

# **SKRIPSI**

## **STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK POLY ETHYLENE TEREPHALATE (PET) 0,7 % DAN BOTTOM ASH PADA BETON F'C 30 MPA**



**Disusun Oleh :**  
**MOCHAMAD FUAD ZAIN**  
**NIM : 07.21.014**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2012**

**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK POLY ETHILENE  
TEREPHALATE ( PET ) 0,7% DAN BOTTOM ASH TERHADAP SIFAT  
MEKANIS BETON  $f_c$  30 MPA**

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

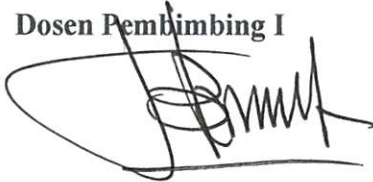
Disusun Oleh :

**Mochamad Fuad Zain**

**NIM 07. 21. 014**

Menyetujui :

**Dosen Pembimbing I**



**( Ir. Bambang Wedyantadji, MT )**

**Dosen Pembimbing II**



**( Riplianto, ST, MT )**

Mengetahui,  
**Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1**



**( Ir. H. Hirijanto, MT )**

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

**2012**

# LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK POLY ETHYLENE  
TEREPHALATE ( PET ) 0,7% DAN BOTTOM ASH TERHADAP SIFAT  
MEKANIS BETON f'c 30 MPA**

## SKRIPSI

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi  
Jenjang Strata Satu (S-1)  
Pada hari : selasa  
Tanggal : 13 Agustus 2012  
Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik


**Disusun Oleh :**

**Mochamad Fuad Zain**


**07. 21. 014**

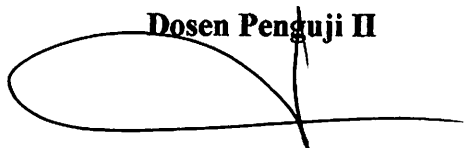
**Disahkan Oleh:**

**Ketua**  
  
**(Ir. H. Hirijanto, MT)**

**Sekretaris**  
  
**(Lilla Ayu Ratna Winanda, ST, MT)**

**Anggota Penguji :**

**Dosen Penguji I**  
  
**(Ir. H. Hirijanto, MT)**

**Dosen Penguji II**  
  
**(Ir. H. Ibnu Hidayat. Pj., MT)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2012**



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2 Telp.(0341) 551431 Malang 65145

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Muhammad Fuad Zain**  
NIM : **07.21.014**  
Program Studi : **TEKNIK SIPIL S-1**  
Fakultas : **TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

**“Studi Penelitian Pemanfaatan Limbah Plastik Poly Ethilene Terephalate (PET) 0,7 % dan Bottom Ash Pada Beton f'c 30 Mpa adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur seluruhnya karya orang lain kecuali disebut dari sumber aslinya yang tercantum dalam daftar pustaka.**

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

Malang, September 2012

Yang membuat pernyataan,



(M.Fuad Zain)

## ABSTRAKSI

Mochamad Fuad Zain, (0721014), “STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK POLY ETHILENE TEREPHALATE ( PET ) 0,7% DAN BOTTOM ASH PADA BETON  $f'c$  30 Mpa “

Pembimbing I : Ir. Bambang Wedyantadji, MT. Pembimbing II : Ripkianto, ST, MT.

---

---

Kata Kunci : PET, *Bottom ash*, Sifat Mekanis Beton.

Dengan kondisi lingkungan saat ini dan di masa mendatang menuntut kita untuk memanfaatkan limbah organik maupun non organik sebagai alternatif digunakan dalam campuran agregat. Beton merupakan material yang mempunyai kemampuan untuk menahan beban tekan yang sangat tinggi, namun beton juga dikenal sebagai material yang lemah terhadap tarik dibandingkan dengan baja. Oleh karena itu, dengan penambahan PET pada beton dan bahan tambah berupa *Bottom ash* yang akan dicampurkan ke dalam campuran beton diharapkan dapat membuat beton lebih daktail serta meningkatkan kuat tarik.

Metode penelitian yang digunakan yaitu penelitian yang di lakukan di laboratorium dengan pembuatan benda uji sebanyak 5 perlakuan yang berbeda yaitu dengan penambahan *Bottom ash* 0%, 7%, 14%, 21%, dan 28% dengan semua variasi mempunyai pencampuran PET 0,7% untuk campuran beton. Penambahan *Bottom ash* dibuat sebagai pembandingan sifat mekanis beton PET 0,7%. Tujuan dari penelitian ini Untuk mengetahui apakah terjadi perbedaan nilai sifat mekanis beton PET 0,7% dengan penambahan *Bottom ash* pengganti pasir dengan cara menganalisis secara statistik untuk enguji penelitian itu kemudian ditarik kesimpulan yang disebut Hipotesis, kemudian dilakukan pembahasan sehingga di dapatkan suatu kesimpulan akhir. Hasil penelitian menyatakan penggunaan variasi *Bottom ash* berpengaruh terhadap sifat mekanis beton.

Dari hasil penelitian sifat mekanis beton seperti Kuat Tekan, Kuat Tarik belah dan modulus elastisitas diperoleh nilai optimum variasi dan nilai maksimum di setiap sifat mekanis. Nilai Kuat Tekan Nilai optimum variasi Botom ash 7,75% dan nilai maksimum Kuat Tekan 35,58 Mpa, nilai optimum Kuat Tarik Belah 13,8% dan Nilai maksimum 8530,7 Mpa, nilai optimum Modulus Elastisitas 13,47% dan Nilai maksimum 44974,18 Mpa.

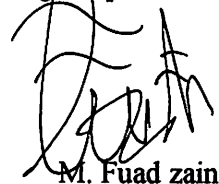
## KATA PENGATAR

Segala Puji dan Syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, atas segala rahmat dan karuniahNya akhirnya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **"STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK PET 0,7 % DENGAN BOTTOM ASH TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON fc' 30 Mpa"** saya menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikanya skripsi ini, diantaranya:

1. Ir. Soeparno Djiwo, MT. Selaku Rektor ITN Malang beserta jajarannya
2. Ir. Agus Santosa, MT. Selaku Dekan ITN Malang beserta jajarannya
3. Ir. H. Hirijanto, MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1
4. Lila Ayu Ratna Winanda, ST, MT. Selaku Sekretari Program Studi Teknik Sipil S-1
5. Ir. Bambang Wedyantadji, MT. Selaku Dosen Pembimbing I
6. Ripkianto, ST, MT. Selaku Dosen Pembimbing II
7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil S1 ITN Malang
8. Abah , Mamak, Bambang, Farida, Nur Socheh, Fardiana, Faisal, Fahriansyah, Afrizal, Aura, Farel, Nisa dan seluruh keluarga tercinta yang sudah mendoakan
9. Ir. Bambang Wedyantadji, MT dan Ripkianto, ST, MT beserta M. Mahfud yang sudah banyak memberikan saran - saran dan masukannya.
10. Untuk seluruh sahabat - sahabatku LBK Tercinta, semua rekan – rekan penelitian dan teman – teman Teknik Sipil S1 yang telah banyak membantu
11. Seluruh teman – teman dan sahabat yang selalu memberikan motifasi yang sangat luar biasa H 178

Dengan segala kerendahan hati saya menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan – kekurangan yang belum sempurna. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, September 2012



M. Fuad zain

## DAFTAR ISI

### LEMBAR JUDUL

### LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

### LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	i
ABSTRAKSI.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv

### BAB I PENDAHULUAN

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

### BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Pengertian Beton.....	9
2.3 Bahan – Bahan Penyusunan Beton.....	12
2.3.1 Agregat Halus.....	12
2.3.2 Agregat Kasar.....	12
2.3.3 Air.....	13
2.3.4 Semen .....	14

2.3.5	Bahan Tambah (Admixture).....	15
2.4	<i>Poly Ethelene Terephthalate</i> (PET).....	15
2.4.1	Proses Pembuatan Bahan Tambahan PET.....	16
2.5	Bottom Ash.....	17
2.6	Sifat Mekanis Beton .....	18
2.7	Pengujian Interval Kepercayaan.....	20
2.8	Pengertian Hipotesis.....	21
2.9	Analisa Regresi.....	24
2.9.1	Regresi Linier .....	24
2.9.1.1	Regresi Linier Sederhana.....	25
2.9.1.2	Regresi Ganda.....	26
2.9.2	Regresi Non Linier .....	27
2.9.2.1	Regresi Model Kurvilinier.....	28
2.9.2.2	Regresi Dengan Model Variabel <i>Dummy</i> (Boneka).....	29
2.9.2.3	Regresi Model Eksponen.....	29
2.9.2.4	Regresi <i>Polynomial</i> .....	30
2.10	Penjelasan Tentang Regresi Non Linier Pada Model Kuadratik.....	31

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Tujuan Penelitian Secara Operasional.....	33
3.2	Tempat Dan Waktu Penelitian.....	33
3.3	Metode Penelitian .....	33
3.4	Alat Dan Bahan Penelitian.....	34
3.5	Populasi Dan Sampel.....	36
3.6	Penelitian .....	36



3.6.1 Rancangan Penelitian.....	36
3.7 Pelaksanaan Campuran Beton .....	37
3.7.1 Prosedur Pelaksanaan Campuran (Pengecoran) .....	37
3.7.2 Uji <i>Slump</i> Beton.....	38
3.8 Pengujian Kuat Tekan Beton.....	42
3.9 Uji Kuat Tarik Belah .....	45
3.10 Uji Modulus Elastisitas.....	46
3.11 Metode Analisis Hasil.....	49
3.11.1 Analisis Regresi.....	49
3.11.2 Hipotesis Statistik .....	50
3.12 Bagan Alir Penelitian.....	51

#### **BAB IV PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENELITIAN**

4.1 Pemeriksaan Bahan.....	52
4.1.1 Pemeriksaan Berat Isi .....	52
4.1.2 Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus.....	56
4.1.3 Pemeriksaan Kotoran Organik.....	64
4.1.4 Pemeriksaan Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus .....	66
4.1.5 Pemeriksaan Kadar Air Agregat.....	67
4.1.6 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Batu Pecah.....	70
4.1.7 Pemeriksaaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.....	73
4.1.8 Pengujian Keausan Agregat Kasar Batu Pecah Dengan Menggunakan Alat <i>Los Angeles</i> .....	76
4.2 Perencanaan Campuran Beton.....	80

4.3	Perencanaan Campuran Beton Dengan Metode ACI .....	81
4.4	Perhitungan.....	87

**BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

5.1	Data Hasil Pengujian Sifat Mekanis Beton .....	91
5.1.1	Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	91
5.1.2	Hasil Pengujian Kuat Tari Belah.....	102
5.1.3	Hasil Pengujian Modulus Elastisitas .....	113
5.2	Pengujian Interval Kepercayaan.....	124
5.3	Pengujian Hipotesis .....	135
5.4	Analisa Regresi.....	139
5.4.1	Sub Pembahasan.....	141
5.5	Pembahasan .....	146

**BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1	Kesimpulan.....	149
6.2	Saran.....	150

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

TABEL 3.1	Tabel Variasi Benda Uji.....	36
TABEL 4.1	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar .....	55
TABEL 4.2	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus .....	55
TABEL 4.3	Pemeriksaan Berat Isi Semen .....	55
TABEL 4.4	Penentuan Saringan Untuk Agregat Kasar .....	58
TABEL 4.5	Ukuran Saringan Agregat Halus .....	58
TABEL 4.6	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Batu Pecah .....	59
TABEL 4.7	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus .....	61
TABEL 4.8	Warna Standart .....	65
TABEL 4.9	Ukuran Maksimum Agregat .....	68
TABEL 4.10	Pemeriksaan kadar Air Agregat Kasar.....	69
TABEL 4.11	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus.....	69
TABEL 4.12	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Batu Pecah.....	72
TABEL 4.13	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus.....	76
TABEL 4.14	Berat Dan Gradasi Benda Uji .....	78
TABEL 4.15	Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar.....	79
TABEL 4.16	Deviasi Standart Berdasarkan Isi pekerjaan .....	81
TABEL 4.17	Hubungan Kuat Tekan Beton Rencana Dengan Faktor Air Semen .....	84
TABEL 4.18	Ukuran Slump Yang di Anjurkan Untuk Berbagai Jenis Konstruksi .....	84

TABEL 4.19	Jumlah Air Perlu Untuk Setiap m <sup>3</sup> Beton dan Udara Terperangkap Untuk Berbagai Slump dan Ukuran Maksimum Agregat .....	85
TABEL 4.20	Prosentase Volume Agregat Kasar atau Satuan Volume Beton .....	86
TABEL 4.21	Berat Jenis Beton.....	80
TABEL 4.22	Pencampuran Dalam Berat Setiap m <sup>3</sup> Beton .....	89
TABEL 4.23	Konversi ke Kondisi Lapangan .....	90
TABEL 4.24	Mix Design Beton PET 0,7 % .....	90
TABEL 4.25	Kebutuhan Bottom Ash Antar Variasi .....	90
TABEL 5.1	Hasil Perhitungan Kuat Tekan Bottom Ash 0 % .....	93
TABEL 5.2	Hasil Perhitungan Kuat Teekan Bottom Ash 7 % .....	95
TABEL 5.3	Hasil Perhitungan Kuat Tekan Bottom Ash 14 % . .....	97
TABEL 5.4	Hasil Perhitungan Kuat Tekan Bottom Ash 21 % .....	99
TABEL 5.5	Hasil perhitungan Kuat Tekan Bottom Ash 28 % .....	101
TABEL 5.6	Kuat Tarik Belah Bottom Ash 0 % .....	104
TABEL 5.7	Kuat Tarik Belah Bottom Ash 7 % .....	106
TABEL 5.8	Kuat Tarik Belah Bottom Ash 14 % .....	108
TABEL 5.9	Kuat Tarik Belah Bottom Ash 21 % .....	110
TABEL 5.10	Kuat Tarik Belah Bottom Ash 28 % .....	112
TABEL 5.11	Kuat Modulus Elastisits Bottom Ash 0 % .....	115
TABEL 5.12	Kuat Modulus Elastisits Bottom Ash 7 % .....	117
TABEL 5.13	Kuat Modulus Elastisits Bottom Ash 14 % .....	119

TABEL 5.14	Kuat Modulus Elastisits Bottom Ash 21 % .....	121
TABEL 5.15	Kuat Modulus Elastisits Bottom Ash 28 % .....	123
TABEL 5.16	Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton PET 0,7 %.....	125
TABEL 5.17	Interval Kepercayaan Kuat Tekan Bottom Ash 0 % .....	126
TABEL 5.18	Interval Kepercayaan Kuat Tekan Bottom Ash 7 % .....	126
TABEL 5.19	Interval Kepercayaan Kuat Tekan Bottom Ash 14 % .....	127
TABEL 5.20	Interval Kepercayaan Kuat Tekan Bottom Ash 21 % .....	127
TABEL 5.21	Interval Kepercayaan Kuat Tekan Bottom Ash 28 % .....	128
TABEL 5.22	Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah Beton PET 0,7 %.....	129
TABEL 5.23	Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah Bottom Ash 0 %.....	130
TABEL 5.24	Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah Bottom Ash 7 %.....	130
TABEL 5.25	Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah Bottom Ash 14 %.....	130
TABEL 5.26	Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah Bottom Ash 21 %.....	130
TABEL 5.27	Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah Bottom Ash 28 %.....	131
TABEL 5.28	Interval Kepercayaan ME Beton PET 0,7 % .....	132
TABEL 5.29	Interval Kepercayaan ME Bottom Ash 0 % .....	133
TABEL 5.30	Interval Kepercayaan ME Bottom Ash 7 % .....	133
TABEL 5.31	Interval Kepercayaan ME Bottom Ash 14 % .....	134
TABEL 5.32	Interval Kepercayaan ME Bottom Ash 21 % .....	134
TABEL 5.33	Interval Kepercayaan ME Bottom Ash 28 % .....	135
TABEL 5.34	Data Kuat Tekan Beton PET 7 %dan Bottom Ash .....	136
TABEL 5.35	Analisa Varian Kuat Tekan .....	138
TABEL 5.36	Analisa Statistik Untuk Seluruh pengamatan .....	138

TABEL 5.37	Nilai Kuat Tekan Tiap Variasi .....	139
TABEL 5.38	Daftar Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Tekan .....	139
TABEL 5.39	Kenaikan dan Penurunan Prosentase Antar Variasi .....	142
TABEL 5.40	Uji Regresi Kuat Tekan .....	143
TABEL 5.41	Kenaikan dan Penurunan Prosentase Antar Variasi.....	143
TABEL 5.42	Uji Regresi Kuat Tarik Belah .....	144
TABEL 5.43	Kenaikan dan Penurunan Prosentase Antar Variasi .....	145
TABEL 5.44	Uji Regresi Modulus Elastisitas .....	146

## DAFTAR GRAFIK

GRAFIK 4.1 Batas Gradasi Untuk Agregat Kasar 4,8 sampai 9,6 mm .....	60
GRAFIK 4.2 Batas Gradasi Untuk Agregat Kasar 4,8 sampai 19 mm .....	60
GRAFIK 4.3 Batas Gradasi Untuk Agregat Kasar 4,8 sampai 38 mm .....	61
GRAFIK 4.4 Batas Gradasi Zona 1 Untuk Agregat Halus .....	62
GRAFIK 4.5 Batas Gradasi Zona 2 Untuk Agregat Halus .....	62
GRAFIK 4.6 Batas Gradasi Zona 3 Untuk Agregat Halus .....	63
GRAFIK 4.7 Batas Gradasi Zona 4 Untuk Agregat Halus .....	63
GRAFIK 5.1 Hubungan Antara Nilai Kuat Tekan Dengan Bottom Ash .....	142
GRAFIK 5.2 Hubungan Antara Nilai Tarik Belah Dengan Bottom Ash .....	143
GRAFIK 5.3 Hubungan Antara Nilai ME Dengan Bottom Ash .....	145

## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 3.1	Peralatan Dan Cara Melihat Nilai Slump.....	38
GAMBAR 3.2	Mesin Kuat Tekan Hidrolik dan Posisi Benda Uji Saat Pengetesan .....	43
GAMBAR 3.3	Mesin Kuat Tekan Belah dan Posisi Benda Uji saat Pengetesan .....	45
GAMBAR 3.4	Alat Pengujian Modulus Elastisitas dan Mesin Hidroli Kuat Tekan .....	47
GAMBAR 4.1	Aparatus Pemeriksaan Berat Volume Agregat .....	53
GAMBAR 4.2	Aparatus Saringan Untuk Analisis Saringan Agregat Kasar dan Halus .....	57
GAMBAR 4.3	Aparatus Untuk Pemeriksaan Kadar Air Agregat .....	67
GAMBAR 4.4	Aparatus Untuk Analisis Spesifik Grafiti dan Absorsi agregat Halus .....	74
GAMBAR 4.5	Kurva Pembatasan Gradasi Agregat Halus Dan Kasar.....	82



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada era Globalisasi saat ini Negara Indonesia mulai meningkatkan kemajuan di segala bidang, khususnya di bidang konstruksi. Apalagi dengan kemajuan teknologi yang perkembangannya sangat luar biasa di jaman era globalisasi pada saat ini. Perlu kita ketahui bahwa bidang konstruksi ini mempunyai peran yang sangatlah penting. Dalam dunia konstruksi tidak akan lepas dengan yang namanya Beton. Dalam pembuatan beton tentunya juga harus perlu kita pikirkan material, karena tanpa material yang berkualitas bagus juga tidak akan menghasilkan mutu beton yang maksimal.

Beton adalah srtuktur utama pondasi dalam konstruksi, beton merupakan struktur untuk menahan beban suatu bangunan atau gedung karena beton sendiri hanya mempunyai sifat tekan dan tidak mempunyai sifat terhadap gaya tarik yang berlawanan dengan sifat baja. Dengan penambahan bahan tambahan berupa serat ataupun bahan lainnya yang akan dicampurkan ke dalam campuran beton diharapkan dapat membuat beton lebih daktail serta meningkatkan kuat tarik yang lebih besar bisa juga ditambahkan dengan menggunakan bahan aditif kimia atau air mineral supaya tercapai mutu yang sesuai kita inginkan.

Dalam suatu pembangunan konstruksi khususnya pada pembuatan beton sangatlah mempengaruhi alam sekitar karena bahan-bahan agregat beton itu sendiri sangatlah bergantung terhadap lingkungan sumber daya alam sekitar.

Beton juga bisa memanfaatkan bahan-bahan limbah disekitar lingkungan sebagai bahan dalam campuran beton, karena biasanya limbah hanyalah sampah yang sudah tidak terpakai. Hal tersebut juga bisa memberikan alternatif untuk memanfaatkan limbah yang tidak termanfaatkan, seperti limbah botol plastik. Khususnya 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 simbol daur ulang, yang berarti bahan dasar gelas plastik ini adalah bahan yang digunakan hanya untuk satu kali pakai. Dalam kegiatan ini kita memikirkan dari pada limbah plastik terbuang tidak ada gunanya atau sia-sia lebih baik bisa dimanfaatkan dengan pencampuran pembuatan beton. Dengan optimalisasi pemanfaatan limbah botol plastik PET ini sangat diharapkan dapat mengurangi limbah yang dapat mencemari lingkungan dan memberikan nilai tambah tersendiri.

Dalam penelitian ini digunakan limbah botol plastik PET yang berfungsi sebagai serat yang akan digunakan sebagai bahan tambah dalam pencampuran pembuatan beton. Serat plastik ini akan 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 daktail. Pada penelitian ini untuk limbah dari hasil pembakaran batu bara (*Bottom ash*) juga digunakan sebagai bahan aditif yang berfungsi untuk mengurangi penggunaan agregat halus seperti pasir.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Seperti disebutkan pada latar belakang bahwa beton merupakan struktur untuk menahan suatu bangunan atau gedung sehingga dalam pembuatan beton sangatlah mempengaruhi alam sekitar. Dimana bahan-bahan agregat beton itu sendiri sangatlah bergantung terhadap lingkungan sumber daya alam sekitar, maka pengkajian masalah dalam pembuatan beton perlu memberikan alternatif untuk memanfaatkan limbah yang tidak termanfaatkan seperti limbah botol plastik (PET) dan hasil dari pembakaran batu bara (*Bottom ash*) yang berfungsi untuk mengurangi penggunaan agregat halus. Sehingga diharapkan dapat memberikan perbaikan terhadap kuat tarik beton serta membuat beton lebih daktail yang akan muncul diwaktu yang akan datang.

## 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah terjadi perbedaan nilai sifat mekanis beton PET 0,7 % dengan penambahan aditif *Bottom ash*?
2. Berapa prosentase perbedaan nilai sifat mekanis pada beton PET 0,7 % dengan penambahan aditif *Bottom ash*?
3. Berapa nilai optimum penambahan *Bottom ash* terhadap beton PET 0,7 %?

## 1.4 Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang dari permasalahan pokok, maka dalam penelitian ini ditentukan batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini mengkaji apakah terjadi pengaruh sifat mekanis beton PET 0,7 % dengan penambahan aditif *Bottom ash* untuk mengurangi agregat halus.
2. Penelitian ini mencari berapa prosentase perbedaan sifat mekanis pada beton PET 0,7 % dengan aditif *Bottom ash*.
3. Penelitian ini mencari berapa nilai optimum beton PET 0,7 % terhadap penambahan *Bottom ash*.

### **1.5 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui apakah terjadi perbedaan nilai sifat mekanis beton PET 0,7 % dengan penambahan *Bottom ash* sebagai bahan aditif.
2. Mengetahui besar prosentase sifat mekanis beton PET 0,7% dengan *Bottom ash* sebagai adiktif.
3. Mengetahui nilai optimum beton PET 0,7 % terhadap penambahan *Bottom ash*.

### **1.6 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai bahan informasi pemanfaatan limbah plastik dan limbah abu 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.
5. Memberikan pengaruh positif kepada masyarakat tentang limbah plastik PET dan *Bottom ash* dapat mempengaruhi sifat mekanis pada beton.

### 1.7 Hipotesis Penelitian

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

- a. Terjadi perubahan yang signifikan pada sifat mekanis beton PET 0,7 % disebabkan penambahan aditif *Bottom ash*.
- b. Terjadi perubahan nilai sifat mekanis beton PET % yang disebabkan penambahan *Bottom ash* yang dinyatakan dalam persen.
- c. Dengan penambahan bahan tambahan aditif *Bottom ash* ini terjadi adanya nilai optimum beton PET 0,7 %.

## **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 Lestariono, 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. Beton ringan ber-agregat limbah botol plastik jenis PET. (*Pratiko, Jurnal Seminar nasional teknik sipil 2010 Politeknik Negri Jakarta*). Kesimpulan, 1. Limbah botol plastik PET dapat dijadikan sebagai pengganti agregat kasar beton ringan yaitu melalui proses pemanasan, pendinginan dan pemecahan. 2. Pada proses pengadukan berbeda dengan salah satu cara pada beton normal. Pengadukan di mulai dari pemasukan agregat pasir dan semen, 50% air yang pertama di masukan ke dalam mixer dan diikuti oleh additive 50% dan di aduk selama 5 menit, agregat PET dimaukan terakhir sedikit demi sedikit. 3. Dari penelitian ini didapatkan rasio perbandingan untuk campuran tiap m<sup>3</sup> beton ringan structural adalah semen 263 kg, pasir 420 kg, Air 279 kg dan agregat

PET 559 kg pada pemakaian additive sebanyak 50ml. 4. Kekuatan tekan yang di hasilkan adalah 17,49 Mpa dengan kuat tarik belah 1,15 Mpa sehingga beton ringan ini dapat dikatagorikan beton structural. 5. Kuat tarik belah tidak lebih 10% kekuatan tekan, yaitu : 1,15 Mpa.

3. Pembuatan dan karakteristik beton geopolimer berbahan dasar abu terbang dengan abu dasar sebagai agregat halus (*M. Fajar Hermansyah, 2008*) kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. *Fly ash* merupakan hasil sampingan dari pembakaran batubara yang mengandung *silica amorf*, alumunium oksida, besi oksida dan oksida lainnya dalam berbagai variasi jumlah.

2. Dalam proses pembuatan beton geopolimer dengan *Bottom ash* sebagai agregat halus, yang perlu diperhatikan adalah :

a. Terlebih dahulu membuat larutan aktifator alkali dalam wadah. Setelah terjadi reaksi dalam larutan (ditandai dengan kenaikan suhu), campur abu terbang kemudian aduk merata.

b. Masukkan agregat kasar, *Bottom ash*, dan pasta geopolimer ke dalam mixer aduk sampai mendapatkan kondisi homogen.

c. Benda uji yang telah dicetak dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 60° C selama 24 jam.

3. Beton geopolimer yang menggunakan *Bottom ash* sebagai agregat halus memiliki kuat tekan sebesar 451,11 kg/cm<sup>2</sup> dengan benda uji kubus 15x15x15 dan 349,76 kg/cm<sup>2</sup> dengan benda uji silinder Ø15x30 sedikit lebih kecil dibanding dengan beton geopolimer yang menggunakan pasir



sebagai agregat halus yang memiliki kuat tekan sebesar  $455,56 \text{ kg/cm}^2$  dengan benda uji kubus  $15 \times 15 \times 15$  dan  $353,54 \text{ kg/cm}^2$  dengan benda uji silinder  $\emptyset 15 \times 30$ . Ini disebabkan *Bottom ash* memiliki kehalusan yang lebih dibanding pasir alam.

4. Beton geopolimer dengan *Bottom ash* sebagai agregat halus memiliki karakteristik yang sama seperti beton normal yaitu memiliki kekuatan tekan yang besar dan kekuatan tarik yang lemah. Namun kekuatan beton yang dimiliki lebih besar dari beton semen.
5. Beton geopolimer dengan *Bottom ash* sebagai agregat halus memiliki kuat lentur sebesar  $42 \text{ kg/cm}^2$  sedikit lebih kecil dibanding dengan beton geopolimer yang menggunakan pasir sebagai agregat halus yang memiliki kuat lentur sebesar  $46,67 \text{ kg/cm}^2$ .
6. Perbandingan kuat tarik lentur dengan kuat tekan beton geopolimer dengan *Bottom ash* sebagai agregat halus sebesar  $1 : 8$  (12,5%), sifat yang sama seperti beton normal yang memiliki kekuatan tarik berkisar 10% - 15% kekuatan tekannya.
7. Hasil penelitian beton polimer dengan *Bottom ash* sebagai agregat halus sesuai dengan hipotesa awal, yaitu memiliki kekuatan yang setara dengan beton normal. Sehingga beton geopolimer dengan *Bottom ash* sebagai agregat halus dapat digunakan sebagai beton struktural.
8. Presentase terlarut untuk Mg sebesar 1,89% untuk Fe sebesar 12,08%, untuk Na sebesar 9,47%. Hasil tersebut lebih kecil dari hasil unsur yang





terkandung pada pasta geopolimer. Sedangkan unsure terlarut beton geopolimer dengan *Bottom ash* sebagai agregat halus ditinjau per m<sup>3</sup> beton

## 2.2 Pengertian Beton

Dalam konstruksi, beton merupakan campuran antara semen, pasir, air dan kerikil yang mengeras menyerupai batu. 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, pondasi, 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*) dll.

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 ssetelah 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, kekedapan 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  $2400 \text{ kg/m}^3$
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 kontrol 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. SNI mensyaratkan modulus kehalusan agregat kasar antara 6.0–7.1. 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 ( $\text{CaO}$ ), dan lempung/tanah liat yaitu bahan alam yang mengandung senyawa Siliki Oksida ( $\text{SiO}_2$ ), Aluminium Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Besi Oksidasi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan Magnesium Oksidasi ( $\text{MgO}$ ) 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 slama 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 Ethelene Terephthalate (PET)***

PET merupakan *polyster termoplastik* yang diproduksi secara komersial melalui produk kondensasi yang dikarakterisasi dengan banyaknya ikatan ester yang didistribusikan sepanjang rantai utama polimer. PET merupakan bahan dasar



dari botol minuman plastik, dengan nama IUPAC-nya Polioksi etilen neooksitereftaol.

PET dan *polyester* lain pada umumnya bebas dari hasil pembakaran berbahaya selain CO<sub>2</sub>. Titik leleh PET murni diatas 280°C untuk sampel yang di “*annealing*” secara lengkap. Sedangkan produk komersialnya meleleh pada suhu 255°C-265°C, karena hasil kristalisasi berkurang dengan adanya pengotor pada rantai utamanya. Pengotor yang ada dalam PET mengakibatkan kekuatan produk akan berkurang, baik sebagai produk film atau serat. Titik transisi gelas bervariasi dalam interval yang luas.

#### **2.4.1 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 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.
4. Cacahan botol plastik tersebut kemudian dicuci kembali dengan soda api 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 tambahan.

## **2.5 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 padapenampung debu *ashhopper*) 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-tabboiler* serta *syclun boiler* yang menghasilkan *wet Bottom ash (boiler slag)*. Sifat dari *bootom ash* sangat berfariasi karena di pengaruhi oleh jenis batu bara dan sistem pembakarannya.

Sifat fisik *Bottom ash* berdasarkan bentuk angular/bersiku berbulir kecil, warna hitam dan abu-abu gelap, tampilan mengkilap seperti pasir halus dan sangat berpori. Sifat kimia dari *Bottom ash* sebagian besar tersusun dari unsur-unsur Si,Al,Fe,Ca serta Mg,S,Na.

Sifat mekanis besarnya nilaikehilangan pada tes kehausan dengansodium Sulfat menunjukkan adanya kandungan *pyrite* yang di tunjukan dari kandungan sulfat terlarut yang berlebihan dalam *bottom ash*, max dry densiti 1210 – 1620 Kg/m<sup>3</sup>, kelembaban optimum 12 – 24 % (umumnya < 20), tes abrasi LA 30 – 50, Sodium sulfat soundnes test 1,5 – 10, kuat geser 38 – 42<sup>0</sup> (ukuran butir < 9,5 mm).

## 2.6 Sifat Mekanis Beton

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

### a. 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.

$$f^c = \frac{P}{A} \times \text{factor umur 28 hari} \quad (2.1)$$

Dimana :

$f^c$  = Kuat tekan benda uji (MPa)

P = Beban tekan maksimum (N)

A = Luas bidang tekan (mm<sup>2</sup>)

Rumus dibawah ini termasuk pengujian kuat tekan rencana rata-rata

$$f_{cr} = f_{c'} + 1,34 \times s \quad (2.2)$$

dimana :

$$\begin{aligned} f_{cr} &= \text{kuat tekan rerata} \\ f_{c'} &= \text{kuat tekan rencana} \\ s &= \text{standart deviasi} \end{aligned}$$

$$f_{cr} = f_{c'} + 2,33 \times s - 3,5 \quad (2.3)$$

dimana :

$$\begin{aligned} f_{cr} &= \text{kuat tekan rerata} \\ f_{c'} &= \text{kuat tekan rencana} \\ s &= \text{standart deviasi} \end{aligned}$$

#### b. Kuat Tarik Belah

Untuk menentukan tegangan kuat tarik beton dilakukan dengan metode

*spleting test*/kuat tarik belah dan dapat dihitung dengan rumus :

$$f_{ct} = \frac{2p}{\pi LD} \quad (2.4)$$

Dimana :

$f_{ct}$  = Kuat tarik belah (N/m<sup>2</sup>)

P = Beban pada waktu belah (N)

L = Panjang benda uji silinder (m)

D = Diameter benda uji silinder (m)



### c. Modulus Elastisitas

Seperti yang kita ketahui beton adalah bahan yang benar-benar elastis, di mana modulus elastisitas beton selalu berubah- ubah menurut kekuatan atau mutu beton. Modulus elastisitas beton tergantung pada umur beton, sifat agregat dan semen.

$$E_c = \frac{\text{tegangan}}{\text{regangan}} = \frac{f'c}{\epsilon} \quad (2.5)$$

Perhitungan tegangan  $f'c = \frac{P}{A}$  (2.6)

Perhitungan Regangan  $\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$  (2.7)

Dimana :

$\Delta L$  = Besar perpendekan akibat pembebanan

$L$  = Panjang Efektif (cm)

## 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.

## **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 empiris yang dikumpulkan.

Adapun peran hipotesis pada penelitian ilmiah adalah :

1. Memberikan tujuan yang tegas bagi peneliti.
2. Membantu dalam penentuan arah kegiatan yang harus ditempuh dalam pembatasan ruang lingkup, memilih fakta dan menentukan relevansi pelaksanaan kegiatan.
3. 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 member label “berhasil” bila kartu terambil adalah kartu merah atau “gagal” bila terambil adalah kartu hitam.

Ulangan-ulangan tersebut bersifat bebas dan peluang keberhasilan setiap ulangan tetap sama.

b. Distribusi Poison ( $\sigma^2$ )

Distribusi poison 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.

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 kepekatan probabilitasnya mirip dengan bentuk lonceng.

d. Distribusi *Student*

Sama dengan distribusi normal, hanya sampel yang digunakan sedikit (umumnya kurang dari 33).



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.

f. Distribusi *Fisher* (F)

Memperbandingkan dua varian, uji harga rata-rata tidak mencukupi (deviasinya sangat besar, sehingga nilai rata-rata sulit dijadikan ukuran) oleh karena itu digunakan uji varian yang mengikuti distribusi F.

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 Analisa Regresi

### 2.9.1 Regresi Linier

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

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 variabel bebas dan satu variabel terikat, maka disebut sebagai persamaan regresi sederhana, sedangkan jika variabel bebasnya lebih dari satu, maka disebut sebagai persamaan regresi berganda.

#### 2.9.1.1 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).

$$Y = a + bX \quad (2.8)$$

dimana:

Y = variabel terikat

X = variabel bebas

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

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

$$\text{Harga } b = r \frac{S_y}{S_x} \quad (2.9)$$

$$\text{Harga } a = Y - bX \quad (2.10)$$

dimana:

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

$S_y$  = Simpang baku variabel Y

$S_x$  = Simpang baku variabel X

### 2.9.1.2 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 (dinaikaturunkan nilainya), jadi analisis regresi ganda akan dilakukan bila jumlah variabel bebasnya minimal 2.

Persamaan regresi untuk n prediktor adalah

$$X = a + b_1Y_1 + b_2Y_2 + \dots + b_nY_n \quad (2.11)$$

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

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 negative dan sebaliknya bila koefisien korelasi positif maka harga b juga positif.

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

$$a = \frac{(\sum Y_i)(\sum X_i^2) - (\sum Y_i)(\sum X_i Y_i)}{n\sum X_i^2 - (\sum P_i)^2} \quad (2.12)$$

$$b = \frac{n\sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (2.13)$$

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

### 2.9.2 Regresi Non Linier

Seperti yang sudah dijelaskan pada regresi linier, tidak adanya bedanya dengan regresi non linier, hanya saja pada regresi non linier grafiknya berbentuk lengkungan atau hanya sedikit melengkung dari regresi linier. Karena tidak selamanya hal-hal yang akan di prediksi itu bias tergambar secara linier, terkadang ada suatu penelitian yang tersebar datanya (tidak membentuk garis menurun atau menaik). Maka dari itu digunakan regresi non linier untuk meramalkannya. Karena itu regresi non linier ini penting untuk dipelajari dan dipahami. Yang termasuk dalam regresi non linier adalah *regresi polynomial* yang didalamnya terdapat

model kuadratik dan model kubik, *regresi kurvilinier*, *regresi eksponensial*, *regresi logistik* dan masih banyak lagi. Yang akan dijelaskan disini hanya sebagian dari keseluruhan.

### 2.9.2.1 Regresi Model Kurvilinier

*Regresi kurvilinier* seringkali digunakan untuk menelaah atau memodelkan hubungan fungsi variabel terikat (Y) dan variabel bebas (X) yang tidak bersifat linier. Tidak linier bisa diartikan bilamana laju perubahan Y sebagai akibat perubahan X tidak konstan untuk nilai-nilai X tertentu. Kondisi fungsi tidak linier ini (kurvilinier) seringkali dijumpai dalam banyak bidang. Misal pada bidang pertanian, bisa diamati hubungan antara produksi padi dengan taraf pemupukan *phospat*. Secara umum produksi padi akan meningkat cepat bila pemberian *phospat* ditingkatkan dari taraf rendah ke taraf sedang. Tetapi ketika pemberian dosis *phospat* diteruskan hingga taraf tinggi, maka tambahan dosis *phospat* tidak dapat diimbangi kenaikan hasil, sebaliknya terjadi penurunan hasil. Untuk kasus-kasus hubungan tidak linier, prosedur regresi sederhana atau berganda tidak dapat digunakan dalam mencari pola hubungan dari variabel-variabel yang terlibat. Dalam hal ini, prosedur analisis regresi kurvilinier merupakan prosedur yang sesuai untuk digunakan.

### 2.9.2.2 Regresi Dengan Model Variabel *Dummy* (Boneka)

Analisa regresi tidak saja digunakan untuk data-data kuantitatif (misal : dosis pupuk), tetapi juga bisa digunakan untuk data kualitatif (misal : musim panen). Jenis data kualitatif tersebut seringkali menunjukkan keberadaan klasifikasi (kategori) tertentu, sering juga dikategorikan variabel bebas (X) dengan klasifikasi pengukuran nominal dalam persamaan regresi. Sebagai contoh, bila ingin meregresikan pengaruh kondisi kemasan produk dodol nenas terhadap harga jual. Pada umumnya, cara yang dipakai untuk menyelesaikan adalah member nilai 1 (satu) kalau kategori yang dimaksud ada dan nilai 0 (nol) kalau kategori yang dimaksud tidak ada (bisa juga sebaliknya, tergantung tujuannya). Dalam kasus kemasan ini, bila kemasannya menarik diberi nilai 1 dan bila tidak menarik diberi nilai 0. Variabel yang mengambil nilai 1 dan 0 disebut variabel dummy dan nilai yang diberikan dapat digunakan seperti variabel kuantitatif lainnya.

### 2.9.2.3 Regresi Model Eksponen

Persamaan untuk regresi model eksponen adalah sebagai berikut, yakni :

$$\hat{Y} = ab^x \quad (2.14)$$

Dan ternyata persamaan diatas dapat dikembalikan kepada model linier apabila diambil logaritmanya. Dalam logaritma, persamaannya sekarang menjadi :

$$\log \hat{Y} = \log a + (\log b) X \quad (2.15)$$

Apabila diambil  $\hat{Y} = a' + b' X$  maka persamaanya yang dibuat ini adalah persamaan dengan bentuk model linier, jika  $a' = \log a$  dan  $b' = \log b$  maka persamaan berikut dapat dihitung dengan cara :

$$\log a = \frac{\sum \log Y_i}{n} - (\log b) \left( \frac{\sum X_i}{n} \right) \quad (2.16)$$

$$\log b = \frac{n(\sum X_i \log Y_i) - (\sum X_i)(\sum \log Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad (2.17)$$

#### 2.9.2.4 Regresi *polynomial*

Dalam pelaksanaan regresi *polynomial* terdiri dari beberapa model persamaan berdasarkan jumlah pangkat yang dibutuhkan pada kategori yang sudah ditentukan, yaitu :

- a. Regresi *polynomial* kuadrat dengan jumlah pangkat pada kategori sebanyak 2.
- b. Regresi *polynomial* kubik dengan jumlah pangkat pada kategori sebanyak 3.
- c. Regresi *polynomial kwartet* dengan jumlah pangkat pada kategori sebanyak , dsb.

Dalam menduga bentuk regresi *polynomial* berpangkat/ berderajat dua, atau tiga dan empat dan seterusnya dibutuhkan persyaratan-persyaratan antara lain adalah sebagai berikut :

- a.  $n > \text{pangkat} + 1$  (pasangan data) harus lebih banyak dari jumlah pangkat +1.
- b.  $e_i$  / nilai error harus berupa variabel *random*.

- c. Garis persamaan/ sebaran datanya mengikuti garis persamaan lengkung (cekung dan cembung) tergantung nilai koefisien regresi yang ada.
- d. Model ini lebih banyak berlaku pada dunia ekonomi (misalnya : *law of diminishing return*), dunia pendidikan, dan hal lain yang menyangkut kemampuan manusia (*Irianto A, 2003:175*).

Di dalam regresi polynomial inilah terdapat regresi model kuadratik yakni, regresi yang memiliki variabel X sebagai variabel dependen dan variabel Y sebagai variabel independen dengan pangkat tertinggi adalah 2 yang akan diterangkan pada rumus dibawah ini :

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_i^2 \quad (2.18)$$

## 2.10 Penjelasan Tentang Regresi Non Linier Pada Model Kuadratik

Regresi non linear model kuadratik merupakan hubungan antara dua peubah yang terdiri dari dua variabel dependen (Y) dan variabel independen (X) sehingga akan diperoleh suatu kurva yang membentuk garis lengkung menaik ( $\beta_2 > 0$ ) atau menurun ( $\beta_2 < 0$ ). Tetapi di dalam regresi model keadratik terkadang terdapat juga kurva yang hamper mirip dengan model linier, hanya bergeser sedikit saja dari model linier. Tapi itu sudah disebut dengan regresi non linier model kuadratik karena kurva yang didapat tersebut tidak lurus.

Kenyataannya semua kurva tergantung dengan data yang didapat, ada beberapa data yang bisa menghasilkan kurva yang benar-benar melengkung, tapi ada juga kurva yang menghasilkan seperti kurva linier yang telah dijelaskan



sebelumnya. Contohnya pada data yang penulis ambil, yaitu data jumlah produksi kacang keledai (Y) dan luas lahan (X).

Maka dari itu, untuk menghitung ramalan dengan menggunakan regresi model kuadratik dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_i^2 \quad (2.19)$$

Sedangkan untuk mencari jumlah yang akan diramalkan, terlebih dahulu kita mencari nilai  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ .

Adapun persamaan yang akan digunakan dalam regresi non linier model kuadratik untuk mencari nilai  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  adalah sebagai berikut :

$$\sum Y_i = nb_0 + b_1 \sum X_i + b_2 \sum X_i^2 \quad (2.20)$$

$$\sum X_i Y_i = b_0 \sum X_i + b_1 \sum X_i^2 + b_2 \sum X_i^3 \quad (2.21)$$

$$\sum X_i^2 Y = b_0 \sum X_i^2 + b_1 \sum X_i^3 + b_2 \sum X_i^4 \quad (2.22)$$

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

### **3.1 Tujuan Penelitian Secara Oprasional**

Secara oprasional tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana sifat-sifat mekanis dari beton dengan bahan tambah plastik (PET) dan *Bottom ash* pada campuran beton untuk umur beton 28 hari pada uji kuat tekan, uji tarik belah dan modulus elastisitas..

### **3.2 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.

### **3.3 Metode Penelitian**

Studi penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Studi pustaka, bertujuan untuk mengkaji hubungan variabel 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 statistik 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 dan *Bottom ash*.
- 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 15 cm x 30 cm.
- h. Perawatan benda uji (*curing system*).
- i. Pengujian kuat tekan terhadap benda uji.

### 3.4 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 lumajang
- Agregat Kasar : Batu koral pecah mesin ukuran  
2 cm dari Kota Malang
- Air : Air dari PDAM
- Bahan Tambahan : Plastik *Poli Ethylene terephthalet* (PET)  
3–5 cm dan *Bottom Ash*.

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 Angeles*.
- 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*).
- Piknometer kapasitas 500 ml.
- Bak air untuk perendaman perawatan beton (*moist cutting*).
- Sikat baja halus.
- Termometer.

### 3.5 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 PET dan Bottom ashdapat dibagi sebagai berikut :

**Tabel 3.1 Tabel Variasi Benda Uji**

No.	Variasi PET	Variasi Bottom Ash	Jenis Pengujian	Ukuran sampel	Jumlah benda uji
1	0.7%	0%	Kuat Tekan	silinder 15x30	12
			Kuat Tarik Belah	silinder 15x30	4
			Modulus elastisitas	Silinder 15x30	4
2		7%	Kuat Tekan	silinder 15x30	12
				Kuat Tarik Belah	silinder 15x30
	Modulus elastisitas			Silinder 15x30	4
3	14%	Kuat Tekan	silinder 15x30	12	
			Kuat Tarik Belah	silinder 15x30	4
			Modulus elastisitas	Silinder 15x30	4
4	21%	Kuat Tekan	silinder 15x30	12	
			Kuat Tarik Belah	silinder 15x30	4
			Modulus elastisitas	Silinder 15x30	4
5	28%	Kuat Tekan	silinder 15x30	12	
			Kuat Tarik Belah	silinder 15x30	4
			Modulus elastisitas	Silinder 15x30	4

### 3.6 Penelitian

#### 3.6.1 Rancangan Penelitian

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

### **3.7 Pelaksanaan Campuran Beton**

#### **3.7.1 Prosedur Pelaksanaan Campuran (pengecoran)**

Prosedur untuk pelaksanaan campuran, setelah ditetapkan unsure-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. Dengan menggunakan sekop atau alat pengaduk, lakukan pencampuran agregat.
- e. Tambahkan semen pada agregat campuran, dan ulangi proses pencampuran sehingga diperoleh adukan kering agregat dan semen yang merata.
- f. Tuangkan sebanyak  $\frac{1}{3}$  jumlah air ke dalam wadah dan lakukan pencampuran sampai terlihat konsistensi adukan yang merata.
- g. Tambahkan  $\frac{1}{3}$  jumlah air ke dalam wadah dan ulangi proses untuk mendapatkan konsistensi adukan.
- h. Lakukan pemeriksaan *slump*.
- i. Apabila nilai *slump* sudah mencapai nilai rencana, lakukan pembuatan benda uji silinder beton.
- j. Lakukan perhitungan berat jenis beton.
- k. Buatlah benda uji silinder atau kubus sesuai dengan petunjuk jumlah benda uji ditetapkan berdasarkan volume adukan.

1. Lakukan pencatatan hal-hal yang menyimpang dari perencanaan terutama jumlah pemakaian air dan nilai *slump*.

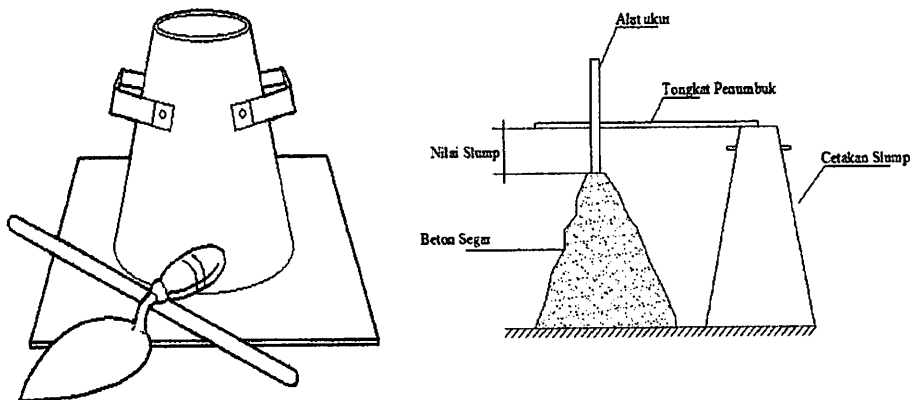
### 3.7.2 Uji *Slump* Beton

#### A. Tujuan

Tujuan dari uji *slump* beton adalah untuk menentukan ukuran derajat kemudahan 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.

### 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 berupa limbah plastik PET dan *Bottom ash* untuk diperiksa pengaruhnya terhadap sifat mekanis beton.



## B. Peralatan

- a. Cetakan silinder, diameter 15 cm dan tinggi 30 cm (digunakan untuk pengujian kuat tekan, kuat 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) harus dibuat dengan cetakan yang sesuai dengan bentuk benda uji. Cetakan disapu sebelumnya dengan vaselin/lemak/minyak agar mudah 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 (15 x 30) cm, 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.

### 3.8 Pengujian Kuat Tekan Beton

#### A. Tujuan

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

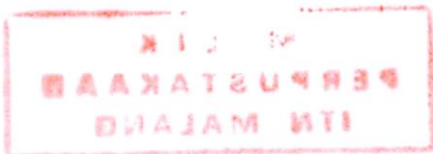
#### B. Peralatan

Mesin penguji tekan hidraolis dengan kapasitas sesuai kebutuhan.

#### C. Prosedur Pelaksanaan Pengujian

##### 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  $4 \text{ kg/cm}^2$  s/d  $6 \text{ kg/cm}^2$  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.



1. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui...

dan

### 2.8. Pengujian Kuantitatif

A. Uji t

Uji t digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata...

Uji t digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata...

B. Uji F

Uji F digunakan untuk menguji perbedaan varians...

C. Uji Korelasi

Uji Korelasi

Uji Korelasi digunakan untuk mengukur hubungan...

Uji Korelasi digunakan untuk mengukur hubungan...

Uji Korelasi digunakan untuk mengukur hubungan...

Uji Korelasi digunakan untuk mengukur hubungan...

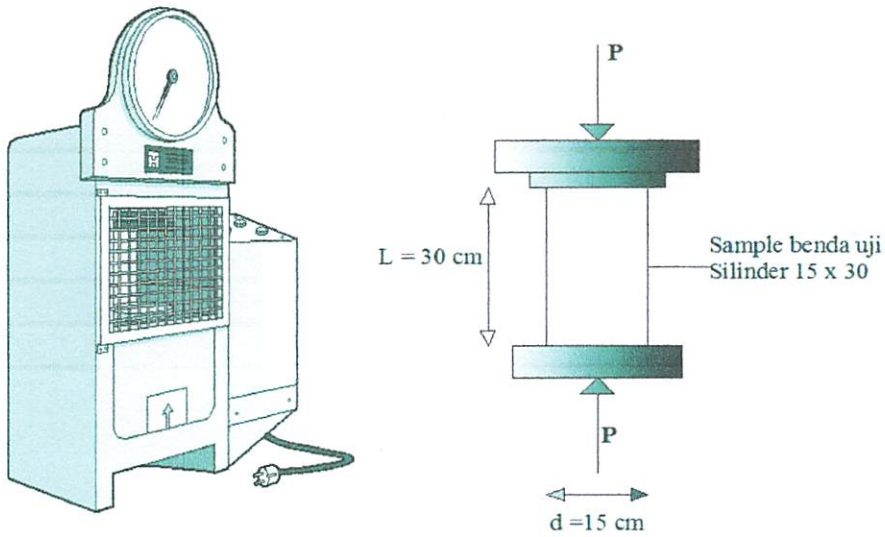
Uji Korelasi digunakan untuk mengukur hubungan...

Uji Korelasi digunakan untuk mengukur hubungan...

Uji Korelasi digunakan untuk mengukur hubungan...

Uji Korelasi digunakan untuk mengukur hubungan...

Uji Korelasi digunakan untuk mengukur hubungan...



**Gambar 3.2 Mesin kuat Tekan Hidrolik dan Posisi Benda Uji saat pengetesan**

Kuat tekan beton dapat dihitung dengan persamaan :

$$f'c = \frac{P}{A} \times \text{faktor umur}$$

Dimana :

$f'c$  =Kuat tekan benda uji (MPa)

$P$  = Beban tekan maksimum (N)

$A$  = Luas bidang tekan ( $\text{mm}^2$ )

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 :

$$f'_{cr} = \frac{\sum_i^n f'c'_i}{n}$$

Dimana :

$f'_{cr}$  = 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'cr = Kuat tekan rata-rata (MPa)

f'c = Nilai kuat tekan (MPa)

n = Jumlah benda uji

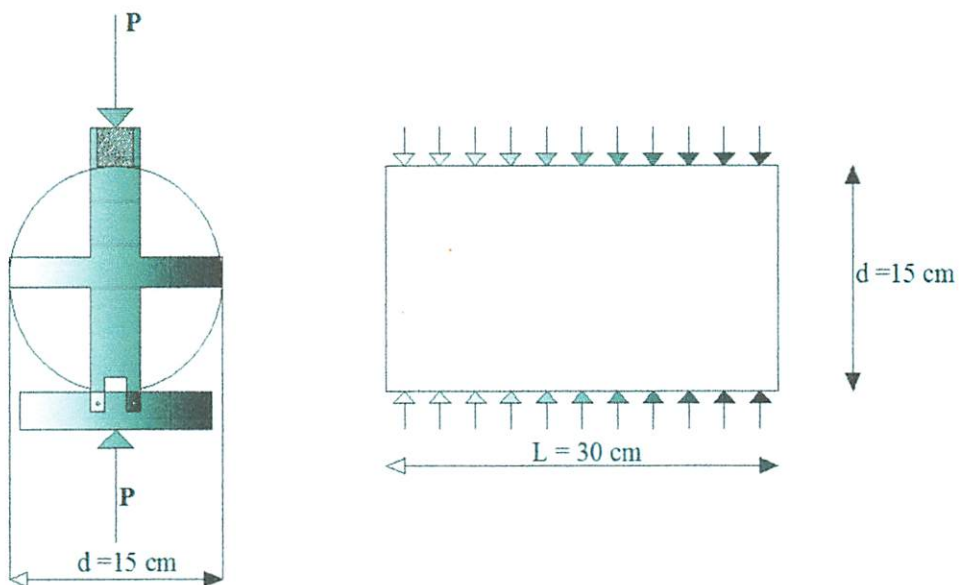
Setelah mendapatkan nilai standartdeviasi selanjutnya menghitung kuat tekan karakteristik, nilai kuat tekan karakteristik ini menghasilkan nilai mutu beton dari sampel yang ada pada suatu variasi campuran beton.

Seperti prosedur pengujian di atas, pengujian Kuat Tekan sebelum pengetesan. Langkah awal dengan perawatan (*cured*) selama 21 hari perendaman (*curing*), dan 8 hari pengeringan benda uji. Masa perawatan benda uji dengan perendaman untuk mengendalikan suhu benda uji yang semakin tinggi karena pengaruh semen. Setelah masa perawatan 28 hari kemudian benda uji diratakan permukaannya dengan belerang (*keeping*) supaya permukaan benda uji rata dan tidak bergelombang untuk mencapai kuat tekan yang merata. Setelah pengkeepingan benda uji kemudian benda uji di timbang beratnya lalu di catat dalam Tabel yang sudah disiapkan. kemudian benda uji di masukan kedalam mesin Hidrolik Kuat Tekan dengan posisi benda uji berdiri, lalu jalankan mesin Hidrolik dengan menekan tombol on dan jarum pembaca yang ada pada mesin bergerak

sampai kuat tekan yang dihasilkan. Nilai yang di hasilkan dari hasil kuat tekan kemudian dicatat pada tabel analisa yang sudah disiapkan.

### 3.9 Uji Kuat Tarik Belah

- Ambillah benda uji dari tempat perawatan.
- Timbang dan catatlah berat benda uji.
- Pasang benda uji pada pemegang benda uji belah secara secara sentris, kemudian letakkan benda uji beserta pemegangnya pada mesin tekan secara sentris.
- Jalankan mesin uji tekan. Tekanan harus dinaikkan berangsur-angsur dengan kenaikan berkisar antara  $4 \text{ kg/cm}^2$  s/d  $6 \text{ kg/cm}^2$  per detik.
- Lakukan pembebanan sampai benda uji terbelah dan catatlah beban maksimum yang terjadi pada saat benda uji terbelah.
- Lakukan langkah-langkah di atas sesuai dengan jumlah benda uji yang akan diperiksa.



**Gambar 3.3** Mesin kuat Tekan Hidrolik dan Posisi Benda Uji saat pengetesan

Kuat tarik belah dapat dihitung dengan persamaan :

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

Dimana :

$f_{ct}$  = Kuat tarik belah (N/m<sup>2</sup>)

P = Beban pada waktu belah (N)

L = Panjang benda uji silinder (m)

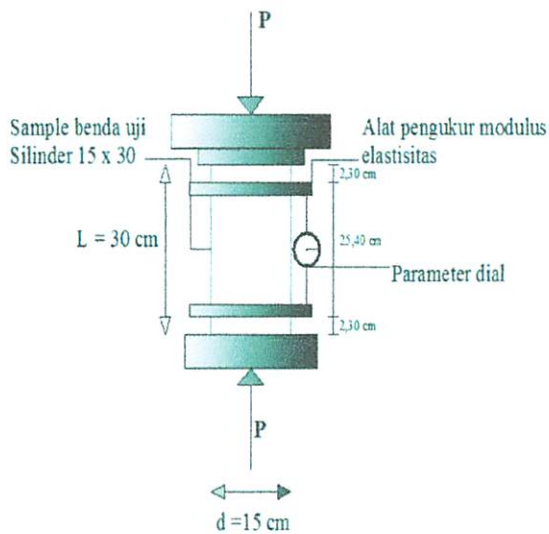
d = Diameter benda uji silinder (m)

Seperti prosedur pengujian di atas, pengujian Kuat Tarik Belah sebelum pengetesan. Langkah awal dengan perawatan (*cured*) selama 21 hari perendaman (*curing*), dan 8 hari pengeringan benda uji. Masa perawatan benda uji dengan perendaman untuk mengendalikan suhu benda uji yang semakin tinggi karena pengaruh semen. Setelah masa perawatan 28 hari, kemudian benda uji di timbang beratnya lalu di catat dalam tabel yang sudah disiapkan. Kemudian benda uji di masukan kealat uji belah (*split tensile apparatus*) dengan posisi terlentang (Horizontal) lalu masukan kedalam mesin Hidrolik Kuat Tekan. Kemudian jalankan mesin Hidrolik dengan menekan tombol on dan jarum pembaca yang ada pada mesin bergerak sampai kuat tarik belah yang dihasilkan. Nilai yang di hasilkan dari hasil kuat tarik belah kemudian dicatat pada tabel analisa yang sudah disiapkan.

### 3.10 Uji Modulus Elastisitas

Di mana pengujian Moduulus elastisitas pada *Gambar 3.2*. Di perlihatkan modulus awal tangen dan modulus sekan, biasanya (25–50) % dari kekuatan  $F_o'$  di ambil sebagai elastisitas.





**Gambar 3.4 Mesin kuat Tekan Hidrolik dan Posisi Benda Uji saat pengetesan**

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

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

Dimana :

$\epsilon$  = Regangan

$L$  = Tinggi benda uji (cm)

$\Delta L$  = Perubahan tinggi benda uji (cm)

$\Delta L$  didapat dari hasil pengujian berupa perubahan tinggi benda uji sebelum dilakukan uji modulus elastisitas dan sesudah dilakukan pengujian modulus elastisitas, nilai  $\Delta L$  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 ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\varepsilon$  = Regangan

$f'_c$  = kuat tekan

Seperti prosedur pengujian di atas, pengujian Kuat Tekan sebelum pengetesan. Langkah awal dengan perawatan (*cured*) selama 21 hari perendaman (*curing*), dan 8 hari pengeringan benda uji. Masa perawatan benda uji dengan perendaman untuk mengendalikan suhu benda uji yang semakin tinggi karena pengaruh semen. Setelah masa perawatan 28 hari kemudian benda uji diratakan permukaannya dengan belerang (*keeping*) supaya permukaan benda uji rata dan tidak bergelombang untuk mencapai kuat tekan yang merata. Selanjutnya pengkeepingan benda uji kemudian benda uji di timbang beratnya lalu di catat dalam tabel yang sudah disiapkan. Kemudian benda uji di masukan kedalam mesin Hidrolik Kuat Tekan dengan posisi benda uji berdiri, dengan penambahan pemasangan alat dial gouge untuk mengukur nilai Modulus Elastisitas. Jalankan mesin Hidrolik dengan menekan tombol on dan jarum pembaca yang ada pada mesin bergerak sampai kuat tekan yang dihasilkan. Nilai yang di hasilkan dari hasil kuat tekan kemudian dicatat pada tabel analisa yang sudah disiapkan.

### 3.11 Metode Analisis Hasil

Setelah data hasil pengujian terkumpul, proses yang akan dilakukan selanjutnya adalah melakukan analisis untuk menjawab hipotesis-hipotesis yang ada. Untuk itu, nantinya akan digunakan program bantu perangkat lunak statistik.

#### 3.11.1 Analisa Regresi

Pada penelitian ini menggunakan model regresi non linier yang sesuai data yang dimiliki, maka penelitian ini harus mempunyai dua macam variabel penelitian atau lebih. Secara teknik persoalan tersebut menitik beratkan pada variabel tertentu sementara variabel yang lain dipakai sebagai variabel pembanding dalam suatu penelitian. Didalam penelitian ini distribusi variabel untuk mendapatkan sifat mekanis dengan cara menambahkan bahan adiktif beton dengan kadar prosentase yang berbeda.

Untuk menganalisis variasi kadar *Bottom ash* maka digunakan metode fungsi kuadrat sebagai model regresi non linier dengan bentuk persamaan 2.19.

Untuk mencari koefisien determinasi :

$$JK_{(b/a)} = [b_1 \{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \}] + [b_2 \{ \sum X^2 Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \}]$$

$$JK (E) = \frac{\sum Y^2 - (\sum Y)^2}{n}$$

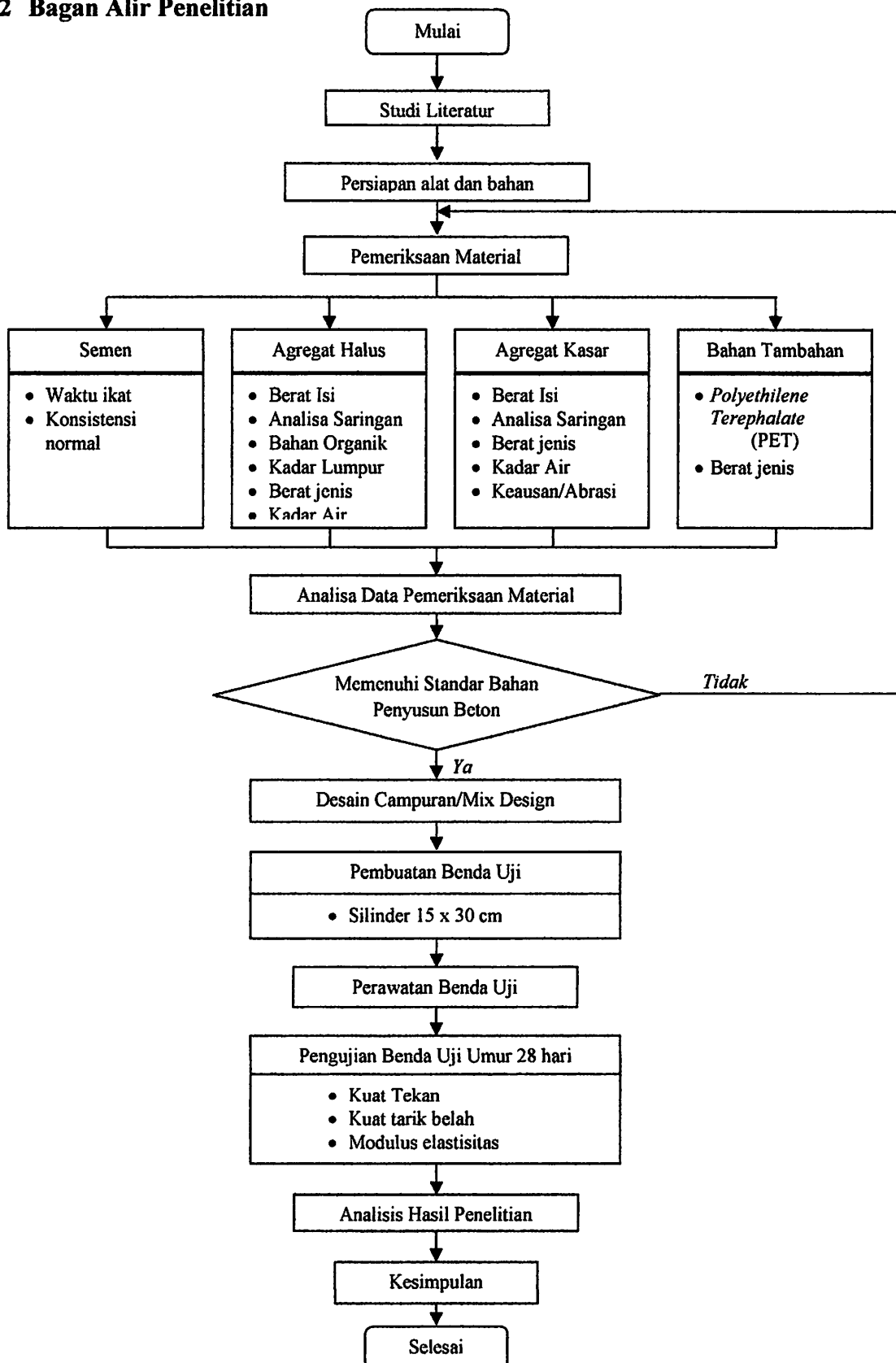
$$R^2 = \frac{JK (b/a)}{JK (E)}$$

### 3.11.2 Hipotesis Statistik

Pada penelitian ini menggunakan uji F dengan tingkat keyakinan 95% dilakukan uji hipotesis koefisien regresi secara simultan dengan menggunakan analisis varian (uji F), melalui prosedur penelitian sebagai berikut adalah :

- a. Hipotesis nihil ( $H_0$ ) : Hipotesis dalam penelitian ini dapat dijabarkan apakah dengan menggunakan bahan tambahan tidak akan mempengaruhi sifat mekanis beton.
- b. Hipotesis alternatif ( $H_a$ ) : Hipotesis dalam penelitian ini dapat dijabarkan apakah dengan menggunakan bahan tambahan akan mempengaruhi sifat mekanis beton.
- c. Apabila nilai analisis  $F_{hitung} \geq F_{tabel}$  berarti  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima.

### 3.12 Bagan Alir Penelitian



## **BAB IV**

### **PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENELITIAN**

#### **4.1 Pemeriksaan Bahan**

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 pemeriksaan bahan dibawah ini.

##### **4.1.1 Pemeriksaan Berat Isi**

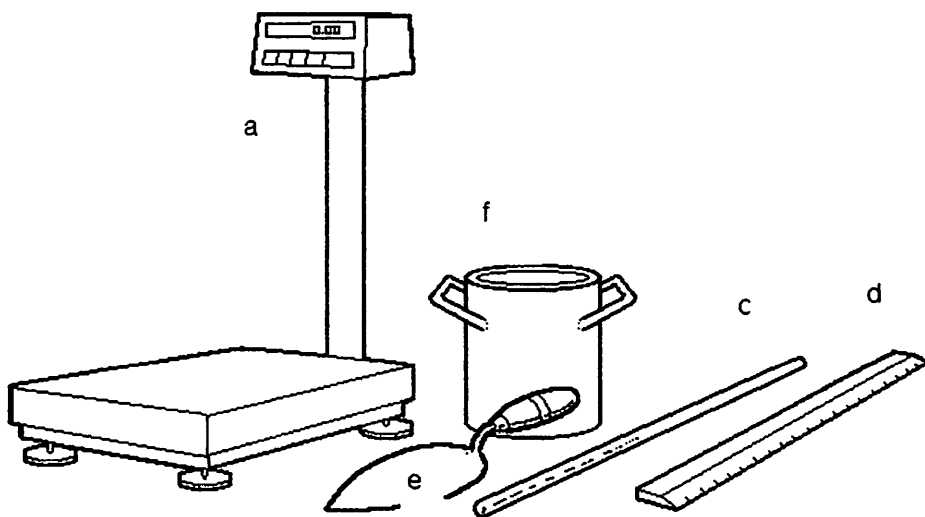
###### **A. Tujuan Penelitian**

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

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



**Gambar 4.1. Aparatus Pemeriksaan Berat Volume Agregat**

### **C. Bahan**

Bahan yang digunakan adalah agregat kasar dan agregat halus.

### **D. 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 ( $W_3 = W_2 - W_1$ ).

#### **E. Perhitungan**

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

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

$W_3$  = Berat contoh uji (kg)



**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)	2125 0	2125 0	2125 0	2291 0	22910	22910
B.	Berat tempat (gr)	7910	7910	7910	7910	7910	7910
C.	Berat benda uji (gr)	1334 0	1334 0	1334 0	1500 0	15000	15000
D.	Isi tempat (cm <sup>3</sup> )	1000 0	1000 0	1000 0	1000 0	10000	10000
E.	Berat isi (gr/cm <sup>3</sup> )	1,33	1,33	1,33	1,5	1,5	1,5
F.	Berat isi rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	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 <sup>3</sup> )	3000	3000	3000	3000	3000	3000
E.	Berat isi (gr/cm <sup>3</sup> )	1,64	1,64	1,64	1,72	1,72	1,72
F.	Berat isi rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	-	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 <sup>3</sup> )	3000	3000	3000	3000	3000	3000
E.	Berat isi (gr/cm <sup>3</sup> )	1,23	1,23	1,23	1,29	1,29	1,29
F.	Berat isi rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	1,23			1,29		

*Sumber : Data Hasil Penelitian*

## F. 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 :

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

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

- Berat isi agregat kasar :

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

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

- Berat isi semen :

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

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

### 4.1.2 Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

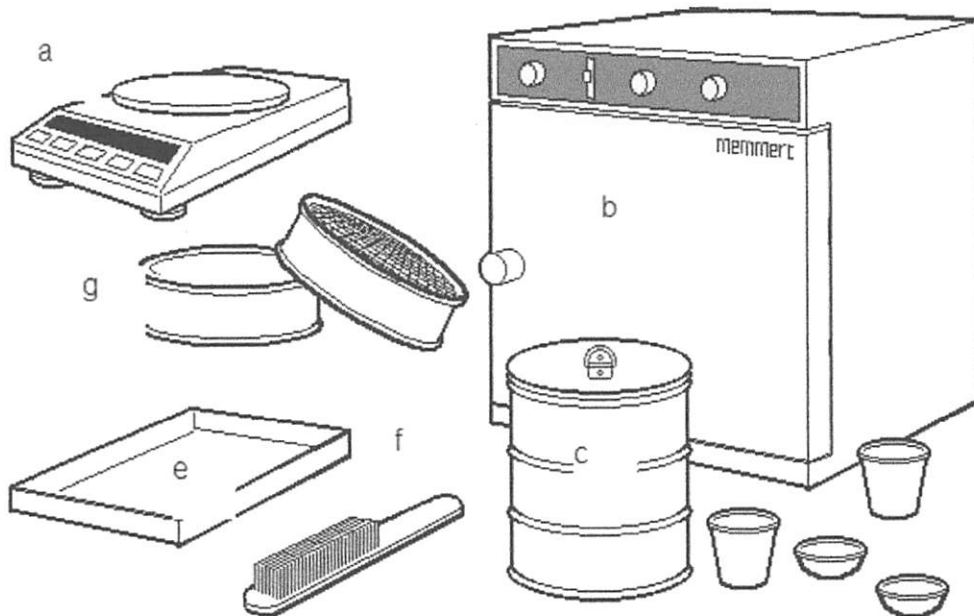
#### A. Tujuan Penelitian

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.

## B. 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 ½")	38,1
(¾")	19,1
(⅜")	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

### C. 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.

#### D. Prosedur Pelaksanaan

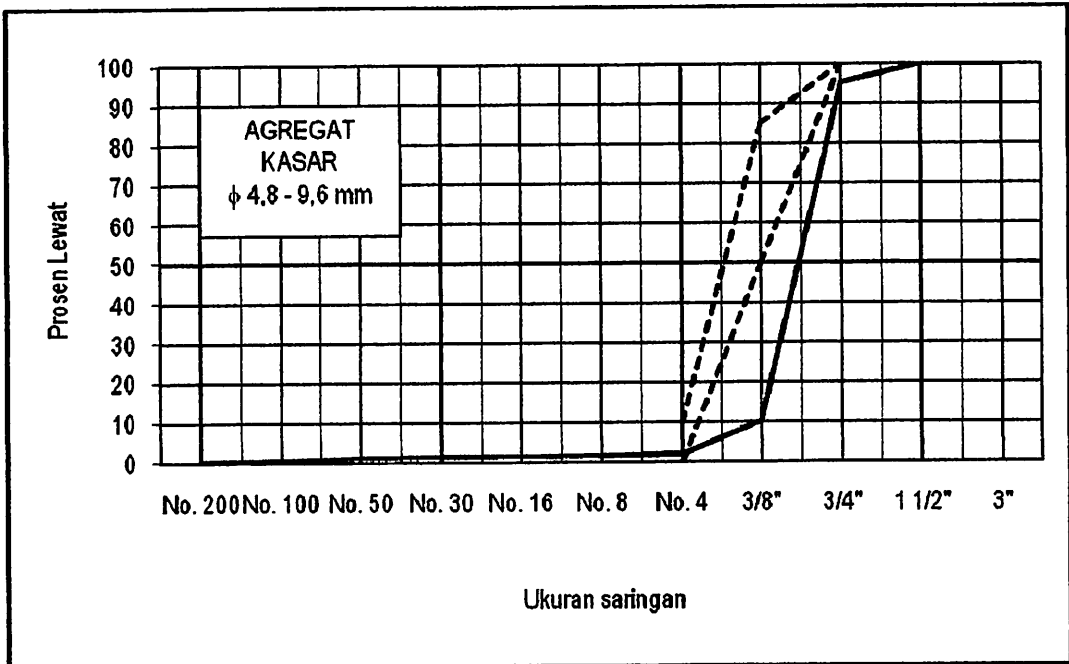
- a. Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  hingga mencapai berat tetap.
- b. Contoh dicurahkan pada perangkat saringan. Susunan saringan dimulai dari saringan paling besar di atas. Perangkat saringan diguncang-guncang dengan tangan atau alat penggetar saringan,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

#### E. Tabel Perhitungan

**Tabel 4.6. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Batu Pecah**

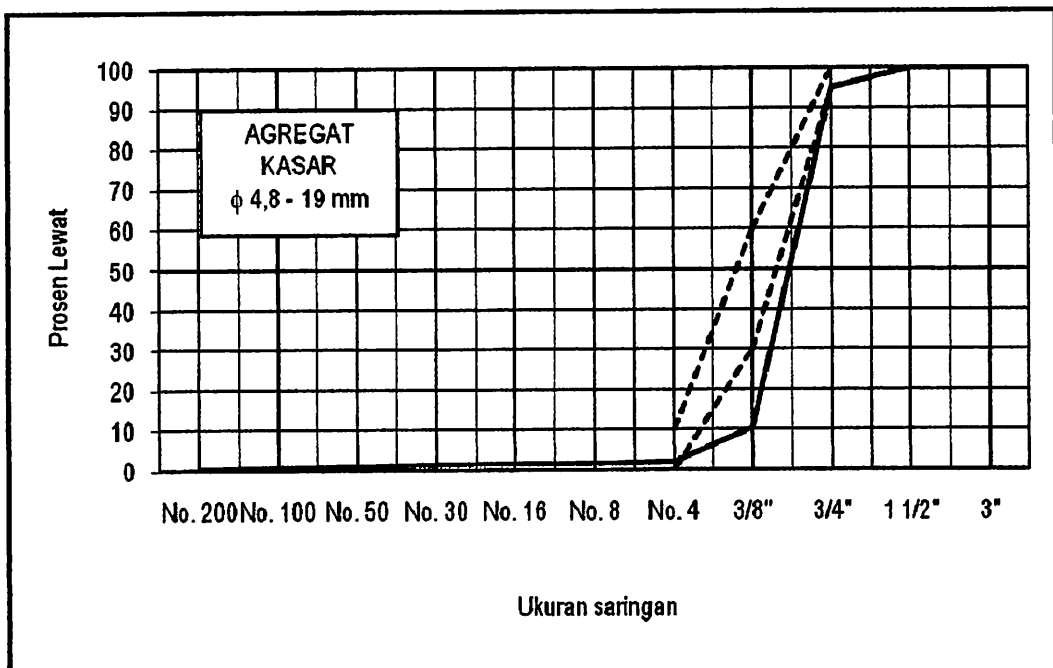
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	Lewat
76.2 mm (3")	0,00	0,00	0,00	100,00
38.1 mm (1 1/2")	0,00	0,00	0,00	100,00
19.1 mm (3/4")	932,20	4,72	4,72	95,28
9.6 mm (3/8")	16810,00	85,04	89,76	10,24
4.75 mm (No. 4)	1571,20	7,95	97,71	2,00
2.36 mm (No. 8)	136,00	0,69	98,40	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*



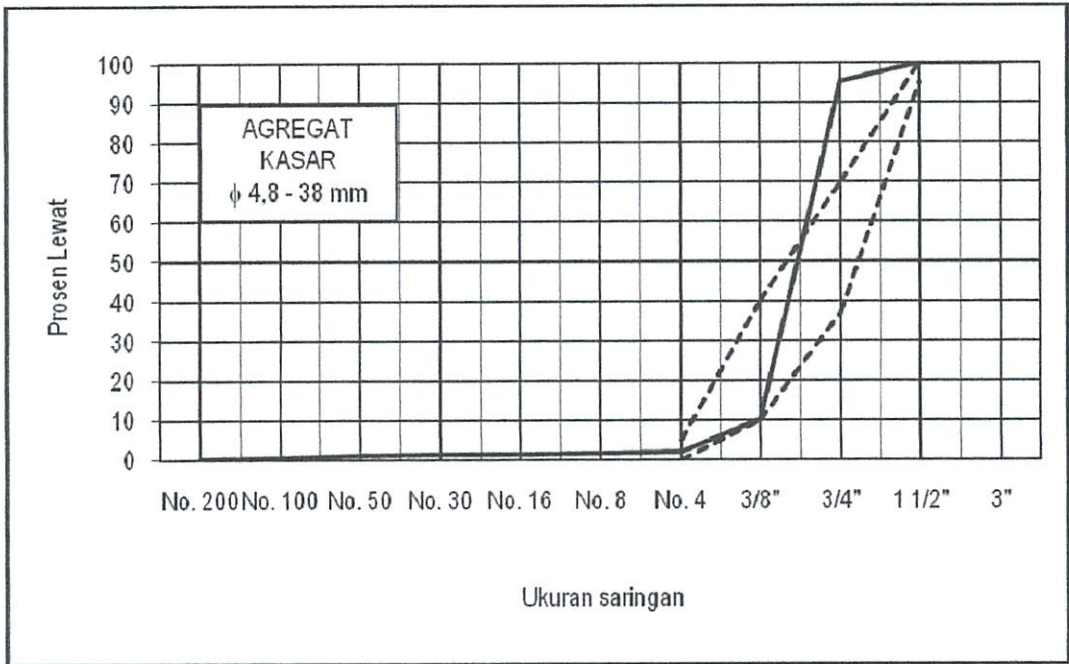
Sumber : Data Hasil Penelitian

**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**

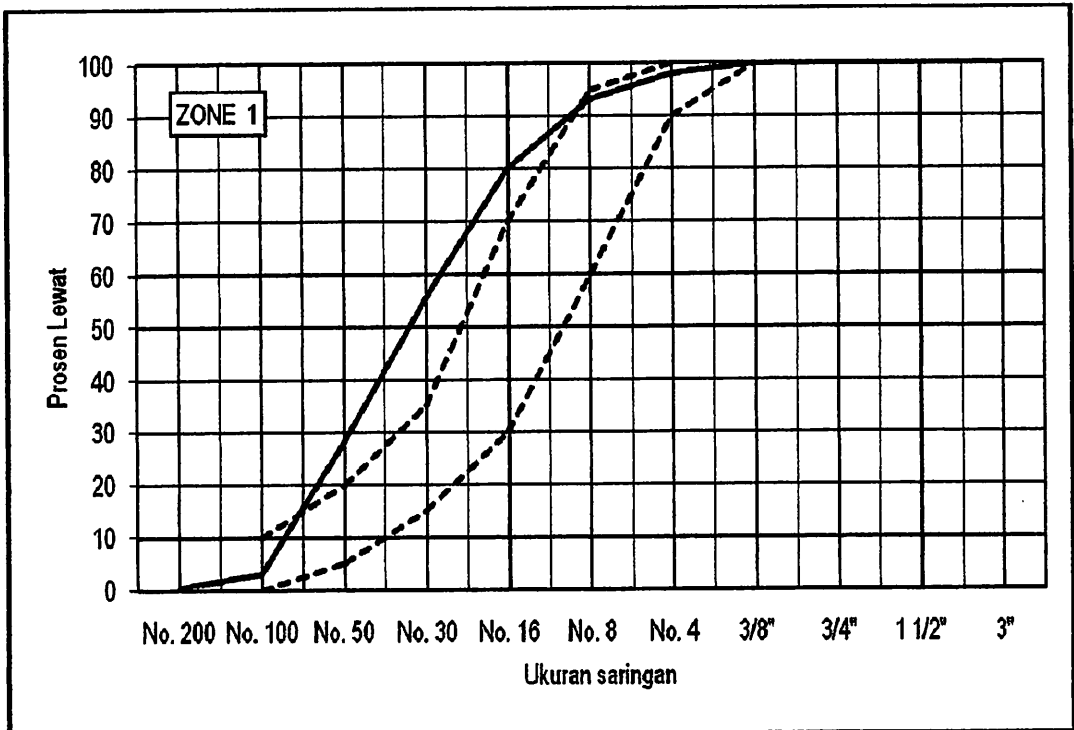


Sumber : Data Hasil Penelitian  
**Grafik 4.3. Batas Gradasi untuk Agregat Kasar 4,8 – 38 mm**

**Tabel 4.7. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus**

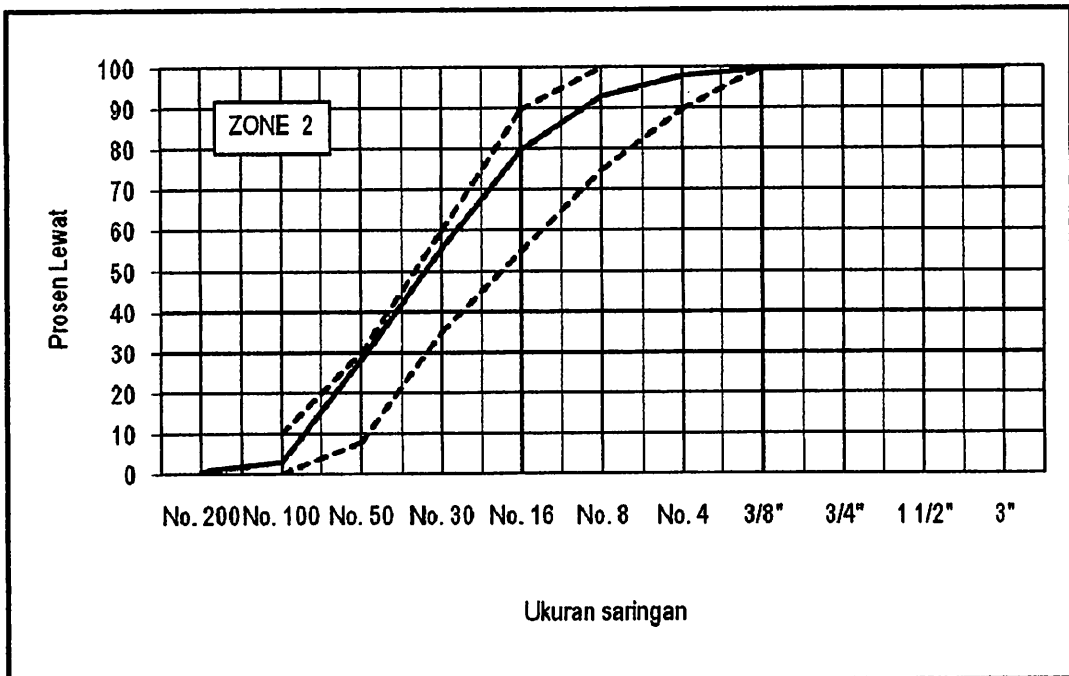
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76.2 mm (3")	0,00	0,00	0,00	100,00
38.1 mm (1 1/2")	0,00	0,00	0,00	100,00
19.1 mm (3/4")	0,00	0,00	0,00	100,00
9.6 mm (3/8")	1,30	0,07	0,07	99,94
4.75 mm (No. 4)	36,00	1,80	1,87	98,14
2.36 mm (No. 8)	98,90	4,95	6,81	93,19
1.18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

Sumber : Data Hasil Penelitian



Sumber : Data Hasil Penelitian

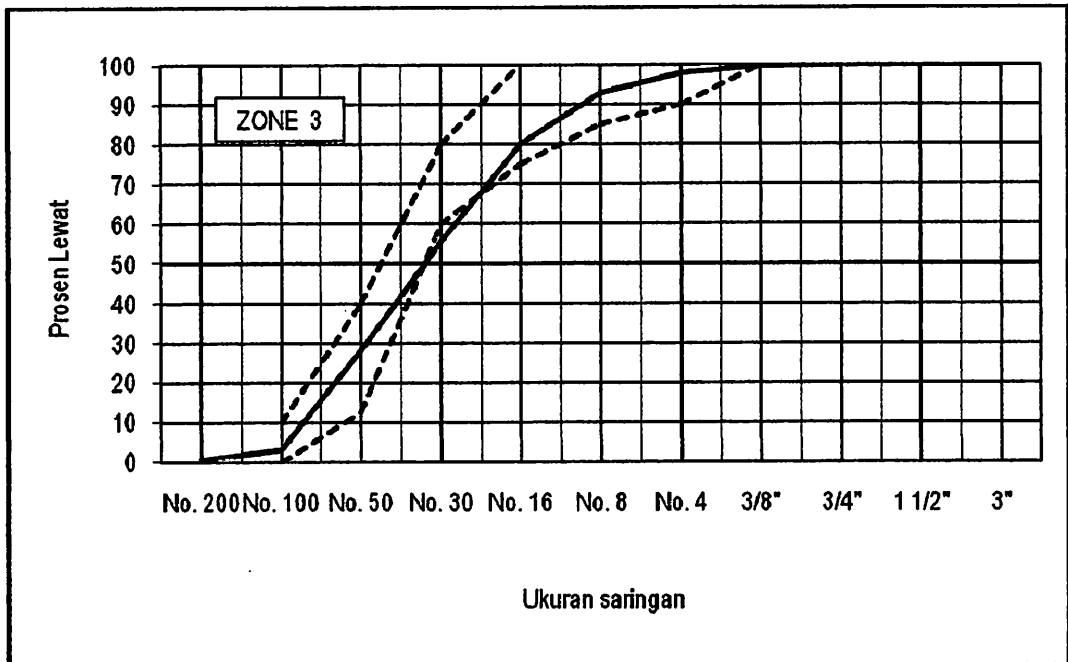
**Grafik 4.4. Batas Gradasi Zona 1 untuk Agregat Halus**



Sumber : Data Hasil Penelitian

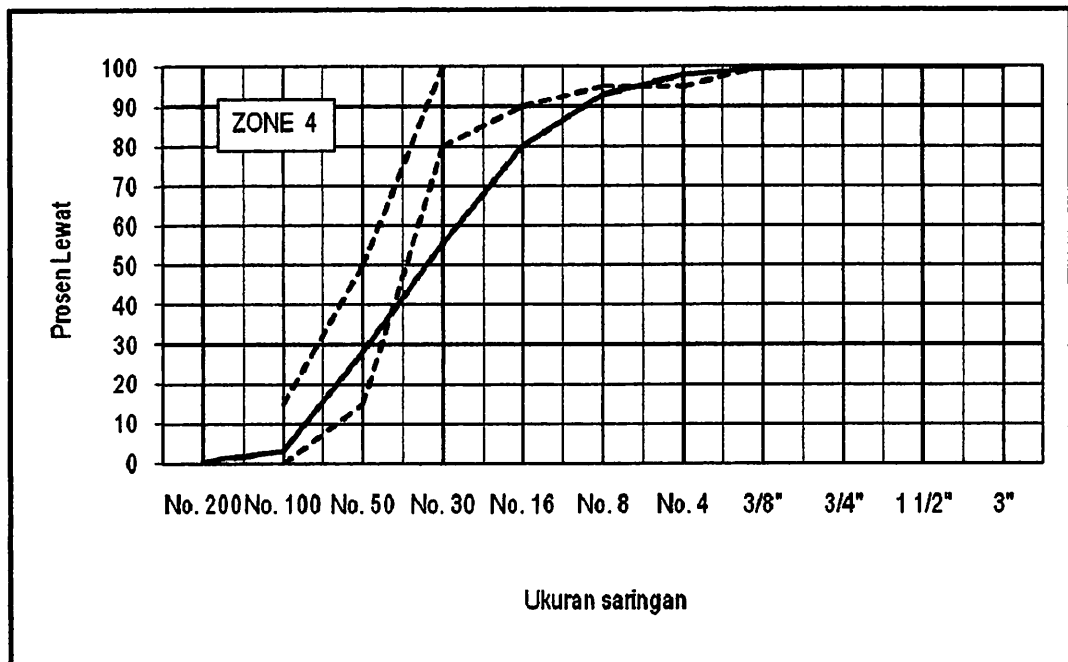
**Grafik 4.5 Batas Gradasi Zona 2 untuk Agregat Halus**





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**

## **F. 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**

#### **A. 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.

#### **B. 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%.

### C. 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**

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

*Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton*

### D. 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).

### E. 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

##### A. 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.

##### B. Peralatan

- a. Gelas ukur
- b. Alat pengaduk

##### C. Bahan

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

##### D. 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 ( $V_2$ ).

##### E. 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

## F. Hasil penelitian

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

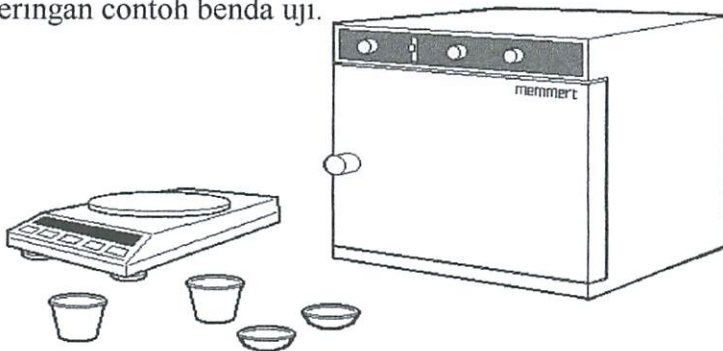
### 4.1.5 Pemeriksaan Kadar Air Agregat

#### A. Tujuan Penelitian

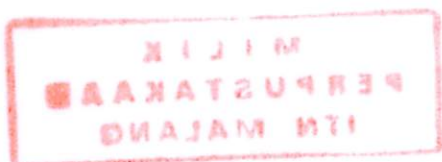
Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan kadar air agregat dengan cara pengeringan. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam agregat dengan berat agregat dalam keadaan kering permukaan atau SSD (*saturated surface dry*).

#### B. Peralatan

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



Gambar 4.3 Aparatus untuk pemeriksaan kadar air agregat



6. Hasil penelitian

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perancang produk harus memperhatikan aspek ergonomis, terutama dalam hal kenyamanan, keamanan, dan kesehatan pengguna. Perancang juga harus memperhatikan aspek estetika dan daya tarik produk.

4.4.5. Penelitian Khas: Perancangan Produk

Penelitian khas ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana perancang produk dapat menghasilkan produk yang inovatif, kreatif, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui bagaimana perancang produk dapat menghasilkan produk yang memiliki nilai tambah dan daya saing di pasaran.

8. Kesimpulan

Perancangan produk adalah proses yang kompleks dan multidimensi yang melibatkan berbagai aspek, termasuk aspek teknis, ergonomis, estetika, dan pemasaran. Perancang produk harus memiliki keterampilan yang luas dan kemampuan untuk berkolaborasi dengan berbagai pihak untuk menghasilkan produk yang berkualitas dan inovatif.



Gambar 4.3. Alur proses perancangan produk yang inovatif dan kreatif.

### C. 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*

### D. Prosedur Pelaksanaan

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

### E. 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)

### F. 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



## G. 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

#### A. 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.

#### B. Peralatan

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

### C. 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.

### D. 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  $(212 \pm 130)^\circ \text{ Fahrenheit}$ . Setelah didinginkan, contoh ditimbang. Hitung berat contoh kondisi kering ( $B_k$ ).

### E. Perhitungan

- Berat Jenis (*bulk*)  $\frac{B_k}{B_j - B_a}$
- Berat jenis kering permukaan jenuh  $\frac{B_j}{B_j - B_a}$

- Berat jenis semu (*apparent*)  $\frac{Bk}{Bk - Ba}$
- Penyerapan (*absorpsi*)  $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$

Dimana :

Bj = berat contoh kering permukaan jenuh = 5000 gram

Bk = berat contoh kering oven

Ba = berat contoh di dalam air

#### F. 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	<b>2,71</b>
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,81	2,72	<b>2,77</b>
Berat jenis semu ( <i>apparent</i> )	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,91	2,82	<b>2,87</b>
Penyerapan ( <i>absorpsi</i> )	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$	1,95	1,93	<b>1,94</b>

*Sumber : Data Hasil Penelitian*

## G. 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 %

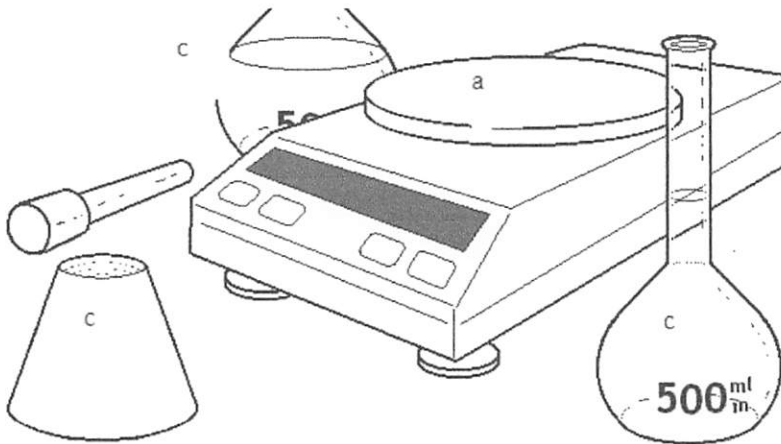
### 4.1.7 Pemeriksaan Berat jenis dan Penyerapan Agregat Halus

#### A. Tujuan Penelitian

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

#### B. 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**

**C. Bahan**

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

**D. Prosedur Pelaksanaan**

1. Agregat halus yang jenuh air dikeringkan sampai diperoleh kondisi dengan indikasi contoh tercurah dengan baik.
2. 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.

3. 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.
4. Pisahkan contoh benda uji dengan piknometer dan keringkan pada suhu  $(213 \pm 230)^\circ \text{ Fahrenheit}$ . Langkah ini harus diselesaikan dalam waktu 24 jam.
5. Timbanglah berat piknometer yang berisi air sesuai dengan kapasitas kalibrasi pada temperatur  $(73,4 \pm 4)^\circ \text{ Fahrenheit}$ , dengan ketelitian 0,1 gram.

#### E. Perhitungan

- Berat Jenis (*bulk*)  $\frac{Bk}{(B + Bj - Bt)}$
- Berat jenis kering permukaan jenuh  $\frac{Bj}{(B + Bj - Bt)}$
- Berat jenis semu (*apparent*)  $\frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$
- Penyerapan (*absorpsi*)  $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100 \%$

Dimana :

$B_j$  = berat contoh kering permukaan jenuh = 500 gram

$B_k$  = berat contoh kering oven

$B$  = berat piknometer diisi air pada  $25^\circ\text{C}$

$B_t$  = berat piknometer + contoh SSD + air ( $25^\circ\text{C}$ )

## F. Tabel Perhitungan

**Tabel 4.13. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus**

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	495,60	497,10	496,35
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500,00	500,00	500,00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	665,90	676,40	671,15
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	983,60	994,50	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*

## G. 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 Angele*

#### A. Tujuan Penelitian

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

a. 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").

- b. 10 Bola-bola baja mempunyai diameter rata-rata 4,68 cm (1 7/8") dan berat masing-masing antara 400 gram sampai 440 gram.
- c. Saringan mulai ukuran 37,5 mm (1 1/2") sampai 2,38 mm (N0. 8).
- d. Timbangan dengan kapasitas 5000 gram dan dengan ketelitian 1 gram.
- e. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu, memanasi sampai (110 ±5) °C.

**B. 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

### C. Prosedur Praktikum

- Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin *Los Angeles* dan mesin diputar dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm sebanyak 500±1 putaran.
- 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 ±5)°C sampai berat menjadi tetap. Kemudian timbang dengan ketelitian 5 gram.

### D. 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)

### E. 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

### F. 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**

### **A. Tujuan**

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

### **B. Peralatan**

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

### **C. Bahan**

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

### **D. Prosedur Pelaksanaan**

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

### **E. 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 m<sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> )	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

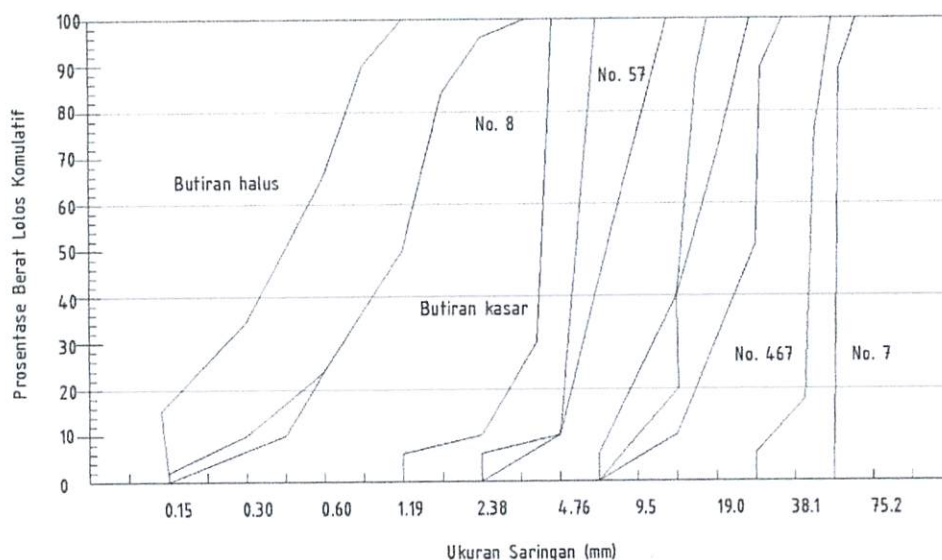
### 4.3 Perencanaan Campuran Beton Dengan Metode ACI

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

1. Kekenyalan tertentu yang memudahkan adukan beton ditempatkan pada cetakan/ bingkang (*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 :

- a. Ukuran terbesar kerikil (agregat kasar) yang akan digunakan
- b. *Specific gravity* agregat halus
- c. *Specific gravity* agregat kasar
- d. *Specific gravity* agregat kasar (*dry rodded unit weight*)
- e. 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	<b>0.54</b>	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, kaisan dan konstruksi dibawah tanah	75	25
pelat, balok, kolom dan dinding	100	25
Perkerasan Jalan	100	25
Pembetonan masal	<b>75</b>	25

Sumber : MCP 211.1-91

Catatan : Nilai pada tabel 4.18 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 persentase 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 m<sup>3</sup> beton dan udara terperangkap untuk berbagai *slump* dan ukuran maksimum agregat**

Slump (mm)	Berat air (kg/m <sup>3</sup> ) beton untuk ukuran agregat berbeda							
	9.5mm	12.5mm	19mm	25mm	38mm	50mm	75mm	150mm
2.5-5	208	199	190	179	163	154	142	125
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 Persentase 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 persentase 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 <sup>3</sup>	
	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

*Suumber : MCP 211.1-91*

#### 4.4 Perhitungan

- a. Mutu beton rencana untuk penelitian ini adalah :  
30 MPa pada umur 28 hari
- b. Standart deviasi :  
6 MPa (dari Laboratorium Bahan Konstruksi ITN Malang)
- c. Nilai tambah (*Margin*) :  
 $1,34 \times 6 = 8,04$  MPa
- d. Kekuatan tekan rata-rata yang ditargetkan:  
 $f_{cr} = f_{c'} + 1,34 \times s$   
 $f_{cr} = f_{c'} + 2,33 \times s - 3,5$
- e. Kekutan tekan rata-rata yang dipakai :  
40,48 N/mm<sup>2</sup> (digunakan yang terbesar dari kekuatan rata-rata yang ditargetkan)
- f. Jenis semen yang digunakan pada penelitian ini adalah Semen Gresik Tipe I
- g. Jenis Agregat Kasar Batu Pecah (ukuran maksimum 19 mm)
- h. Jenis Agregat Halus jenis pasir yang digunakan berasal dari Lumajang
- i. Modulus kehalusan agregat halus = 1,75 (didapat dari komulatif tertahan saringan No. 100)
- j. Faktor Air Semen :  
Didapat dari Tabel 4.17 adalah 0,54
- k. Nilai Slump :  
Didapat dari Tabel 4.18 adalah 75 mm

l. Kadar Air Bebas :

Didapat dari Tabel 4.19 adalah  $217 \text{ kg/m}^3$

m. Kadar udara bebas

Didapat dari Tabel 4.19 adalah  $2\%$  per  $\text{m}^3$

n. Jumlah semen :

$$\frac{\text{Kadar Air Bebas}}{\text{Kadar air semen}} = \frac{217}{0,47} = 461,7 \text{ kg/m}^3$$

o. Berat jenis semen didapat dari hasil uji laboratorium adalah  $3150 \text{ kg/m}^3$

p. Berat jenis agregat halus didapat dari hasil uji laboratorium  $2730 \text{ kg/m}^3$

q. Berat jenis agregat kasar didapat dari hasil uji laboratorium  $2767 \text{ kg/m}^3$

r. Berat volume agregat kasar didapat dari hasil uji laboratorium  $1500 \text{ kg/m}^3$

s. Nilai volume agregat kasar 73 (dari hasil interpolasi) dengan demikian berat agregat kasar perlu yang memiliki berat volume  $1500 \text{ kg/ m}^3$  adalah  $73 \times 1500 = 1095 \text{ kg/ m}^3$  beton.

t. Berat jenis beton :

Didapat dari Tabel 4.21 adalah  $2345 \text{ kg/m}^3$

u. Penentuan proporsi unsur beton bagi adukan beton untuk setiap  $\text{m}^3$  dari tahapan perhitungan yang telah dilakukan :

$$\text{Volume Air} \quad : \quad 217/1000 \quad = \quad 0,217 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Semen} \quad : \quad 461,7/3150 \quad = \quad 0,146 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Agregat kasar} \quad : \quad 1095/2767 \quad = \quad 0,39 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Udara} \quad : \quad 1\% \quad = \quad 0,01 \text{ m}^3$$

$$\text{Total volume di luar unsur agregat halus} \quad = \quad 0,763 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume padat dari pasir} \quad : \quad 1 - 0,763 \quad = \quad 0,237 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan di atas volume agregat halus dalam setiap m<sup>3</sup>beton. Volume agregat halus = (1 - 0,19) m<sup>3</sup> = 0,31 m<sup>3</sup> dengan nilai spesifikasi *gravity* (berat jenis agregat halus) = 2,651 m<sup>3</sup>

Berat rencana agregat halus = Berat jenis agregat halus x volume agregat

halus x1000

$$= 0,31 \times 2,651 \times 1000$$

$$= 823,67 \text{ kg (kondisi SSD)}$$

v. Perhitungan berat bagi setiap m<sup>3</sup> beton adalah :

PC : 461,7 kg

Air : 217 kg

Agregat Halus : 823,67 kg (Kondisi SSD)

Agregat kasar : 1095 kg (Kondisi SSD)

Dalam istilah umum, campuran ini dikatakan memiliki factor semen 11,5 zak semen/ m<sup>3</sup> beton dengan 40 kg/zak.

**Tabel 4.22 Pencampuran Dalam Berat Setiap M<sup>3</sup> Beton**

Perhitungan Berat Bagi Setiap m <sup>3</sup> Beton			
PC (kg)	Air (kg)	Agregat Halus (SSD kg)	Agregat kasar (SSD kg)
461,7	217	823,67	1095

w. Konversi Ke kondisi lapangan

$$\begin{aligned} \text{Pasir} & : (100+2,632) / (100+0,9995) \times 823,67 = 869,947 \text{ kg} \\ \text{Kerikil} & : (100+ 1,5) / (100+1,9415) \times 1095 = 1090,257 \text{ kg} \\ \text{Air} & : (179 + (823,67- 836,98)+(195-1090,257)) = 170,41 \text{ kg} \\ \text{PC} & : = 461,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

**Tabel 4.23 Konversi ke Kondisi Lapangan**

Konversi ke Kondisi Lapangan			
PC (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)
461,7	170,41	869,947	1090,257

**Tabel 4.24 Mix Design Beton PET 0,7 %**

Agregat	Tanpa PET		PET 0,7 %	
	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	0	0	0,10346	0,7
Σ	14,78	100	1,477,587	100

Jadi kebutuhan PET untuk volume silinder 30 x 15 = 0,10346 kg=1, 035 gr

**Tabel 4.25 Kebutuhan Bottom ash Antar Variasi**

BERAT PASIR kg	Bottom ash		
	Variasi	Kg	gr
5,2	0%	0	0
5,2	7 %	0,364	364
5,2	14%	0,728	728
5,2	21 %	1,092	1092
5,2	28%	1,456	1456

**BAB V**  
**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**5.1. Data Hasil Pengujian Sifat Mekanis Beton**  
**5.1.1. Hasil Pengujian Kuat Tekan**

Untuk pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji silinder 15x30 cm pada beton PET 0,7% dengan variasi campuran *Bottom ash* 0%,7%,14%,21% dan 28% pada umur beton 28 hari. Berikut merupakan perhitungan yang menggunakan data tegangan hancur beton pada setiap variasi sedangkan untuk keseluruhan tiap variasi dibuatkan dalam bentuk tabel.

Perhitungan Kuat Tekan Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 0 % :

- $f'c = \frac{P}{A} \times \text{faktor umur 28 hari} = \frac{590 \times 1000}{3,14 \times 75^2} \times 1 = 33,40 \text{ Mpa}$

- $X = \frac{\text{Jumlah Tegang Hancur}}{n}$   
 $= \frac{34,40 + \dots + 42,75}{16}$   
 $= 33,69 \text{ Mpa}$

- $s = \sqrt{\frac{((34,40 - 33,69)^2 + \dots + (42,75 - 33,69)^2)}{16 - 1}}$   
 $= 4,68 \text{ Mpa}$

- $fc'r = 33,69 \text{ Mpa}$

Rumus penentuan kuat tekan karakteristik :

$$fc' = fc'r - (1,34 \times s) = 33,69 - (1,34 \times 4,68) = 27,41 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = f_c'r - (2,33 \times s) + 3,5 = 33,69 - (2,33 \times 4,68) + 3,5 = 26,28 \text{ Mpa}$$

**Tabel 5.1. Data Pengujian Kuat Tekan Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 0 %**

1	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,89	590	33.40
2	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,06	595	33.69
3	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,09	625	35.39
4	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,11	630	35.67
5	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,37	620	35.10
6	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,83	330	18.68
7	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,95	595	33.69
8	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,96	625	35.39
9	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,16	625	35.39
10	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,06	595	33.69
11	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,02	610	34.54
12	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,23	595	33.69
13	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,00	555	31.42
14	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,15	595	33.69
15	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,06	580	32.84
16	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,01	755	42.75
rata-rata						595.00	33.69
standar deviasi						82.64	4.68



Perhitungan Kuat Tekan Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 7 %

- $f_c = \frac{P}{A} \times \text{faktor umur 28 hari} = \frac{605 \times 1000}{3,14 \times 75^2} \times 1 = 34,25 \text{ Mpa}$

- $X = \frac{\text{Jumlah Tegang Hancur}}{n}$   
 $= \frac{34,25 + \dots + 35,95}{16}$   
 $= 34,18 \text{ Mpa}$

- $s = \sqrt{\frac{((34,25 - 34,18)^2 + \dots + (35,95 - 34,18)^2)}{16 - 1}}$   
 $= 4,49 \text{ Mpa}$

- $f_{c'r} = 34,18 \text{ Mpa}$

Rumus penentuan kuat tekan karakteristik :

$$f_c' = f_{c'r} - (1,34 \times s) = 34,18 - (1,34 \times 4,49) = 28,17 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = f_{c'r} - (2,33 \times s) + 3,5 = 34,18 - (2,33 \times 4,49) + 3,5 = 27,22 \text{ Mpa}$$

**Tabel 5.2. Data Pengujian Kuat Tekan Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 7 %**

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	BERAT	TEKAN HANCUR	TEGANG HANCUR
1	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,01	605	34.25
2	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,00	640	36.23
3	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,93	715	40.48
4	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,21	625	35.39
5	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,84	660	37.37
6	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,01	645	36.52
7	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,85	430	24.35
8	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,03	580	32.84
9	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,01	620	35.10
10	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,07	595	33.69
11	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,93	580	32.84
12	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,12	645	36.52
13	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,08	660	37.37
14	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,97	615	34.82
15	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,98	410	23.21
16	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,01	635	35.95
rata-rata						603.75	34.18
standar deviasi						79.24	4.49

Perhitungan Kuat Tekan Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 14 %

- $f_c = \frac{P}{A} \times \text{faktor umur 28 hari} = \frac{610 \times 1000}{3,14 \times 75^2} \times 1 = 34,54 \text{ Mpa}$

- $X = \frac{\text{Jumlah Tegang Hancur}}{n}$   
 $= \frac{34,54 + \dots + 36,23}{16}$   
 $= 34,39 \text{ Mpa}$

- $s = \sqrt{\frac{((34,54 - 34,39)^2 + \dots + (36,23 - 34,39)^2)}{16 - 1}}$   
 $= 4,80 \text{ Mpa}$

- $f_{c'r} = 34,39 \text{ Mpa}$

Rumus penentuan kuat tekan karakteristik :

$$f_c' = f_{c'r} - (1,34 \times s) = 34,39 - (1,34 \times 4,80) = 27,96 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = f_{c'r} - (2,33 \times s) + 3,5 = 34,39 - (2,33 \times 4,80) + 3,5 = 26,71 \text{ Mpa}$$

**Tabel 5.3. Data Pengujian Kuat Tekan Beton PET 0,7 % dan Bottom ash 14 %**

<b>NO</b>	<b>TANGGAL BUAT</b>	<b>TANGGAL TES</b>	<b>UMUR</b>	<b>BENTUK BENDA UJI</b>	<b>BERAT</b>	<b>TEKAN HANCUR</b>	<b>TEGANG HANCUR</b>
1	24-Mei-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,19	610	34.54
2	24-Mei-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,83	590	33.40
3	24-Mei-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,86	300	16.99
4	24-Mei-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,85	650	36.80
5	24-Mei-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,76	610	34.54
6	24-Mei-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,99	645	36.52
7	24-Mei-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,97	645	36.52
8	24-Mei-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,91	590	33.40
9	24-Mei-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,10	635	35.95
10	24-Mei-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,09	635	35.95
11	24-Mei-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,77	655	37.08
12	24-Mei-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,04	600	33.97
13	24-Mei-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,74	635	35.95
14	24-Mei-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,76	650	36.80
15	24-Mei-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,83	630	35.67
16	24-Mei-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,06	640	36.23
rata-rata						607.50	34.39
standar deviasi						84.75	4.80

Perhitungan Kuat Tekan Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 21 %

- $f_c = \frac{P}{A} \times \text{faktor umur 28 hari} = \frac{580 \times 1000}{3,14 \times 75^2} \times 1 = 32,84 \text{ Mpa}$

- $X = \frac{\text{Jumlah Tegang Hancur}}{n}$   
 $= \frac{32,84 + \dots + 30,01}{16}$   
 $= 30,54 \text{ Mpa}$



- $s = \sqrt{\frac{((32,84 - 30,54)^2 + \dots + (30,01 - 30,54)^2)}{16 - 1}}$   
 $= 2,36 \text{ Mpa}$

- $f_{c'r} = 30,54 \text{ Mpa}$

Rumus penentuan kuat tekan karakteristik :

$$f_c' = f_{c'r} - (1,34 \times s) = 30,54 - (1,34 \times 2,36) = 27,37 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = f_{c'r} - (2,33 \times s) + 3,5 = 30,54 - (2,33 \times 2,36) + 3,5 = 28,54 \text{ Mpa}$$

**Tabel 5.4. Data Pengujian Kuat Tekan Beton PET 0,7 % dan Bottom ash 21 %**

<b>NO</b>	<b>TANGGAL BUAT</b>	<b>TANGGAL TES</b>	<b>UMUR</b>	<b>BENTUK BENDA UJI</b>	<b>BERAT</b>	<b>TEKAN HANCUR</b>	<b>TEGANG HANCUR</b>
1	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,06	580	32.84
2	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,93	545	30.86
3	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,05	525	29.72
4	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,82	590	33.40
5	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,88	425	24.06
6	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,97	525	29.72
7	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,94	620	35.10
8	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,48	555	31.42
9	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,79	530	30.01
10	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,66	545	30.86
11	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,09	540	30.57
12	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,75	545	30.86
13	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,89	520	29.44
14	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,02	510	28.87
15	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,74	545	30.86
16	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,84	530	30.01
rata-rata						539.38	30.54
standar deviasi						41.63	2.36

Perhitungan Kuat Tekan Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 28 %

- $f_c = \frac{P}{A} \times \text{faktor umur 28 hari} = \frac{475 \times 1000}{3,14 \times 75^2} \times 1 = 26,89 \text{ Mpa}$

- $X = \frac{\text{Jumlah Tegang Hancur}}{n}$   
 $= \frac{26,89 + \dots + 22,93}{16}$   
 $= 26,04 \text{ Mpa}$

- $s = \sqrt{\frac{((26,89 - 26,04)^2 + \dots + (22,93 - 26,04)^2)}{16 - 1}}$   
 $= 1,62 \text{ Mpa}$

- $f_{c'r} = 26,04 \text{ Mpa}$

Rumus penentuan kuat tekan karakteristik :

$$f_c' = f_{c'r} - (1,34 \times s) = 26,04 - (1,34 \times 1,62) = 23,87 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = f_{c'r} - (2,33 \times s) + 3,5 = 26,04 - (2,33 \times 1,62) + 3,5 = 25,77 \text{ Mpa}$$

**Tabel 5.5. Data Pengujian Kuat Tekan Beton PET 0,7 % dan Bottom ash 28 %**

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	BERAT	TEKAN HANCUR	TEGANG HANCUR
1	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,87	475	26.89
2	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,79	485	27.46
3	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,97	385	21.80
4	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,83	455	25.76
5	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,61	470	26.61
6	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,90	460	26.04
7	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,07	485	27.46
8	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,07	465	26.33
9	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,94	445	25.19
10	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,58	465	26.33
11	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,88	475	26.89
12	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,87	495	28.03
13	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,80	465	26.33
14	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,80	455	25.76
15	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,48	475	26.89
16	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,27	405	22.93
rata-rata						460.00	26.04
standar deviasi						28.58	1.62



### 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 adalah contoh perhitungan dengan menggunakan data pengujian tarik belah beton PET 0,7 % pada setiap variasi *Bottom ash* 0%, 7%, 14%, 21%, 28% dan untuk keseluruhan tiap variasi lainnya dibuat dalam bentuk tabel.

Perhitungan Kuat Tarik Belah Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 0 %

$$T. \text{ Vert } \sigma_t = \frac{2.P}{\pi.d.L} = \frac{2x(\frac{220x1000}{9,81})}{3,14x15x30} = 31,742 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \sigma_t \cdot \frac{D^2}{r(D-r)} - 1 \\ &= 31,742 \times \frac{15^2}{7,5(15-7,5)} - 1 \\ &= 7110,33 \end{aligned}$$

Dimana : P = Beban maksimum (N)

D = Diameter benda uji (cm)

L = Panjang benda uji (cm)

r = Jarak Elemen dari puncak silinder ( cm )

Kuat tarik belah rata – rata :

$$\begin{aligned}\text{Tarik belah rata - rata} &= \frac{\sum_i^n \sigma_i}{n} \\ &= \frac{7110,33 + 6787,13 + 6948,73 + 6463,83}{4} \\ &= \frac{27310,12}{4} \\ &= 6827,53 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

**Tabel 5.6. Data Pengujian Kuat Tarik Belah Beton PET 0,7 % dan Bottom ash 0 %**

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	BERAT	TEKAN (KN)	TEKAN (kg)	T. Vert $\sigma_t$	TEGANG HANCUR
1	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,92	220	22426.10	31.7425277	7110.33
2	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,01	210	21406.73	30.29968553	6787.13
3	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,94	215	21916.41	31.02110662	6948.73
4	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,06	200	20387.36	28.85684336	6463.93
rata-rata						211.25	21534.15	30.48	6827.53
standar deviasi						8.54	870.45	1.23	275.98

Perhitungan Kuat Tarik Belah Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 7 %

$$T. \text{ Vert } \sigma_t = \frac{2.P}{\pi.d.L} = \frac{2x(\frac{260x1000}{9,81})}{3,14x15x30} = 37,513 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \sigma_t \cdot \frac{D^2}{r(D-r)} - 1 \\ &= 37,513 \times \frac{15^2}{7,5(15-7,5)} - 1 \\ &= 8403,11 \end{aligned}$$

Dimana : P = Beban maksimum (N)

D = Diameter benda uji (cm)

L = Panjang benda uji (cm)

r = Jarak Elemen dari puncak silinder ( cm )

Kuat tarik belah rata – rata :

$$\begin{aligned} \text{Tarik belah rata - rata} &= \frac{\sum_i^n \sigma_t}{n} \\ &= \frac{8403,11 + 7756,72 + 7756,72 + 8726,31}{4} \\ &= \frac{32642,86}{4} \\ &= 8160,72 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

**Tabel 5.7. Data Pengujian Kuat Tarik Belah Beton PET 0,7 % dan Bottom ash 7 %**

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	BERAT	TEKAN (KN)	TEKAN (kg)	T. Vert $\sigma$	TEGANG HANCUR
1	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,95	260	26503.57	37.51389637	8403.11
2	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,85	240	24464.83	34.62821204	7756.72
3	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,05	240	24464.83	34.62821204	7756.72
4	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,09	270	27522.94	38.95673854	8726.31
rata-rata						252.50	25739.04	36.43	8160.72
standar deviasi						15.00	1529.05	2.16	484.79

Perhitungan Kuat Tarik Belah Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 14 %

$$\text{T. Vert } \sigma_t = \frac{2.P}{\pi.d.L} = \frac{2x(\frac{245x1000}{9,81})}{3,14x15x30} = 35,34 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \sigma_t \cdot \frac{D^2}{r(D-r)} - 1 \\ &= 35,34 \times \frac{15^2}{7,5(15-7,5)} - 1 \\ &= 7918,32 \end{aligned}$$

Dimana : P = Beban maksimum (N)

D = Diameter benda uji (cm)

L = Panjang benda uji (cm)

r = Jarak Elemen dari puncak silinder ( cm )

Kuat tarik belah rata – rata :

$$\begin{aligned} \text{Tarik belah rata - rata} &= \frac{\sum_i^n \sigma_t}{n} \\ &= \frac{7918,32 + 8726,31 + 8241,51 + 9534,30}{4} \\ &= \frac{34420,44}{4} \\ &= 8605,11 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

**Tabel 5.8. Data Pengujian Kuat Tarik Belah Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 14 %**

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	BERAT	TEKAN (KN)	TEKAN (kg)	T. Vert $\sigma$	TEGANG HANCUR
1	24-MEI-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,88	245	24974.52	35.34963312	7918.32
2	24-MEI-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,85	270	27522.94	38.95673854	8726.31
3	24-MEI-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,31	255	25993.88	36.79247529	8241.51
4	24-MEI-2012	21-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,15	295	30071.36	42.56384396	9534.30
rata-rata						266.25	27140.67	38.42	8605.11
standar deviasi						21.75	2216.78	3.14	702.84

Perhitungan Kuat Tarik Belah Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 21 %

$$T. \text{ Vert } \sigma = \frac{2.P}{\pi.d.L} = \frac{2x(\frac{250x1000}{9,81})}{3,14x15x30} = 36,07 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \sigma_t \cdot \frac{D^2}{r(D-r)} - 1 \\ &= 36,07 \times \frac{15^2}{7,5(15-7,5)} - 1 \\ &= 8079,92 \end{aligned}$$

Dimana : P = Beban maksimum (N)

D = Diameter benda uji (cm)

L = Panjang benda uji (cm)

r = Jarak Elemen dari puncak silinder ( cm )

Kuat tarik belah rata – rata :

$$\begin{aligned} \text{Tarik belah rata - rata} &= \frac{\sum_i^n \sigma}{n} \\ &= \frac{8079,92 + 7918,32 + 8079,92 + 7756,72}{4} \\ &= \frac{31834,87}{4} \\ &= 7958,71 \text{ Mpa} \end{aligned}$$



**Tabel 5.9. Data Pengujian Kuat Tarik Belah Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 21 %**

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	BERAT	TEKAN (KN)	TEKAN (kg)	T. Vert ot	TEGANG HANCUR
1	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,75	250	25484.20	36.07105421	8079.92
2	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,47	245	24974.52	35.34963312	7918.32
3	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,69	250	25484.20	36.07105421	8079.92
4	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,48	240	24464.83	34.62821204	7756.72
rata-rata						246.25	25101.94	35.53	7958.72
standar deviasi						4.79	487.99	0.69	154.72

Perhitungan Kuat Tarik Belah Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 28 %

$$T. \text{ Vert } \sigma = \frac{2.P}{\pi.d.L} = \frac{2x(\frac{170x1000}{9,81})}{3,14x15x30} = 24,52 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \sigma_t \cdot \frac{D^2}{r(D-r)} - 1 \\ &= 24,52 \times \frac{15^2}{7,5(15-7,5)} - 1 \\ &= 5494,34 \end{aligned}$$

Dimana : P = Beban maksimum (N)

D = Diameter benda uji (cm)

L = Panjang benda uji (cm)

r = Jarak Elemen dari puncak silinder ( cm )

Kuat tarik belah rata – rata :

$$\begin{aligned} \text{Tarik belah rata - rata} &= \frac{\sum_i^n \sigma_i}{n} \\ &= \frac{5494,34 + 9372,70 + 6140,74 + 6463,93}{4} \\ &= \frac{27471,71}{4} \\ &= 6867,93 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

**Tabel 5.10. Data Pengujian Kuat Tarik Belah Beton PET 0,7 % dan Bottom ash 28 %**

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	BERAT	TEKAN (KN)	TEKAN (kg)	T. Vert ot	TEGANG HANCUR
1	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,48	170	17329.26	24.52831686	5494.34
2	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,57	290	29561.67	41.84242288	9372.70
3	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,61	190	19367.99	27.4140012	6140.74
4	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,62	200	20387.36	28.85684336	6463.93
rata-rata						212.50	21661.57	30.66	6867.93
standar deviasi						53.15	5418.02	7.67	1717.81

### 5.1.3. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian Modulus Elastisitas Beton ini dilakukan pada benda uji silinder 15 x 30 cm pada umur 28 hari. Terdapat 4 kelakuan penambahan bahan tambahan yang masing-masing perlakuan berjumlah 16 benda uji dengan variasi bahan tambah yang berbeda.

Berikut adalah contoh perhitungan dengan menggunakan data pengujian modulus elastisitas beton PET 0,7 % pada setiap variasi *Bottom ash* 0%, 7%, 14%, 21%, 28% dan untuk keseluruhan tiap variasi lainnya dibuat dalam bentuk tabel.

Perhitungan Modulus Elastisitas Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 0 %

Perhitungan Rengangan Beton ( $\epsilon$ )

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{30}{200} = 0,00150$$

Perhitungan Kuat Tekan Beton ( $f_c$ )

$$f_c = \frac{P}{A} = \frac{590 \times 1000}{(3,14 \times 7,5^2)} = 33,40 \text{ Mpa}$$

Perhitungan Modulus Elastisitas Beton ( $E_c$ )

$$E_c = \frac{f_c}{\epsilon} = \frac{33,40}{0,00150} = 22269,40 \text{ Mpa}$$

Dimana :

$\epsilon$  = Regangan (perbandingan antara perubahan panjang dan panjang benda uji)

$\Delta L$  = Perubahan panjang dari benda uji (mm)

L = panjang banda uji / tinggi silinder (mm)

$f'c$  = kuat Tekan Beton (Mpa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji ( $cm^2$ )

$E_c$  = Modulus Elastisitas (Mpa)

**Tabel 5.11. Data Pengujian Modulus Elastisitas Beton PET 0,7 % dan Bottom ash 0 %**

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	$\Delta L$ alat	$\Delta L$ (mm)	L0	$\epsilon = \Delta L / L0$	$E = f'ci/\epsilon$
1	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	22269.40316
2	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	19088.05985
3	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	22269.40316
4	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	19088.05985
5	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	44538.80632
6	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	50	0.5	200	0.00250	13361.64190
7	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	19088.05985
8	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	19088.05985
9	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	22269.40316
10	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	22269.40316
11	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	22269.40316
12	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	19088.05985
13	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	22269.40316
14	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	22269.40316
15	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	22269.40316
16	16-MEI-2012	15-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	45	0.45	200	0.00225	14846.26877
rata-rata							200.00	0.00	21646.39
standar deviasi							0.00	0.00	6707.07

Perhitungan Modulus Elastisitas Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 7 %

Perhitungan Rengangan Beton ( $\varepsilon$ )

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{15}{200} = 0,00075$$



Perhitungan Kuat Tekan Beton ( $f_c$ )

$$f_c = \frac{P}{A} = \frac{605 \times 1000}{(3,14 \times 7,5^2)} = 34,25 \text{ Mpa}$$

Perhitungan Modulus Elastisitas Beton ( $E_c$ )

$$E_c = \frac{f_c}{\varepsilon} = \frac{34,25}{0,00075} = 45671,14 \text{ Mpa}$$

Dimana :

$\varepsilon$  = Regangan (perbandingan antara perubahan panjang dan panjang benda uji)

$\Delta L$  = Perubahan panjang dari benda uji (mm)

$L$  = panjang benda uji / tinggi silinder (mm)

$f_c$  = kuat Tekan Beton (Mpa)

$P$  = Beban maksimum (N)

$A$  = Luas permukaan benda uji (cm<sup>2</sup>)

$E_c$  = Modulus Elastisitas (Mpa)

**Tabel 5.12. Data Pengujian Modulus Elastisitas Beton PET 0,7 % dan Bottom ash 7 %**

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	$\Delta L$ alat	$\Delta L$ (mm)	L0	$\epsilon = \Delta L / L0$	$E = f'ci/\epsilon$
1	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	45671.14886
2	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	20	0.2	200	0.00100	34253.36164
3	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	45671.14886
4	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	20	0.2	200	0.00100	34253.36164
5	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	25	0.25	200	0.00125	27402.68931
6	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	45671.14886
7	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	45671.14886
8	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	45671.14886
9	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	20	0.2	200	0.00100	34253.36164
10	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	25	0.25	200	0.00125	27402.68931
11	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	20	0.2	200	0.00100	34253.36164
12	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	40	0.4	200	0.00200	17126.68082
13	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	10	0.1	200	0.00050	68506.72328
14	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	20	0.2	200	0.00100	34253.36164
15	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	45671.14886
16	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	45671.14886
rata-rata							200.00	0.00	39462.73
standar deviasi							0.00	0.00	11658.59



Perhitungan Modulus Elastisitas Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 14 %

Perhitungan Rengangan Beton ( $\epsilon$ )

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{15}{200} = 0,00175$$

Perhitungan Kuat Tekan Beton ( $f_c$ )

$$f_c = \frac{P}{A} = \frac{610 \times 1000}{(3,14 \times 7,5^2)} = 34,54 \text{ Mpa}$$

Perhitungan Modulus Elastisitas Beton ( $E_c$ )

$$E_c = \frac{f_c}{\epsilon} = \frac{34,54}{0,00075} = 46053,33 \text{ Mpa}$$

Dimana :

$\epsilon$  = Regangan (perbandingan antara perubahan panjang dan panjang benda uji)

$\Delta L$  = Perubahan panjang dari benda uji (mm)

L = panjang benda uji / tinggi silinder (mm)

$f_c$  = kuat Tekan Beton (Mpa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji ( $\text{cm}^2$ )

$E_c$  = Modulus Elastisitas (Mpa)

**Tabel 5.13. Data Pengujian Modulus Elastisitas Beton PET 0,7 % dan Bottom ash 14 %**

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	$\Delta L$ alat	$\Delta L$ (mm)	L0	$\epsilon = \Delta L / L0$	$E = f'ci/\epsilon$
1	24-MEI-2012	21-Juni-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	46053.33333
2	24-MEI-2012	21-Juni-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	10	0.1	200	0.00050	69072.89455
3	24-MEI-2012	21-Juni-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	10	0.1	200	0.00050	69072.89455
4	24-MEI-2012	21-Juni-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	5	0.05	200	0.00025	138145.78910
5	24-MEI-2012	21-Juni-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	46048.59637
6	24-MEI-2012	21-Juni-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	10	0.1	200	0.00050	69072.89455
7	24-MEI-2012	21-Juni-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	46048.59637
8	24-MEI-2012	21-Juni-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	19735.11273
9	24-MEI-2012	21-Juni-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	10	0.1	200	0.00050	69072.89455
10	24-MEI-2012	21-Juni-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	46048.59637
11	24-MEI-2012	21-Juni-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	10	0.1	200	0.00050	69072.89455
12	24-MEI-2012	21-Juni-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	46048.59637
13	24-MEI-2012	21-Juni-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	20	0.2	200	0.00100	34536.44728
14	24-MEI-2012	21-Juni-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	10	0.1	200	0.00050	69072.89455
15	24-MEI-2012	21-Juni-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	46048.59637
16	24-MEI-2012	21-Juni-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	10	0.1	200	0.00050	69072.89455
rata-rata							200.00	0.00	59513.6993
standar deviasi							0.00	0.00	25970.12

Perhitungan Modulus Elastisitas Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 21 %

Perhitungan Rengangan Beton ( $\epsilon$ )

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{15}{200} = 0,00075$$

Perhitungan Kuat Tekan Beton ( $f_c$ )

$$f_c = \frac{P}{A} = \frac{580 \times 1000}{(3,14 \times 7,5^2)} = 32,84 \text{ Mpa}$$

Perhitungan Modulus Elastisitas Beton ( $E_c$ )

$$E_c = \frac{f_c}{\epsilon} = \frac{32,84}{0,00075} = 43783,91 \text{ Mpa}$$

Dimana :

$\epsilon$  = Rengangan (perbandingan antara perubahan panjang dan panjang benda uji)

$\Delta L$  = Perubahan panjang dari benda uji (mm)

L = panjang benda uji / tinggi silinder (mm)

$f_c$  = kuat Tekan Beton (Mpa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji (cm<sup>2</sup>)

$E_c$  = Modulus Elastisitas (Mpa)

**Tabel 5.14. Data Pengujian Modulus Elastisitas Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 21 %**

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	$\Delta L$ alat	$\Delta L$ (mm)	L0	$\epsilon = \Delta L / L0$	$E = f_{ci} / \epsilon$
1	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	43783.91130
2	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	20	0.2	200	0.00100	32837.93347
3	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	43783.91130
4	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	25	0.25	200	0.00125	26270.34678
5	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	43783.91130
6	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	45	0.45	200	0.00225	14594.63710
7	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	20	0.2	200	0.00100	32837.93347
8	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	10	0.1	200	0.00050	65675.86695
9	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	43783.91130
10	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	43783.91130
11	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	21891.95565
12	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	43783.91130
13	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	43783.91130
14	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	43783.91130
15	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	25	0.25	200	0.00125	26270.34678
16	26-MEI-2012	23-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	20	0.2	200	0.00100	32837.93347
					rata-rata		200.00	0.00	37718.02
					standar deviasi		0.00	0.00	12096.01

### Perhitungan Modulus Elastisitas Beton PET 0,7 % dan *Bottom ash* 28 %

#### Perhitungan Rengangan Beton ( $\epsilon$ )

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{45}{200} = 0,00225$$

#### Perhitungan Kuat Tekan Beton ( $f_c$ )

$$f_c = \frac{P}{A} = \frac{475 \times 1000}{(3,14 \times 7,5^2)} = 26,89 \text{ Mpa}$$

#### Perhitungan Modulus Elastisitas Beton ( $E_c$ )

$$E_c = \frac{f_c}{\epsilon} = \frac{26,89}{0,00225} = 11952,50 \text{ Mpa}$$

Dimana :

$\epsilon$  = Regangan (perbandingan antara perubahan panjang dan panjang benda uji)

$\Delta L$  = Perubahan panjang dari benda uji (mm)

$L$  = panjang benda uji / tinggi silinder (mm)

$f_c$  = kuat Tekan Beton (Mpa)

$P$  = Beban maksimum (N)

$A$  = Luas permukaan benda uji (cm<sup>2</sup>)

$E_c$  = Modulus Elastisitas (Mpa)

**Tabel 5.15. Data Pengujian Modulus Elastisitas Beton PET 0,7 % dan Bottom ash 28 %**

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	$\Delta L$ alat	$\Delta L$ (mm)	L0	$\epsilon = \Delta L / L0$	$E = f'ci/\epsilon$
1	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	45	0.45	200	0.00225	11952.50452
2	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	15367.50581
3	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	20	0.2	200	0.00100	26893.13517
4	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	40	0.4	200	0.00200	13446.56759
5	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	40	0.4	200	0.00200	13446.56759
6	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	45	0.45	200	0.00225	11952.50452
7	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	45	0.45	200	0.00225	11952.50452
8	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	50	0.5	200	0.00250	10757.25407
9	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	40	0.4	200	0.00200	13446.56759
10	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	15367.50581
11	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	40	0.4	200	0.00200	13446.56759
12	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	15367.50581
13	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	40	0.4	200	0.00200	13446.56759
14	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	40	0.4	200	0.00200	13446.56759
15	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	40	0.4	200	0.00200	13446.56759
16	29-MEI-2012	26-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	15367.50581
rata-rata							200.00	0.00	14318.99
standar deviasi							0.00	0.00	3626.95

## 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 tersebut kemudian dibuang, sehingga tertinggal data-data valid yang siap untuk diuji secara statistik.

Berikut ini adalah contoh perhitungan Interval Kepercayaan Data untuk variasi *Bottom ash* 7 %.

### a. Pengujian Interval Kuat Tekan

Dibawah ini disajikan data dan perhitungan pengujian interval kepercayaan untuk kuat tekan dengan variasi 7 %.

- $$X = \frac{\text{Jumlah Tegang Hancur}}{n}$$
$$= \frac{34,25 + \text{sampai} + 35,95}{16}$$
$$= 34,18 \text{ Mpa}$$
- $$s = \sqrt{\frac{((34,25 - 34,18)^2 + \text{sampai} + (35,95 - 34,18)^2)}{16 - 1}}$$
$$= 4.49 \text{ Mpa}$$
- $$P = \frac{1}{2} (1 + 0,95) = 0,975$$
- $$dk = n - 1 = 16 - 1 = 15$$

- $t_{0,975} = 2.131$  (table student )

Dimana :  $X =$  Nilai rata-rata

$s =$  Standar deviasi

$P =$  Persentil

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



Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left( t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left( t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 34,18 - \left( 2.131 x \frac{4,49}{\sqrt{16}} \right) < \mu < 34,18 + \left( 2.131 x \frac{4,49}{16} \right) \\
 &= 31,79 < \mu < 36,57
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang serupa kita dapat mencari interval kepercayaan untuk semua parameter dengan variasi yang sudah ditentukan. Di bawah ini adalah tabel interval kepercayaan :

**Tabel 5.16. Interval Kepercayaan Kuat Tekan beton PET 0,7 %**

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Bottom ash 0 %	33,69	4,68	0,975	15	2.131	31,19	< $\mu$ <	36,18
Bottom ash 7 %	34,18	4,49	0,975	15	2.131	31,79	< $\mu$ <	36,57
Bottom ash 14 %	34,39	4,80	0,975	15	2.131	31,84	< $\mu$ <	36,95
Bottom ash 21 %	30,34	2,36	0,975	15	2.131	29,28	< $\mu$ <	31,79
Bottom ash 28 %	26,04	1,62	0,975	15	2.131	25,18	< $\mu$ <	26,91



**Tabel 5.17. Interval Kepercayaan Kuat Tekan *Bottom Ash* 0 %**

BERAT	TEKAN HANCUR	TEGANG HANCUR
12,89	590	33.40410
13,06	595	33.68719
13,09	625	35.38570
13,11	630	35.66879
13,37	620	35.10262
12,95	595	33.68719
12,96	625	35.38570
13,16	625	35.38570
13,06	595	33.68719
13,02	610	34.53645
13,23	595	33.68719
13,00	555	31.42251
13,15	595	33.68719
13,06	580	32.83793

**Tabel 5.18. Interval Kepercayaan Kuat Tekan *Bottom Ash* 7 %**

BERAT	TEKAN HANCUR	TEGANG HANCUR
13,01	605	34.2534
13,00	640	36.2350
13,21	625	35.3857
12,01	645	36.5180
13,03	580	32.8379
13,01	620	35.1026
13,07	595	33.6872
12,93	580	32.8379
13,12	645	36.5180
12,97	615	34.8195
13,01	635	35.9519

**Tabel 5.19. Interval Kepercayaan Kuat Tekan *Bottom Ash* 14 %**

BERAT	TEKAN HANCUR	TEGANG HANCUR
13,19	610	34.5364
12,83	590	33.4041
12,85	650	36.8011
12,76	610	34.5364
12,99	645	36.5180
12,97	645	36.5180
12,91	590	33.4041
13,10	635	35.9519
13,09	635	35.9519
13,04	600	33.9703
12,74	635	35.9519
12,76	650	36.8011
12,83	630	35.6688
13,06	640	36.2350

**Tabel 5.20. Interval Kepercayaan Kuat Tekan *Bottom Ash* 21 %**

BERAT	TEKAN HANCUR	TEGANG HANCUR
12,93	545	30.8563
13,05	525	29.7240
12,97	525	29.7240
12,48	555	31.4225
12,79	530	30.0071
12,66	545	30.8563
12,09	540	30.5732
12,75	545	30.8563
12,89	520	29.4409
12,74	545	30.8563
12,84	530	30.0071

**Tabel 5.21. Interval Kepercayaan Kuat Tekan *Bottom Ash* 28 %**

BERAT	TEKAN HANCUR	TEGANG HANCUR
12,87	475	26.8931
12,83	455	25.7608
12,61	470	26.6100
12,90	460	26.0439
13,07	465	26.3270
12,94	445	25.1946
12,58	465	26.3270
12,88	475	26.8931
12,80	465	26.3270
12,80	455	25.7608
12,48	475	26.8931

**b. Pengujian Interval Kuat Tarik belah**

Dibawah ini adalah contoh perhitungan pengujian interval kepercayaan untuk kuat tarik belah dengan variasi *Bottom ash* 7 %.

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\text{Jumlah Kuat Tarik Belah}}{n} \\
 &= \frac{8403,11+7756,72+7756,72+8726,31}{4} \\
 &= 8160,72 \\
 s &= \sqrt{\frac{((8403,11-8160,72)^2 + \dots + (8726,31-8160,72)^2)}{4-1}} \\
 &= 484,79 \\
 P &= \frac{1}{2} (1 + 0,95) = 0,975 \\
 dk &= n - 1 = 4 - 1 = 3 \\
 t_{0,975} &= 3,182 \text{ (table distribusi t)}
 \end{aligned}$$

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned} &= x - \left( t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left( t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\ &= 8160,72 - \left( 3,182 \times \frac{484,79}{\sqrt{4}} \right) < \mu < 8160,72 + \left( 3,182 \times \frac{484,79}{\sqrt{4}} \right) \\ &= 7389,89 < \mu < 8931,54 \end{aligned}$$

Dengan cara yang serupa kita dapat mencari interval kepercayaan untuk semua parameter dengan variasi yang sudah ditentukan. Di bawah ini adalah tabel interval kepercayaan Kuat Tarik Belah :

**Tabel 5.22. Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah beton PET 0,7 %**

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Bottom ash 0 %	6827,53	275,98	0,975	3	3,18	6388,72	< $\mu$ <	7266,34
Bottom ash 7 %	8160,72	484,79	0,975	3	3,18	7389,89	< $\mu$ <	8931,54
Bottom ash 14 %	8605,11	702,84	0,975	3	3,18	7487,59	< $\mu$ <	9722,63
Bottom ash 21 %	7958,72	154,72	0,975	3	3,18	7712,71	< $\mu$ <	8204,72
Bottom ash 28 %	6867,93	1717,81	0,975	3	2.131	4136,60	< $\mu$ <	9599,25

**Tabel 5.23. Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah *Bottom ash* Ash 0 %**

BERAT	TEKAN (KN)	TEKAN (kg)	T. Vert st	TEGANG HANCUR
12,92	220	22426.10	31.7425	7110.33
13,01	210	21406.73	30.2997	6787.13
12,94	215	21916.41	31.0211	6948.73
13,06	200	20387.36	28.8568	6463.93
Nilai Deviasi 275.98		Rata - rata 6827.53		

**Tabel 5.24. Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah *Bottom ash* Ash 7 %**

BERAT	TEKAN (KN)	TEKAN (kg)	T. Vert st	TEGANG HANCUR
12,95	260	26503.57	37.5139	8403.11
12,85	240	24464.83	34.6282	7756.72
12,05	240	24464.83	34.6282	7756.72
13,09	270	27522.94	38.9567	8726.31
Nilai Deviasi 484.79		Rata - rata 8160.72		

**Tabel 5.25. Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah *Bottom ash* Ash 14 %**

BERAT	TEKAN (KN)	TEKAN (kg)	T. Vert st	TEGANG HANCUR
12,88	245	24974.52	35.3496	7918.32
12,85	270	27522.94	38.9567	8726.31
13,31	255	25993.88	36.7925	8241.51
13,15	295	30071.36	42.5638	9534.30
Nilai Deviasi 702.84		Rata - rata 8605.11		

**Tabel 5.26. Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah *Bottom ash* Ash 21 %**

BERAT	TEKAN (KN)	TEKAN (kg)	T. Vert st	TEGANG HANCUR
12,75	250	25484.20	36.0711	8079.92
12,47	245	24974.52	35.3496	7918.32
12,69	250	25484.20	36.0711	8079.92
12,48	240	24464.83	34.6282	7756.72
Nilai Deviasi 154.72		Rata - rata 7958.72		

**Tabel 5.27. Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah *Bottom ash* Ash 28 %**

BERAT	TEKAN (KN)	TEKAN (kg)	T. Vert st	TEGANG HANCUR
12,48	170	17329.26	24.5283	5494.34
12,57	290	29561.67	41.8424	9372.70
12,61	190	19367.99	27.4140	6140.74
12,62	200	20387.36	28.8568	6463.93
Nilai Deviasi 1717,81		Rata - rata 6867.93		

**c. Pengujian Interval Modulus Elastisitas**

Dibawah ini adalah contoh perhitungan pengujian interval kepercayaan untuk modulus elastisitas dengan variasi *Bottom ash* 7 %.

- $X = \frac{\text{Jumlah Modulus Elastisitas}}{n}$
- $= \frac{45671,14+34253,36+\dots+45671,14}{16}$
- $= 39462,73 \text{ Mpa}$

- $s = \sqrt{\frac{((45671,14-39462,73)^2 + \dots + (45671,14-39462,73)^2)}{16-1}}$
- $= 11658,59 \text{ Mpa}$

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

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

- $t_{0,975} = 2,131$  (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 :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left( t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left( t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 39462,73 - \left( 2,131 \times \frac{11658,59}{\sqrt{16}} \right) < \mu < 39462,73 + \left( 2,131 \times \frac{11658,59}{\sqrt{16}} \right) \\
 &= 33251,61 < \mu < 45673,84
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang serupa kita dapat mencari interval kepercayaan untuk semua parameter dengan variasi yang sudah ditentukan. Dibawah ini adalah tabel interval kepercayaan untuk semua perhitungan.

**Tabel 5.28. Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas beton PET 0,7 %**

Variasi	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Bottom ash 0 %	21646,39	6707,07	0,975	15	2.131	18073,20	< $\mu$ <	25219,58
Bottom ash 7 %	39462,73	11658,59	0,975	15	2.131	33251,61	< $\mu$ <	45673,84
Bottom ash 14 %	59513,69	25970,12	0,975	15	2.131	45678,12	< $\mu$ <	73349,28
Bottom ash 21 %	37718,02	12096,01	0,975	15	2.131	31273,87	< $\mu$ <	44162,16
Bottom ash 28 %	14318,99	3626,95	0,975	15	2.131	12386,74	< $\mu$ <	16251,25

Dari tabel interval kepercayaan di atas, kemudian dilakukan penyortiran data yang tidak memenuhi syarat range yang ditentukan oleh interval kepercayaan pada semua parameter.

**Tabel 5.29. Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas *Bottom ash* 0 %**

DL alat	DL (mm)	L0	$e = DL / L0$	$E = fci/e$
30	0.3	200	0.0015	22269.40
35	0.35	200	0.00175	19088.06
30	0.3	200	0.0015	22269.40
35	0.35	200	0.00175	19088.06
35	0.35	200	0.00175	19088.06
35	0.35	200	0.00175	19088.06
30	0.3	200	0.0015	22269.40
30	0.3	200	0.0015	22269.40
30	0.3	200	0.0015	22269.40
35	0.35	200	0.00175	19088.06
30	0.3	200	0.0015	22269.40
30	0.3	200	0.0015	22269.40
30	0.3	200	0.0015	22269.40

**Tabel 5.30. Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas *Bottom ash* 7 %**

DL alat	DL (mm)	L0	$e = DL / L0$	$E = fci/e$
15	0.15	200	0.00075	45671.15
20	0.2	200	0.001	34253.36
15	0.15	200	0.00075	45671.15
20	0.2	200	0.001	34253.36
15	0.15	200	0.00075	45671.15
15	0.15	200	0.00075	45671.15
15	0.15	200	0.00075	45671.15
20	0.2	200	0.001	34253.36
20	0.2	200	0.001	34253.36
20	0.2	200	0.001	34253.36
15	0.15	200	0.00075	45671.15
15	0.15	200	0.00075	45671.15



**Tabel 5.31. Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas *Bottom ash* 14 %**

DL alat	DL (mm)	L0	$e = DL / L0$	$E = fci/e$
20	0.2	200	0.001	46048.60
15	0.15	200	0.00075	69072.89
15	0.15	200	0.00075	69072.89
20	0.2	200	0.001	46048.60
15	0.15	200	0.00075	69072.89
20	0.2	200	0.001	46048.60
15	0.15	200	0.00075	69072.89
20	0.2	200	0.001	46048.60
15	0.15	200	0.00075	69072.89
20	0.2	200	0.001	46048.60
15	0.15	200	0.00075	69072.89
20	0.2	200	0.001	46048.60
15	0.15	200	0.00075	69072.89
20	0.2	200	0.001	46048.60
15	0.15	200	0.00075	69072.89

**Tabel 5.32. Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas *Bottom ash* 21 %**

DL alat	DL (mm)	L0	$e = DL / L0$	$E = fci/e$
15	0.15	200	0.00075	43783.91
20	0.2	200	0.001	32837.93
15	0.15	200	0.00075	43783.91
15	0.15	200	0.00075	43783.91
20	0.2	200	0.001	32837.93
15	0.15	200	0.00075	43783.91
15	0.15	200	0.00075	43783.91
15	0.15	200	0.00075	43783.91
15	0.15	200	0.00075	43783.91
15	0.15	200	0.00075	43783.91
15	0.15	200	0.00075	43783.91
20	0.2	200	0.001	32837.93

**Tabel 5.33. Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas *Bottom ash* 28 %**

DL alat	DL (mm)	L0	$e = DL / L0$	$E = f_{ci}/e$
35	0.35	200	0.00175	15367.51
40	0.4	200	0.002	13446.57
40	0.4	200	0.002	13446.57
40	0.4	200	0.002	13446.57
35	0.35	200	0.00175	15367.51
40	0.4	200	0.002	13446.57
35	0.35	200	0.00175	15367.51
40	0.4	200	0.002	13446.57
40	0.4	200	0.002	13446.57
40	0.4	200	0.002	13446.57
35	0.35	200	0.00175	15367.51

### 5.3. Pengujian Hipotesis

Untuk menguji hipotesis penelitian yang ada pada bab I, maka dilakukan uji Analisa Varian Satu Arah untuk melihat apakah ada perbedaan nilai sifat mekanis beton yang ditimbulkan oleh variasi penambahan.



**Tabel 5.34. Data Kuat Tekan F'c 30 Mpa beton PET 7 % dan Bottom ashSelanjutnya diperlukan :**

No	0%	7%	14%	21%	28%	Jumlah
1	33.40	34.25	34.54	30.86	26.89	159.94
2	33.69	36.23	33.40	29.72	25.76	158.81
3	35.39	35.39	36.80	29.72	26.61	163.91
4	35.67	36.52	34.54	31.42	26.04	164.19
5	35.10	32.84	36.52	30.01	26.33	160.79
6	33.69	35.10	36.52	30.86	25.19	161.36
7	35.39	33.69	33.40	30.57	26.33	159.38
8	35.39	32.84	35.95	30.86	26.89	161.92
9	33.69	36.52	35.95	29.44	26.33	161.92
10	34.54	34.82	33.97	30.86	25.76	159.94
11	33.69	35.95	35.95	30.01	26.89	162.49
12	31.42		36.80			68.22
13	33.69		35.67			69.36
14	32.84		36.23			69.07
Jumlah	477.57	384.15	496.25	334.32	289.03	1981.32
Banyak	14.00	11.00	14.00	11.00	11.00	61.00
Rata-rata	34.11	34.92	35.45	30.39	26.28	32.48

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

$$\Sigma Y^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2$$

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

$$R_y = \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

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

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = \Sigma Y^2 - R_y - P_y$$

dimana :

Y = Data-data pengamatan

n = Banyak pengamatan

J = Jumlah dari data-data pengamatan

k = Variasi perlakuan

Berdasarkan Tabel 5.34 di atas selanjutnya dapat dihitung :

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

$$\begin{aligned}\Sigma Y^2 &= (33,40)^2 + (34,25)^2 + \dots + (34,54)^2 + (30,86)^2 + (26,89)^2 \\ &= 65115,95\end{aligned}$$

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

$$R_y = \frac{1981,32^2}{61} = \frac{3925614,47}{61} = 64354,34$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}P_y &= \left( \frac{477,57^2}{14} + \frac{384,15^2}{11} + \frac{496,25^2}{14} + \frac{334,32^2}{11} + \frac{289,03^2}{11} \right) - 64354,34 \\ &= 65051,7 - 64354,34 = 697,45\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = 65115,95 - 64354,34 - 697,45 = 64,16$$

Setelah nilai-nilai di atas diperoleh maka disusunlah tabel analisa varian seperti di bawah ini.

**Tabel 5.35. Tabel Analisa Varian Untuk Kuat Tekan**

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata-rata	1	65115,95	64354,34
Antar perlakuan	4	697,45	174,36
Dalam Perlakuan	56	64,16	1,1457
Jumlah	61		

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

$$F_{\text{hitung}} = \frac{174,36}{1,145} = 152,30$$

Dalam tabel I pada buku *Metoda Statistik Teori dan Aplikasi Edisi ke 6 Jilid 2 (J. Supranto, MA)*, nilai  $F_{\text{tabel}}(0,05 ; 4 ; 61) = 2,53$ . Jadi nilai  $F_{\text{hitung}} = 152,20 > F_{\text{tabel}} = 2,53$ . Dengan demikian  $H_a$  diterima  $H_o$  ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi penambahan bahan PET 7 % dan *Bottom ash*.

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 5.36. Analisa Statistik Untuk Seluruh Pengamatan**

No	Parameter	$F_{\text{hitung}}$	$F_{\text{tabel}}$	$H_a$	$H_o$
1	Kuat tekan	152,20	2,53	diterima	ditolak
2	Kuat belah	3,34	3,05	diterima	ditolak
3	Modulus elastisitas	114,09	2,54	diterima	ditolak

#### 5.4. Analisis Regresi

Data yang telah mengalami penyortiran pada pengujian interval kepercayaan pada sub bab 5.2., kemudian dicari hubungan parameter dengan variasi *Bottom ash* yang telah diberikan.

Untuk menganalisis hubungan tersebut, digunakan metode fungsi kuadrat (*Sudjana, 2002; 338*) sebagai regresi, dengan bentuk persamaan  $\hat{Y} = a + bX + cX^2$ . Dengan persamaan perhitungannya sebagai berikut :

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

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

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

Sebagai contoh, di bawah ini diambil data Kuat Tekan untuk diuji dengan regresi. Dalam penelitian ini, nilai X yang digunakan adalah % penambahan *Bottom ash*.

**Tabel 5.37. Nilai Kuat Tekan Tiap Variasi**

Variasi bottom ash	f'c
0 %	34.82
7 %	35.28
14 %	36.09
21 %	32.25
28 %	28.50

**Tabel 5.38. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Tekan**

No	X	Y	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>4</sup>	XY	X <sup>2</sup> Y	Y <sup>2</sup>
1	0 %	34.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1212.18
2	7 %	35.28	49	343	2401	246.98	1728.87	1244.90
3	14 %	36.09	196	2744	38416	505.21	7072.99	1302.25
4	21 %	32.25	441	9261	194481	677.24	14222.0	1040.03
5	28 %	28.50	784	21952	614656	797.88	22340.7	812.02
<b>Total</b>	<b>70 %</b>	<b>166.93</b>	<b>1470</b>	<b>34300</b>	<b>849954</b>	<b>2227.32</b>	<b>45364.64</b>	<b>5611.37</b>

Dari tabel 5.38. maka didapat persamaan :

$$166,93 = 5 a + 70 b + 1470 c$$

$$2227,32 = 70 a + 1470 b + 34300 c$$

$$45364,64 = 1470 a + 34300 b + 849954 c$$

Dari ketiga persamaan didapat :

$$a = 34,65$$

$$b = 0,31$$

$$c = -0,019$$

Maka persamaannya adalah :

$$\hat{Y} = -0,019 x^2 + 0,31 x + 34,65$$

Mencari koefisien determinasi ( $R^2$ ) :

$$\begin{aligned} JK(b|a) &= \left( b \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left( c \left\{ \sum X^2 Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) \\ &= \left( 0,31 \left\{ 2227,32 - \frac{70 \times 166,93}{5} \right\} \right) + \left( -0,019 \left\{ 45364,64 - \frac{1470 \times 166,93}{5} \right\} \right) \\ &= -34,01 + 70,55 \\ &= 36,53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK(E) &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\ &= 5611,37 - \frac{(166,93)^2}{5} \\ &= 38,14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\
 &= \frac{36,53}{38,14} \\
 &= 0,957
 \end{aligned}$$

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan *Bottom ash* dengan F'c 30 menghasilkan persamaan  $y = -0,019 x^2 + 0,31 x + 34,65$  dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,957. Hal ini berarti bahwa 95,7 % perubahan nilai F'c 30 dipengaruhi oleh variasi *Bottom ash* sedangkan sisanya dipengaruhi oleh hal yang lain.

Pengujian analisis regresi ini juga dapat dilakukan dengan bantuan *software MS Excel XP* dengan ketelitian yang lebih baik.

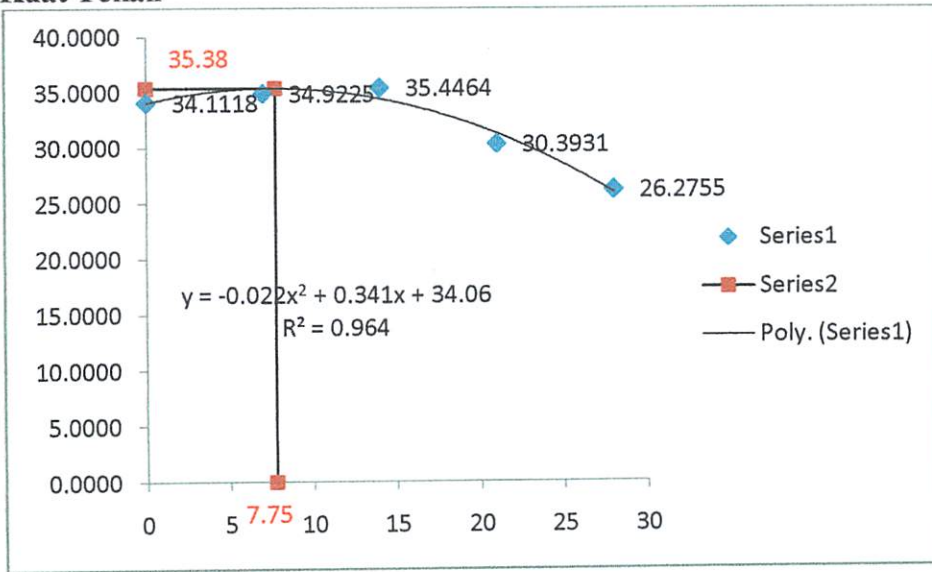
Data hasil pengujian keseluruhan kemudian diplotkan ke dalam grafik kuadratik yang menunjukkan hubungan antara variasi *Bottom ash* terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas yang disajikan pada sub pembahasan.

#### 5.4.1. Sub Pembahasan

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 rekomendasikan hal-hal sebagai berikut.



a. Kuat Tekan



Grafik 5.1. Hubungan Antara Nilai Kuat Tekan Dengan Variasi *Bottom Ash*

Tabel 5.39. Kenaikan dan Penurunan prosentase Antar Variasi

0% ke 7%	meningkat	0.8107	2.38
7% ke 14%	meningkat	0.5239	1.50
14% ke 21%	menurun	5.0533	14.26
21% ke 28%	menurun	4.1176	13.55

. Dari grafik 5.1 didapat nilai optimum sebesar 35,38 Mpa dan dengan campuran aditif *Bottom ash* senilai 7,75 %. Kenaikan dan penurunan nilai Kuat Tekan  $F'c$  ini diakibatkan oleh bertambahnya *Bottom ash* sebagai Pengganti pasir. Dapat dilihat d Tabel 3.39. Semakin bertambahnya *Bottom ash* maka Kuat Tekan akan semakin besar. Namun jika *Bottom ash* terlalu banyak, maka hal ini mengakibatkan penurunan Kuat Tekan.

Sedang berdasarkan analisa regresi maka didapatkan persamaan  $y = -0,022 x^2 + 0,341 x + 34,05$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,964$  maka dapat dikatakan bahwa sebanyak 96,4% nilai Kuat Tekan  $F'c$  yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi *Bottom ash* yang diberikan, dan sisanya dipengaruhi

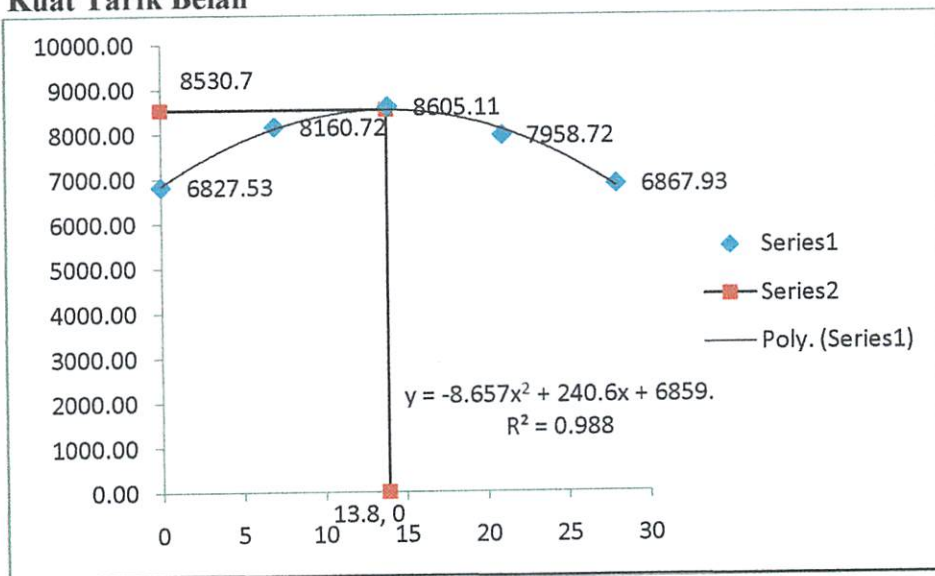
oleh faktor lain. Jadi variasi *Bottom ash* mempengaruhi nilai Kuat Tekan.

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat Tabel dibawah.

**Tabel 5.40. Uji Regresi Kuat Tekan**

No	X	Y	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>4</sup>	XY	X <sup>2</sup> Y	Y <sup>2</sup>
1	0.00	34.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1163.50
2	7.00	34.92	49.00	343.00	2401.00	244.44	1711.08	1219.40
3	14.00	35.44	196.00	2744.00	38416.00	496.16	6946.24	1255.99
4	21.00	30.39	441.00	9261.00	194481.00	638.19	13401.99	923.55
5	28.00	26.27	784.00	21952.00	614656.00	735.56	20595.68	690.11
Total	70.00	166.93	1470.00	34300.00	849954.00	2114.35	42654.99	5252.55

**b. Kuat Tarik Belah**



**Grafik 5.2. Hubungan antara nilai Kuat Tarik Belah dengan *Bottom ash***

**Tabel 5.41. Kenaikan dan Penurunan prosentase Antar Variasi**

variasi		nilai	prosen %
0 & ke 7%	meningkat	1333.19	16.34
7% ke 14%	meningkat	444.39	5.16
14% ke 21%	menurun	646.39	7.51
21% ke 28%	menurun	1090.79	13.71

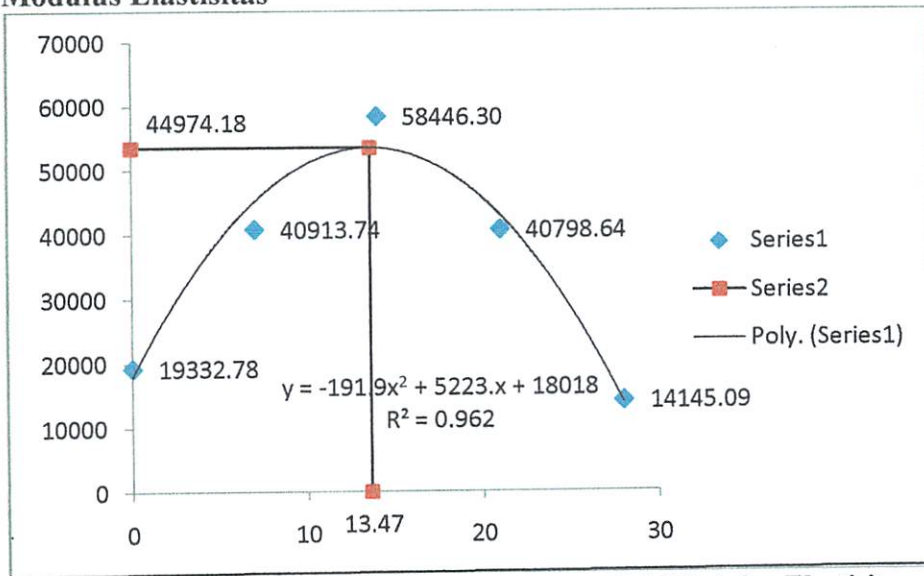
Dari grafik 5.2 didapat nilai optimum sebesar 8530,7 kg/m<sup>3</sup> dan dengan campuran aditif *Bottom ash* senilai 13,8 %. Kenaikan dan penurunan nilai Kuat Tekan  $F'_c$  ini diakibatkan oleh bertambahnya *Bottom ash* sebagai Pengganti pasir. Dapat dilihat d Tabel 3.41. Semakin bertambahnya *Bottom ash* maka Kuat Tekan akan semakin besar. Namun jika *Bottom ash* terlalu banyak, maka hal ini mengakibatkan penurunan Kuat Tekan.

Sedang berdasarkan analisa regresi maka didapatkan persamaan  $y = -8,654x^2 + 241,1x + 6855$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,988$  maka berarti bahwa 98,8 % perubahan nilai Tarik Belah beton PET 0,7 % diakibatkan oleh variasi penambahan *Bottom ash* yang diberikan, dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Jadi penambahan variasi *Bottom ash* mempengaruhi nilai Kuat Tarik Belah. Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat Tabel dibawah.

**Tabel 5.42. Uji Regresi Kuat Tarik Belah**

No	X	Y	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>4</sup>	XY	X <sup>2</sup> Y	Y <sup>2</sup>
1	0.00	6827.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46615165.9
2	7.00	8160.72	49.00	343.00	2401.00	57125.04	399875.28	66597350.92
3	14.00	8605.11	196.00	2744.00	38416.00	120471,54	1686601.56	74047918.11
4	21.00	7958.72	441.00	9261.00	194481.00	167133.12	3509795.52	63341224.04
5	28.00	6867.93	784.00	21952.00	614656.00	192302.04	5384457.12	47168462.48
<b>Total</b>	<b>70.00</b>	<b>38439.39</b>	<b>1470.00</b>	<b>34300.00</b>	<b>849954.00</b>	<b>537031.74</b>	<b>10980729.48</b>	<b>297770121.5</b>

c. Modulus Elastisitas



Grafik 5.3. Hubungan antara nilai Modulus Elastisitas dengan *Bottom ash*

Tabel 5.43. Kenaikan dan Penurunan prosentase Antar Variasi

variasi		nilai	prosen %
0% ke 7%	meningkat	21580.96	52.75
7% ke 14%	meningkat	17532.56	30.00
14% ke 21%	menurun	17647.66	30.19
21% ke 28%	menurun	26653.55	65.33

Dari grafik 5.3 didapat nilai optimum sebesar 44974,18 kg/m<sup>3</sup> dan dengan campuran aditif *Bottom ash* senilai 13,47 %. Kenaikan dan penurunan nilai Kuat Tekan  $F'_c$  ini diakibatkan oleh bertambahnya *Bottom ash* sebagai Pengganti pasir. Dapat dilihat d Tabel 3.43. Semakin bertambahnya *Bottom ash* maka Kuat Tekan akan semakin besar. Namun jika *Bottom ash* terlalu banyak, maka hal ini mengakibatkan penurunan Kuat Tekan.

Sedang berdasarkan analisa regresi maka didapatkan persamaan  $y = -191,1x^2 + 5223x + 18018$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0,962$  maka berarti bahwa 96,2 % perubahan nilai Modulus Elastisitas beton PET 0,7 %

diakibatkan oleh penambahan variasi *Bottom ash* yang diberikan, dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Jadi penambahan variasi *Bottom ash* mempengaruhi nilai Modulus Elastisitas. Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel dibawah.

**Tabel 5.44. Uji Regresi Modulus Elastisitas**

No	X	Y	X <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>	X <sup>4</sup>	XY	X <sup>2</sup> Y	Y <sup>2</sup>
1	0.00	19332.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	373756382.50
2	7.00	40913.74	49.00	343.00	2401.00	286396.18	2004773.26	1673934121.00
3	14.00	58446.30	196.00	2744.00	38416.00	818248.20	11455474.80	3415969984.00
4	21.00	40798.64	441.00	9261.00	194481.00	856771.44	17992200.24	1664529026.00
5	28.00	14145.09	784.00	21952.00	614656.00	396062.52	11089750.56	200083571.10
<b>Total</b>	<b>70.00</b>	<b>173636.55</b>	<b>1470.00</b>	<b>34300.00</b>	<b>849954.00</b>	<b>2357478.34</b>	<b>42542198.86</b>	<b>7328273085.00</b>

## 5.5 Pembahasan

Secara umum langkah yang disiapkan adalah persiapan material yang akan digunakan untuk proses penelitian. Selanjutnya pengetesan material apakah layak digunakan atau tidak. Apabila proses pengujian ada salah satu material agregat halus yang tidak layak penelitian tidak bisa dilanjutkan karena harus mendatangkan material yang lain dan mengadakan pengujian material kembali. Setelah pengujian material sudah siap dan layak langkah berikutnya adalah *mix desain* peritungan campuran agregat sesuai uji material. Dalam penelitian ini menggunakan pengujian kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas. Dalam perawatan (*cured*) selama 21 hari perendaman (*curing*), dan 8 hari pengeringan benda uji. Setelah beton berumur 28 hari kemudian benda uji diratakan permukaannya dengan belerang (*keeping*) supaya permukaan benda uji

rata dan tidak bergelombang untuk mencapai kuat tekan yang maksimum. Selanjutnya dilakukan penimbangan dan pengujian benda uji.

Data yang sudah didapat dari alat pengetesan kemudian diolah dan menghasilkan perbedaan nilai optimum pada kuat tekan yang signifikan yakni sebesar 35,38 Mpa dengan variasi Bottom ash 7,75 %, pada kuat tarik belah sebesar 8530,7 Mpa dengan Bottom ash 13,8 % dan pada modulus elastisitas sebesar 44974,18 kg<sup>3</sup> pada Bottom ash 13,47 %. Sifat mekanis juga terjadi kenaikan dan penurunan yakni pada kuat tekan beton PET 0,7 % dengan penambahan *Bottom ash* variasi 7 % *Bottom ash* terjadi kenaikan 2,32 %, 14 % terjadi kenaikan 3,76 %, 21 % terjadi penurunan 10,90 %, 21 % terjadi penurunan 22,97 %. Sifat mekanis pada kuat tarik belah Beton PET 0,7 % dengan penambahan variasi 7 % *Bottom ash* terjadi kenaikan 16,34 %, 14 % terjadi kenaikan 20,66 %, 21 % terjadi kenaikan 14,21 %, 21 % terjadi kenaikan 0,59 %. Sifat mekanis pada kuat tekan Beton PET 0,7 % dengan penambahan variasi 7 % *Bottom ash* terjadi kenaikan 52,75 %, 14 % terjadi kenaikan 66,92 %, 21 % terjadi kenaikan 52,61 %, 21 % terjadi penurunan 26,83 %. Sedangkan pada uji hipotesis kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas, dibuktikan melalui uji hipotesis kuat tekan kuat tekan  $F_{hitung} = 152,20 > F_{tabel} = 2,53$ , kuat tarik belah  $F_{hitung} = 3,34 > F_{tabel} = 3,05$ ,  $F_{hitung} = 114,09 > F_{tabel} = 2,54$ . Dari uji hipotesis dapat memberikan perbedaan, dibuktikan dengan demikian pada sifat mekanis kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  dapat di terima pada sifat mekanis beton PET 0,7 %.

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

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

1. Terjadi perbedaan sifat mekanis pada beton PET 0,7 % tanpa tambahan *Bottom ash* dengan beton PET 0,7 % yang menggunakan tambahan *Bottom ash*, berdasarkan uji hipotesis dimana hasil kuat tekan  $F_{hitung} = 152,20 > F_{tabel} = 2,53$ , kuat tarik belah  $F_{hitung} = 3,34 > F_{tabel} = 3,05$ ,  $F_{hitung} = 114,09 > F_{tabel} = 2,54$ .
2. Sifat mekanis pada kuat tekan Beton PET 0,7 % dengan penambahan variasi 7 % *Bottom ash* terjadi kenaikan 2,32 %, 14 % terjadi kenaikan 3,76 %, 21 % terjadi penurunan 10,90 %, 21 % terjadi penurunan 22,97 %. Sifat mekanis pada kuat tarik belah Beton PET 0,7 % dengan penambahan variasi 7 % *Bottom ash* terjadi kenaikan 16,34 %, 14 % terjadi kenaikan 20,66 %, 21 % terjadi kenaikan 14,21 %, 21 % terjadi kenaikan 0,59 %. Sifat mekanis pada kuat tekan Beton PET 0,7 % dengan penambahan variasi 7 % *Bottom ash* terjadi kenaikan 52,75 %, 14 % terjadi kenaikan 66,92 %, 21 % terjadi kenaikan 52,61 %, 21 % terjadi penurunan 26,83 %.
3. Pada beton PET 0,7 % pada umur 28 hari didapatkan nilai optimum *Bottom ash* sebesar 7,75 % dengan menghasilkan kuat tekan 35,38 MPa. Sedangkan pada kuat tarik belah sebesar 13,80 % menghasilkan 8530,70 MPa dan pada modulus elastisitas sebesar 13,47 % menghasilkan 44974,18 MPa. Dengan

demikian dapat disimpulkan bahwa penggunaan Bottom ash sangat berpengaruh di dalam agregat beton PET 0,7 %.

## 6.2. Saran

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

1. Untuk penelitian selanjutnya dalam pemakaian bahan tambah bottom ash sebaiknya memakai variasi 0% - 14%.
2. Dilihat dari peningkatan kinerja beton dan kekuatan yang dihasilkan diatas beton normal untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dari aspek ekonomisnya.
3. Untuk pelaksanaan pengecoran sebaiknya memperhatikan dengan baik komposisi yang akan digunakan apabila pengecoran dilakukan lebih dari 1 tahap pada setiap variasi.
4. Dalam penambahan ataupun pengurangan diharapkan dengan ketelitian yang lebih, agar menciptakan beton yang sesuai rencana.
5. Untuk peneliti selanjutnya diharapkan menggunakan perbandingan beton normal.



## 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
- Ardiansyah Rony. 2010.** Fly Ash Pemanfaatan & Kegunaannya <http://ronymedia.wordpress.com/2010/05/26/fly-ash-pemanfaatan-kegunaannya/>  
Diakses Tanggal 27 Maret 2012
- Hermansyah Fajar, M. 2008.** *Pembuatan Dan Karakteristik Beton Geopo;Imer Berbahan Dasar Abu Terbang Dengan Abu Dasar Sebagai Agregat Halus.* Skripsi. Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
- 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/> Diakses tanggal 01 April 2012
- 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.





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

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 Malang

**LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI**

**NAMA** : M. Fuad Zain  
**NIM** : 07.21.014  
**PROGRAM STUDI** : T. Sipil S-1  
**DOSEN PEMBIMBING** : Ir. Bambang Wedyantadji, MT

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1	28-7-12	Rumusan masalah no 3. masalahnya apa - Pada bab III, pengujian teleskop rumusnya	
	9-8-12	cek % kemiringan	



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

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 Malang

**LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI**

**NAMA** : M. FUAD ZAIN  
**NIM** : 07.21.014  
**JUDUL SKRIPSI** : STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK PET 7% DENGAN  
BOTTOM ASH TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON DENGAN  $F_c$  30 Mpa  
**PRODI** : TEKNIK SIPIL S-1  
**PEMBIMBING II** : RIPKIANTO ST, MT.

No	Tanggal	Keterangan	Ttd
	24/12/05	Sempurnakan keft tab I, II, III, IV tabel analisa mix design di fundasi	



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

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 Malang

**LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI**

**NAMA** : M. FUAD ZAIN  
**NIM** : 07.21.014  
**JUDUL SKRIPSI** : STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK PET 7% DENGAN  
BOTTOM ASH TERHADAP SIFAT MEKANIS BETON DENGAN  $F'c$  30 Mpa  
**PRODI** : TEKNIK SIPIL S-1  
**PEMBIMBING II** : RIPKianto ST, MT.

No	Tanggal	Keterangan	Ttd
1.	18/12/07	<ul style="list-style-type: none"><li>- format tulisan di perbaiki</li><li>- setiap Bab di cek dlm Penulisan sub bab.</li><li>- Keterangan tabel dan gambar di urutkan</li></ul>	
2.	21/12/07	<ul style="list-style-type: none"><li>- Dasar teori untuk kuat tekan dan Analisa regresi di tambah</li><li>- Analisa mix Design tolong di per jelas</li></ul>	
3.	23/12/07	<ul style="list-style-type: none"><li>- Hasil analisa mix design di tabelkan</li><li>- Sempurnakan Bab I, II, III, IV</li></ul>	



**FORM REVISI / PERBAIKAN**  
 BIDANG Penelitian

Nama : M Fuad Zatu  
 NIM : 0721014  
 Hari / tanggal : Jenin , 13 Agustus 2012

Perbaiki materi Skripsi meliputi :

- Abjad
- Bagan Alir
- Daftar pustaka
- Rumus Mandar

Perbaiki 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, \_\_\_\_\_ 2010  
 Dosen Penguji  
  
10/08/2012

Malang, \_\_\_\_\_ 2010  
 Dosen Penguji  
  
13/08/2012



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
 Jl. Bendungan Sigura-gura 2  
 Jl. Raya Karanglo Km. 2  
 Malang

# UJIAN SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

## FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG \_\_\_\_\_

Nama : Fuad

NIM : \_\_\_\_\_

Hari / tanggal : \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Perbaiki materi Skripsi meliputi :

Perbaiki sesuai atas

ada 21/9/12

[Signature]

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, \_\_\_\_\_ 2010  
 Dosen Penguji

(\_\_\_\_\_)

Malang, \_\_\_\_\_ 201  
 Dosen Penguji

[Signature]  
 \_\_\_\_\_