempat + contoh (gr)	18570	17830	606,5	788,8
C.	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	17990	17240	602,1	785,9
D.	Kadar air = $\frac{B-C}{C-A} \times 100\%$ (%)	3,74	4,03	0,89	0,42
F.	Kadar air rata-rata (%)	3,89		0,65	

Sumber : Data Hasil Penelitian

VII. Hasil penelitian

Dari hasil pengujian kadar air agregat, hasil pengujian yang diperoleh digunakan untuk perencanaan campuran beton adalah :

a. Kadar air Agregat halus (pasir) :

- Kadar air asli = 3,89%
- Kadar air SSD = 0,65%

b. Kadar air Agregat kasar Batu Pecah :

- Kadar air asli = 1,94%
- Kadar air SSD = 1,74%

4.1.6 Pemeriksaan Berat jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Batu pecah

I. Tujuan Penelitian

Menentukan “*bulk* dan *apparent*” *specific gravity* dan penyerapan (absorpsi) agregat kasar menurut prosedur ASTM C-127. Nilai ini diperlukan untuk menetapkan besarnya komposisi volume agregat dalam adukan beton.

II. Peralatan

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,5 gram yang mempunyai kapasitas 5 kg. Keranjang besi diameter 203,2 mm (8”) dan tinggi 63,5 mm (2,5”).
- b. Alat penggantung keranjang.
- c. Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- d. Handuk
- e. Talam logam tahan karat untuk tempat pengeringan benda uji absorpsi

III. Bahan

Berat contoh agregat disiapkan sebanyak 11 kg dalam keadaan kering muka (*SSD = Saturated Surface Dry*). Contoh diperoleh dari bahan yang diproses melalui alat pemisah atau cara perempatan. Butiran agregat yang lolos saringan No. 4 tidak dapat digunakan sebagai benda uji.



IV. Prosedur Pelaksanaan

- a. Benda uji direndam selama 24 jam.
- b. Benda uji dikeringkan permukaanya (kondisi SSD) dengan menggulungkan handuk pada butiran agregat.
- c. Timbang contoh. Hitung berat contoh kondisi SSD (B_j).
- d. Contoh benda uji dimasukkan ke dalam keranjang dan direndam kembali di dalam air. dan kemudian ditimbang setelah keranjang digoyang-goyangkan dalam air untuk melepaskan udara yang terperangkap. Hitung berat contoh kondisi jenuh (B_a).
- e. Contoh dikeringkan pada temperatur $(212 \pm 130)^\circ$ Fahrenheit. Setelah didinginkan, contoh ditimbang. Hitung berat contoh kondisi kering (B_k).

V. Perhitungan

$$\text{Berat Jenis (bulk)} \quad \frac{B_k}{B_j - B_a}$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} \quad \frac{B_j}{B_j - B_a}$$

$$\text{Berat jenis semu (apparent)} \quad \frac{B_k}{B_k - B_a}$$

$$\text{Penyerapan (absorpsi)} \quad \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$$

Dimana :

B_j = berat contoh kering permukaan jenuh = 5000 gram

B_k = berat contoh kering oven

B_a = berat contoh di dalam air

VI. Tabel Perhitungan

Tabel 4.12. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Batu Pecah

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	4904,3	4905,2	4904,75
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	5000	5000	5000
Berat contoh di dalam air	Ba	3221,3	3163,9	3192,55
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,76	2,67	2,71
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,81	2,72	2,77
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,91	2,82	2,87
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$	1,95	1,93	1,94

Sumber : Data Hasil Penelitian

VII. Hasil penelitian

Dari hasil pengujian berat jenis agregat kasar, hasil pengujian yang diperoleh digunakan untuk perencanaan campuran beton adalah :

- a. Berat jenis (*bulk*) = 2,71
- b. Berat jenis SSD = 2,77
- c. Berat Jenis semu (*apparent*) = 2,87
- d. Penyerapan (absorpsi) = 1,94 %

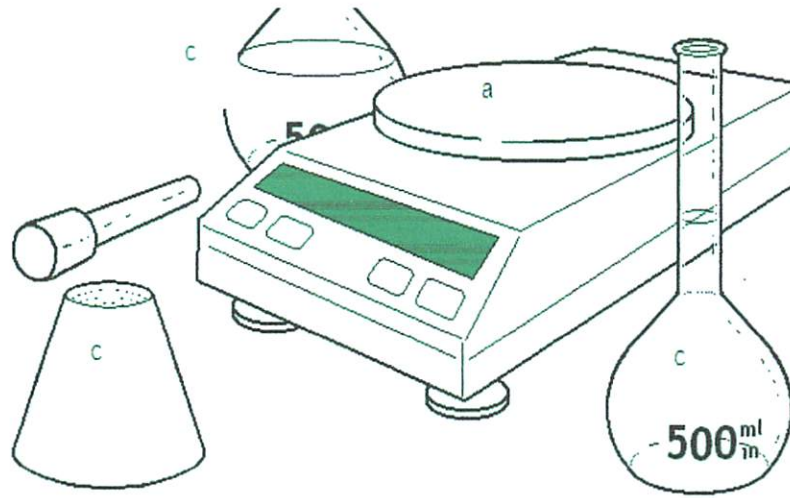
4.1.7 Pemeriksaan Berat jenis dan Penyerapan Agregat Halus

I. Tujuan Penelitian

Tujuan dari percobaan ini adalah menentukan “*bulk dan apparent*” *specific gravity* dan penyerapan agregat halus menurut prosedur ASTM C-128.

II. Peralatan

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,5 gr dengan kapasitas minimum 1000 gram.
- b. Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- c. Piknometer dengan kapasitas 500 gram.
- d. Cetakan kerucut pasir (metal sand cone) dan tongkat pemadat dari logam.



Gambar 4.4. Aparatus untuk analisis specific gravity dan absorpsi agregat halus

III. Bahan

Berat contoh agregat disiapkan sebanyak 1000 gram. Contoh kemudian di rendam selama 24 jam sehingga menjadi kondisi jenuh.

IV. Prosedur Pelaksanaan

- a. Agregat halus yang jenuh air dikeringkan sampai diperoleh kondisi dengan indikasi contoh tercurah dengan baik.
- b. Sebagian dari contoh dimasukkan pada “metal sand cone mold”. Benda uji dipadatkan dengan tongkat pemadat (tamper). Jumlah tumbukan adalah 25 kali. Kondisi SSD (Saturated Surface Dry) contoh diperoleh jika cetakan diangkat, butiran-butiran pasir longsor/runtuh.
- c. Contoh agregat halus seberat 500 gram dimasukkan ke dalam piknometer. Isilah piknometer tadi dengan air sampai 90% penuh.

Bebaskan gelembung-gelembung udara dengan cara menggoyang-goyangkan piknometer tadi.

- d. Pisahkan contoh benda uji dengan piknometer dan keringkan pada suhu $(213 \pm 230)^\circ$ Fahrenheit. Langkah ini harus diselesaikan dalam waktu 24 jam.
- e. Timbanglah berat piknometer yang berisi air sesuai dengan kapasitas kalibrasi pada temperatur $(73,4 \pm 4)^\circ$ Fahrenheit, dengan ketelitian 0,1 gram.

V. Perhitungan

$$\text{Berat Jenis (bulk)} \quad \frac{Bk}{(B + Bj - Bt)}$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh} \quad \frac{Bj}{(B + Bj - Bt)}$$

$$\text{Berat jenis semu (apparent)} \quad \frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$$

$$\text{Penyerapan (absorpsi)} \quad \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$$

Dimana :

B_j = berat contoh kering permukaan jenuh = 500 gram

B_k = berat contoh kering oven

B = berat piknometer diisi air pada 25°C

B_t = berat piknometer + contoh SSD + air (25°C)

VI. Tabel Perhitungan

Tabel 4.13. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	495,6 0	497,1 0	496,35
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500,0 0	500,0 0	500,00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	665,9 0	676,4 0	671,15
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	983,6 0	994,5 0	989,05
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{(B + Bj - Bt)}$	2,72	2,73	2,73
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{(B + Bj - Bt)}$	2,92	2,75	2,84
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$	2,79	2,78	2,79
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$	0,89	0,58	0,74

Sumber : Data Hasil Penelitian

VII. Hasil penelitian Agregat halus (pasir)

Dari hasil pengujian berat jenis agregat halus, hasil pengujian yang diperoleh digunakan untuk perencanaan campuran beton adalah :

Berat jenis (*bulk*) = 2,73

Berat jenis SSD = 2,84

Berat Jenis semu (*apparent*) = 2,79

Penyerapan (*absorpsi*) = 0,74 %

4.1.8 Pengujian Keausan Agregat Kasar Batu Pecah Dengan Menggunakan Alat Los Angeles

I. Tujuan Penelitian

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan (abrasi) menggunakan alat *Los Angeles*.

II. Peralatan

Mesin Abrasi Los Angeles, yaitu mesin yang terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 71 cm (28") dan panjang 50 cm (20"). Silinder ini bertumpu pada dua poros pendek tidak menerus yang berputar pada poros mendatar. Silinder mempunyai lubang untuk memasukkan benda uji. Penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Di bagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 8,9 cm (3,56").

10 Bola-bola baja mempunyai diameter rata-rata 4,68 cm (1 7/8") dan berat masing-masing antara 400 gram sampai 440 gram.

Saringan mulai ukuran 37,5 mm (1 ½") sampai 2,38 mm (No. 8).

Timbangan dengan kapasitas 5000 gram dan dengan ketelitian 1 gram.

Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu, memanasi sampai (110 ±5) °C.

III. Bahan

Benda uji harus bersih. Bila benda uji masih mengandung kotoran, debu, bahan organik atau terselimuti oleh bahan lain, maka benda uji harus dicuci dahulu sampai bersih kemudian dikeringkan dalam suhu (110 ±5)°C. Pisahkan benda uji ke dalam masing-masing fraksi kemudian digabungkan sesuai dengan daftar berikut.

Tabel 4.14. Berat dan Gradasi benda uji

Ukuran saringan		Berat dan gradasi benda uji (gram)			
Lewat (mm)	Tertahan (mm)	A	B	C	D
37,5 (1 ½")	25,0 (1")	1250 ± 25	-	-	-
25,0 (1")	19,0 (¾")	1250 ± 25	-	-	-
19,0 (¾")	12,5 (½")	1250 ± 25	2500 ± 25	-	-
12,5 (½")	9,5 (¾")	1250 ± 25	2500 ± 25	-	-
9,5 (¾")	6,3 (¼")	-	-	2500 ± 25	-
6,3 (¼")	4,75 (No.4)	-	-	2500 ± 25	-
4,75 (No.4)	2,36 (No. 8)	-	-	-	5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
Jumlah bola		12	11	8	6
Berat bola (gram)		5000 ± 25	4584 ± 25	3330 ± 25	2500 ± 25

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton

IV. Prosedur Praktikum

- a. Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin Los Angeles dan mesin diputar dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm sebanyak 500 ± 1 putaran.
- b. Setelah selesai putaran, benda uji dikeluarkan, disaring dengan saringan 4,75 mm (No. 4) dan 1,7 (No. 12). Butiran yang lebih besar dari 1,7 mm (tertahan di kedua saringan tersebut) dicuci bersih, dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat menjadi tetap. Kemudian timbang dengan ketelitian 5 gram.

V. Perhitungan

$$\text{Nilai keausan } Los Angeles = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

Dimana :

a = Berat benda uji semula (gram)

b = Berat benda uji tertahan di saringan No. 12 (dan No. 4) (gram)

VI. Tabel Perhitungan

Tabel 4.15. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)	
Saringan		I	
Lolos	Tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah
76,20 mm (3")	63,50 Mm (2,5")		
63,50 mm (2,5")	50,80 Mm (2")		
50,80 mm (2")	37,50 Mm (1,5")		
37,50 mm (1,5")	25,40 Mm (1")		
25,40 mm (1")	19,00 Mm (3/4")		
19,00 mm (3/4")	12,50 Mm (1/2")	2500	
12,50 mm (1/2")	9,50 Mm (3/8")	2500	
9,50 mm (3/8")	6,30 Mm (1/4")		
6,30 mm (1/4")	4,75 Mm (No. 4)		3070
4,75 mm (No. 4)	2,38 Mm (No. 8)		
Berat tertahan saringan no 12			960,6
Jumlah berat		5000	4030,6
A	Berat benda uji semula		5000
b	Berat benda uji tertahan saringan No.12 (& No.4)		4030,6
	Keausan	$\frac{(a-b)}{a} \times 100\%$	19,39

Sumber : Data Hasil Penelitian

VII. Hasil penelitian

Nilai keausan yang digunakan untuk perencanaan campuran beton adalah 19,39 %, menurut Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi, nilai keausan maksimum yang ditetapkan adalah 40 % .

4.2 Perencanaan Campuran Beton

4.2.1 Tujuan

Menentukan komposisi komponen/unsur beton basah dengan ketentuan kekuatan tekan karakteristik dan slump rencana.

4.2.2 Peralatan

- a. Timbangan
- b. Peralatan untuk membuat : wadah, sendok semen, peralatan pengukur, slump, dan peralatan pengukur berat volume.



4.2.3 Bahan

Unsur beton (air, semen, agregat halus, dan agregat kasar) yang telah memenuhi persyaratan.

4.2.4 Prosedur Pelaksanaan

Tabel-tabel berikut ini dapat digunakan bagi nilai parameter yang perlu dalam perancangan campuran beton.

4.3 Pemeriksaan Mutu Beton Dan Mutu Pelaksanaan

Selama masa pelaksanaan pekerjaan beton, mutu beton dan kualitas pekerjaan harus diperiksa secara berkesinambungan dari hasil-hasil pemeriksaan benda uji. Untuk setiap m³ beton harus dibuat satu benda uji pada permulaan pelaksanaan konstruksi.

Setelah terkumpul sejumlah benda uji, maka pada umur 28 hari dilakukan pemeriksaan kekuatan tekan beton.

Tabel 4.16 Deviasi Standat Berdasarkan Isi Pekerjaan

Isi pekerjaan		Deviasi standar S (MPa)		
Sebutan	Jumlah beton (m ³)	Baik sekali	baik	Dapat diterima
Kecil	< 1000	4,5 < S < 5,5	5,5 < S < 6,5	6,5 < S < 8,5
Sedang	1000 – 3000	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 5,5	5,5 < S < 7,5
Besar	> 3000	2,5 < S < 3,5	3,5 < S < 4,5	4,5 < S < 6,5

4.4 Perencanaan Campuran Beton Dengan Metode ACI

Seperti telah diuraikan, beton merupakan campuran antara semen, pasir (agregat halus), Kerikil (agregat kasar) dan air. Proporsi dari unsure pembentukan ini harus ditentukan sedemikian rupa, sehingga terpenuhi syarat-syarat :

1. Kekenyalan tertentu yang memudahkan adukan beton ditempatkan pada cetakan/ bikesting (workability) dan kehalusan muka (finishability) beton basah yang ditentukan dari :
 - a. Volume adukan
 - b. Keenceran pada adukan
 - c. Perbandingan campuran agregat halus dan kasar
2. Kekuatan rencana dan ketahanan (durability) pada kondisi beton setelah mengeras.
3. Ekonomis dan optimum dalam pemakaian semen.

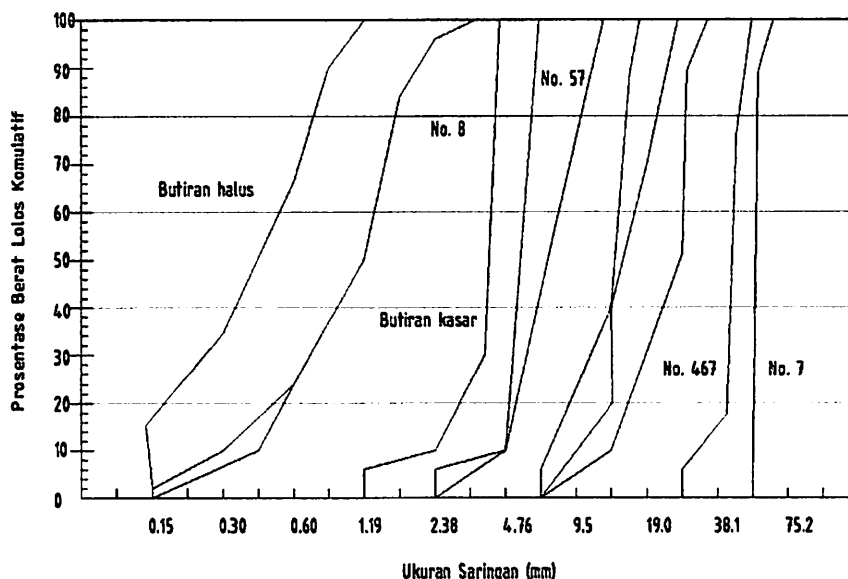
Untuk tujuan menentukan proporsi bahan-bahan pembentuk beton, dikembangkan berbagai metode secara empiris berdasarkan hasil-hasil percobaan adukan beton yang pernah dibuat.

Oleh karena sifat rumusan dan tabel bagi penentuan proporsi unsure-unsur beton adalah empiris, maka didalam pembuatan beton bagi tingkat kekuatan tekan. tertentu, selalu harus dibuat adukan rencana yang disebut adukan uji coba atau trial mix.

Berdasarkan hasil-hasil trial mix inilah kemudian pembuatan beton dilakukan, setelah dari pemeriksaan benda uji terpenuhinya ketentuan kekenyalan, kekuatan dan sifat ekonomis adukan.

Sebelum digunakan tabel-tabel atau grafik untuk menentukan pembuatan trial mix beton, beberapa syarat yang harus dipenuhi dalam perancangan campuran beton dengan metode modifikasi ACI adalah :

Gradasi/distribusi ukuran agregat harus berada didalam batas-batas yang ditetapkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.5 Kurva Pembatasan Gradasi Agregat Halus Dan Kasar

Gradasi agregat halus yang digunakan memiliki butiran yang berada dalam dua kurva pembatas. Jika pada kondisi lapangan ternyata gradasi butirannya tidak memenuhi syarat seperti yang ditetapkan, maka perlu dilakukan koreksi dengan melakukan analisis kombinasi agregat dari beberapa kelompok agregat.

Untuk agregat kasar, berdasarkan besarnya diameter agregat maksimum yang digunakan, terdapat empat kelompok kurva pembatas. Ukuran agregat kasar no. 2 merupakan kelompok agregat dengan ukuran maksimum butir 75,0 mm (3 inch); ukuran n0 467 dengan butiran maksimum 25,0 mm (1 inch) yang umum digunakan dalam bangunan; dan ukuran no. 8 dengan butiran maksimum 10,0 mm (1/2 inch) yang sering disebut sebagai beton gradasi jagung bagi pekerjaan perbaikan atau grouting.

Untuk menghitung komposisi campuran beton dengan metode ini terlebih dahulu harus diketahui data sebagai berikut :

4.4 Ukuran terbesar kerikil (agregat kasar) yang akan digunakan

4.5 Specific gravity agregat halus

4.6 Specific gravity agregat kasar

4.7 Specific gravity agregat kasar (dry rodded unit weight)

4.8 Modulus kehalusan (fineness modulus) agregat halus.

Perencanaan campuran beton yang dilakukan berdasarkan rumusan, tabel atau grafik menurut ketentuan yang ada pada metode ini adalah :

Untuk menentukan faktor air semen berikut adalah tabel hubungan antara mutu beton rencana dengan penentuan ratio air semen.

Tabel 4.17 Hubungan Kuat Tekan Beton Rencana Dengan Faktor Air Semen

Mutu Beton Rencana (MPa)	Faktor Air Semen	
	Tanpa Udara	Dengan Udara
40	0.42	-
35	0.47	0.39
30	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.6

Sumber : MCP 211.1-91

Slump sebagai ukuran kekenyalan beton. Slump merupakan perbedaan tinggi dari adukan dalam suatu cetakan berbentuk kerucut terpancung dengan tinggi adukan setelah cetakan diambil. Hubungan satu sama lain antara parameter bahan penentuan komposisi bahan beton basah, dinyatakan dalam tabel-tabel sebagai berikut:

Tabel 4.18 Ukuran Slump Yang Dianjurkan Untuk Berbagai Jenis Konstruksi

Uraian	Slump (mm)	
	maksimum	minimum
Dinding, Pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	75	25
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi dibawah tanah	75	25
pelat, balok, kolom dan dinding	100	25
Perkerasan Jalan	100	25
Pembetonan masal	75	25

Sumber : MCP 211.1-91

Catatan : Nilai pada tabel 4.19 diatas berlaku untuk pemadatan menggunakan alat penggetar. Untuk cara pemadatan yang lain, nilai slump dapat dinaikkan 25 mm lebih besar.

Untuk hal-hal khusus sesuai dengan jenis konstruksi beton tertentu, rincian ketentuan ukuran maksimum agregat dapat diperoleh dari ketentuan yang berlaku. Pemilihan jarak tulangan dari beberapa kemungkinan yang ditetapkan dalam peraturan, umumnya didasarkan pada tinjauan kemudahan saat dilaksanakan pengecoran dan integritas beton dengan tulangan.

Dalam perencanaan adukan, berat air direncanakan dan prosentase udara yang terperangkap, ditetapkan berdasarkan besarnya slump rencana dan ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan menurut tabel berikut.

Tabel 4.19 Jumlah air perlu untuk setiap m³ beton dan udara terperangkap untuk berbagai slump dan ukuran maksimum agregat

7.5-10	228	217	205	193	179	169	157	136
15-17	243	228	216	202	187	178	169	-

Prosentase udara (%) yang ada dalam unit beton								
3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2	

Sumber : MCP 211.1-91

Untuk mendapatkan volume rencana agregat kasar untuk setiap unit volume beton, digunakan nilai-nilai yang tercantum pada tabel 4.22 dengan menetapkan terlebih dahulu ukuran agregat kasar dan nilai modulus kehalusan (fineness modulus) agregat halus.

Tabel 4.20 Prosentase Volume Agregat Kasar/Satuan Volume Beton

Ukuran maksimum agregat kasar (mm)	prosentase volume agregat kasar dibandingkan dengan satuan volume beton untuk modulus kehalusan agregat halus tertentu			
	2.4	2.6	2.8	3.0
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Sumber : MCP 211.1-91

Catatan : Pada penelitian ini prosentase agregat kasar ditentukan dari hasil interpolasi karena modulus kehalusan yang didapat pada pengujian bahan adalah 2.42, sehingga didapatkan persentase agregat kasar sebesar 0.65

Untuk mendapatkan berat jenis beton, digunakan nilai-nilai yang tercantum pada tabel 4.23 berikut :

Tabel 4.21 Berat Jenis Beton

Ukuran Maksimum Agregat Kasar (mm)	Berat Jenis Beton kg/m ³	
	Tanpa udara terperangkap	Dengan udara terperangkap
9,5	2280	2200
12,5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37,5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Sumber : MCP 211.1-91

4.5 Perhitungan Mix Design

Mutu beton rencana : 30 MPa pada umur 28 hari

Standart deviasi : 6 MPa

Nilai tambah (Margin) : $1,34 \times 6 = 8,04$ MPa

Kekuatan tekan rata-rata yang ditargetkan:

$$f_{cr} = f_c' + 1,34 \times s$$

$$f_{cr} = 30 + 1,34 \times 6 = 38,04 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cr} = f_c' + 2,33 \times s - 3,5$$

$$f_{cr} = 30 + 2,33 \times 6 - 3,5 = 40,48 \text{ N/mm}^2$$

Kekutan tekan rata-rata yang dipakai : $40,48 \text{ N/mm}^2$ (digunakan yang terbesar dari kekuatan rata-rata yang ditargetkan)

Jenis semen : Semen Gresik Tipe I

Jenis Agregat Kasar : Batu Pecah (ukuran maksimum 19 mm)

Jenis Agregat Halus : Jenis pasir yang digunakan berasal dari Lumajang

Modulus kehalusan agregat halus = 2,42 (dari komulatif tertahan No. 100)

Faktor Air Semen : Didapat dari MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.4 (a) adalah 0,54

Nialai Slump : Didapat dari MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.1 adalah 75 mm

Ukuran Agregat Maksimum : Didapat dari MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.3 adalah 19 mm

Kadar Air Bebas : Didapat dari MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.3 adalah 205 kg/m³

Kadar udara bebas : Didapat dari MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.3 adalah 2% per m³

Jumlah semen : $\frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Faktor Air Semen}} = \frac{205}{0,54} = 379,63 \text{ kg/m}^3$

Berat jenis semen didapat dari hasil uji laboratorium adalah 3150 kg/m³

Berat jenis agregat halus didapat dari hasil uji laboratorium 2730 kg/m³

Berat jenis agregat kasar didapat dari hasil uji laboratorium 2714 kg/m³

Berat volume agregat kasar didapat dari hasil uji laboratorium 1500 kg/m³

Jumlah persentase agregat kasar : Didapat dari MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.6 adalah 0,65 atau 65% (dari hasil interpolasi)

Berat jenis beton : Didapat dari MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.7.1 adalah 2345 kg/m³

Jumlah agregat kasar : Jumlah % agregat kasar X Berat volume agregat ka

$$0,65 \times 1500 = 975 \text{ kg}$$

Penentuan poporsi unsur beton bagi adukan beton untuk setiap m³ dari tahapan

perhitungan yang telah dilakukan :

$$\text{Volume Air} \quad : 205/1000 \quad = 0,205 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Semen} \quad : 379.63/3150 = 0,12 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Agregat kasar} \quad : 975/2714 \quad = 0,359 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Udara} \quad : \frac{2\% \times 1}{100} = 0,02 \text{ m}^3 +$$

$$\text{Total volume di luar unsur agregat halus} : 0,704 \text{ m}^3$$

Volume padat dari pasir : 1 – Total volume diluar unsure agregat halus

$$1 - 0,704 = 0,296 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat rencana agregat halus} \quad : 0,296 \times 2730 = 808,1 \text{ k}$$

Perhitungan berat bagi setiap m³ beton adalah

Semen : 379,63 kg

Air : 205 kg

Agregat Halus : 808,1 kg

Agregat kasar : 975 kg

Konversi Ke kondisi lapangan

Pasir $(100+3,89)/(100+0,74) \times 808,1 = 833,37$ kg

Kerikil $(100+ 1,5)/(100+1,9415) \times 975 = 970,78$ kg

Air $(205 + (808,1- 833,37)+(975-970,78)) = 183,95$ kg

PC = 379,63 kg

KEBUTUHAN COR UNTUK 1 SILINDER

PC = $0,0052 \times 379,63 \times 1,2 = 2,37$ kg

Agregat Kasar = $0,0052 \times 970,78 \times 1,2 = 6,06$ kg

Agregat Halus = $0,0052 \times 833,37 \times 1,2 = 5,2$ kg

Air = $0,0052 \times 183,95 \times 1,2 = 1,15$ kg

PET 0,5% = 1,033 kg

Bottom Ash 0 % dari berat semen = $0,0118$ kg = 11,8 gr

Bottom Ash 7 % dari berat semen = $0,0237$ kg = 23,7 gr

Bottom Ash 14 % dari berat semen = 0,0355 kg = 35,55 gr

Bottom Ash 21 % dari berat semen = 0,047 kg = 47 gr

KEBUTUHAN COR UNTUK 1 SILINDER

Tabel 4.22 Kombinasi mix design beton normal dengan penambahan PET 0,5 %

Agregat	Tanpa PET		PET 0,5 %	
	Kg	%	Kg	%
Semen	2,37	16,04	2,35	1,598
Pasir	5,2	35,18	51,632	3,493
krikil	6,06	41,00	601,738	40,713
Air	1,15	7,78	114,183	7,726
PET				
Σ	14,78	100	1,477,587	100

Jadi kebutuhan PET untuk volume silinder 30 x 15 = 0,10346 kg = gr

Tabel 4.23 Kebutuhan Bottom Ash antar variasi

BERAT SEMEN kg	BOTTOM ASH		
	Variasi	Kg	Gr
5,2	0%	0	0
5,2	7 %	0,0118	11,8
5,2	14%	0,0237	23,7
5,2	21 %	0,0355	35,55
5,2	28%	0,047	47

BAB V

HASIL DAN ANALISA DATA PENELITIAN

5.1 Data Dan Hasil Pengujian Sifat Mekanis Beton

5.1.1 Data Pengujian Kuat Tekan

Untuk pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji silinder 15x30 cm pada setiap beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5% dan campuran *bottom ash* 0%,5%,14%,21% dan 28% pada umur beton 28 hari. Terdapat 5 kelakuan penambahan bahan tambahan yang masing-masing perlakuan berjumlah 16 benda uji dengan variasi bahan tambah yang berbeda. Berikut merupakan salah satu perhitungan yang menggunakan data kuat tekan beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,7% dengan variasi *bottom ash* 0% bisa dilihat pada tabel 5.1 berikut perhitungannya:

$$f_c' = \frac{P}{A.Fu} = \frac{P}{3,14 \times r^2 \cdot l} = \frac{500000}{3,14 \times 75^2 \cdot 1} = 28,308 \text{ MPa}$$

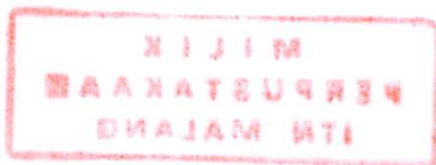
a) Analisa Perhitungan Kuat Tekan Beton

Kuat Tekan Rata-rata :

$$f_{c'r} = \frac{\sum_i^n f_{c'i}}{n} = \frac{442,463}{16} = 27,654 \text{ MPa}$$

b) Standart Deviasi:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_i^n (f_{c'i} - f_{c'r})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{14,059}{16 - 1}} = 0,968 \text{ MPa}$$



0000

REKAM DOKUMEN DAN PERBUKUAN

21. Data dan Hasil Pengujian Sifat Mekanik Beton

21.1 Data Pengujian Beton

Hasil pengujian beton yang dilakukan pada beton pada umur 28 hari dan pada umur 90 hari. Untuk mengetahui pengaruh dari umur beton terhadap kuat tekan beton. Dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat bahwa kuat tekan beton pada umur 28 hari dan 90 hari berbeda-beda. Hal ini disebabkan karena pada umur 28 hari beton masih dalam proses penguatan, sedangkan pada umur 90 hari beton sudah mencapai penguatan maksimum. Hal ini dapat dilihat dari grafik kuat tekan beton pada umur 28 hari dan 90 hari yang menunjukkan bahwa kuat tekan beton pada umur 90 hari lebih tinggi daripada kuat tekan beton pada umur 28 hari.

21.2 Grafik Momen dan Geser

$$M = \frac{1}{2} \times P \times L \times \left(\frac{L}{2} - x \right)$$

dimana: M = Momen (kgm)

P = Beban (kg)

$$V = P - \frac{1}{2} \times P \times \frac{L}{x}$$

dimana: V = Geser (kg)

$$\sigma = \frac{M}{I} \times y$$

c) Kuat tekan karakteristik beton :

$$\begin{aligned}f'_{cr} &= f_c'r - 1,34 \times s \\ &= 27.654 - 1.34 \times 1.123 = 26.149 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f'_{cr} &= f_c'r - (2,33 \times s + 3,5) \\ &27.654 - (2.33 \times 1.123 + 3.5) = 21.54 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Untuk kuat tekan karakteristik beton (PET) 0,5% dengan *bottom ash* 0% nilai f'_{cr} sebesar **21,54 MPa**. Selanjutnya hasil perhitungan kuat tekan beton rata-rata *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5% dan semua variasi *bottom ash* dapat dilihat pada (Tabel 5.1, Tabel 5.2, Tabel 5.3, Tabel 5.4, Tabel 5.5 dan Grafik perbedaan nilai 5.1) adalah sebagai berikut:

:

Tabel 5.1 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Poly Ethylene Terephthalate 0,5% Dengan Variasi Bottom Ash 0%

No	Tanggal Buat	Tanggal Tes	Umur (hari)	Ukuran Benda uji	Berat (kg)	Tekan Hancur (kg)	Tegangan Hancur (MPa)	fc'r (MPa)	(fc'-fc'r) ²	s (MPa)	fc' (MPa)
1	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,01	500000	28,31	27,37	0,88	4,67	21,12
2	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,06	450000	25,48		3,58		
3	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,12	450000	25,48		3,58		
4	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,11	520000	29,44		4,29		
5	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,37	600000	33,97		43,55		
6	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,98	230000	13,02		205,89		
7	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,75	500000	28,31		0,88		
8	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,66	490000	27,74		0,14		
9	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,99	510000	28,87		2,26		
10	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,06	450000	25,48		3,58		
11	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,99	515000	29,16		3,19		
12	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,96	590000	33,40		36,40		
13	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,77	450000	25,48		3,58		
14	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,95	440000	24,91		6,05		
15	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,66	520000	29,44		4,29		
16	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,98	520000	29,44		4,29		
Jumlah							437,93		326,43		

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.2 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Poly Ethylene Terephthalate 0,5% Dengan Variasi Bottom Ash 7%

No	Tanggal Buat	Tanggal Tes	Umur (hari)	Ukuran Benda uji	Berat (kg)	Tekan Hancur (kg)	Tegangan Hancur (MPa)	fc'r (MPa)	(fc'-fc'r) ²	s (MPa)	fc' (MPa)
1	18/05/2012	14/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,81	600000	33,97	28,63	28,55	3,81	33,65
2	18/05/2012	14/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,01	350000	19,82		77,63		
3	18/05/2012	14/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,98	520000	29,44		0,66		
4	18/05/2012	14/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,89	510000	28,87		0,06		
5	18/05/2012	14/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,67	530000	30,01		1,90		
6	18/05/2012	14/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,92	560000	31,71		9,48		
7	18/05/2012	14/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,35	540000	30,57		3,79		
8	18/05/2012	14/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,79	515000	29,16		0,28		
9	18/05/2012	14/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,99	500000	28,31		0,10		
10	18/05/2012	14/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,19	520000	29,44		0,66		
11	18/05/2012	14/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,78	540000	30,57		3,79		
12	18/05/2012	14/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,11	520000	29,44		0,66		
13	18/05/2012	14/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,09	340000	19,25		87,93		
14	18/05/2012	14/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,99	515000	29,16		0,28		
15	18/05/2012	14/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,99	500000	28,31		0,10		
16	18/05/2012	14/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,11	530000	30,01		1,90		
Jumlah							458,03		217,79		

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.3 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Poly Ethylene Terephthalate 0,5% Dengan Variasi Bottom Ash 14%

No	Tanggal Buat	Tanggal Tes	Umur (hari)	Ukuran Benda uji	Berat (kg)	Tekan Hancur (kg)	Tegangan Hancur (MPa)	fc'r (MPa)	(fc'-fc'r) ²	s (MPa)	fc' (MPa)
1	24/05/2012	21/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,8	600000	33,97	29,26	22,15	2,05	34,91
2	24/05/2012	21/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,64	520000	29,44		0,03		
3	24/05/2012	21/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,66	410000	23,21		36,61		
4	24/05/2012	21/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,65	525000	29,72		0,21		
5	24/05/2012	21/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,96	520000	29,44		0,03		
6	24/05/2012	21/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,85	520000	29,44		0,03		
7	24/05/2012	21/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,79	540000	30,57		1,71		
8	24/05/2012	21/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,8	510000	28,87		0,15		
9	24/05/2012	21/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,82	510000	28,87		0,15		
10	24/05/2012	21/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,73	510000	28,87		0,15		
11	24/05/2012	21/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,96	505000	28,59		0,45		
12	24/05/2012	21/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,89	530000	30,01		0,55		
13	24/05/2012	21/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,83	510000	28,87		0,15		
14	24/05/2012	21/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,82	510000	28,87		0,15		
15	24/05/2012	21/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,8	520000	29,44		0,03		
16	24/05/2012	21/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,72	530000	30,01		0,55		
Jumlah							468,22		63,13		

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.4 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Poly Ethylene Terephthalate 0,5% Dengan Variasi Bottom Ash 21%

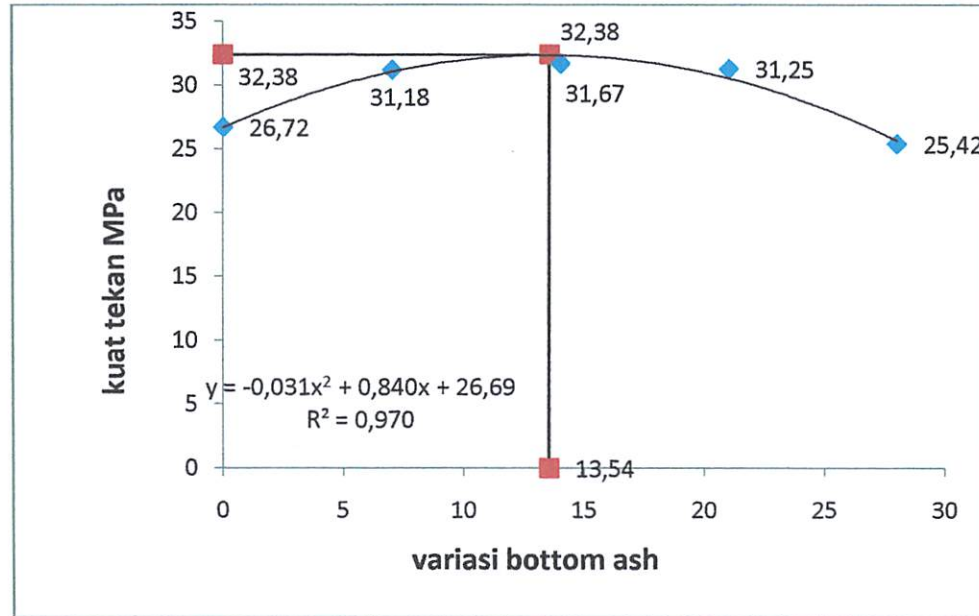
No	Tanggal Buat	Tanggal Tes	Umur (hari)	Ukuran Benda uji	Berat (kg)	Tekan Hancur (kg)	Tegangan Hancur (MPa)	fc'r (MPa)	(fc'-fc'r) ²	s (MPa)	fc' (MPa)
1	26/05/2012	23/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,93	535000	30,29	28,93	1,86	3,31	32,14
2	26/05/2012	23/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,09	540000	30,57		2,71		
3	26/05/2012	23/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,72	500000	28,31		0,38		
4	26/05/2012	23/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,85	530000	30,01		1,16		
5	26/05/2012	23/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,03	520000	29,44		0,26		
6	26/05/2012	23/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,77	525000	29,72		0,63		
7	26/05/2012	23/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,01	520000	29,44		0,26		
8	26/05/2012	23/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,88	525000	29,72		0,63		
9	26/05/2012	23/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,89	520000	29,44		0,26		
10	26/05/2012	23/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,92	500000	28,31		0,38		
11	26/05/2012	23/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,93	300000	16,99		142,63		
12	26/05/2012	23/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,93	500000	28,31		0,38		
13	26/05/2012	23/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,93	530000	30,01		1,16		
14	26/05/2012	23/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,9	530000	30,01		1,16		
15	26/05/2012	23/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,8	540000	30,57		2,71		
16	26/05/2012	23/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,98	560000	31,71		7,72		
Jumlah							462,85		164,32		

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.5 Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Poly Ethylene Terephthalate 0,5% Dengan Variasi Bottom Ash 28%

No	Tanggal Buat	Tanggal Tes	Umur (hari)	Ukuran Benda uji	Berat (kg)	Tekan Hancur (kg)	Tegangan Hancur (MPa)	fc'r (MPa)	(fc'-fc'r) ²	s (MPa)	fc' (MPa)
1	28/05/2012	25/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,47	410000	23,21	23,64	0,18	2,76	23,18
2	28/05/2012	25/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,24	345000	19,53		16,85		
3	28/05/2012	25/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,63	425000	24,06		0,18		
4	28/05/2012	25/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,41	420000	23,78		0,02		
5	28/05/2012	25/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,36	560000	31,71		65,09		
6	28/05/2012	25/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,47	410000	23,21		0,18		
7	28/05/2012	25/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,53	390000	22,08		2,42		
8	28/05/2012	25/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,61	425000	24,06		0,18		
9	28/05/2012	25/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,27	415000	23,50		0,02		
10	28/05/2012	25/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,46	400000	22,65		0,98		
11	28/05/2012	25/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,49	400000	22,65		0,98		
12	28/05/2012	25/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,29	335000	18,97		21,82		
13	28/05/2012	25/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,48	440000	24,91		1,62		
14	28/05/2012	25/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,43	440000	24,91		1,62		
15	28/05/2012	25/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,38	425000	24,06		0,18		
16	28/05/2012	25/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,45	440000	24,91		1,62		
Jumlah							378,20		113,96		

Sumber : Data Hasil Penelitian



Grafik 5.1 Nilai Kuat Tekan Beton Poly Ethylene Terephthalate 0,5% Pada Semua Variasi Bottom Ash

5.1.2 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Untuk pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada benda uji silinder 15 x 30 cm pada umur 28 hari. Pada setiap variasi jumlah benda uji untuk kuat tarik belah berjumlah 4 benda uji.

Berikut merupakan salah satu perhitungan yang menggunakan data kuat tarik belah beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5% dengan variasi *bottom ash* 0% bisa dilihat pada tabel 5.6 berikut perhitungannya:

$$a) \quad f_{ct} = \frac{2.P}{\pi.d.L} = \frac{2 \times 215000}{3,14 \times 150 \times 300} = 31,02 \text{ Mpa}$$

Dimana : P = Beban maksimum (N)

d = Diameter benda uji (mm)

L = Panjang benda uji (mm)

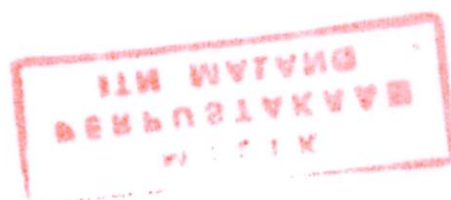
f_{ct} = Kuat Tarik Belah (MPa)

b) Kuat tarik belah rata – rata :

$$\begin{aligned} \text{Tarik belah rata - rata} &= \frac{\sum \sigma}{n} \\ &= \frac{11,74}{4} \\ &= 2,94 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Selanjutnya hasil perhitungan kuat tarik belah beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5% dan semua variasi *bottom ash* untuk semua perlakuan dapat dilihat pada (Tabel 5.6, Tabel 5.7, Tabel 5.8, Tabel 5.9, Tabel 5.10 dan Grafik 5.2) adalah sebagai berikut:





Служба за заштиту грађана

Београд, Београдска 11, 11000 Београд, Србија, Контакт: 011 2612 1111

Служба за заштиту грађана је једини званични канал за пријаву и пратилац случајева корупције у Србији.

Служба за заштиту грађана је једини званични канал за пријаву и пратилац случајева корупције у Србији.

Tabel 5.6 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Poly Ethylene Terephthalate 0,5% Dengan Variasi Bottom Ash 0%

No.	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Bentuk Benda Uji	Berat (kg)	Tek. Hancur (N)	Teg. Hancur (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
1	18/05/2012	15/05/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,61	200000	6463,93	6706,33
2	18/05/2012	15/05/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,75	210000	6787,13	
3	18/05/2012	15/05/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,81	205000	6625,53	
4	18/05/2012	15/05/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,85	215000	6948,73	
Jumlah							26825,32	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.7 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Poly Ethylene Terephthalate 0,5% Dengan Variasi Bottom Ash 7%

No.	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Bentuk Benda Uji	Berat (kg)	Tek. Hancur (N)	Teg. Hancur (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
1	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,95	190000	6140,74	6787,13
2	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,25	230000	7433,52	
3	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,05	220000	7110,33	
4	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,09	200000	6463,93	
Jumlah							27148,52	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.8 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Poly Ethylene Terephthalate 0,5% Dengan Variasi Bottom Ash 14%

No.	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Bentuk Benda Uji	Berat (kg)	Tek. Hancur (N)	Teg. Hancur (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
1	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,66	200000	6463,93	6827,53
2	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,73	210000	6787,13	
3	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,75	225000	7271,92	
4	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,63	210000	6787,13	
							27310,12	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.9 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Poly Ethylene Terephthalate 0,5% Dengan Variasi Bottom Ash 21%

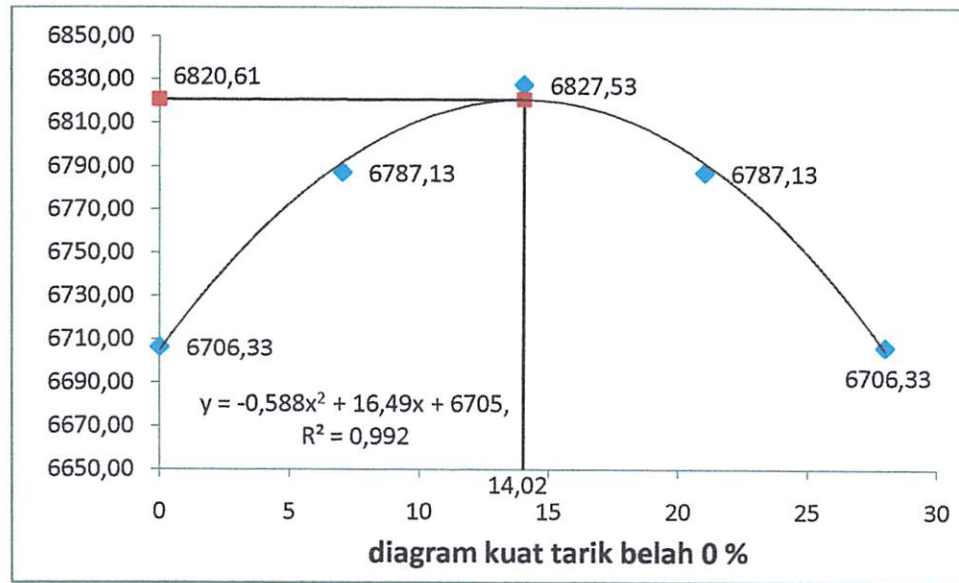
No.	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Bentuk Benda Uji	Berat (kg)	Tek. Hancur (N)	Teg. Hancur (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
1	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,92	200000	6463,93	6787,13
2	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,92	210000	6787,13	
3	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,77	220000	7110,33	
4	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,88	210000	6787,13	
							27148,52	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.10 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Poly Ethylene Terephthalate 0,5% Dengan Variasi Bottom Ash 28%

No.	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Bentuk Benda Uji	Berat (kg)	Tek. Hancur (N)	Teg. Hancur (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
1	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,07	220000	7110,33	6706,33
2	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,91	200000	6463,93	
3	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,69	200000	6463,93	
4	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,82	210000	6787,13	
							26825,32	

Sumber : Data Hasil Penelitian



Grafik 5.2 Nilai Kuat Tarik Belah Beton Poly Ethylene Terephthalate 0,5% Dengan Semua Variasi Bottom Ash

5.1.3 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Untuk pengujian modulus elastisitas beton ini dilakukan pada benda uji silinder 15 x 30 cm dengan umur beton 28 hari, Terdapat 4 kelakuan penambahan bahan tambahan yang masing-masing perlakuan berjumlah 16 benda uji dengan variasi bahan tambah yang berbeda. Sebagai penjelasan dari analisa tersebut dibuat salah satu perhitungan dengan menggunakan data modulus elastisitas beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5% dengan perlakuan penambahan *bottom ash* 0% bisa dilihat pada Tabel 5.11 berikut perhitungan modulus elastisitas:

- a) Perhitungan Regangan Beton (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{1,50}{300} = 0,005$$

- b) Perhitungan Kuat Tekan Beton (f_c')

$$f_c' = \frac{P}{A} = \frac{P}{3,14 \times r^2} = \frac{500000}{3,14 \times 75^2} = 28,31 \text{ MPa}$$

- c) Perhitungan Modulus Elastisitas Beton

$$\begin{aligned} E_c &= \frac{f_c'}{\epsilon} \\ &= \frac{29,44}{0,005} \\ &= 5888,18 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- d) Perhitungan Modulus Elastisitas Teoritis

$$\begin{aligned} E_t &= 4700 \times \sqrt{f_c'} \\ &= 4700 \times \sqrt{29,44} \\ &= 25501,56 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dimana :

ϵ = Regangan

ΔL = Perubahan tinggi akhir dari benda uji (mm)

L = Tinggi benda uji (mm)

f_c' = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji (mm^2)

E_c = Modulus elastisitas (MPa)

E_t = Modulus elastisitas teoritis (MPa)

Selanjutnya hasil perhitungan modulus elastisitas untuk semua perlakuan dapat dilihat pada (Tabel 5.11, Tabel 5.12, Tabel 5.13, Tabel 5.14, Tabel 5.15 dan Grafik 5.3) adalah sebagai berikut :

Tabel 5.11 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Poly Ethylene Terephthalate 0,5% Dengan Variasi Bottom Ash 0%

No.	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Bentuk Benda Uji	Berat (kg)	P (N)	L (mm)	ΔL (mm)	ϵ	f_c (MPa)	E_c (MPa)	E teoritis (MPa)	Rata-rata
1	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,85	500000	200	1,50	0,00750	28,31	3774,48	25006,72	4164,57
2	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,8	450000	200	1,30	0,00650	25,48	3919,65	23723,46	
3	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,83	450000	200	1,20	0,00600	25,48	4246,28	23723,46	
4	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,12	520000	200	1,30	0,00650	29,44	4529,37	25501,95	
5	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,04	600000	200	1,10	0,00550	33,97	6176,41	27393,49	
6	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,01	230000	200	1,20	0,00600	13,02	2170,32	16960,38	
7	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,93	500000	200	1,30	0,00650	28,31	4355,16	25006,72	
8	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,01	490000	200	1,40	0,00700	27,74	3963,20	24755,39	
9	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,02	510000	200	1,20	0,00600	28,87	4812,46	25255,55	
10	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,75	450000	200	1,30	0,00650	25,48	3919,65	23723,46	
11	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,03	515000	200	1,10	0,00550	29,16	5301,42	25379,05	
12	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,14	590000	200	1,20	0,00600	33,40	5567,35	27164,25	
13	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,89	450000	200	1,40	0,00700	25,48	3639,67	23723,46	
14	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,9	440000	200	1,60	0,00800	24,91	3113,94	23458,38	
15	18/05/2012	15/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,86	520000	200	1,70	0,00850	29,44	3463,64	1593,87	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.12 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Poly Ethylene Terephthalate 0,5% Dengan Variasi Bottom Ash 7%

No.	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Bentuk Benda Uji	Berat (kg)	P (N)	L (mm)	ΔL (mm)	ϵ	f_c (MPa)	E_c (MPa)	E teoritis (MPa)	Rata-rata (MPa)
1	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,81	600000	200	1,10	0,00550	33,97	6176,41	27393,49	4423,39
2	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,01	350000	200	1,20	0,00600	19,82	3302,67	20922,13	
3	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,98	520000	200	1,30	0,00650	29,44	4529,37	25501,95	
4	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,89	510000	200	1,10	0,00550	28,87	5249,95	25255,55	
5	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,67	530000	200	1,10	0,00550	30,01	5455,83	25746,00	
6	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,92	560000	200	1,40	0,00700	31,71	4529,37	26464,63	
7	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,35	540000	200	1,30	0,00650	30,57	4703,58	25987,75	
8	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,79	515000	200	1,30	0,00650	29,16	4485,82	25379,05	
9	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,99	500000	200	1,20	0,00600	28,31	4718,09	25006,72	
10	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,19	520000	200	1,10	0,00550	29,44	5352,89	25501,95	
11	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,78	540000	200	1,60	0,00800	30,57	3821,66	25987,75	
12	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,11	520000	200	1,50	0,00750	29,44	3925,45	25501,95	
13	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,09	340000	200	1,40	0,00700	19,25	2749,97	20621,07	
14	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,99	515000	200	1,50	0,00750	29,16	3887,71	25379,05	
15	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,99	500000	200	1,30	0,00650	28,31	4355,16	25006,72	
16	20/05/2012	17/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,11	530000	200	1,70	0,00850	30,01	3530,24	25746,00	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.13 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Poly Ethylene Terephthalate 0,5% Dengan Variasi Bottom Ash 14%

No.	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Bentuk Benda Uji	Berat (kg)	P (N)	L (mm)	ΔL (mm)	ϵ	f_c (MPa)	E_c (MPa)	E teoritis (MPa)	Rata-rata (MPa)
1	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,8	600000	200	1,10	0,00550	33,97	6176,41	27393,49	4449,27
2	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,64	520000	200	1,45	0,00725	29,44	4060,81	25501,95	
3	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,66	410000	200	1,40	0,00700	23,21	3316,15	22644,55	
4	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,65	525000	200	1,20	0,00600	29,72	4954,00	25624,27	
5	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,96	520000	200	1,20	0,00600	29,44	4906,82	25501,95	
6	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,85	520000	200	1,30	0,00650	29,44	4529,37	25501,95	
7	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,79	540000	200	1,10	0,00550	30,57	5558,77	25987,75	
8	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,8	510000	200	1,30	0,00650	28,87	4442,27	25255,55	
9	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,82	510000	200	1,50	0,00750	28,87	3849,96	25255,55	
10	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,73	510000	200	1,40	0,00700	28,87	4124,96	25255,55	
11	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,96	505000	200	1,30	0,00650	28,59	4398,72	25131,44	
12	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,89	530000	200	1,50	0,00750	30,01	4000,94	25746,00	
13	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,83	510000	200	1,20	0,00600	28,87	4812,46	25255,55	
14	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,82	510000	200	1,50	0,00750	28,87	3849,96	25255,55	
15	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,8	520000	200	1,40	0,00700	29,44	4205,84	25501,95	
16	23/05/2012	20/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,72	530000	200	1,50	0,00750	30,01	4000,94	25746,00	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.14 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Poly Ethylene Terephthalate 0,5% Dengan Variasi Bottom Ash 21%

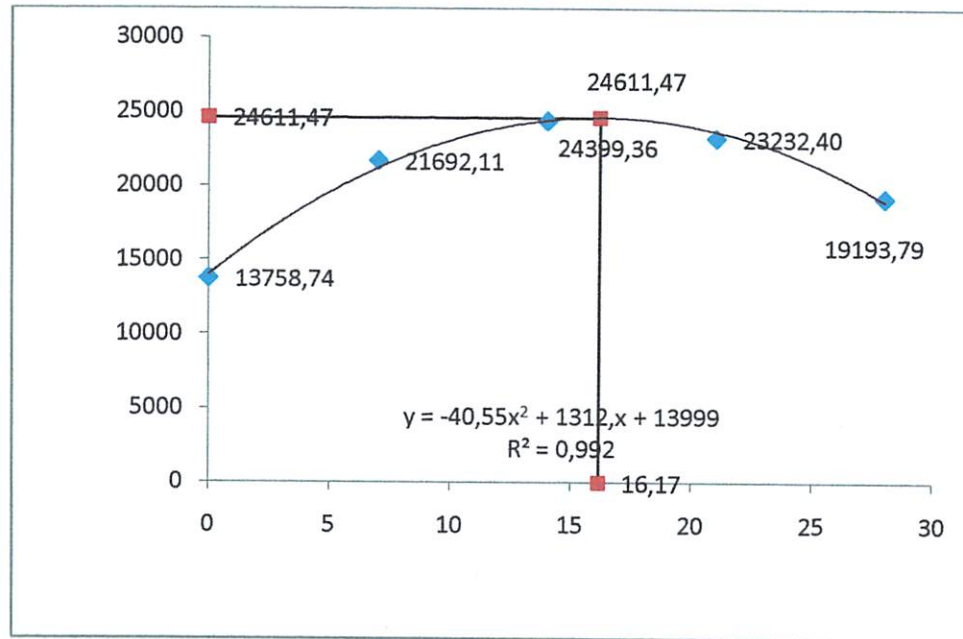
No.	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Bentuk Benda Uji	Berat (kg)	P (N)	L (mm)	ΔL (mm)	ϵ	f_c (MPa)	E_c (MPa)	E teoritis (MPa)	Rata-rata (MPa)
1	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,93	535000	200	1,80	0,00900	30,29	3365,57	25867,15	3620,01
2	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,09	540000	200	1,70	0,00850	30,57	3596,85	25987,75	
3	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,72	500000	200	1,60	0,00800	28,31	3538,57	25006,72	
4	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,85	530000	200	1,40	0,00700	30,01	4286,73	25746,00	
5	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,03	520000	200	1,55	0,00775	29,44	3798,83	25501,95	
6	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,77	525000	200	1,50	0,00750	29,72	3963,20	25624,27	
7	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	13,01	520000	200	1,40	0,00700	29,44	4205,84	25501,95	
8	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,88	525000	200	1,60	0,00800	29,72	3715,50	25624,27	
9	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,89	520000	200	1,50	0,00750	29,44	3925,45	25501,95	
10	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,92	500000	200	1,60	0,00800	28,31	3538,57	25006,72	
11	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,93	300000	200	1,60	0,00800	16,99	2123,14	19370,12	
12	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,93	500000	200	1,50	0,00750	28,31	3774,48	25006,72	
13	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,93	530000	200	2,10	0,01050	30,01	2857,82	25746,00	
14	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,9	530000	200	1,50	0,00750	30,01	4000,94	25746,00	
15	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,8	540000	200	1,65	0,00825	30,57	3705,85	25987,75	
16	27/05/2012	24/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,98	560000	200	1,80	0,00900	31,71	3522,84	26464,63	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.15 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Poly Ethylene Terephthalate 0,5% Dengan Variasi Bottom Ash 28%

No.	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Bentuk Benda Uji	Berat (kg)	P (N)	L (mm)	ΔL (mm)	ϵ	f'c (MPa)	E _c (MPa)	E teoritis (MPa)	Rata-rata (MPa)
1	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,47	410000	200	1,50	0,00750	23,21	3095,07	21657,60	1361,77
2	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,24	345000	200	1,20	0,00600	19,53	3255,48	21798,60	
3	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,63	425000	200	1,15	0,00575	24,06	4184,74	21944,30	
4	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,41	420000	200	1,20	0,00600	23,78	3963,20	21220,50	
5	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,36	560000	200	1,25	0,00625	31,71	5072,89	20924,40	
6	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,47	410000	200	1,20	0,00600	23,21	3868,84	21511,90	
7	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,53	390000	200	1,15	0,00575	22,08	3840,12	20313,40	
8	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,61	425000	200	1,20	0,00600	24,06	4010,38	22226,30	
9	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,27	415000	200	1,20	0,00600	23,50	3916,02	23857,20	
10	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,46	400000	200	1,10	0,00550	22,65	4117,61	21798,60	
11	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,49	400000	200	1,20	0,00600	22,65	3774,48	21657,60	
12	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,29	335000	200	1,25	0,00625	18,97	3034,68	21798,60	
13	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,48	440000	200	1,20	0,00600	24,91	4151,92	21511,90	
14	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,43	440000	200	1,10	0,00550	24,91	4529,37	21657,60	
15	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,38	425000	200	1,30	0,00650	24,06	3701,89	22508,30	
16	30/05/2012	27/06/2012	28	Silinder 15x30 cm	12,45	440000	200	1,20	0,00600	24,91	4151,92	22226,30	

Sumber : Data Hasil Penelitian



Grafik 5.3 Nilai Modulus Elastisitas Beton Poly Ethylene Terephthalate 0,5% Dengan Semua Variasi Bottom Ash

5.2 Pengujian Interval Kepercayaan

Data-data penelitian yang telah dikumpulkan kemudian diuji dengan pengujian interval kepercayaan, dimana tujuannya adalah untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan (*sudjana, 1982*)

Dalam pengujian ini, digunakan interval konfiden **95%**. Hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah sebesar 5%, sedangkan sisanya (95%) adalah data-data yang dapat dipercaya. Data-data yang tidak memenuhi syarat kemudian dibuang, sehingga tertinggal data-data valid yang siap untuk diuji secara statistik.

5.2.1 Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tekan

Dibawah ini adalah data pengujian interval kepercayaan untuk kuat tekan pada setiap variasi lihat (Tabel 5.16) data – datanya adalah sebagai berikut:

Tabel 5.16 Data Pengujian Kuat Tekan

No	Kuat Tekan (MPa)				
Variasi bottom ash	0%	7%	14%	21%	28%
1	28,31	33,97	33,97	30,29	23,21
2	25,48	19,82	29,44	30,57	19,53
3	25,48	29,44	23,21	28,31	24,06
4	29,44	28,87	29,72	30,01	23,78
5	33,97	30,01	29,44	29,44	31,71
6	13,02	31,71	29,44	29,72	23,21
7	28,31	30,57	30,57	29,44	22,08
8	27,74	29,16	28,87	29,72	24,06
9	28,87	28,31	28,87	29,44	23,5
10	25,48	29,44	28,87	28,31	22,65
11	29,16	30,57	28,59	16,99	22,65
12	33,4	29,44	30,01	28,31	18,97
13	25,48	19,25	28,87	30,01	24,91
14	24,91	29,16	28,87	30,01	24,91
15	29,44	28,31	29,44	30,57	24,06

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data pada (Tabel 5.16) data yang menjelaskan cara perhitungan adalah data pada beton PET 0,5% dan *bottom ash* 7% adalah sebagai berikut:

$$a) X = \frac{\text{Jumlah Tegang Hancur}}{n}$$

$$= \frac{33,97 + 28,31}{16} = 28,63 \text{ Mpa}$$

$$b) s = \sqrt{\frac{((33,97 - 28,63)^2 + \dots + (28,31 - 28,63)^2)}{16 - 1}}$$

$$= 2,66 \text{ Mpa}$$

$$c) P = \frac{1}{2} (1 + 0,95) = 0,975$$

$$d) dk = n - 1 = 16 - 1 = 15$$

$$e) t_{0,975} = 2.131 (\text{table student})$$

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi

P = Persentil

$t_{0,975}$ = nilai t pada persentil 0,975

f) Maka interval kepercayaannya adalah :

$$= x - \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$

$$= 28,63 - \left(2.131 \times \frac{2,66}{\sqrt{16}} \right) < \mu < 28,63 + \left(2.131 \times \frac{2,66}{\sqrt{16}} \right)$$

$$= 36,39 < \mu < 40,08$$

Dengan cara yang serupa kita dapat mencari interval kepercayaan untuk semua parameter dengan variasi yang sudah ditentukan. Di bawah ini adalah interval kepercayaan kuat tekan beton PET dan bottom ash lihat (Tabel 5.17) berikut:

Tabel 5.17 Interval Kepercayaan Kuat Tekan Pada Beton Poly Ethylene Terephthalate (PET) 0,5% Dengan Semua Variasi Bottom Ash

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
0%	27,49	5,41	0,975	15	2,131	25.93	$< \mu <$	29.06
7%	28,63	4,42	0,975	15	2,131	26.60	$< \mu <$	30.66
14%	29,26	2,38	0,975	15	2,131	26.88	$< \mu <$	30.90
21%	28,93	3,83	0,975	15	2,131	26.96	$< \mu <$	30.58
28%	23,64	3,19	0,975	15	2,131	22.17	$< \mu <$	25.11

Sumber : Data Hasil Penelitian

maka data pada variasi *bottom ash* 0% yang memenuhi syarat berjumlah 13 buah, pada variasi *bottom ash* 7% yang memenuhi syarat berjumlah 12 buah, pada variasi *bottom ash* 14% yang memenuhi syarat berjumlah 13 buah, pada variasi *bottom ash* 21% yang memenuhi syarat berjumlah 14 buah, dan pada variasi *bottom ash* 28% yang memenuhi syarat berjumlah 12 buah, setelah di sortir maka datanya lihat (Tabel 5.18) berikut:

Tabel 5.18 Data Pengujian Kuat Tekan Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan

Variasi bottom Ash	0%	7%	14%	21%	28%
1	28,31	29,44	29,44	30,29	23,21
2	25,48	28,87	29,72	30,57	24,06
3	25,48	30,01	29,44	28,31	23,78
4	29,44	30,57	29,44	30,01	23,21
5	28,31	29,16	28,87	29,44	24,06
6	27,74	28,31	28,87	29,72	23,5
7	28,87	29,44	28,87	29,44	22,65
8	25,48	30,57	28,59	29,72	22,65
9	29,16	29,44	30,01	29,44	24,91
10	25,48	29,16	28,87	28,31	24,91
11	24,91	28,31	28,87	28,31	24,06
12	29,44	30,01	29,44	30,01	24,91
13	29,44		30,01	30,01	
14				30,57	
15					
16					

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.2.2 Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah

Data pengujian interval kepercayaan untuk kuat tarik belah lihat (Tabel

5.19) adalah sebagai berikut:

Tabel 5.19 Data Pengujian Kuat Tarik Belah

No.	Kuat Tarik Belah (MPa)				
Variasi	0%	7%	14%	21%	28%
1	2,83	2,69	2,83	2,83	3,11
2	2,97	3,26	2,97	2,97	2,83
3	2,90	3,11	3,18	3,11	2,83
4	3,04	2,83	2,97	2,97	2,97

Dari data pada (Tabel 5.19) diatas yang menjelaskan cara perhitungan adalah data pada beton PET 0,5% dan *bottom ash* 14%, perhitunganya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{a) } X &= \frac{\text{Jumlah Kuat Tarik Belah}}{n} \\ &= \frac{2,83+2,97+2,90+3,04}{4} \\ &= 2,95 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } s &= \sqrt{\frac{((2,83-2,95)^2 + \dots + (3,04-2,95)^2)}{4-1}} \\ &= 0,31 \end{aligned}$$

$$\text{c) } P = \frac{1}{2} (1 + 0,95) = 0,975$$

$$\text{d) } dk = n - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$\text{e) } t_{0,975} = 3,182 \text{ (tabel distribusi t)}$$

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standart deviasi

P = Persentil

$t_{0,975}$ = Nilai t pada persentil 0,975

f) Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned} &= x - \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\ &= 2,937 - \left(3,182 \times \frac{0,220}{\sqrt{4}} \right) < \mu < 2,937 + \left(3,182 \times \frac{0,220}{\sqrt{4}} \right) \\ &= 2,587 < \mu < 3,287 \end{aligned}$$

Dengan cara yang serupa kita dapat mencari interval kepercayaan untuk semua parameter dengan variasi yang sudah ditentukan. Dibawah ini adalah interval kepercayaan untuk semua perhitungan lihat (Tabel 5.20) berikut:

Tabel 5.20 Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah Pada Beton PET 0,5% Dengan Semua Variasi Bottom Ash

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
0%	2.803	208,62	0,975	3	3.182	6.375	$< \mu <$	7.038
7%	2.972	590,07	0,975	3	3.182	5.849	$< \mu <$	7.725
14%	2.990	333,14	0,975	3	3.182	6.298	$< \mu <$	7.357
21%	2.972	263,89	0,975	3	3.182	6.368	$< \mu <$	7.207
28%	2.937	309,44	0,975	3	3.182	6.214	$< \mu <$	7.198

Sumber : Data Hasil Penelitian

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk di atas maka data pada hasil kuat tarik belah pada semua variasi, semua memenuhi syarat maka datanya sebagai berikut lihat (Tabel 5.21)

Tabel 5.21 Data Pengujian Pada Kuat Tarik Belah Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan

No.	Kuat Tarik Belah (MPa)					
	Variasi	0%	7%	14%	21%	28%
1		2.831	2.972	3.326	2.689	2.194
2		2.788	3.539	2.902	2.760	2.760
3		2.831	3.255	3.326	2.689	1.699
4		2.760	3.255	3.255	3.043	2.265

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.2.3 Pengujian Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas

Dibawah ini data dan perhitungan pengujian interval kepercayaan untuk modulus elastisitas dengan variasi 0%, 7%, 14%, 21% dan 28% lihat (Tabel 5.22) berikut:

Tabel 5.22 Data Pengujian Modulus Elastisitas

No.	Modulus Elastisitas (MPa)				
	Variasi 0%	Variasi 7%	Variasi 14%	Variasi 21%	Variasi 28%
1	5888,18	5661,71	6001,42	5277,53	4246,28
2	5491,86	5414,01	5505,53	4869,07	5378,63
3	5823,48	5831,56	5641,49	4670,91	5686,33
4	6271,44	5467,09	5322,01	5338,19	5166,31
5	5435,24	6126,78	5378,63	4712,01	4959,66
6	4845,76	6187,44	5378,63	4982,31	5237,08
7	5823,48	6728,73	5150,33	5641,49	5390,94
8	4290,98	5831,56	6140,78	4564,76	5237,08
9	5762,81	5774,95	5435,24	4529,37	5307,86
10	5548,48	6187,44	5823,48	4925,69	5867,59
11	5944,8	5467,09	6206,11	4564,76	5307,86
12	2840,62	5831,56	5322,01	4925,69	5163,48
13	5148,62	6187,44	5702,15	4712,01	5237,08
14	5435,24	5774,95	5435,24	4869,07	5790,39
15	4795,8	5467,09	5823,48	5739,81	5291,52
16	5732,48	5395,28	5378,63	4925,69	5590,94

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data pada (Tabel 5.22) penjelasan perhitungan dibawah ini memakai variasi *bottom ash* 15%, perhitungan adalah sebagai berikut :

- $X = \frac{\text{Jumlah Modulus Elastisitas}}{n}$
 $= \frac{5888.18+5491.86+\dots+5732.48}{16}$
 $= 5317.45 \text{ MPa}$
 - $s = \sqrt{\frac{((5888.18-6317.45)^2 + \dots + (5732,48-5317.45)^2)}{16-1}}$
 $= 830,064$
 - $P = \frac{1}{2} (1 + 0,95) = 0,975$
 - $dk = n - 1 = 16 - 1 = 15$
 - $t_{0,975} = 2,131$ (tabel distribusi t)
- Dimana : X = Nilai rata-rata

- s = Standart deviasi
- P = Persentil
- $t_{0,975}$ = Nilai t pada persentil 0,975

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$= x - \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{16}} \right)$$

$$= 5317.45 - \left(2,131 \times \frac{830.064}{\sqrt{16}} \right) < \mu < 5317.45 + \left(2,131 \times \frac{830.064}{\sqrt{16}} \right)$$

$$= 4285.72 < \mu < 5898,21$$

Dengan cara yang serupa kita dapat mencari interval kepercayaan untuk semua parameter dengan variasi yang sudah ditentukan. Dibawah ini adalah (Tabel 5.23) interval kepercayaan untuk semua perhitungan:

Tabel 5.23 Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas Pada Beton PET 0,5% Dengan Semua Variasi Bottom Ash

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
0%	4164,57	830,06	0,975	15	2,131	4285,72	< μ <	5898,21
7%	4423,39	1055,43	0,975	15	2,131	5325,09	< μ <	6271,72
14%	4449,01	878,26	0,975	15	2,131	5107,89	< μ <	6301,94
21%	3620,01	942,8	0,975	15	2,131	4042.23	< μ <	5861,98
28%	1361,77	455,1	0,975	15	2,131	4235,21	< μ <	5726,86

Sumber : Data Hasil Penelitian

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk di atas maka data pada hasil modulus elastisitas pada semua variasi datanya sebagai berikut lihat (Tabel 5.24) berikut ini:

Tabel 5.24 Data Pengujian Pada Modulus Elastisitas Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

No.	Modulus Elastisitas (MPa)				
	Variasi 0%	Variasi 7%	Variasi 14%	Variasi 21%	Variasi 28%
1	5888,18	5661,71	6001,42	5277,53	4246,28
2	5491,86	5414,01	5505,53	4869,07	5378,63
3	5823,48	5831,56	5641,49	4670,91	5686,33
4	6271,44	5467,09	5322,01	5338,19	5166,31
5	5435,24	6126,78	5378,63	4712,01	4959,66
6	4845,76	6187,44	5378,63	4982,31	5237,08
7	5823,48	6728,73	5150,33	5641,49	5390,94
8	4290,98	5831,56	6140,78	4564,76	5237,08
9	5762,81	5774,95	5435,24	4529,37	5307,86
10	5548,48	6187,44	5823,48	4925,69	5867,59
11	5944,8	5467,09	6206,11	4564,76	5307,86
12	2840,62	5831,56	5322,01	4925,69	5163,48
13	5148,62	6187,44	5702,15	4712,01	5237,08
14	5435,24	5774,95	5435,24	4869,07	5790,39
15	4795,8	5467,09	5823,48	5739,81	5291,52
16	5732,48	5395,28	5378,63	4925,69	5590,94

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.3 Pengujian Hipotesis

5.3.1 Pengujian Hipotesis Kuat Tekan

Untuk melakukan pengujian hipotesis penelitian kuat tekan beton, maka dilakukan uji analisa varian satu arah untuk melihat apakah ada perbedaan nilai sifat mekanis beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5% dan *bottom ash* untuk semua variasi lihat (Tabel 5.25) berikut :

Tabel 5.25 Data Hasil Pengujian Nilai Kuat Tekan Beton Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

No.	Fly Ash 0%		Fly Ash 5%		Fly Ash 10%		Fly Ash 15%		Fly Ash 20%		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	28,31	801,46	29,44	867	29,44	867	30,29	917,48	23,21	539	
2	25,48	649,23	28,87	833,48	29,72	883,28	30,57	934,52	24,06	578,88	
3	25,48	649,23	30,01	900,60	29,44	866,71	28,31	801,46	23,78	565	
4	29,44	866,71	30,57	934,52	29,44	866,71	30,01	900,60	23,21	538,70	
5	28,31	801,46	29,16	850	28,87	833	29,44	866,71	24,06	578,88	
6	27,74	770	28,31	801	28,87	833,48	29,72	883,28	23,5	552,25	
7	28,87	833,48	29,44	867	28,87	833,48	29,44	867	22,65	513,02	
8	25,48	649,23	30,57	934,52	28,59	817,39	29,72	883,28	22,65	513	
9	29,16	850,31	29,44	866,71	30,01	900,60	29,44	867	24,91	620,51	
10	25,48	649,23	29,16	850,31	28,87	833,48	28,31	801,46	24,91	620,51	
11	24,91	620,51	28,31	801,46	28,87	833,48	28,31	801,46	24,06	579	
12	29,44	866,71	30,01	900,60	29,44	867	30,01	900,60	24,91	620,51	
13	29,44	866,71			30,01	901	30,01	900,60			
14							30,57	934,52			
15											
16											
SY	357,54		353,29		380,44		414,15		285,91		1791,33
SY²	9873,77		10407,39		11136,11		12259,40		6819,37		50496,04
n	13		12		13		14		12		64

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya dari perhitungan pada tabel 5.25 dicari nilai :

a) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\begin{aligned}\sum Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 \\ &= 9873,77 + 10407,39 + 11136,11 + 12259,40 + 6819,37 \\ &= 50498,15\end{aligned}$$

b) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$\begin{aligned}R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \\ &= \frac{(\sum Y)^2}{n_{total}} \\ &= \frac{1791,33^2}{64} \\ &= 50140,50\end{aligned}$$

c) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}P_y &= \left(\frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y \\ &= \left(\frac{481,53^2}{13} + \frac{353,29^2}{12} + \frac{380,44^2}{13} + \frac{414,15^2}{14} + \frac{285,91^2}{12} \right) - \\ &50138,49 \\ &= 293,06\end{aligned}$$

d) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}E_y &= \sum Y^2 - R_y - P_y \\ &= 50498,15 - 50140,50 - 293,06 = 64,59\end{aligned}$$

Keterangan :

Y = Data-data pengamatan

n = Banyak pengamatan

J = Jumlah dari data-data pengamatan

k = Variasi perlakuan

Setelah nilai-nilai di atas diperoleh maka dibuat (Tabel 5.26) analisa varian seperti dibawah ini:

Tabel 5.26 Analisa Varian Untuk Kuat Tekan

Sumber Variasi	DK	JK	KT
Rata-rata	1	50498,1496	50498,1496
Antar perlakuan	4	293,07	73,27
Dalam perlakuan	59	64,59	1,09
Jumlah	63		

Sumber : Data Hasil Penelitian

Nilai F dapat dicari dengan rumus : $F = \frac{KT \text{ (antar perlakuan)}}{KT \text{ (kekeliruan)}}$

$$F_{hitung} = \frac{73,27}{1,09} = 66,92$$

Dalam tabel fisher pada buku Statistika Untuk Penelitian (Sugiyono, 2012; 383), nilai $F_{tabel} (1,09 ; 4 ; 59) = 4,61$ Jadi nilai $F_{hitung} = 66,92 > F_{tabel} = 4,61$. Dengan demikian H_a diterima H_o ditolak, yang berarti bahwa adanya pengaruh dari penambahan *bottom ash* sebagai bahan tambah terhadap beton PET 0,5%.

5.3.2 Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Belah

Untuk melakukan pengujian hipotesis penelitian kuat tarik belah beton, maka dilakukan uji analisa varian satu arah untuk melihat apakah ada perbedaan nilai sifat mekanis beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5% dan *bottom ash* untuk semua variasi lihat (Tabel 5.27) berikut :

Tabel 5.27 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

No.	Variasi 0%		Variasi 7%		Variasi 14%		Variasi 21%		Variasi 28%		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	2,831	8,014	2,689	7,232	2,831	8,014	2,831	8,014	3,114	9,697	
2	2,972	8,835	3,255	10,598	2,972	8,835	2,972	8,835	2,831	8,014	
3	2,902	8,419	3,114	9,697	3,185	10,142	3,114	9,697	2,831	8,014	
4	3,043	9,261	2,831	8,014	2,972	8,835	2,972	8,835	2,972	8,835	
SY	11,748		11,890		11,960		11,890		11,748		59,236
SY ²	34,529		35,541		35,826		35,381		34,559		175,837
n	4		4		4		4		4		20

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya dari perhitungan pada tabel 5.25 dicari nilai :

a) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\begin{aligned}\sum Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 \\ &= 34,53 + 35,54 + 35,82 + 35,38 + 34,56 \\ &= 175,83\end{aligned}$$

b) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$\begin{aligned}R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \\ &= \frac{(\sum y)^2}{n_{total}} \\ &= \frac{59,24^2}{20} \\ &= 175,47\end{aligned}$$

c) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}P_y &= \left(\frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y \\ &= \left(\frac{11,75^2}{4} + \frac{11,89^2}{4} + \frac{11,96^2}{4} + \frac{11,89^2}{4} + \frac{11,74^2}{4} \right) - \\ &\quad 175,47 \\ &= 0,01\end{aligned}$$

d) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}E_y &= \sum Y^2 - R_y - P_y \\ &= 175,83 - 175,47 - 0,01 \\ &= 0,35\end{aligned}$$

Keterangan :

- Y = Data-data pengamatan
- n = Banyak pengamatan
- J = Jumlah dari data-data pengamatan
- k = Variasi perlakuan

Setelah nilai-nilai di atas diperoleh maka dibuat (Tabel 5.28) analisa varian seperti dibawah ini :

Tabel 5.28 Analisa Varian Untuk Kuat Tarik Belah

Sumber Variasi	DK	JK	KT
Rata-rata	1	175,83	175,83
Antar perlakuan	4	0,01	0,34
Dalam perlakuan	15	0,35	0,05
Jumlah	20		

Sumber : Data Hasil Penelitian

Nilai F dapat dicari dengan rumus : $F = \frac{KT \text{ (antar perlakuan)}}{KT \text{ (kekeliruan)}}$

$$F_{hitung} = \frac{0,34}{0,05} = 6,30$$

Dalam tabel fisher pada buku Statistika Untuk Penelitian (Sugiyono, 2012; 383), nilai $F_{tabel} (0,05 ; 4 ; 15) = 3,06$. Jadi nilai $F_{hitung} = 6,30 > F_{tabel} = 3,06$. Dengan demikian H_a diterima H_o ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh dari penambahan *bottom ash* sebagai bahan tambah terhadap beton PET 0,5%.

5.3.3 Pengujian Hipotesis Modulus Elastisitas

Untuk melakukan pengujian hipotesis penelitian modulus elastisitas beton, maka dilakukan uji analisa varian satu arah untuk melihat apakah ada perbedaan nilai sifat mekanis beton yang ditimbulkan oleh variasi penggunaan *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5% dan *bottom ash* untuk semua variasi lihat (Tabel 5.29) berikut:

Tabel 5.29 Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

No.	Bottom Ash 0%		Bottom Ash 7%		Bottom Ash 104%		Bottom Ash 21%		Bottom Ash 28%		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	12581,58	158296248,57	0,00	0,00	22646,85	512879845,37	0,00	0,00	18570,42	344860408,03	
2	0,00	0,00	19815,99	392673631,62	23552,72	554730840,76	13588,11	184636744,33	13021,94	169570898,88	
3	0,00	0,00	23552,72	554730840,76	0,00	0,00	16176,32	261673390,50	0,00	0,00	
4	11776,36	138682710,19	19249,82	370555688,28	0,00	0,00	15003,54	225106169,63	19023,35	361888018,90	
5	0	0	20005	400188746	23552,72	554730840,76	19627,27	385229750,53	0	0	
6	0	0	21137	446775332	19627,27	385229750,53	11889,60	141362507,38	18570,42	344860408,03	
7	12581,58	158296248,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	22081	487556403	
8	12329,95	152027717,13	23326,26	544114227,96	23099,79	533600191,13	23779,19	565450029,53	24062,28	578993262,94	
9	11549,89	133400047,78	22646,85	512879845,37	0	0	29440,91	866766938,68	0,00	0,00	
10	0,00	0,00	23552,72	554730840,76	28874,73	833750298,64	18872	356166559	18117	328243101	
11	11663,13	136028556,99	20382,17	415432674,75	0,00	0,00	13588,11	184636744,33	18117,48	328243101,04	
12	14846,27	220411696,51	19627	385229751	24005,66	576271794,26	16176,32	261673390,50	12644,49	159883168,46	
13	11323,43	128219961,34	19250	370555688	28875	833750299	10911,66	119064420,30	0,00	0,00	
14	16607,69	275815383,51	0,00	0,00	23099,79	533600191,13	24005,66	576271794,26	19929,23	397174152,26	
15	11776,36	138682710,19	22646,85	512879845,37	19627	385229751	17470,43	305215842,68	16042	257330339	
16	13084,85	171213222,46	20004,72	400188746,02	20004,72	400188746,02	15852,80	251311124,23	0,00	0,00	
SY	140121,10		275196,98		256966,27		246382,29		200179,29		1118845,93
SY²	1811074503,25		5860935857,69		6103962547,75		4684565406,18		3758603261,67		22219141576,54

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya dari perhitungan pada tabel 5.25 dicari nilai :

a) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) semua nilai pengamatan :

$$\begin{aligned}\sum Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2 \\ &= 181107450,25 + 5860935857,69 + 6103962547,75 + \\ &\quad 4684565406,18 + 3758603261,67 \\ &= 22219141576,54\end{aligned}$$

b) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) untuk rata-rata :

$$\begin{aligned}R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \\ &= \frac{(\sum y)^2}{n_{total}} \\ &= \frac{1118845,93^2}{60} \\ &= 20863603422,02\end{aligned}$$

c) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}P_y &= \left(\frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y \\ &= \left(\frac{140121,10^2}{11} + \frac{275196,98^2}{13} + \frac{256966,27^2}{11} + \frac{246382,29^2}{14} + \frac{200179,29^2}{11} \right) - \\ &\quad 21217223,98 \\ &= 728724266,2\end{aligned}$$

d) Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}E_y &= \sum Y^2 - R_y - P_y \\ &= 22219141576,54 - 20863603422,02 - 728724266,2 \\ &= 626813888,27\end{aligned}$$

Keterangan :

Y = Data-data pengamatan

n = Banyak pengamatan

J = Jumlah dari data-data pengamatan

k = Variasi perlakuan

Setelah nilai-nilai di atas diperoleh maka dibuat (Tabel 5.30) analisa varian seperti dibawah ini :

Tabel 5.30 Analisa Varian Untuk Modulus Elastisitas

Sumber Variasi	DK	JK	KT
Rata-rata	1	22219141576,54	22219141576,54
Antar perlakuan	4	728724266,2	182181066,6
Dalam perlakuan	55	19685498,78	11396616,15
Jumlah	63		

Sumber : Data Hasil Penelitian

Nilai F dapat dicari dengan rumus : $F = \frac{KT \text{ (antar perlakuan)}}{KT \text{ (kekeliruan)}}$

$$F_{\text{hitung}} = \frac{182181066,6}{11396616,15} = 15,99$$

Dalam tabel fisher pada buku Statistika Untuk Penelitian (Sugiyono, 2012; 383), nilai $F_{\text{tabel}} (0,05 ; 4 ; 55) = 2,27$, jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 15,99 > F_{\text{tabel}} = 2,27$. Dengan demikian H_a diterima H_0 ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi penambahan bahan *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5% dengan botom ash terhadap nilai modulus elastisitas beton.

Perhitungan analisa varian satu arah ini dapat juga dilakukan dengan bantuan software Microsoft Excel XP, dan hasil dari perhitungan tersebut selengkapnya ditabelkan seperti di bawah ini (Tabel 5.31) :

Tabel 5.31 Analisa statistik untuk seluruh pengamatan

NO	Parameter	F_{hitung}	F_{tabel}	Ha	Ho
1	Kuat Tekan	66,92	4,61	diterima	ditolak
2	Kuat Tarik Belah	6,30	3,06	diterima	ditolak
3	Modulus Elastisitas	15,27	2,27	ditolak	diterima

5.4 Analisa Regresi

Data yang telah mengalami penyortiran pada pengujian interval kepercayaan, kemudian dicari hubungan dari parameter yang diuji dan variasi mutu beton yang telah diberikan.

Untuk menganalisis variasi mutu beton terhadap parameter - parameter yang diteliti, digunakan metode fungsi kuadrat (Sudjana,2002; 338) sebagai regresi, dengan bentuk persamaan $\hat{Y} = a + bX + cX^2$. Dengan persamaan perhitungannya sebagai berikut :

$$\Sigma Y = na + b\Sigma X + c\Sigma X^2$$

$$\Sigma XY = a\Sigma X + b\Sigma X^2 + c\Sigma X^3$$

$$\Sigma X^2Y = a\Sigma X^2 + b\Sigma X^3 + c\Sigma X^4$$

Pengujian analisis regresi ini juga dapat dilakukan dengan bantuan software MS Excel XP dengan ketelitian yang lebih baik. Data hasil pengujian keseluruhan kemudian diplotkan ke dalam (Grafik 5.4, Grafik 5.5,dan Grafik 5.6) kuadrat yang menunjukkan hubungan antara variasi *bottom* Ash terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas.

Dari pengujian analisis regresi, dapat dilihat trend dari grafik yang dihasilkan dari titik-titik yang telah dihubungkan. Selain itu dapat juga dicari nilai optimum variasi *bottom* Ash. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat direkomendasikan hal-hal sebagai berikut:

5.4.1 Analisa Regresi Kuat Tekan

Dibawah ini diambil data kuat tekan yang terdapat pada (Tabel 5.32) untuk diuji dengan regresi adalah sebagai berikut:

Tabel 5.32 Nilai Regresi Untuk Kuat Tekan

No.	Variasi (%)	Nilai	x2	x3	x4	xy	x2y	y2
1	0	26,72	0	0	0	0	0	713,958
2	7	31,18	49	343	2401	218,26	1527,82	972,192
3	14	31,67	196	2744	38416	443,38	6207,32	1002,99
4	21	31,25	441	9261	194481	656,25	13781,3	976,563
5	28	25,42	784	21952	614656	711,76	19929,3	646,176
Total	70	146,26	1470	34300	849954	2029,65	41445,7	4311,88

Dari Tabel 5.29, maka didapat persamaan:

$$112,03 = 5a + 70b + 750c$$

$$1565,1 = 70a + 750b + 34300c$$

$$31880 = 750a + 34300b + 849954c$$

Dari ketiga persamaan didapat :

$$a = 26,69$$

$$b = 0,84$$

$$c = -0,031$$



Maka didapat persamaan

$$Y = -0,031X^2 + 0,84x + 26,69$$

Mencari koefisien determinasi (R^2) :

$$JK(b|a) = \left\{ b \left(\sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right) \right\} + \left\{ c \left(\sum X^2Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right) \right\}$$

$$= \left\{ 0,84 \left(1565,1 - \frac{(70 \times 112,03)}{5} \right) \right\} + \left\{ -0,031 \left(-\frac{750 \times 112,03}{5} \right) \right\}$$

$$= 93,73$$

27.3

$$= \left\{ 0.83 \left(12021 - \frac{10000}{10} \right) \right\} + \left\{ -0.031 \left(-\frac{10000}{10} \right) \right\}$$

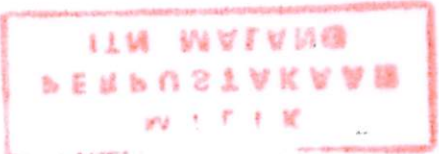
$$10 \cdot 0.83 \left(\mu(\sum X_i) - \frac{10000}{10} \right) + \left\{ \mu(\sum X_i) - \frac{10000}{10} \right\}$$

Ковариация между X_i и X_j

$$\lambda = 0.031 X_i - 0.031 X_j$$

Корреляция между X_i и X_j

- a = 0.031
- b = 0.031
- c = -0.031



Корреляция между X_i и X_j

11.00	1.00	1.0000	1.0000
12.21	1.00	0.9999	0.9999
11.00	1.00	0.9999	0.9999

Корреляция между X_i и X_j

1.00	1.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2.00	0.99	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
3.00	0.99	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
4.00	0.99	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
5.00	0.99	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
6.00	0.99	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
7.00	0.99	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
8.00	0.99	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999
9.00	0.99	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999	0.9999

Таблица 2.1. Корреляция между X_i и X_j

Корреляция между X_i и X_j

Корреляция между X_i и X_j

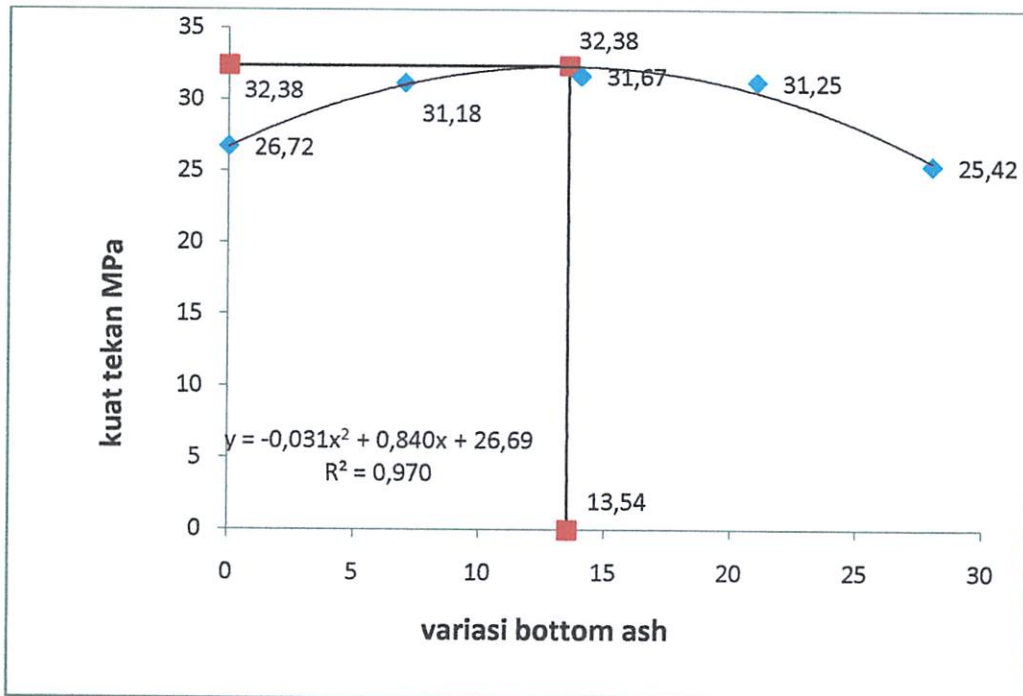
Корреляция между X_i и X_j

$$\begin{aligned}
 JK(E) &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\
 &= 2540,11 - \frac{(112,03)^2}{5} \\
 &= 29,96
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R^2 &= \frac{JK(ba)}{JK(E)} \\
 &= \frac{93,73}{29,96} \\
 &= 3,13
 \end{aligned}$$

Sesuai dengan hasil analisa regresi secara manual (lihat Grafik 5.4), maka hubungan x dan y dalam hal ini adalah Kuat Tekan sebagai variable terikat dengan penambahan variasi Bottom Ash dari variasi 0% sampai 28% sebagai variable terikat, untuk Kuat Tekan menghasilkan persamaan $Y = -0,031 x^2 + 0,84 x + 26,69$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 3,13 hal ini berarti bahwa 3,13%, Pengaruh dari nilai kuat tekan dipengaruhi oleh penambahan bahan tambah berupa variasi *bottom ash* sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Data hasil pengujian kemudian disajikan ke dalam grafik kuadratik polinier 5.4

Grafik 5.4 Analisa Regresi Kuat Tekan Dengan Bottom Ash



- **Nilai optimum dan besar prosentase peningkatan dan penurunan dari nilai kuat tekan dengan penambahan bottom ash pada beton PET 0,5%**

Terjadi kenaikan nilai Kuat Tekan akibat penambahan *bottom ash* pada Beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5%. Dengan cara penurunan fungsi kuadrat, didapatkan nilai tertinggi Kuat Tekan yaitu sebesar 35,07 MPa pada penambahan variasi *bottom ash* 8,7% didapat dari perhitungan sebagai berikut:

- Persamaan kuat tarik belah beton :

$$-0,031 x^2 + 0,84 x + 26,69$$

- Defrensial/penurunan persamaan :

$$\frac{Dy}{Dx} = 2 \cdot (-0,031)x + 0,84 = 0$$

$$-0,62 x + 0,84 = 0$$

$$X = \frac{0,84}{0,62} = 1,35$$

- Kuat Tekan Optimum, Variasi x = 1,35%

$$Y = -0,031(1,35)^2 + 0,84 (1,35) + 26,69$$

$$= 27,76 \text{ MPa}$$

Sedangkan besar prosentase peningkatan dan penurunan didapat dari perhitungan:

- Peningkatan nilai kuat tekan = $\frac{(32,38-26,69)}{26,69} \times 100 = 21,31\%$
- Penurunan nilai kuat tekan = $\frac{(32,38-25,42)}{32,38} \times 100 = 21,49 \%$

Penurunan yang terjadi adalah sebesar 21,31% yakni dari nilai 26,69 MPa sampai 32,38 MPa. Tetapi, semakin bertambahnya *bottom ash* maka nilai Kuat Tekan akan menurun hingga 21,49% yaitu dari 32,38 MPa sampai 25,42 MPa. Kenaikan dan penurunan nilai Kuat Tekan pada beton PET 0,5% ini dipengaruhi oleh penambahan bahan tambah *bottom ash* jika semakin banyak penambahan variasi *bottom ash* maka nilai Kuat Tekannya akan semakin kecil.

5.4.2 Analisa Regresi Untuk Kuat Tarik Belah

Dibawah ini data Kuat Tarik Belah yang terdapat pada (Tabel 5.33) untuk diuji dengan regresi adalah sebagai berikut

Tabel 5.33 Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tarik Belah Pada Beton PET 0,5% Dengan Bahan Tambah Bottom Ash

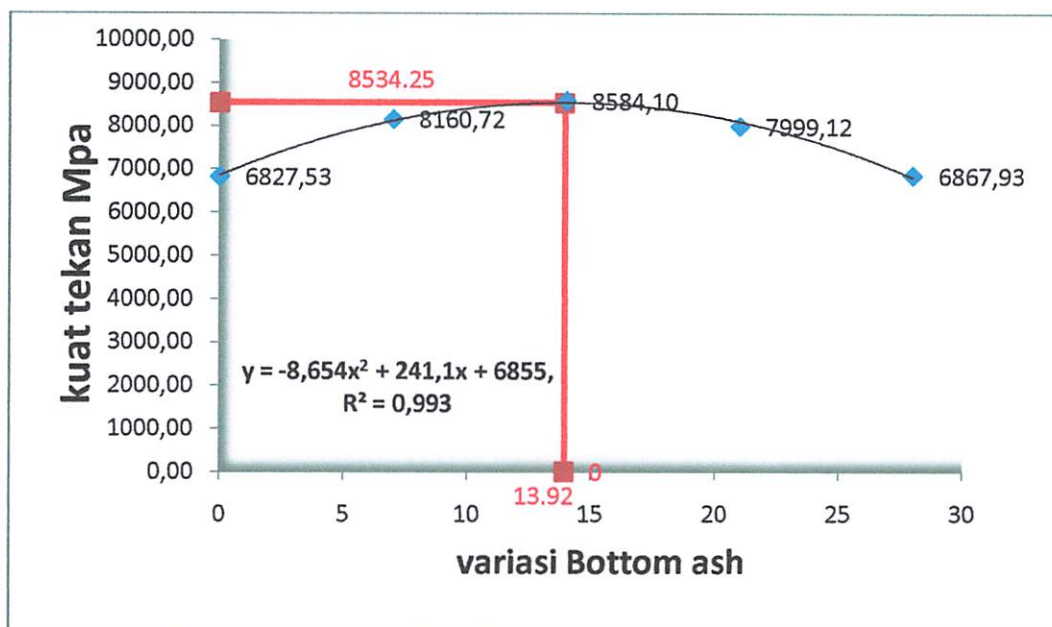
No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	26,73	0	0	0	0	0	8,626
2	7	31,18	25	125	625	16,365	81,825	10,713
3	14	31,67	100	1000	10000	33,440	334,400	11,182
4	21	31,26	225	3375	50625	47,235	708,525	9,916
5	28	25,42	400	8000	160000	53,440	1068,800	7,140
Total	70	146,27	750	12500	221250	150,48	2193,55	47,577

Sumber : Data Hasil Penelitian

Didapat persamaan $\hat{Y} = -0,588x^2 + 16,49x + 6705$

Koefisien determinasi (R^2) = 0,992

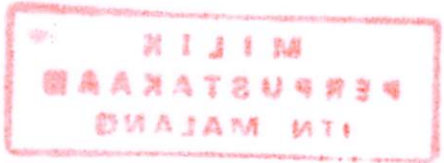
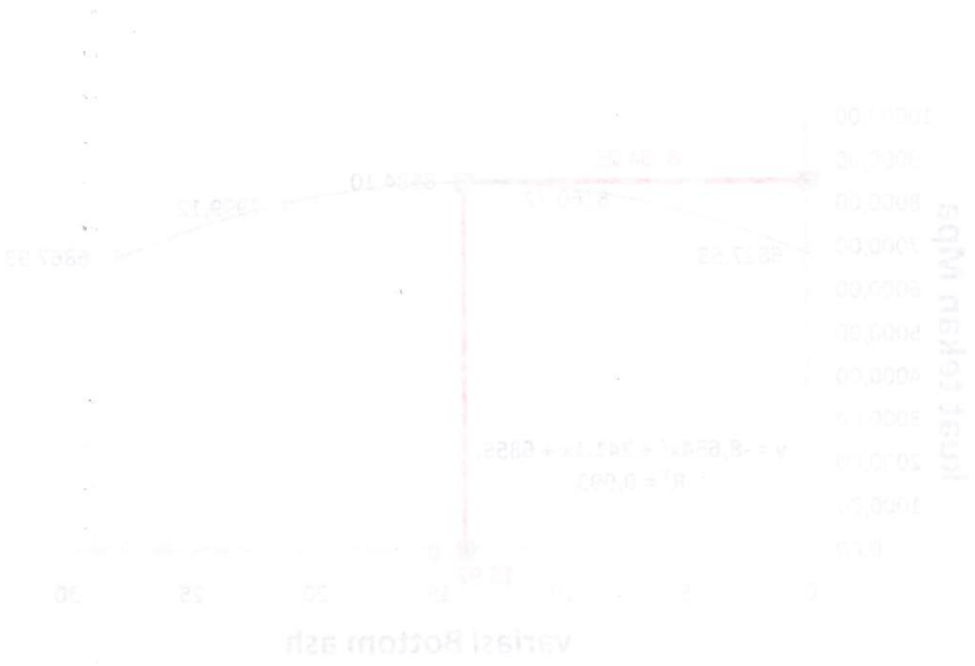
Berdasarkan analisa regresi Kuat Tarik Belah didapatkan persamaan $y = -0,588x^2 + 16,49x + 6705$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,992$ (Lihat Grafik 5.5) hal ini berarti bahwa 99,2% Pengaruh dari nilai kuat tarik belah dipengaruhi oleh penambahan bahan tambahan berupa *bottom ash* sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Data hasil pengujian kemsudian disajikan ke dalam grafik kuadrat polinier 5.5



MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

The following is an analysis of variance (ANOVA) table for the regression model $\hat{y} = 0.288x - 18.49$ with $R^2 = 0.992$. The analysis shows that the regression model is highly significant, with an F-value of 11.492 and a p-value of 0.002. The adjusted R-squared value is 0.985. The data points are as follows:

variabel Bottom ash	sgm per kg total
0	8527.33
10	8750.00
20	8804.10
30	8810.00
40	8820.00
50	8820.00
60	8820.00
70	8820.00
80	8820.00
90	8820.00
100	8820.00



Tabel 5.34 Nilai Regresi Untuk Kuat Tarik Belah

No.	Variasi (%)	Nilai	x2	x3	x4	xy	x2y	y2
1	0	26,73	0	0	0	0	0	714,493
2	7	31,18	49	343	2401	218,26	1527,82	972,192
3	14	31,67	196	2744	38416	443,38	6207,32	1002,99
4	21	31,26	441	9261	194481	656,46	13785,7	977,188
5	28	25,42	784	21952	614656	711,76	19929,3	646,176
Total	70	146,26	1470	34300	849954	2029,86	41450,1	4313,04

Sumber: Data Hasil Penelitian

Dari tabel 5.30 di dapat persamaan sebagai berikut :

$$146,27 = 5a + 70b + 1470c$$

$$2029,93 = 70a + 1470b + 34300c$$

$$41451,39 = 1470a + 34300b + 849954c$$

Dari tiga persamaan didapat :

$$a = -0,031$$

$$b = 0.840$$

$$c = 26,69$$

Maka didapat persamaan

$$\hat{Y} = -0,588X^2 + 16,49X + 6705$$

Mencari koefisien determinasi (R^2) :

$$\begin{aligned}
 JK(b|a) &= \left\{ b \left(\sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right) \right\} + \left\{ c \left(\sum X^2Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right) \right\} \\
 &= \left\{ 0.840 \left(35840,00 - \frac{(70 \times 1556,00)}{5} \right) \right\} + \left\{ -0.019 \left(885724,00 - \frac{1470 \times 1556,00}{5} \right) \right\} \\
 &= -14,94 + 48,07 \\
 &= 33,1288299
 \end{aligned}$$

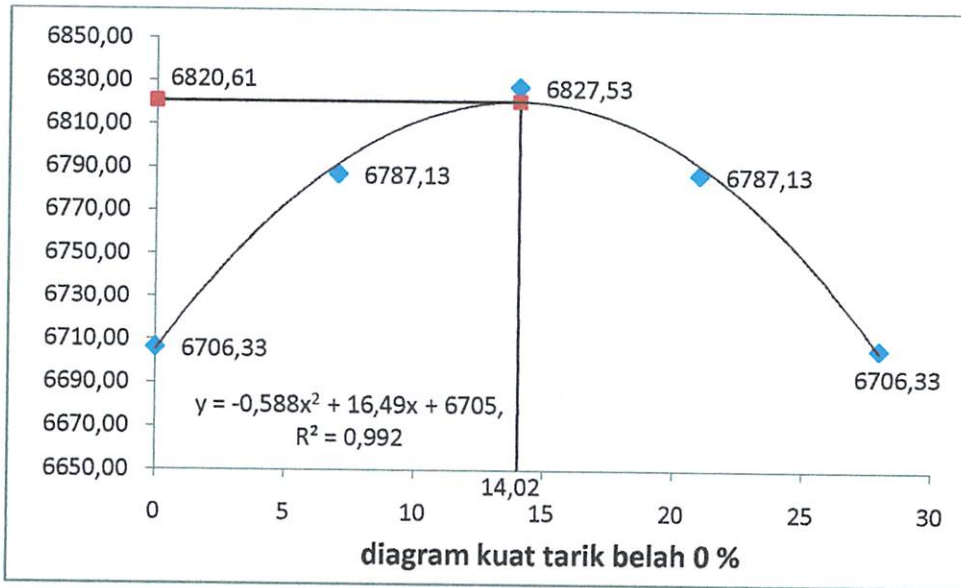
$$\begin{aligned}
JK(E) &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\
&= 4313,37 - \frac{(4313,37)^2}{5} \\
&= 34,64117721
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R^2 &= \frac{JK(ba)}{JK(E)} \\
&= \frac{31,12}{34,64} \\
&= 0.956
\end{aligned}$$

Koefisien determinasi (R^2) = 0,992

Berdasarkan analisa regresi Kuat Tarik Belah didapatkan persamaan $y = - 0,588 x^2 + 16,49 x + 6705$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,992$ (Lihat Grafik 5.5) hal ini berarti bahwa 99,96% Pengaruh dari nilai kuat tarik belah dipengaruhi oleh penambahan bahan tambahan berupa *bottom ash* sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Data hasil pengujian kemudian disajikan ke dalam grafik kuadratik polinier 5.5

Grafik 5.2 Analisa Regresi Untuk Kuat Tarik Belah



Sumber : Data Hasil Penelitian

- **Nilai optimum kuat tarik belah**

Terjadi kenaikan nilai Kuat Tarik Belah pada Beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5% dengan bahan tambah *bottom ash*. Dengan cara penurunan fungsi kuadrat, didapatkan nilai tertinggi Kuat Tarik Belah sebesar 6827,53 MPa pada penambahan variasi *bottom ash* 0% didapat dari perhitungan:

- Persamaan kuat tarik belah beton :

$$Y = -0,588 x^2 + 16,49 x + 6705$$

- Defrensial/penurunan persamaan :

$$\frac{Dy}{Dx} = 2 \cdot (-0,58)x + 16,49 = 0$$

$$-0,58 x + 16,49 = 0$$

$$X = \frac{16,49}{1,16} = 14,21$$

- Kuat Tekan Optimum, Variasi x = 14,21

$$Y = -0,58(14,21)^2 + 16,49 (14,21) + 6705 = 6,82 \text{ MPa}$$

Sedangkan besar prosentase peningkatan dan penurunan didapat dari:

- Peningkatan nilai kuat tekan = $\frac{(6827,53-6705,33)}{6705} \times 100 = 1,83\%$
- Penurunan nilai kuat tekan = $\frac{(6827,53-6706,33)}{6,82} \times 100 = 1,77\%$

Kenaikan yang terjadi adalah sebesar 1,83% yaitu dari nilai 6,705 MPa sampai 3,34 MPa. Tetapi, semakin bertambahnya *bottom ash*, maka nilai Tarik Belah menurun hingga 1,77% yaitu dari 3,34 MPa sampai 6,70 MPa. Kenaikan dan penurunan nilai Kuat Tarik Belah dipengaruhi oleh penambahan bahan tambah *bottom ash* jika semakin banyak penambahan *bottom ash* pada beton PET 0,5% maka nilai Kuat Tarik Belah semakin kecil.

5.4.3 Analisa Regresi Untuk Modulus Elastisitas

Sebagai contoh di bawah ini diambil data modulus elastisitas untuk diuji dengan regresi.

Tabel 5.35 Nilai Regresi Untuk Modulus Elastisitas

No.	Variasi (%)	Nilai	x2	x3	x4	xy	x2y	y2
1	0	13758,7	0	0	0	0	0	189303150,2
2	7	21692,1	49	343	2401	151844,77	1062913	470547665,4
3	14	24399,4	196	2744	38416	341591,18	4782276	595329246,5
4	21	23232,4	441	9261	194481	487880,48	10245490	539744579,6
5	28	19193,8	784	21952	614656	537426,28	15047936	368401793,6
Total	70	102276	1470	34300	849954	1518742,7	31138616	2163326435

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari tabel 5.31 di dapat persamaan sebagai berikut :

$$\begin{array}{rclclcl}
 102276 & = & 5a & + & 70b & + & 750c \\
 1518743 & = & 70a & + & 750b & + & 1470c \\
 31138616 & = & 750b & + & 1470b & + & 849954c
 \end{array}$$

Dari tiga persamaan didapat :

$$a = 6228,82$$

$$b = 238,96$$

$$c = -23,88$$

Maka didapat persamaan

$$\hat{Y} = -40,55X^2 + 1312 X + 13999$$

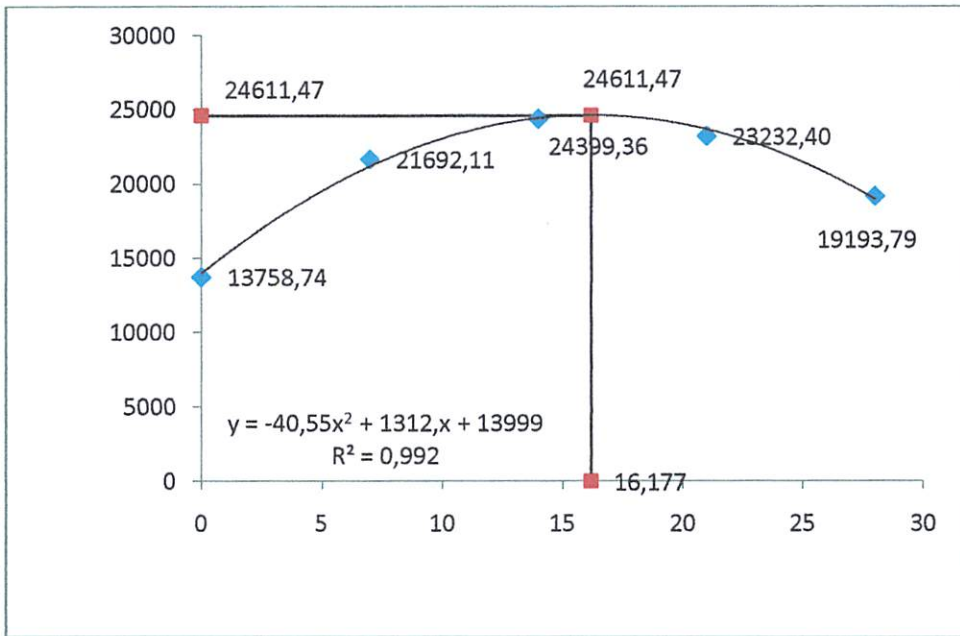
Mencari koefisien determinasi (R^2) :

$$\begin{aligned}
 JK(b|a) &= \left\{ b \left(\sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right) \right\} + \left\{ c \left(\sum X^2 Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right) \right\} \\
 &= \left\{ 1312 \left(238,96 - \frac{(70 \times 6228,82)}{5} \right) \right\} + \left\{ -23,88 \left(- \frac{750 \times 6228,82}{5} \right) \right\} \\
 &= 13674,18
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK(E) &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\
 &= 21633264,35 - \frac{(13999)^2}{5} \\
 &= 17561135,85
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R^2 &= \frac{JK(ba)}{JK(E)} \\
 &= \frac{13674,18}{17561135,85} \\
 &= 0.78
 \end{aligned}$$

Grafik 5.3 Analisa Regresi Untuk Modulus Elastisitas



- Nilai optimum dan besar prosentase peningkatan dan penurunan dari nilai Modulus Elastisitas dengan penambahan bottom ash pada beton PET 0,5%

Terjadi kenaikan pada nilai Modulus Elastisitas dengan bahan tambah *bottom ash* pada Beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5%. Dengan cara penurunan fungsi kuadrat, didapatkan nilai tertinggi Modulus Elastisitas sebesar 24399,36 MPa pada penambahan variasi *bottom ash* 0% didapat dari perhitungan sebagai berikut:

- Persamaan modulus elastisitas beton :

$$-40,55 x^2 + 1312 x + 13999$$

- Defrensial/penurunan persamaan :

$$\frac{Dy}{Dx} = 2. (-40,55)x + 1312 = 0$$

$$-81,1 x + 1312 = 0$$

$$X = \frac{1312}{81,1} = 16,17$$

- Modulus Elastisitas Optimum, Variasi $x = 16,17\%$

$Y = -40,55 (16,17)^2 + 1312 (16,17) + 13999 = 24611,47$ MPa, maka diambil nilai optimum yang terbesar yaitu pada variasi bottom ash 0% sebesar 24611,47 MPa.

Sedangkan besar prosentase peningkatan dan penurunan didapat dari:

- Peningkatan nilai kuat tekan = $\frac{(24399,36 - 173568,74)}{173568,74} \times 100 = 85,94\%$
- Penurunan nilai kuat tekan = $\frac{(24399,36 - 19193,79)}{24399,36} \times 100 = 21,33\%$

Kenaikan yang terjadi adalah sebesar 85,94% yakni dari nilai 13758,74 MPa sampai 24399,36 MPa. Tetapi, semakin bertambahnya *bottom ash*, maka nilai Modulus Elastisitas menurun hingga 21,33% yakni dari 173568,74 MPa sampai 24399,36 MPa. Kenaikan dan penurunan nilai Modulus Elastisitas dipengaruhi oleh penambahan bahan tambah *bottom ash* jika semakin banyak penambahan *bottom ash* maka nilai Modulus Elastisitasnya semakin kecil.



5.5 Analisis Pembahasan

Untuk hasil pengujian nilai rata-rata sifat mekanis beton dengan bahan tambah *bottom ash* pada beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5% hasil data pengujian sebagai berikut:

- a. Untuk pengujian kuat tekan dipakai salah satu perhitungan dengan beton PET 0,5% dengan *bottom ash* 0%, maka didapat nilai rata-rata kuat tekan sebesar 21,54 MPa diambil nilai rata-rata yang terbesar. Hasil selengkapnya untuk semua variasi yang lain bisa dilihat pada tabel data hasil pengujian kuat tekan beton 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 dan 5.5
- b. Untuk pengujian kuat tarik belah dipakai juga salah satu perhitungan dengan beton PET 0,5% dengan *bottom ash* 0%, maka didapat nilai rata-rata kuat tarik belah sebesar 6706,33 MPa. Hasil selengkapnya untuk semua variasi yang lain, bisa dilihat pada tabel data hasil pengujian kuat tarik belah beton 5.6, 5.7, 5.8, 5.9 dan 5.10
- c. Sedangkan untuk pengujian Modulus Elastisitas sebagai penjelasannya juga dipakai salah satu perhitungan dengan beton PET 0,5% dengan *bottom ash* 0%, nilai kuat rata-rata sebesar 13758,74 MPa. Hasil selengkapnya untuk semua variasi yang lain, bisa dilihat pada tabel data hasil pengujian kuat tarik belah beton 5.11, 5.12, 5.13, 5.14 dan 5.15

Untuk hasil pengujian interval kepercayaan sifat mekanis beton PET 0,5% dengan variasi *bottom ash* data pengujian interval kepercayaan yang sesuai yang siap untuk diuji secara statistik sesuai dengan range interval kepercayaan adalah sebagai berikut:

- a. Untuk hasil nilai pengujian kuat tekan beton PET 0,5% dengan semua variasi *bottom ash* setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan nilai yang didapat adalah sebagai berikut:

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
0%	27.49	2.95	0,975	15	2,131	25.93	$< \mu <$	36,48
7%	28.63	3.81	0,975	15	2,131	26.60	$< \mu <$	40,08
14%	28.89	3.77	0,975	15	2,131	26.88	$< \mu <$	40,67
21%	28.77	3.40	0,975	15	2,131	26.96	$< \mu <$	35,97
28%	23.64	2.76	0,975	15	2,131	22.17	$< \mu <$	30,15

- b. Untuk pengujian kuat tarik belah beton PET 0,5% dengan semua variasi *bottom ash* setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan nilai yang didapat adalah sebagai berikut:

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
0%	6706.33	208.62	0,975	3	3.182	6374.62	$< \mu <$	7038.04
7%	6787.13	590.07	0,975	3	3.182	5848.91	$< \mu <$	7725.35
14%	6827.53	333.14	0,975	3	3.182	6297.83	$< \mu <$	7357.23
21%	6787.13	263.89	0,975	3	3.182	6367.55	$< \mu <$	7206.71
28%	6706.33	309.44	0,975	3	3.182	6214.33	$< \mu <$	7198.34

- c. Untuk pengujian modulus elastisitas beton PET 0,5% dengan semua variasi *bottom ash* setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan nilai yang didapat adalah sebagai berikut:

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
0%	12424.29	2678.53	0,975	15	2,131	10997.31	$< \mu <$	13851.28
7%	21692.11	4758.60	0,975	15	2,131	191156.96	$< \mu <$	24227.26
14%	23803.54	10105.40	0,975	15	2,131	18419.89	$< \mu <$	29187.20
21%	23155.90	25827.05	0,975	15	2,131	9396.54	$< \mu <$	36915.26
28%	19193.80	12545.46	0,975	15	2,131	12510.20	$< \mu <$	25877.39

Dari data hasil pengujian interval kepercayaan diatas perhitungan sifat mekanis dengan bahan tambah *bottom ash* pada beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5%. Perhitungan dilanjutkan dengan pengujian hipotesis beton maka hasilnya adalah sebagai berikut:

- a. Dari uji hipotesis kuat tekan beton didapat nilai $F_{hitung} = 66,92 > F_{tabel} = 4,61$ Dengan demikian H_a diterima H_0 ditolak, yang berarti bahwa adanya pengaruh dari penambahan *bottom ash* sebagai bahan tambah terhadap beton PET 0,5%.
- b. Dari uji hipotesis kuat tarik belah nilai $F_{hitung} = 6,30 > F_{tabel} = 3,06$ dengan demikian H_a diterima H_0 ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh dari penambahan *bottom ash* sebagai bahan tambah terhadap beton PET 0,5%.
- c. Sedangkan dari uji hipotesis modulus elastisitas nilai $F_{hitung} = 15,99 < F_{tabel} = 2,27$. Dengan demikian H_a ditolak H_0 diterima, yang berarti bahwa tidak ada pengaruh dari penambahan *bottom ash* sebagai bahan tambah terhadap beton PET 0,5%.

Secara umum, dengan penambaha bahan tambah *bottom ash* terhadap beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5% sebagian besar memberikan pengaruh yang signifikan yakni pada Sifat Mekanis Beton, Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah, dibuktikan melalui uji hipotesis yang menghasilkan $F_{hitung} > F_{tabel}$. Sedangkan pada sifat mekanis Modulus Elastisitas tidak terdapat pengaruh yang signifikan, dibuktikan melalui uji hipotesis yang menghasilkan $F_{hitung} < F_{tabel}$.

Sedangkan untuk hasil analisa regresi sifat mekanis dengan variasi *bottom ash* pada beton PET 0,5% adalah sebagai berikut:

- A. Untuk hasil analisa regresi kuat tekan beton terkait dengan penambahan variasi *bottom ash* dari variasi 0% sampai 20% sebagai variable terikat, untuk Kuat Tekan menghasilkan $Y = -0,031x^2 + 0,84 x + 26,69$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar $3,13 = 31,1\%$, berarti bahwa Terjadi kenaikan nilai Kuat Tekan akibat penambahan *bottom ash* pada beton PET 0,5%. Dengan cara penurunan fungsi kuadrat, didapatkan nilai tertinggi Kuat Tekan yaitu sebesar 32,38 MPa pada penambahan variasi *bottom ash* 13,54%, prosentasi peningkatan nilai kuat tekan yang terjadi adalah sebesar 21,31% yakni dari nilai 26,69 MPa sampai 32,38 MPa. Tetapi, semakin bertambahnya *bottom ash* maka nilai Kuat Tekan menurun hingga 21,49% yaitu dari 32,38 MPa sampai 25,42 MPa. Kenaikan dan penurunan nilai Kuat Tekan ini diakibatkan oleh penambahan *bottom ash* pada beton PET 0,5%.
- B. Analisa regresi Kuat Tarik Belah didapatkan persamaan $y = - 0,588 x^2 + 16,49 x + 6705$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,992$ berarti bahwa 99,2% perubahan nilai Tarik Belah diakibatkan oleh penambahan variasi *bottom ash* yang diberikan terhadap beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,7%, dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain dengan cara penurunan fungsi kuadrat, didapatkan nilai tertinggi Kuat Tarik Belah sebesar 6820,61 MPa pada penambahan variasi *bottom ash* 7%. Prosentase peningkatan nilai Kuat Tarik Belah dengan penambahan variasi *bottom ash* terhadap Beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,5% adalah sebesar

1,83% yaitu dari nilai 6,705 MPa sampai 3,36 MPa. Tetapi, semakin bertambahnya *bottom ash*, maka nilai Tarik Belah menurun hingga 1,77% yaitu dari 3,34 MPa sampai 6,70 MPa. Kenaikan dan penurunan nilai Kuat Tarik Belah diakibatkan oleh bertambahnya *bottom ash* terhadap beton PET 0,5% dengan semakin bertambahnya *bottom ash* maka Kuat Tarik Belah semakin kecil.

- C Analisa regresi untuk nilai Modulus Elastisitas didapatkan persamaan $y = - 40,55 x^2 + 13,12 x + 13999$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,992$ maka berarti bahwa 99,2% perubahan nilai Modulus Elastisitas diakibatkan oleh penambahan variasi *bottom ash* yang diberikan terhadap beton *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) 0,7%, dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain dengan cara penurunan fungsi kuadrat, didapatkan nilai tertinggi Modulus Elastisitas sebesar 24611,47 MPa pada pemberian variasi *bottom ash* 10%. Prosentase peningkatan nilai Modulus Elastisitas yang terjadi adalah sebesar 16,17% yakni dari nilai 85,94 MPa sampai 13758,74 MPa. Tetapi, semakin bertambahnya *bottom ash*, maka nilai Modulus Elastisitas menurun hingga 21,33% yakni dari 173568,74 MPa sampai 24399,36 MPa. Kenaikan dan penurunan nilai Modulus Elastisitas dipengaruhi oleh penambahan bahan tambah *bottom ash* jika semakin banyak penambahan *bottom ash* maka nilai Modulus Elastisitasnya semakin kecil.



Dari ketiga persamaan hasil analisa regresi maka didapat Nilai Maksimum Kenaikan Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah Dan Modulus Elastisitas terhadap beton PET 0,5% dengan bahan tambahan *bottom* Ash dengan variasi 0%, 7%, 14%, 21%, dan 28% adalah sebagai berikut :

Tabel 5.36 Tabel Variasi dan Nilai Optimum

Nilai Maksimum		
Sifat Mekanis Beton 30 MPa	Bottom Ash (%)	Tegang Hancur (MPa)
Kuat Tekan	10	34,91
Kuat Tarik Belah	9,5	3,83
Modulus Elastisitas	10	23994,41

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari keseluruhan rangkaian penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Terjadi peningkatan nilai sifat mekanis pada beton PET 0,5% dengan penambahan *bottom ash*, peningkatan terjadi pada penggunaan *bottom ash* dengan kadar 7% pada masing-masing sifat mekanis.
2. Dari hasil analisa nilai sifat mekanis beton yang diperoleh dengan pemanfaatan *bottom ash* pada beton PET 0,5% memenuhi mutu beton rencana 25 MPa, hal tersebut dibuktikan pada variasi *bottom ash* 0%, 14% dan 28% yang memiliki nilai 26,15 MPa, 28,32 MPa dan 27,61 MPa.
3. Variasi optimum penggunaan *bottom ash* terhadap beton PET 0,5% yang didapat dari hasil analisa untuk kuat tekan didapatkan nilai optimum penggunaan *bottom ash* sebesar 9,5% dengan nilai maksimum 27,89 MPa, untuk kuat tarik belah didapatkan nilai optimum sebesar 8,67% dengan nilai maksimum 3,28 MPa dan untuk modulus elastisitas didapatkan nilai optimum sebesar 8,24% dengan nilai maksimum 23994,41 MPa.

6.2 Saran

Saran yang dapat kami himpun selama penelitian yang kami lakukan ini adalah :

1. Untuk penelitian selanjutnya dalam pemakaian bahan tambah *bottom ash* sebaiknya memakai variasi 0%-28%.
2. Dilihat dari peningkatan kinerja beton dan kekuatan yang dihasilkan diatas beton normal untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dari aspek ekonomisnya.
3. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan beton normal sebagai pembanding dari pemanfaatan *poly ethylene terephthalate* (PET) dan *bottom ash*.
4. Untuk pelaksanaan pengecoran sebaiknya memperhatikan dengan baik komposisi yang akan digunakan apabila pengecoran dilakukan lebih dari satu tahap pada setiap variasi.
5. Dalam proses penggetaran beton lakukan sebaik mungkin agar beton tidak keropos.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2002.** *Petunjuk Praktikum Beton.* Laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang; Malang
- Anonim. 2002.** *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002;* Bandung
- Indriani Santoso, 2003.** *Pengaruh Penggunaan Bootom Ash Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton.* Skripsi
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Kristen Petra
- Mahendya Lestariono, Bambang. 2008.** *Penggunaan Limbah Botol Plastik (PET) Sebagai Campuran Beton Untuk Meningkatkan Kapasitas Tarik Belah Dan Geser.* Skripsi. Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Prana Indonesia. 2007.** *Plastik #1: PETE atau PET*
<http://pranaindonesia.wordpress.com/plastik-1-pete-atau-pet/>
- Setiawan, Arief, 2011.** *Efek Proporsi Additive Super Plasticizer 0,6% dan Accelerator 0,2% Mengikuti Kurva Linier Terhadap Kinerja Dan Variasi Pada Umur Beton.* Skripsi. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional. Malang
- Sjah, Jessica, 2008.** *Pengaruh Pemakaian Cacahan Limbah Gelas Plastik Polypropylene (PP) Pada Kuat Tekan Dan Kuat Geser Material Beton.* Skripsi. Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

LAMPIRAN



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL-S1
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI
SKRIPSI

Nama : Beny Prasetyo (03.21.058)

Pembimbing : Ir. Bambang Wedjantadji, MT

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1	27-7-12	- Rumusan masalah no 3 apa maksudnya - Pd Bab. III, pengujian Tuliskan Rumus nya	
2	30-7-12	- Rumusan masalah diperbaiki - Bab III, pengujian, tuliskan rumusnya, orbitalkan - Bab V perhitungan, setiap variasi ditampalkan	
3	3-8-12	- Batasan masalah dgn tujuan harus sintron Dng rumusan masalah - hipotesis yg jelas - Rumus kuat tekan yg lengkap (bab teori) - Bab III yg lengkap	
4	6-8-12	- Batasan & Tujuan sudah - penulisan Rumus pd Bab II, teori sudah - pengujian Samp Kurang gbr - gbr up modulus El. sudah - Rumus tekan sudah - point & kurang lengkap	
5	9-8-12	OK & selesai	








INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL-S1
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI
SKRIPSI

Nama : Beny Prasetyo (03.21.058)

Pembimbing : Ir. H. Ibnu Hidayat, MT

No.	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
		Latar belakang lingkupi. Kenapa kos melakukan penelitian di	
		bab II lingkupi dug pilih yg digunakan & k	
		bab IV apakah table detailkan di lampiran	
		bab V lingkupi dug tabel	
		All summa	



FORM REVISI / PERBAIKAN
 BIDANG _____

Nama BENY PRASETYO.
 NIM 03.21.008.
 Hari tanggal _____

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi:

- Bayan dir & pergelas untuk pemeriksaan agregat.
- Abstrak.

[Handwritten Signature]
 11/08 '12

Perbaikan Seminar Hasil Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar. Bila melebihi 14 hari, maka tidak dapat diikuti Ujian Skripsi.

Perengkapan berkas untuk Ujian Skripsi dengan menyertakan lembar persetujuan dari Dosen Pembahas dan Kaprodi

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, _____ 20

Dosen Pembahas

[Handwritten Signature]

Malang, _____ 20

Dosen Pembahas

[Handwritten Signature]
 Riplianto



FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG

Nama Beny Prasetyo

NIM 0329051

Harus tanggal Jum'at 10 Agustus 2012

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi:

- Rumusan Masalah
- Daftar pustaka
- Ragan Abstrak

Perbaikan Seminar Hasil Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar. Bila melebihi 14 hari, maka tidak dapat diikuti Ujian Skripsi.

Pengumpulan berkas untuk Ujian Skripsi dengan menyertakan lembar pengesahan dari Dosen Pembahas dan Kaprodi

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, _____ 20

Dosen Pembahas

Malang, _____ 20

Dosen Pembahas



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
 Jl. Bendungan Sempura-gura 2
 Jl. Raya Kamugh. Km. 2
 Malang

UJIAN SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG _____

Nama : _____
 NIM : 03.21.007
 Hari / tanggal : _____

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

Revisi sesuai Ujian

Al

Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, _____ 20__

Dosen Penguji

[Signature]

Malang, _____ 20__

Dosen Penguji

[Signature]



FORM REVISI / PERBAIKAN

BIDANG Penelitian

Nama : Bemy Prasetyo
 NIM : 0321058
 Hari / tanggal : Senin , 13 Agustus 2012

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

- Abstraksi
- Rumusan Masalah
- Kesimpulan
- Daftar pustaka
- Bagan alir

Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 13 Agustus 2012
 Dosen Penguji

Malang, 13 Agustus 2012
 Dosen Penguji