

SKRIPSI

**STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK
POLYETHYLENE TEREPHALATE (PET) 0,7% DAN SILIKA FUME
TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA BETON f'_c 30 MPa**



**Disusun oleh :
NUROHMAN
07.21.023**

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

REPORT

REPORT ON THE PROGRESS OF THE WORK OF THE
COMMISSION DURING THE YEAR 1954

REPORT
ON THE
WORK OF THE

COMMISSION FOR THE
ECONOMIC CO-OPERATION
AND DEVELOPMENT
DURING
THE YEAR

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK *POLYETHYLENE TEREPHALATE (PET) 0,7% DAN SILIKA FUME* TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA BETON F'c 30 MPa

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
dalam memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu (S-1)
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

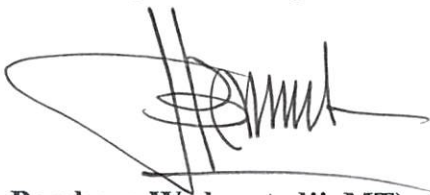
Disusun oleh:

Nama : Nurohman

NIM : 07.21.023

Disetujui oleh :

Dosen pembimbing I



(Ir. Bambang Wedyantadji, MT)

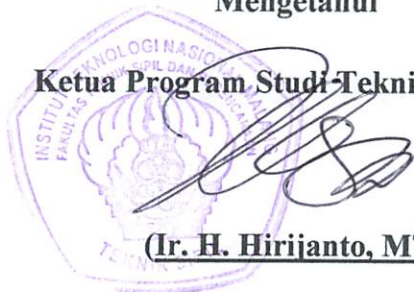
Dosen pembimbing II



(Ir. H. Hirijanto, MT)

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



(Ir. H. Hirijanto, MT)

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK
POLYETHYLENE TEREPHALATE (PET) 0,7% DAN SILIKA FUME
TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA BETON f'c 30 MPa**

Disusun oleh :

Nama : Nurohman
NIM : 07.21.023

**Dipertahankan Di Hadapan Dewan Penguji Ujian Skripsi Strata Satu (S-1)
Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik, Pada hari Senin 13 Agustus 2012**

Disahkan Oleh

Panitia Ujian Skripsi :

KETUA



(Ir. H. Hirijanto, MT)

SEKRETARIS



(Lila Ayu Ratna W, ST., MT)

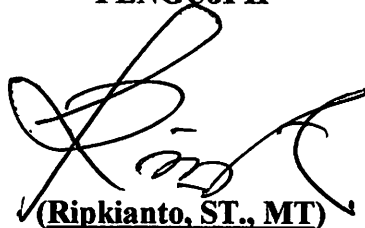
Anggota Penguji :

PENGUJI I



(Ir. H. Ibnu Hidayat P.J., MT)

PENGUJI II



(Ripkianto, ST., MT)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
JL., Bendungan Sigura-Gura No.2 Tlpn.551951 – 551431
MALANG

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **Nurohman**
NIM : **07.21.023**
Program Studi : **Teknik Sipil S-1**
Fakultas : **Teknik Sipil dan Perencanaan**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK *POLYETHYLENE TEREPHALATE* (PET) 0,7% DAN *SILIKA FUME* TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA BETON F'c 30 MPa

Adalah benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyalin seluruhnya karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya
Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan tugas akhir ini hasil jiplakan atau mengambil karya tulis dan pemikiran orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 22 September 2012
Yang membuat pernyataan



(Nurohman)

ABSTRAKSI

Nurohman, (0721023), “STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK POLY ETHILENE TEREPHALATE (PET) 0,7% DAN SILIKA FUME PADA BETON F’c 30 Mpa “ Pembimbing I : Ir. Bambang Wedyantadji, MT. Pembimbing II : Ir. H. Hirijanto, MT

Kata Kunci : *PET, Silika Fume, Kuat Tekan, Tarik Belah, Modulus Elastisitas.*

Dengan kondisi lingkungan saat ini dan di masa mendatang menuntut kita untuk memanfaatkan limbah sebagai alternatif digunakan dalam campuran. Beton merupakan material yang mempunyai kemampuan untuk menahan beban tekan yang sangat tinggi, Oleh karena itu, dengan penambahan PET pada beton dan bahan tambah berupa *Silika Fume* 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 silika fume 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% dengan semua variasi mempunyai pencampuran PET 0,7% untuk campuran beton. Penambahan silika fume dibuat sebagai pembanding sifat mekanis beton PET 0,7%. Tujuan dari penelitian ini Untuk mengetahui apakah terjadi perbedaan nilai sifat mekanis beton PET 0,7% dengan penambahan *silika fume* pengganti semen dengan cara menganalisis secara setatistik dengan kesimpulan yang disebut Hipotesis. dan Hasil penelitian menyatakan penggunaan variasi silika fume 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 silika fume 1,18% dan nilai maksimum Kuat Tekan 39,91 Mpa, Nilai optimum silika fume disifat mekanis Kuat Tarik Belah 1,27% dan Nilai maksimum Kuat Tarik Belah 7214,13 Mpa, sifat mekanis Modulus elastisitas Nilai Optimum variasi silika fume 1,08% dan Nilai maksimum 29236,29 Mpa. Nilai Optimum penambahan *Silika fume* terhadap Beton PET 0,7% terjadi pada variasi 1,28 %.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT Yang telah memberikan rohmat, taufik serta hidayahnya maka penyusun dapat menyelesaikan Skripsi yang Merupakan salah satu persyaratan akademis untuk memperoleh gelar srjana Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.

Tak lepas dari berbagai permasalahan yang muncul, namun berkat bantuan dan bimbingan dari semua pihak yang telah membantu dapat menyelesaikan laporan ini. Sehubungan dengan hal tersebut dalam kesempatan ini saya menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada:

1. Ir. Suparno Jiwo, MT. Selaku Rektor ITN Malang
2. Ir. Agus Santoso, MT Selaku Dekan FTSP
3. Ir. Hirijanto, MT Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1
4. Lila Ayu Ratna Winanda, ST., MT. Selaku Sekertaris Program Studi Teknik Sipil S-1
5. Ir. Bambang Wedyantadji, MT. Selaku Dosen Pembimbing I
6. Ir. H. Hirijanto, MT. Selaku Dosen Pembimbing II
7. Ir. H. Ibnu Hidayat, MT Selaku Dosen Penguji I
8. Ripkianto ST, MT Selaku Dosen penguji II
9. Kedua Orang Tua, bapak Sobirin dan Ibu Kunah yang tidak pernah menyerah memberikan dukungan dan kasih sayang Lahir Batin.
10. Rekan LBK, M. Mafud dan Isti Rahma Chinta yang telah memberikan masukan dan banyak membantu dalam penelitian ini.
11. Semua rekan-rekan penelitian, yoyok, fuad, beni, ramones dan bayu. Terima kasih atas kerjasamanya dalam penelitian.
12. Semua rekan – rekan Teknik Sipil, kontrakan H178, Semua Kader HMI Madani ITN Malang yang telah banyak membantu .

Dengan segala kerendahan hati saya menyadari bahwa dalam penyusunan laporan SKRIPSI ini masih jauh dari sempurna. akhir kata semoga laporan proposal ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, September 2012

penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL

LEMBAR PERSETUJUAN

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN KEASLIAN SKRIPSI i

ABSTRAKSI ii

KATA PENGANTAR..... iii

DAFTAR ISI..... iv

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GRAFIK xiv

DAFTAR GANBAR xv

DAFTAR LAMPIRAN..... xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang..... 1

1.2 Rumusan Masalah..... 2

1.4. Batasan Masalah..... 3

1.5. Tujuan Penelitian..... 3

1.6 Manfaat Penelitian..... 4

1.7 Hipotesis Penelitian..... 5

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu..... 6

2.2 Pengertian Beton..... 7

2.3 Bahan – Bahan Penyusunan Beton..... 11

2.3.1 Agregat Halus.....	11
2.3.2 Agregat Kasar.....	11
2.3.3 Air.....	12
2.3.4 Semen	13
2.3.5 Bahan Tambah (Admixture).....	14
2.4 <i>Poly Ethelene Terephthalate</i> (PET).....	18
2.5 Sifat Mekanis Beton	19
2.6 Pengujian Interval Kepercayaan.....	21
2.7 Pengertian Hipotesis	22
2.8 Analisa Regresi.....	24

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pengumpuln Data dan Analisa	27
3.2 Tujuan Penelitian Secara Operasional.....	27
3.3 Tempat Dan Waktu Penelitian.....	27
3.4 Metode Penelitian.....	28
3.5 Alat Dan Bahan Penelitian.....	28
3.6 Populasi Dan Sampel.....	30
3.7 Prosedur Pelaksanaan Campuran (Pengecoran).....	31
3.8 Uji <i>Slump</i> Beton.....	32
3.9 Pembuatan dan persiapan benda uji.....	34
3.10 Pengujian sifat mekanis	37
3.11 Bagan Alir Penelitian.....	43

BAB IV PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1 Pemeriksaan Bahan.....	44
----------------------------	----

4.1.1	Pemeriksaan Berat Isi	44
4.1.2	Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus.....	49
4.1.3	Pemeriksaan Kotoran Organik.....	57
4.1.4	Pemeriksaan Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus	58
4.1.5	Pemeriksaan Kadar Air Agregat.....	60
4.1.6	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Batu Pecah.....	64
4.1.7	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.....	66
4.1.8	Pengujian Keausan Agregat Kasar Batu Pecah Dengan Menggunakan Alat <i>Los Angeles</i>	70
4.2	Perencanaan Campuran Beton.....	74
4.3	Perencanaan Campuran Beton Dengan Metode ACI	81

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1	Data Hasil Pengujian Sifat Mekanis Beton	84
5.1.1	Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	84
5.1.2	Hasil Pengujian Kuat Torsi Belah.....	90
5.1.3	Hasil Pengujian Modulus Elastisitas	101
5.2	Pengujian Interval Kepercayaan.....	114
5.3	Pengujian Hipotesis	133
5.4	Analisa Regresi dan pembahasan	141
5.4.1	Sub Pembahasan.....	144
5.5	Pembahasan	149

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan	151
6.2 Saran	152

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

TABEL 2.1	Komposisi Kimia Silikokum	15
TABEL 3.1	Tabel Variasi Benda Uji	30
TABEL 4.1	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar	47
TABEL 4.2	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus	47
TABEL 4.3	Pemeriksaan Berat Isi Semen	48
TABEL 4.4	Aparatus Untuk Analisis Saringan Agregat Kasar dan Halus	50
TABEL 4.5	Ukuran Saringan Agregat Halus	51
TABEL 4.6	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Batu Pecah ...	52
TABEL 4.7	pemeriksaan Analisa saringn agregt halus	54
TABEL 4.8	Warna Standart	58
TABEL 4.9	Ukuran Maksimum Agregat	61
TABEL 4.10	Pemeriksaan kadar Air Agregat Kasar.....	62
TABEL 4.11	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus.....	62
TABEL 4.12	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Batu Pecah.....	65
TABEL 4.13	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus.....	69
TABEL 4.14	Berat Dan Gradasi Benda Uji	71
TABEL 4.15	Pemeriksaan Keausan agregat Kasar.....	73
TABEL 4.16	Deviasi Standart Berdasarkan Isi pekerjaan	75
TABEL 4.17	Hubungan Kuat Tekan Beton Rencana Dengan Faktor Air Semen	78

TABEL 4.18	Ukuran Slump Yang di Anjurkan Untuk berbagai Jenis	
	Konstruksi	78
TABEL 4.19	Jumlah Air Perlu Untuk setiap m³ Beton dan Udara	
	terperangkap Untuk berbagai Slump dan Ukuran Maksimum	
	Agregat	79
TABEL 4.20	Prosentase Volume Agregat Kasar atau Satuan Volume	
	Beton	80
TABEL 4.21	Berat Jenis Beton.....	80
TABEL 5.1	Hasil Perhitungan Kuat Tekan Silika Fume 0%	86
TABEL 5.2	Hasil Perhitungan Kuat Tekan Silika Fume 0,5%	83
TABEL 5.3	Hasil Perhitungan Kuat Tekan Silika Fume 1%	85
TABEL 5.4	Hasil Perhitungan Kuat Tekan Silika Fume 1,5%	87
TABEL 5.5	Hasil Perhitungan Kuat Tekan Silika Fume 2%	89
TABEL 5.6	Kuat Tarik Belah Silika Fume 0%	92
TABEL 5.7	Kuat Tarik Belah Silika Fume 0,5%	94
TABEL 5.8	Kuat Tarik Belah Silika Fume 1%	96
TABEL 5.9	Kuat Tarik Belah Silika Fume 1,5%	98
TABEL 5.10	Kuat Tarik Belah Silika Fume 2%	100
TABEL 5.11	Kuat Modulus Elastisits Silika Fume 0%	103
TABEL 5.12	Kuat Modulus Elastisits Silika Fume 0,5%	104
TABEL 5.13	Kuat Modulus Elastisits Silika Fume 1%	106
TABEL 5.14	Kuat Modulus Elastisits Silika Fume 1,5%	108
TABEL 5.15	Kuat Modulus Elastisits Silika Fume 2%	111

TABEL 5.16 Hasil Uji Kuat Tekan	121
TABEL 5.17 Hasil Uji Interval Kuat Tekan	126
TABEL 5.18 Hasil Uji Kuat Tarik Belah	129
TABEL 5.19 Hasil Uji Interval Kuat Tarik Belah	134
TABEL 5.20 Hasil Data Modulus Elastisitas	134
TABEL 5.21 Hasil Uji Interval Modulus Elastisitas	139
TABEL 5.22 Data Nilai Kuat Tekan Tegang Hancur	140
TABEL 5.23 Analisa Varian Kuat Tekan	142
TABEL 5.24 Analisa Varian Kuat Tarik Belah	143
TABEL 5.25 Analisa Varian Kuat Tarik Belah	144
TABEL 5.26 Data Modulus Elastisitas	145
TABEL 5.27 Analisa Varian Modulus Elastisitas	147
TABEL 5.28 Nilai Kuat Tekan Tiap Variasi	148
TABEL 5.29 Daftar Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi	148
TABEL 5.30 Nilai $f_{c'}$ Tiap Variasi	151
TABEL 5.31 Nilai Rata-rata Tiap Variasi	153
TABEL 5.33 Nilai optimim Tiap Variasi	155

DAFTAR GRAFIK

GRAFIK 4.1 Batas Gradasi Untuk Agregat Kasar 4,8 sampai 9,6 mm	52
GRAFIK 4.2 Batas Gradasi Untuk Agregat Kasar 4,8 sampai 19 mm	53
GRAFIK 4.3 Batas Gradasi Untuk Agregat Kasar 4,8 sampai 38 mm	53
GRAFIK 4.4 Batas Gradasi Zona 1 Untuk Agregat Halus	54
GRAFIK 4.5 Batas Gradasi Zona 2 Untuk Agregat Halus	55
GRAFIK 4.6 Batas Gradasi Zona 3 Untuk Agregat Halus	55
GRAFIK 4.7 Batas Gradasi Zona 4 Untuk Agregat Halus	56
GRAFIK 5.1 Hubungan Antara Nilai Kuat Tekan Dengan Variasi Silika Fume	151
GRAFIK 5.2 Hubungan Antara Nilai Tarik Belah Dengan Variasi Silika Fume	153
GRAFIK 5.3 Hubungan Antara Nilai Modulus Elastisitas Dengan Variasi Silika Fume	155
GRAFIK 5.4 Kadar Silika Fume Optimum	151

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 3.1	Peralatan Dan Cara Melihat Nilai Slump	33
GAMBAR 3.2	Mesin Kuat bTekan Hidrolik Dan Posisi Benda	
	Uji Saat Pengetesan	37
GAMBAR 3.3	Mesin Kuat Tekan Belah dan Posisi Benda	
	Uji saat Pengetesan	39
GAMBAR 3.4	Alat Pengujian Modulus Elastisitas dan	
	Mesin Hidroli Kuat Tekan	41
GAMBAR 4.1	Aparatus Pemeriksaan Berat Volume Agregat	45
GAMBAR 4.2	Aparatus Saringan Untuk Analisis Saringan	
	Agregat Kasar dan Halus	50
GAMBAR 4.3	Aparatus Untuk Pemeriksaan Kadar Air Agregat	60
GAMBAR 4.4	Aparatus Untuk Analisis Spesifik Grafiti	
	dan Absorsi agregat Halus	67
GAMBAR 4.5	Kurva Pembatasan Gradasi Agregat	
	Halus Dan Kasar	73

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan dari tahun ke tahun semakin berkembang, baik dari segi desain maupun metode konstruksi yang dilakukan. Beton juga merupakan material yang paling banyak digunakan sebagai bahan konstruksi, begitu pula di Indonesia. Dari sekian banyak bangunan di Indonesia konstruksi bangunannya memakai Beton.

Namun dengan kondisi lingkungan saat ini dan dimasa mendatang menuntut kita untuk menggunakan/memanfaatkan limbah organik/non-organik untuk penambahan dalam campuran agregat Beton yang 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. Dengan penambahan bahan tambah berupa serat yang akan dicampurkan ke dalam campuran beton diharapkan dapat membuat beton lebih daktail serta meningkatkan kuat tarik pada beton namun untuk menghasilkan beton yang lebih baik lagi, sebaiknya digunakan bahan aditif kimia atau mineral.

Melihat tuntunan yang telah disebutkan di atas, maka pemanfaatan limbah sebagai penambahan agregat beton untuk yang lebih baik dan ramah lingkungan. Bahan-bahan limbah disekitar lingkungan dapat dimanfaatkan sebagai bahan dalam campuran beton. Hal tersebut dapat memberikan

alternatif untuk memanfaatkan limbah-limbah yang tidak termanfaatkan, seperti limbah botol plastik. Khusus mengenai limbah botol plastik Poly Ethylene Terephthalate (PET), Dengan optimalisasi pemanfaatan limbah botol plastik Poly Ethylene Terephthalate (PET) ini diharapkan dapat mengurangi limbah yang mencemari lingkungan dan memberikan nilai tambah tersendiri. Dalam penelitian ini digunakan limbah botol plastik Poly Ethylene Terephthalate (PET) yang berfungsi sebagai serat yang akan digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran agregat beton. Serat tersebut dicampurkan ke dalam adukan beton dengan persentase penambahan serat yang bervariasi. Dengan penambahan serat tersebut diharapkan dapat memberikan perbaikan terhadap nilai kuat tarik beton serta membuat beton lebih daktil. Pada penelitian ini limbah dari silikon (*silika fume*) juga digunakan sebagai bahan aditif yang berfungsi untuk mengurangi penggunaan semen.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah terjadi perbedaan nilai sifat mekanis beton PET 0,7 % dengan penambahan *silika fume* sebagai bahan pengganti semen ?
2. Berapa persentase perbedaan sifat mekanis beton PET 0,7% dengan penambahan aditif *silika fume* ?
3. Berapakah Nilai Optimum penambahan *Silika fume* terhadap Beton PET 0,7% ?

1.3 Batasan Masalah

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

1. Penelitian ini mengkaji perbedaan nilai sifat mekanis pada beton PET 0,7% dengan penambahan *silika fume* sebagai pengganti semen.
2. Pengujian ini mengkaji seberapa besar persentase perbedaan nilai sifat mekanis pada Beton PET 0,7 % dengan bahan tambah *Silika fume* sebagai aditif yang berfungsi sebagai pengganti semen..
3. Penelitian ini mencari Nilai Optimum penambahan *Silika fume* Terhadap Beton PET 0,7%.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui apakah terjadi perbedaan nilai sifat mekanis beton PET 0,7% dengan penambahan *silika fume* pengganti semen.
2. Untuk mengetahui berapa % perbedaan penggunaan *silika fume* dengan variasi (0%, 0,5%. 1%. 1,5%. 2%) terhadap sifat mekanis beton.
3. Untuk mengetahui Nilai Optimum penambahan *silika fume* terhadap beton PET 0,7%

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi peneliti

- Mengembangkan pengetahuan dengan mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh selama masa perkuliahan untuk di pakai sebagai bekal pengalaman untuk penelitian ke depan.
- Dapat memahami secara menyeluruh tentang proses pembuatan beton mulai dari merencanakan, mencetak, merawat sampai pengujian.
- Untuk mengetahui pengaruh penambahan aditif dari limbah pada beton yang agregat kasar maupun agregat halus.

2. Bagi praktisi pembangunan atau instansi terkait

- Dapat memanfaatkan hasil penelitian ini sebagai bahan referensi dan informasi untuk di kaji lebih jauh akan manfaatnya terhadap pengoptimalan biaya proyek dan kualitas proyek sesuai standart yang di inginkan.

3. Bagi lembaga pendidikan

- Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah perbendaharaan perpustakaan, khususnya pada konstruksi beton sehingga dapat dijadikan bahan acuan dan bahan pertimbangan dalam penggunaan batu sebagai agregat kasar dan halus, penambahan *Silika fume* sebagai pengganti semen pada campuran beton PET 0,7%.

4. Bagi masyarakat

- Dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang pengaruh beton penambahan limbah plastik dengan zat aditif *silika fume* terhadap sifat mekanis beton PET 0,7%.

1.6 Hipotesis

Pada penelitian ini diduga bahwa

1. Terjadi perbedaan nilai sifat mekanis beton PET 0,7% oleh penambahan *Silika fume* sebagai bahan pengganti semen.
2. Dengan perbedaan yang terjadi pada sifat mekanis beton, dapat dihitung persentase (perbedaan) yang terjadi oleh sebab penambahan *silika fume*.
3. Terdapat Sebuah titik Optimum Penambahan *Silika fume* terhadap sifat mekanis beton PET 0,7%.

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian serupa yang dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Penggunaan Limbah Botol Plastik PET Sebagai Campuran Beton Untuk Meningkatkan Kapasitas Tarik Belah Dan Geser, (Bambang Mahendya Lestario, 2008). Dari hasil penelitian didapatkan kesimpulan penambahan kadar PET dalam adukan beton sampai kadar optimum 0.5% dari volume fraksi pada umur 7 hari, akan meningkatkan kekuatan tarik belah pada beton maximum sebesar 25,44%, sedangkan pada umur 28 hari penambahan kadar PET sampai dengan kadar optimum 0.7% akan meningkatkan kuat tarik belah pada beton maksimum sebesar 19,39%.
2. Beton ringan ber-agregat limbah botol plastic jenis PET (poly Ethylene Terephthalate). (Pratiko, Jurnal Seminar nasional teknik sipil 2010 Politeknik Negri Jakarta). Kesimpulan, 1. Limbah botol plastic 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^3 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. Studi Penelitian Analisa Penggunaan *Silika fume* dan Terak Tembaga pada Beton Mutu Tinggi (Atwi. ITN malang 2005). Dari hasil penelitian yang telah dilakukan , dapat diambil kesimpulan Terdapat perbedaan sifat mekanis dan sifat fisis beton dengan bahan tambah *Silika fume* dan Terak Tembaga. Nilai optimum bahan tambah (SF) 1,375%. TT = 39,167 %. $f_c' = 75,935$ MPa. Porositas, (SF) 1,33%. TT = 38,33 %. Kuat tarik lentur, (SF) 1,632%. TT = 38,421. Kuar tarik Belah, (SF) 1,667%, TT = 37,50%.

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, fondasi, jalan, jembatan penyeberangan, struktur parkir, dasar untuk pagar/gerbang, dan semen dalam bata atau tembok blok. Nama lama untuk beton adalah batu cair.

Dalam perkembangannya banyak ditemukan beton baru hasil modifikasi, seperti beton ringan, beton semprot (*eng: shotcrete*), beton fiber, beton berkekuatan tinggi, beton berkekuatan sangat tinggi, beton mampat sendiri (*eng: self compacted concrete*) 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 sampai umur beton 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Biasanya kekuatan tekan rencana mutu beton dihitung pada umur 28 hari.

Selain itu, perawatan beton juga perlu dilakukan setelah beton mencapai final setting, artinya beton telah mengeras. Perawatan ini dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, maka beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air begitu cepat. Perawatan tidak hanya dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan beton yang tinggi tetapi juga dimaksudkan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kedap air, ketahanan terhadap aus serta stabilitas dari dimensi struktur.

Pada umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1% - 2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 4%, dan agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%. Untuk mendapatkan kekuatan yang baik,

sifat dan karakteristik dari masing-masing bahan penyusun tersebut perlu dipelajari.

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

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

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

1. Masa jenis beton sekitar 2400 kg/m^3
2. Kekuatan tariknya rendah, meskipun kekuatan tekannya besar.
3. Beton cenderung retak, karena semennya hidraulis.
4. Kualitasnya sangat tergantung pada cara pelaksanaan dilapangan. Beton yang baik maupun buruk dapat terbentuk dari rumusan dan campuran yang sama.
5. Struktur beton sulit untuk dipindahkan. Pemakaian kembali (daur ulang sulit dan tidak ekonomis.

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

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

2.3 Bahan-Bahan Penyusun Beton

2.3.1 Agregat Halus

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

1. Pasir halus terdiri dari butiran-butiran yang tajam dan keras.
2. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, apabila kadar lumpur melebihi 5% harus dicuci.

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

2.3.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran lebih besar dari 5 mm. Agregat dapat diambil dari batuan alam ukuran kecil ataupun batu alam besar yang dipecah. 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 (CaO), dan lempung/tanah liat yaitu bahan alam

yang mengandung senyawa Silika Oksida (SiO_2), Aluminium Oksida (Al_2O_3), Besi Oksidasi (Fe_2O_3) dan Magnesium Oksidasi (MgO) atau bahan pengganti lainnya dengan hasil akhir berupa padatan berbentuk bubuk (bulk), tanpa memandang proses pembuatannya, yang mengeras atau membatu pada pencampuran dengan air. Untuk menghasilkan semen, bahan baku tersebut dibakar sampai meleleh, sebagian untuk membentuk clinkernya. Yang kemudian dihancurkan dan ditambah dengan gips(gypsum) dalam jumlah yang sesuai.

2.3.5 Bahan Tambah (*admixture*)

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

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

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

pelaksanaan pengecoran sedangkan bahan tambah jenis mineral ditambahkan pada saat pengadukan dilaksanakan.

a) Poly Ethylene Terephthalate (PET)

Poly Ethylene Terephthalate (PET) merupakan polyster termoplastik yang diproduksi secara komersial melalui produk kondensasi yang dikarakterisasi dengan banyaknya ikatan ester yang didistribusikan sepanjang rantai utama polimer. Poly Ethylene Terephthalate 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 CO₂. 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.

b) Silika fume

Tabel 2.1. komposisi kimia Silika fume

Kandungan Oksidasi	% Berat
Silica (SiO ₂)	94,3
Auminium (Al ₂ O ₃)	1,1
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,3
Magnesium (MgO)	0,7
Sulfat (SO ₄)	0
Hilang Pijar	2,6
Alkali	0,2
KO ₂	1,0

Sili fume adalah bahan hasil produksi sampingan dari reduksi Kuarsa murni (SiO_2) dengan batu bara di Tanur Listrik dalam pembuatan campuran silikon atau ferro silikon, *silika fume* mengandung kadar SiO_2 yang tinggi, dan merupakan bahan yang halus, bentuk bulat, yang berdiameter 1/100 kali diameter semen (ACI Comittee 226, 1986)

Silika fume mempunyai peranan penting terhadap pengaruh sifat kimia dan mekanik beton. Ditinjau dari sifat mekanik, secara geometrical *silika fume* mengisi rongga – rongga di antara bahan semen (*grain of cement*), dan mengakibatkan *pore size distribution* (diameter pori) mengecil serta total volume pori juga berkurang.

Di tinjau dari sudut pengaruh kimia, adalah reaksi yang bersifat pozzolan, yang mana *silika fume* akan dapat bereaksi dengan lime yang di lepas langsung dari semen.

Penggunaan CSF (*silika fume*) selalu bersamaan dengan High Range Water Reducer (*superplasticizer*). Karena adanya pengurangan air pada bahan beton adanya bahan *silika fume* yang mengisi pori-pori serta bersifat reaksi pozzolan ini, maka mengakibatkan beton menjadi kedap, awet, dan berkekuatan tinggi.

Beton dianggap terdiri dari batu pecah sebagai frame atau rangka dan pasta semen sebagai matrik pengisi. Pasta semen dibagi menjadi dua daerah yaitu daerah tengah dan daerah transisi, yaitu batas antara agregat dan pasta. Daerah tengah biasanya cukup kuat, tetapi daerah transisi sering terjadi bleeding atau kebanyakan air sehingga kadang-kadang lemah

dibanding dengan daerah tengah. Dengan adanya *silika fume* daerah agregat matrik transition lebih padat dan kuat sehingga hubungan antara semen pasta dan agregat lebih kompak.

Jadi dapat di analisa bahwa peranan *silika fume* adalah :

- a. Sebagai water reduction sehingga A/S kecil
- b. Mempertinggi kekuatan beton akibat meningkatnya daerah lemah zone transisi yang meningkatkan lekatan antara pasta semen dan agregat.
- c. Sebagai bahan pengisi.

Keuntungan penggunaan silika fume :

Keuntungan-keuntungan penggunaan silika fume (CSF) pada campuran beton menurut beberapa hasil penelitian adalah :

- a. kekuatan hancurnya lebih tinggi
- b. Kekuatan tarik lebih tinggi
- c. Rangkaknya lebih kecil
- d. Regangn yang terjadi lebih kecil
- e. Susutnya kecil
- f. Modulus elastisitasnya tinggi
- g. Ketahanan terhadap ulfat tinggi
- h. Ketahanan terhadap serangan klorida tinggi
- i. Ketahanan terhadap keausan tinggi
- j. Permeabilitas lebih kecil.



2.4 Pembuatan (PET)

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

Setelah PET yang telah dicuci telah mengering, maka bahan tambah PET yang berupa cacahan ini siap untuk digunakan dalam campuran beton sebagai bahan tambah.

2.5 Sifat Mekanis Beton

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

2.5.1 Kuat Tekan Beton

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.

$$f_c' = \frac{P}{A \times f_u} \quad (2.1)$$

Dimana :

f_c' = Kuat tekan benda uji (MPa)

P = Beban tekan maksimum (N)

A = Luas bidang tekan (mm^2)

Factor umur 28 hari = 1

2.5.2 Kuat Tarik Belah

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

$$f_{ct} = \frac{2p}{\pi LD} \quad (2.2)$$

$$\sigma_c = \sigma_t \cdot \frac{D^2}{r(D-r)} - 1 \quad (2.3)$$

Dimana :

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

σ_t = Kuat Tarik Belah

Vertikal (MPa)

P = Beban pada waktu belah (N)

L = Panjang benda uji silinder (m)

D = Diameter benda uji silinder (m)

σ_c = Kuat Tegang Hancur (MPa)

2.5.3 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.

$$E_c = \frac{\text{tegangannya}}{\text{regangannya}} = \frac{f_c'}{\epsilon} \quad (2.3)$$

$$\text{Perhitungan tegangan} \quad f_c' = \frac{P}{A_x f_u} \quad (2.4)$$

$$\text{Perhitungan Regangan} \quad \epsilon = \frac{\Delta L}{l} \quad (2.5)$$

Dimana :

ΔL = Besar perpendekan akibat pembebanan

l = Panjang Efektif (cm)

2.6 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.

2.7 Pengujian Hipotesis

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

Adapun peran hipotesis pada penelitian ilmiah adalah :

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

Hipotesis dapat dibagi menjadi 2 bagian yaitu sebagai berikut :

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

Secara operasional 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 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 variance 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 digunakan untuk mengetahui pengaruh variable bebas terhadap variable terikat secara simultan.

2.7.1 Hipotesis Penelitian

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

1. Hipotesis nihil (H_0) : Hipotesis dalam penelitian ini dapat dijabarkan apakah dengan menggunakan bahan tambahan tidak akan mempengaruhi sifat mekanis beton.
2. Hipotesis alternatif (H_a) : Hipotesis dalam penelitian ini dapat dijabarkan apakah dengan menggunakan bahan tambahan akan mempengaruhi sifat mekanis beton.

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

Ada dua bentuk hipotesa penelitian yaitu:

1. Hipotesis nol (H_0) artinya menyatakan tidak ada perbedaan pengaruh dari penggunaan Silika Fume dan PET 0,7% sebagai bahan tambah dalam campuran beton F'c 30 Mpa.
2. Hipotesis alternatif (H_a) artinya menyatakan adanya perbedaan pengaruh dari penggunaan Silika Fume dan PET 0,7% sebagai bahan tambah dalam campuran beton F'c 30 Mpa.

Sedangkan hipotesis statistiknya dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

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

Dimana:

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

μ_1 = Persentase Silika Fume 0 % dengan Beton F'c 30 Mpa

μ_2 = Persentase Silika Fume 0,5 % dengan Beton F'c 30 Mpa

μ_3 = Persentase Silika Fume 1 % dengan Beton F'c 30 Mpa

μ_4 = Persentase Silika Fume 1,5 % dengan Beton F'c 30 Mpa

μ_5 = Persentase Silika Fume 2 % dengan Beton F'c 30 Mpa

Dengan menggunakan 20 benda uji pada masing-masing persentase

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

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

2.8 Pengujian Regresi

Analisa regresi adalah analisa dimana mempelajari hubungan data yang terdiri atas dua buah atau lebih variable. Hubungan yang didapat pada umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variable-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 variable bebas dan satu variable terikat, maka disebut sebagai persamaan regresi sederhana, sedangkan jika variable bebasnya lebih dari satu, maka disebut sebagai persamaan regresi berganda.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Pengumpulan Data

Dari tes agregat, campuran agregat, Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Modulus Elastisitas dicatat dan dikumpulkan data dari seluruh benda uji, untuk kemudian dianalisa pada bab selanjutnya.

3.2. Tujuan Penelitian

Secara oprasional tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana sifat-sifat mekanis dari beton PET 0,7% dengan *Silika fume* pada campuran beton pada umur beton 28 hari pada uji kuat tekan, uji tarik belah, dan Modulus Elastisitas untuk menjadikan Beton yang ekonomis dan Mutu Tinggi.

3.3. Tempat dan Waktu Penelitian

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

3.4. Metode Penelitian

Studi penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Studi pustaka, bertujuan untuk mengkaji hubungan 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 statistic untuk menguji hipotesis sehingga didapat kesimpulan akhir. Adapun langkah-langkah penelitian pada studi eksperimen secara garis besar adalah sebagai berikut:
 - a. Mencari nilai kadar air (water content) dari agregat.
 - b. Analisa saringan agregat halus dan kasar.
 - c. Pemeriksaan kadar organik pada agregat halus.
 - d. Mencari berat volume isi agregat halus dan agregat kasar.
 - e. Perencanaan campuran (*mix design*).
 - f. Pembuatan benda uji silinder 15cm x 30cm.
 - g. Perawatan benda uji (*curing system*).
 - h. Pengujian kuat tekan terhadap benda uji.

3.5. Alat Dan Bahan Penelitian

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

a. Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

- Semen : Gresik PPC 40 kg
- Agregat Halus : Pasir dari Lumajang
- Agregat Kasar : Batu koral hasil pecahan mesin dengan ukuran 2 cm dari Kota Malang.
- Air : Air dari PDAM
- Bahan Tambahan: Silika Fume.

b. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Seperangkat saringan.
- Mesin pencampur Beton (*Concrete mixer*), dengan kapasitas $0,15\text{m}^3$.
- Peralatan slump test.
- Timbangan kapasitas 40 kg dengan ketelitian 0,01 kg.
- Timbangan kapasitas 4100 gram dengan ketelitian 0,1 gram.
- Oven yang dilengkapi dengan pengaturan suhu.
- Cetakan silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
- Sekop.
- Talam dan cawan logam.
- Gelas ukur 1000 mm.
- Mesin abrasi Los Angles.
- Mesin pengaduk beton dengan kapasitas $0,05\text{ m}^3$.
- Alat uji kuat tekan beton dengan kapasitas 2000 KN (*compression machine test*).



- Mistar perata (*strainht edge*).
- Piknometer kapasitas 500 ml.
- Bak air untuk perendaman perawatan beton (*moist cutting*).
- Sikat baja halus.

3.6 Populasi Dan Sampel

Total benda uji yang digunakan sebanyak 100 benda uji dengan bentuk dan ukuran yang sama. Benda uji yang mewakili dari populasi tersebut adalah sampel dan dapat dibagi sebagai berikut :

Tabel 3.1 Tabel Variasi Benda Uji

No.	Variasi PET	Variasi Silika fume	Jenis Pengujian	Ukuran sampel	Jumlah benda uji
1	0.7%	0%	Kuat Tekan dan ME Kuat Tarik Belah	silinder 15x30 silinder 15x30	16 4
2		0,5%	Kuat Tekan dan ME Kuat Tarik Belah	silinder 15x30 silinder 15x30	16 4
3		1%	Kuat Tekan Kuat Tarik Belah	silinder 15x30 silinder 15x30	16 4
4		1,5%	Kuat Tekan Kuat Tarik Belah	silinder 15x30 silinder 15x30	16 4
5		2%	Kuat Tekan Kuat Tarik Belah	silinder 15x30 silinder 15x30	16 4

3.7 Prosedur Pelaksanaan Campuran (pengecoran)

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

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

- a. Persiapan bahan campuran sesuai dengan rencana berat pada wadah yang terpisah.
- b. Persiapan wadah yang cukup menampung volume beton basah rencana.
- c. Agregat kasar dan agregat halus dimasukkan ke dalam wadah.
- d. Dengan menggunakan sekop atau alat pengaduk, dilakukan pencampuran agregat.
- e. Semen ditambahkan pada agregat campuran, dan diulangi proses pencampuran sehingga diperoleh adukan kering agregat dan semen yang merata.
- f. Sebanyak 1/3 jumlah air dituangkan ke dalam wadah dan dilakukan pencampuran sampai terlihat konsistensi adukan yang merata.
- g. Ditambahkan 1/3 jumlah air ke dalam wadah dan diulangi proses untuk mendapatkan konsistensi adukan.
- h. Dilakukan pemeriksaan slump.
- i. Apabila nilai slump sudah mencapai nilai rencana, maka dilakukan pembuatan benda uji silinder beton.

- j. Dibuat benda uji silinder atau kubus sesuai dengan petunjuk jumlah benda uji ditetapkan berdasarkan volume adukan.
- k. Diakukan pencatatan hal-hal yang menyimpang dari perencanaan terutama jumlah pemakaian air dan nilai slump.

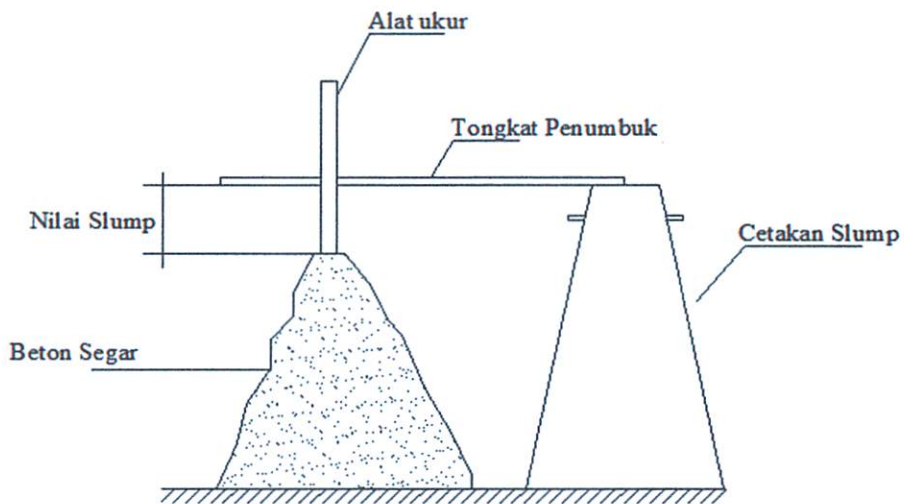
3.8 Uji Slump Beton

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 dan cara melihat nilai slump

C. Prosedur Pelaksanaan

- a. Cetakan dan pelat dibasahi dengan kain basah.
- b. Cetakan diletakkan di atas pelat.
- c. Cetakan diisi 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, permukaan diratakan 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. Cetakan dan letakkan di samping benda uji.
- g. Slump diukur dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata dari benda uji.

3.9 Pembuatan Dan Persiapan Benda Uji

A. Tujuan

Tujuan dari tahap pelaksanaan ini merupakan inti dari penelitian secara keseluruhan yaitu membuat benda uji beton PET dengan pemanfaatan bahan tambahan berupa *Silika fume* untuk diperiksa pengaruhnya terhadap sifat mekanis beton.

B. Peralatan

- a. Cetakan silinder, diameter 15 cm dan tinggi 30 cm (digunakan untuk pengujian 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 nanti dilepaskan dari beton hasil cetakan.
- b. Adukan beton diambil langsung dari wadah adukan beton dengan menggunakan ember atau alat lainnya yang tidak menyerap air. Bila dirasakan perlu bagi konsistensi adukan, lakukan pengadukan ulang sebelum dimasukkan ke dalam cetakan.
- c. Adukan dipadatkan dalam cetakan, sampai permukaan adukan beton mengkilap.
- d. Cetakan diisi 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, sisi cetakan diketuk perlahan-lahan sampai rongga bekas tusukan tertutup. Permukaan beton diratakan dan ditutup segera dengan bahan yang kedap air dan tahan karat. Kemudian beton dibiarkan dalam cetakan selama 24 jam dan ditempatkan di tempat yang bebas dari getaran.
- e. Setelah 24 jam, cetakan dibuka dan benda uji dikeluarkan.

- f. Benda uji direndam dalam bak perendam berisi air yang telah memenuhi persyaratan untuk perawatan (*curing*), selama waktu yang dikehendaki.

D. Persiapan Pengujian

- a. Benda uji yang akan ditentukan kekuatannya diambil dari bak perendam, kemudian dibersihkan dari kotoran yang menempel dengan kain lembab.
- b. Diukur berat benda uji.
- c. Untuk benda uji silinder (15 x 30) cm, permukaan atas dan bawah benda uji dilapisi dengan mortar belerang dengan cara sebagai berikut :
- Mortar belerang dilelehkan di dalam pot peleleh (*melting pot*) sampai suhu kira-kira 130°C.
 - Belerang cair dituangkan ke dalam cetakan pelapis (*capping plate*) yang dinding dalamnya telah dilapisi oli tipis-tipis.
 - Segera ditempatkan bagian atas benda uji yang tidak rata ke dalam belerang dalam cetakan, kemudian didiamkan sampai mortar belerang mengeras.
 - Dengan cara yang sama dilakukan pelapisan pada permukaan yang lainnya.

3.10 Pengujian Kuat Tekan, Tarik Belah Beton dan Modulus Elastisitas

A. Tujuan

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

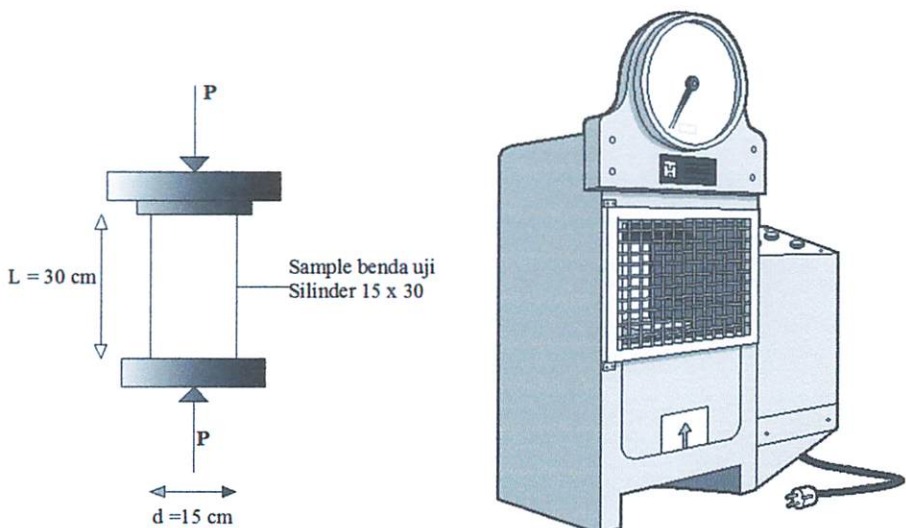
B. Peralatan

Mesin pengujian tekan hidrolik dengan kapasitas sesuai kebutuhan.

Uji Kuat Tekan

1. Prosedur Pelaksanaan

- a. Mengambil benda uji dari tempat perawatan dan mengeringkannya.
- b. Menimbang dan mencatat berat benda uji.
- c. Memberikan capping belerang pada permukaan benda uji.
- d. Meletakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris.



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

- e. Menjalankan mesin uji tekan dengan kenaikan berkisar antara 4 kg/cm² s/d 6 kg/cm² per detik.
- f. Melakukan pembebanan sampai benda uji hancur dan mencatat beban maksimum hancur yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
- g. Melakukan langkah-langkah diatas sesuai dengan jumlah benda uji yang akan ditentukan kekuatan tekan karakteristiknya.

Perawatan (*curing*) benda uji dengan cara merendam di dalam air dilakukan selama 21 hari, dan 8 hari pengeringan benda uji di udara bebas. Fungsi dari perawatan benda uji dengan perendaman adalah untuk mengendalikan suhu benda uji yang semakin tinggi karena pengaruh panas hidrasi semen. Sedangkan capping belerang berfungsi untuk meratakan permukaan benda uji agar tidak bergelombang untuk mencapai kuat tekan yang merata.

Nilai Kuat Tekan di hitung dengan rumus :

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

Dimana

f_c' = kuat tekan benda uji (MPa),

P = beban tekan maksimum (N)

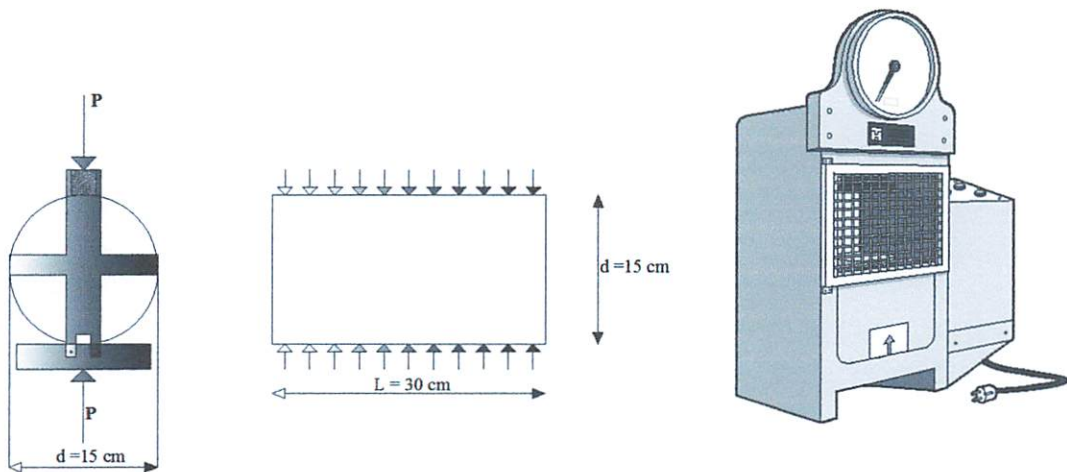
A = luas bidang tekan (mm²).

f_u = faktor umur

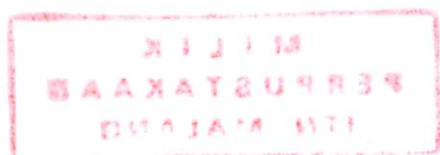
Nilai kuat tekan ini berfungsi untuk menghitung nilai modulus elastisitas.

Uji Kuat Tarik Belah

- a. Benda uji diambil dari tempat perawatan dan mengeringkannya
- b. Benda uji ditimbang dan dicatat beratnya.
- c. Benda uji dipasang pada pedestal *split tensile apparatus* (dudukan/pemegang) benda uji belah secara sentris, kemudian diletakkan benda uji beserta pemegangnya pada mesin tekan secara sentris.
- d. Mesin uji tekan dijalankan dengan kenaikan berkisar antara 4 kg/cm^2 s/d 6 kg/cm^2 per detik.
- e. Pembebanan dilakukan sampai benda uji terbelah dan beban maksimum yang terjadi pada saat benda uji terbelah dicatat.
- f. Langkah-langkah di atas dilakukan sesuai dengan jumlah benda uji yang akan diperiksa.



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



1 B Kunt Jarak Baku

1. Untuk dapat melakukan suatu pekerjaan yang memerlukan tenaga, maka diperlukan tenaga manusia.
2. Berdasarkan kemampuan dan keahlian tenaga manusia, maka tenaga manusia dapat dibedakan menjadi dua golongan, yaitu tenaga kasar dan tenaga terampil.
3. Tenaga kasar adalah tenaga manusia yang hanya memerlukan tenaga fisik untuk melakukan pekerjaan, sedangkan tenaga terampil adalah tenaga manusia yang memerlukan tenaga fisik dan tenaga kecerdasan untuk melakukan pekerjaan.
4. Menurut tingkat pendidikan dan keahlian tenaga manusia, maka tenaga manusia dapat dibedakan menjadi dua golongan, yaitu tenaga terampil dan tenaga kasar.
5. Berdasarkan tingkat pendidikan dan keahlian tenaga manusia, maka tenaga manusia dapat dibedakan menjadi dua golongan, yaitu tenaga terampil dan tenaga kasar.
6. Berdasarkan tingkat pendidikan dan keahlian tenaga manusia, maka tenaga manusia dapat dibedakan menjadi dua golongan, yaitu tenaga terampil dan tenaga kasar.
7. Berdasarkan tingkat pendidikan dan keahlian tenaga manusia, maka tenaga manusia dapat dibedakan menjadi dua golongan, yaitu tenaga terampil dan tenaga kasar.



1. Untuk dapat melakukan suatu pekerjaan yang memerlukan tenaga, maka diperlukan tenaga manusia.

Nilai Kuat Tarik Belah dihitung dengan rumus :

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

Dimana

f_{ct} = Kuat Tarik Belah MPa

L = Panjang benda uji (m)

P = Beban pada waktu belah (N)

D = Diameter benda uji silinder (m)

Uji Modulus Elastisitas

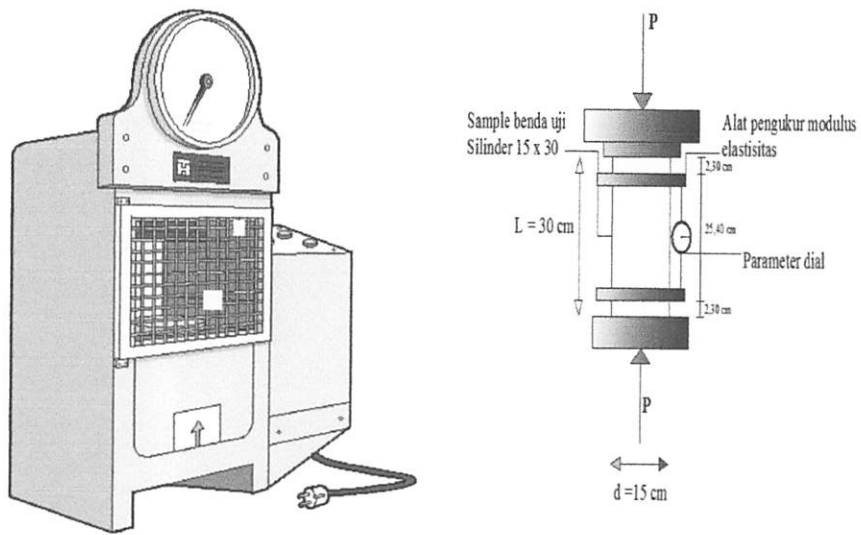
Tujuan dari pengujian adalah untuk mengetahui nilai modulus elastisitas atau kekakuan beton dengan cara mengukur seberapa besar regangan yang dihasilkan dari pengujian kuat tekan beton benda uji.

Pengujian ini dilaksanakan bersama-sama dengan pengujian kuat tekan, dimana peralatan tambahan yang digunakan adalah Dial Gauge atau alat pengukur deformasi (ΔL) yang diletakkan pada benda uji kuat tekan.

Pelaksanaan :

- a. Sebelum melakukan uji kuat tekan, alat ukur dial gauge diletakkan pada benda uji beton dengan menggunakan dua buah lingkaran dari logam yang dapat mengikat beton pada ujung dan pangkal beton dengan jarak tertentu dan dilengkapi dengan sekrup.
- b. Benda uji beserta alat uji deformasi (*modulus elasticity for concrete cylinder*) diletakkan mesin uji tekan, diusahakan jarum penunjuk dapat dilihat dengan jelas dan aman dari serpihan pecahan beton

- c. Jarum petunjuk diatur pada posisi nol.
- d. Mesin uji tekan dijalankan dengan kenaikan berkisar antara 4 kg/cm² s/d 6 kg/cm² per detik.
- e. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur dan pembacaan jarum penunjuk dilakukan tepat pada saat benda uji kuat tekan beton mencapai beban maksimum (pecah/hancur).
- f. Langkah-langkah di atas dilakukan sesuai dengan jumlah benda uji yang akan ditentukan modulus elastisitasnya.



Gambar 3.4 Alat pengujian modulus elastisitas dan mesin hidrolis kuat tekan

Modulus Elastisitas dihitung dengan rumus :

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

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

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Dimana

E_c = Modulus elastisitas

f_c' = kuat tekan benda uji (MPa),

P = beban tekan maksimum (N)

A = luas bidang tekan (mm^2).

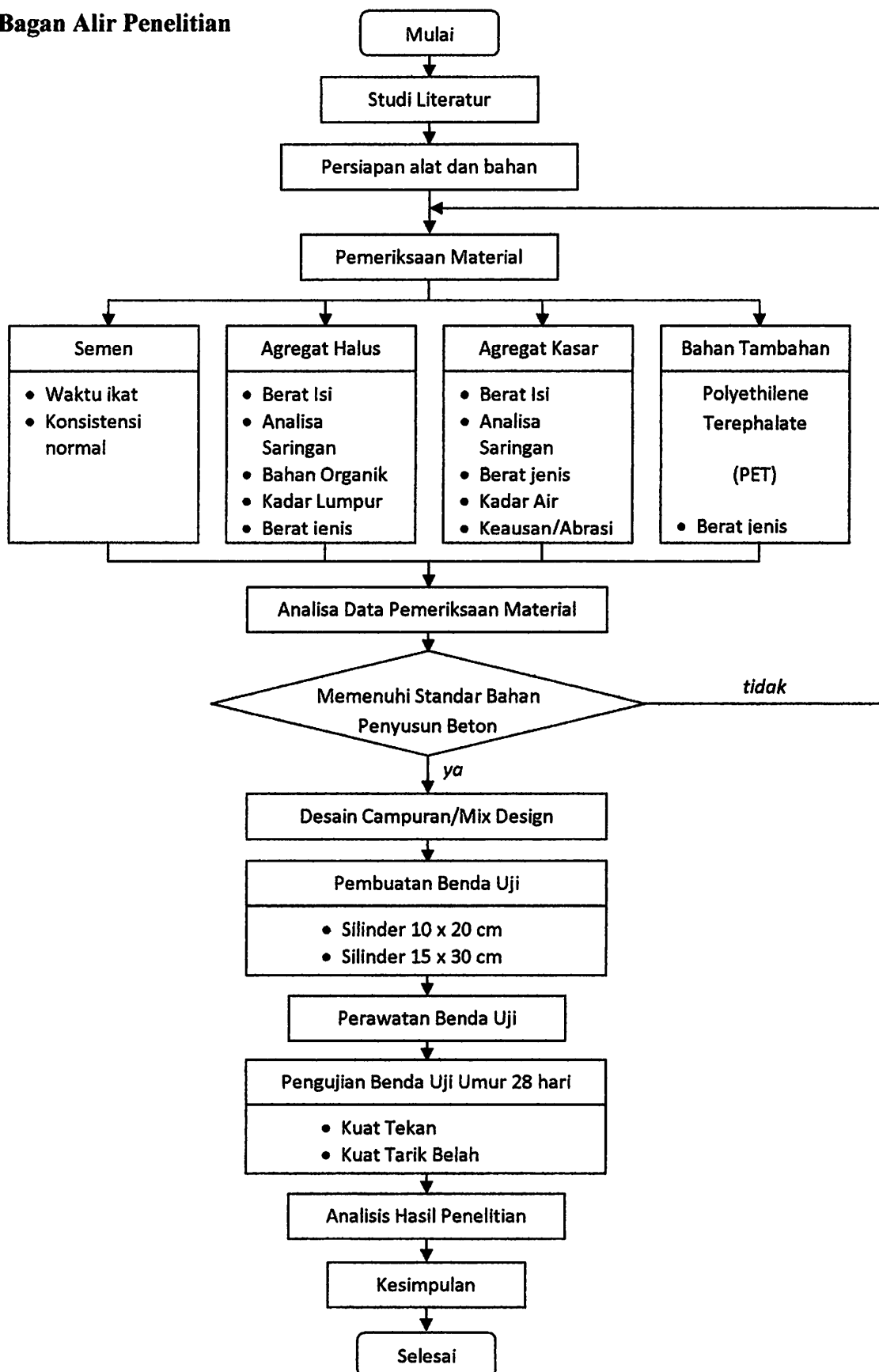
f_u = faktor umur

ε = regangan

ΔL = besar deformasi (perpendekan) akibat pembebanan

L_o = panjang efektif (cm) sebelum dilakukan pembebanan.

3.11 Bagan Alir Penelitian



BAB IV

PELAKSANAAN DAN DATA 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 lampiran.

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



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 ($W3 = W2 - W1$).

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

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

Tabel 4.1. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

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

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 4.2. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

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

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 4.3. Pemeriksaan Berat Isi Semen

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

Sumber : Data Hasil Penelitian

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 :

Lepas / gembur : 1.640 gr / cm^3 = 1640 kg / m^3

Padat : 1.720 gr / cm^3 = 1720 kg / m^3

⇒ Berat isi agregat kasar :

Lepas / gembur : 1.330 gr / cm^3 = 1330 kg / m^3

Padat : 1.500 gr / cm^3 = 1500 kg / m^3

⇒ Berat isi semen :

Lepas / gembur : 1.230 gr / cm^3 = 1230 kg / m^3

Padat : 1.290 gr / cm^3 = 1290 kg / m^3

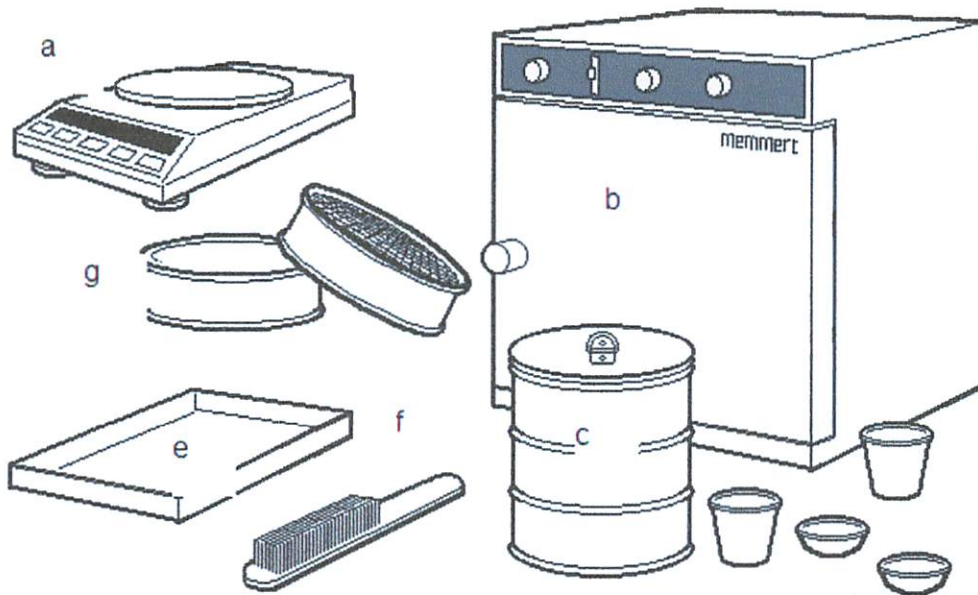
4.1.2. Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

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 kuningan, 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

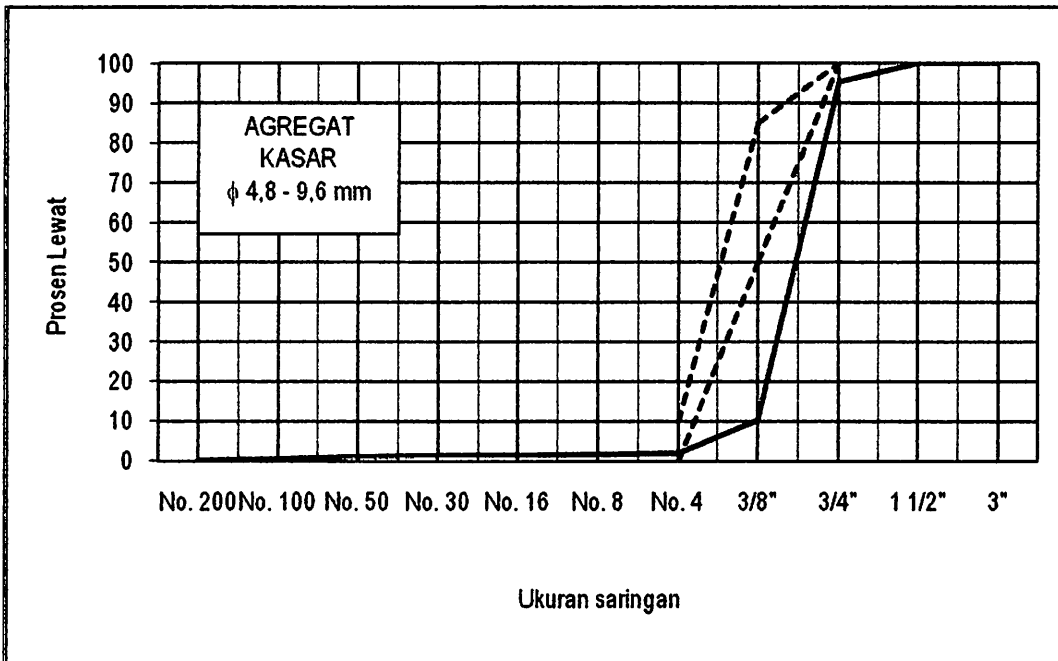
- a. Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ hingga mencapai berat tetap.
- b. Contoh dicurahkan pada perangkat saringan. Susunan saringan dimulai dari saringan paling besar di atas. Perangkat saringan diguncang-guncang dengan tangan atau alat penggetar saringan, selama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

E. Tabel Perhitungan

Tabel 4.6. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Batu Pecah

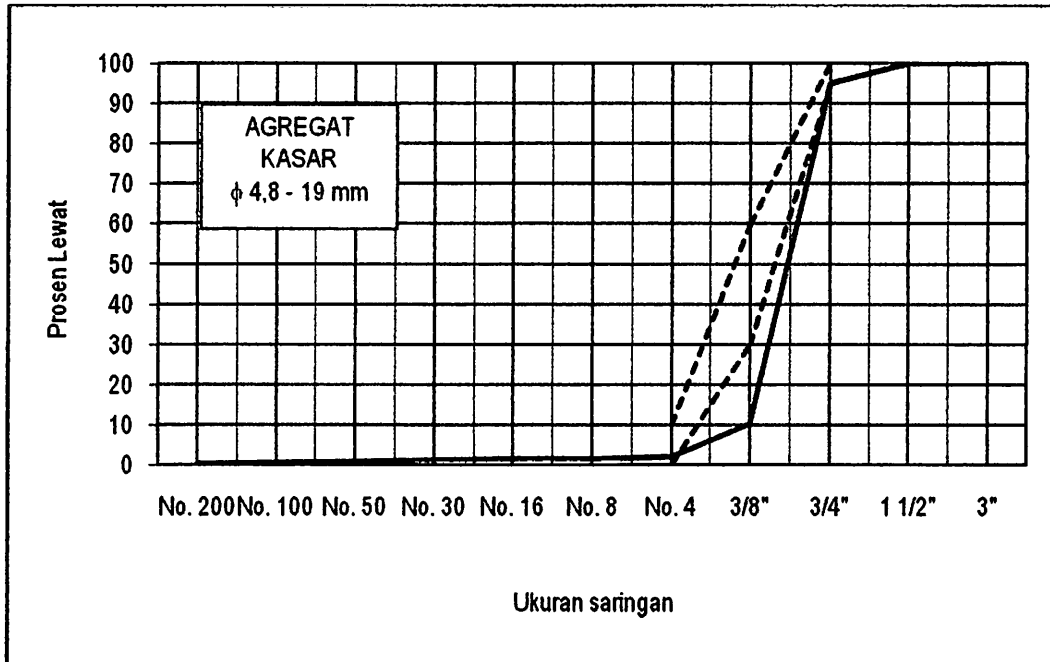
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	Lewat
76.2 Mm (3")	0,00	0,00	0,00	100,00
38.1 Mm (1 1/2")	0,00	0,00	0,00	100,00
19.1 Mm (3/4")	932,20	4,72	4,72	95,28
9.6 Mm (3/8")	16810,00	85,04	89,76	10,24
4.75 Mm (No. 4)	1571,20	7,95	97,71	2,00
2.36 Mm (No. 8)	136,00	0,69	98,40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

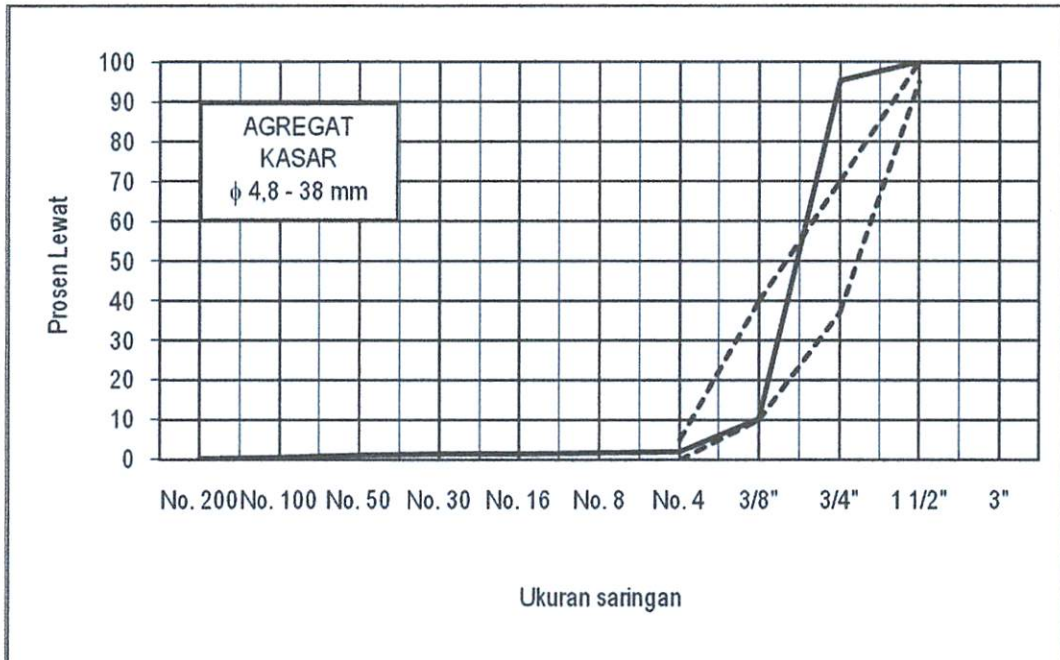


Grafik 4.1. : Batas Gradasi untuk Agregat Kasar 4,8 – 9,6 mm

Sumber : Data Hasil Penelitian



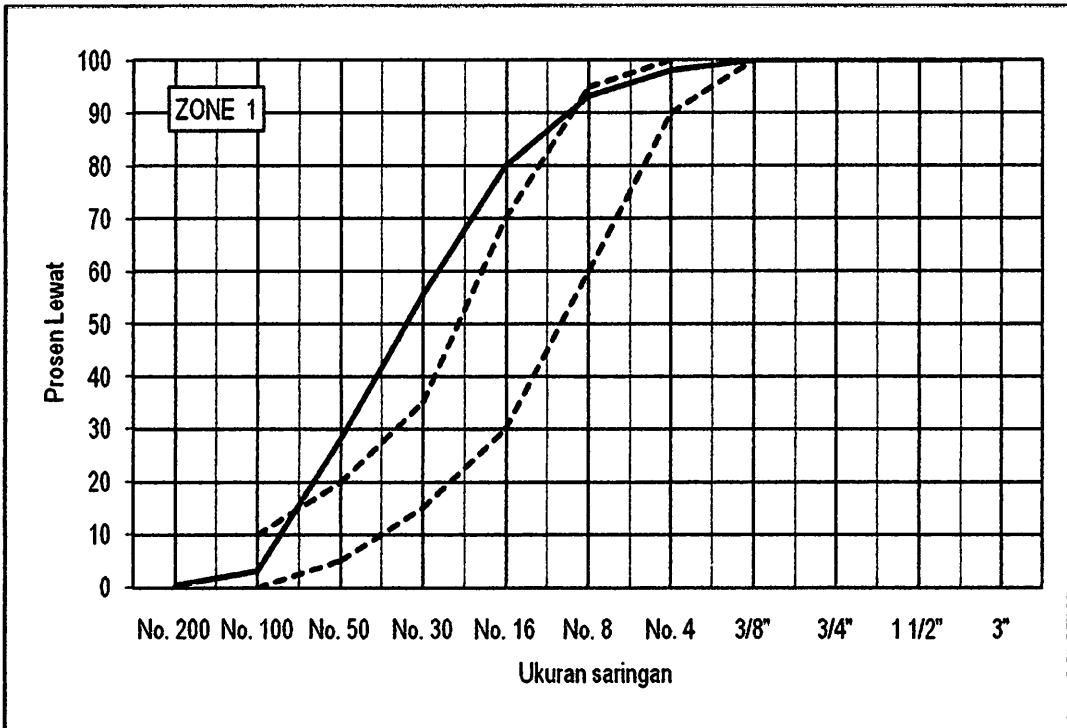
Grafik 4.2. : Batas Gradasi untuk Agregat Kasar 4,8 – 19 mm



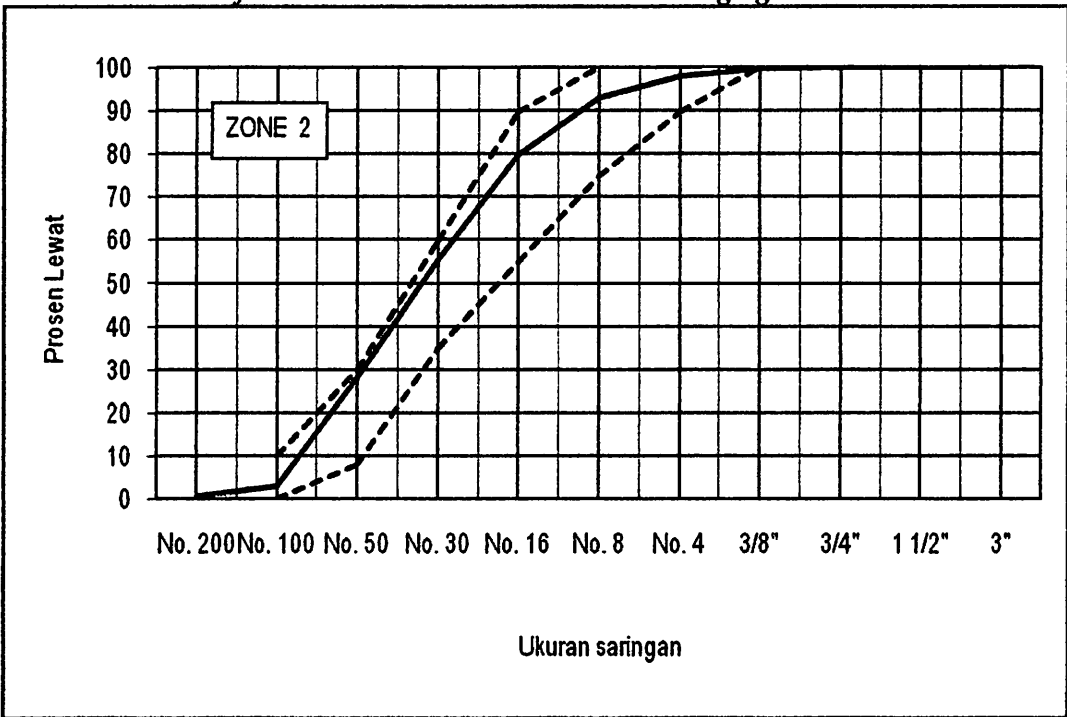
Grafik 4.3. : Batas Gradasi untuk Agregat Kasar 4,8 – 38 mm

Tabel 4.7. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

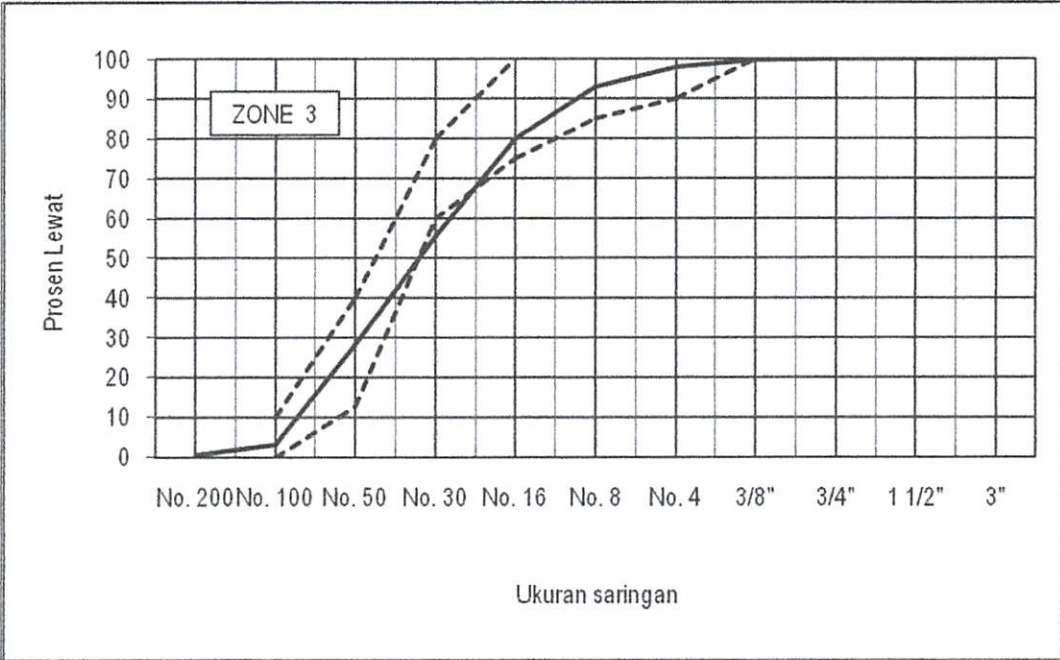
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76.2 Mm (3")	0,00	0,00	0,00	100,00
38.1 Mm (1 1/2")	0,00	0,00	0,00	100,00
19.1 Mm (3/4")	0,00	0,00	0,00	100,00
9.6 Mm (3/8")	1,30	0,07	0,07	99,94
4.75 Mm (No. 4)	36,00	1,80	1,87	98,14
2.36 Mm (No. 8)	98,90	4,95	6,81	93,19
1.18 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



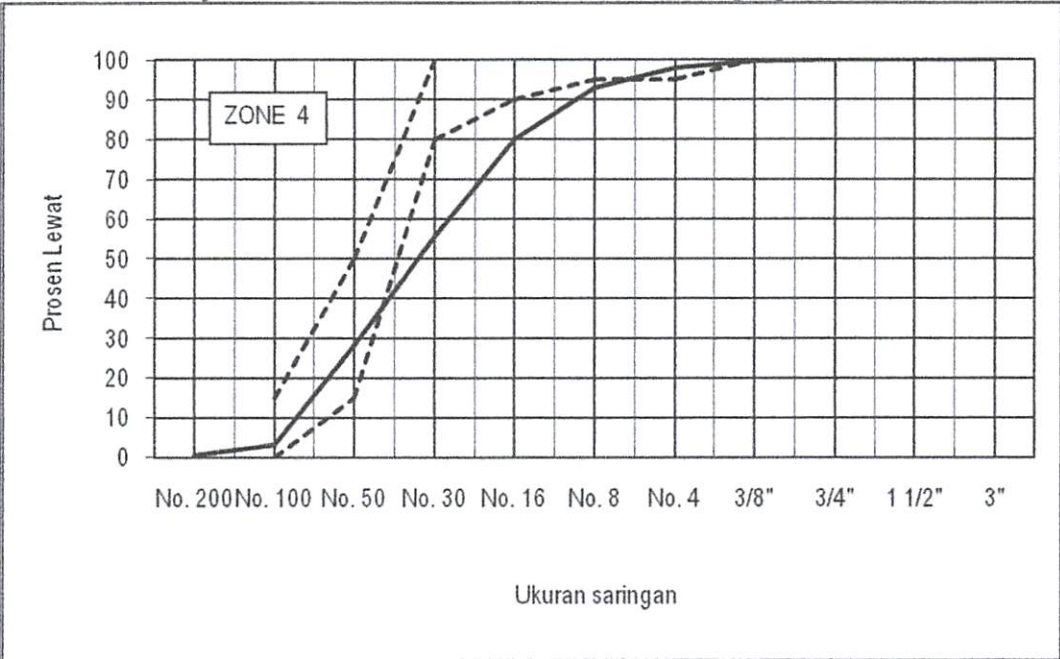
Grafik 4.4. : Batas Gradasi Zona 1 untuk Agregat Halus



Grafik 4.5. : Batas Gradasi Zona 2 untuk Agregat Halus



Grafik 4.6. : Batas Gradasi Zona 3 untuk Agregat Halus



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

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

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton

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 %).

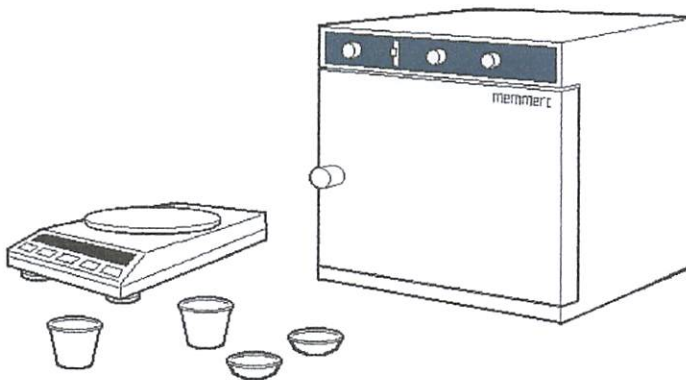
4.1.5. Pemeriksaan Kadar Air Agregat

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

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

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

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

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*) $\frac{B_k}{B_k - B_a}$
- Penyerapan (absorpsi) $\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$

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

G. Hasil penelitian

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

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

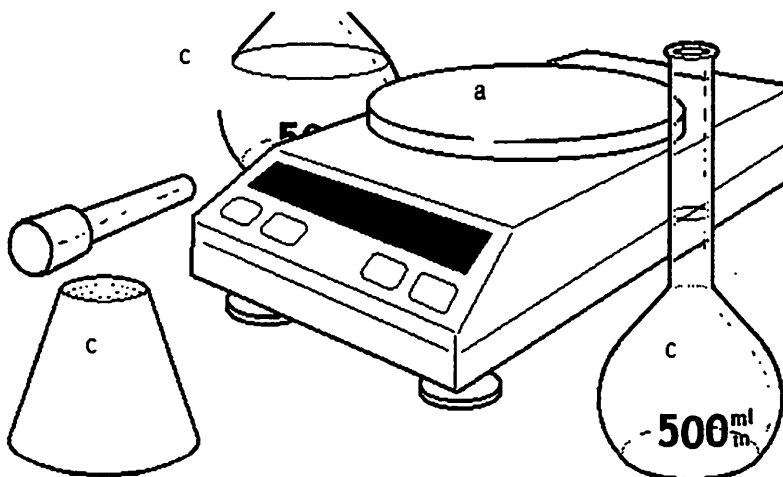
4.1.7. Pemeriksaan Berat jenis dan Penyerapan Agregat Halus

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

- Timbangan dengan ketelitian 0,5 gr dengan kapasitas minimum 1000 gram.
- Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- Piknometer dengan kapasitas 500 gram.
- 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 pematik (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 $(213 \pm 230)^\circ$ Fahrenheit. Langkah ini harus diselesaikan dalam waktu 24 jam.
5. Timbanglah berat piknometer yang berisi air sesuai dengan kapasitas kalibrasi pada temperatur $(73,4 \pm 4)^\circ$ 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 :

Bj = berat contoh kering permukaan jenuh = 500 gram

Bk = berat contoh kering oven

B = berat piknometer diisi air pada 25°C

Bt = berat piknometer + contoh SSD + air (25°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 (<i>bulk</i>)	$\frac{Bk}{(B + Bj - Bt)}$	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 (<i>apparent</i>)	$\frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$	2,79	2,78	2,79
Penyerapan (<i>absorpsi</i>)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$	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 Angeles*

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 ½") sampai 2,38 mm (NO. 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

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

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 m³ beton harus dibuat satu benda uji pada permulaan pelaksanaan konstruksi.

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

Tabel 4.16 Deviasi Standat Berdasarkan Isi Pekerjaan

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

4.3 Perencanaan Campuran Beton Dengan Metode ACI

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

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

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

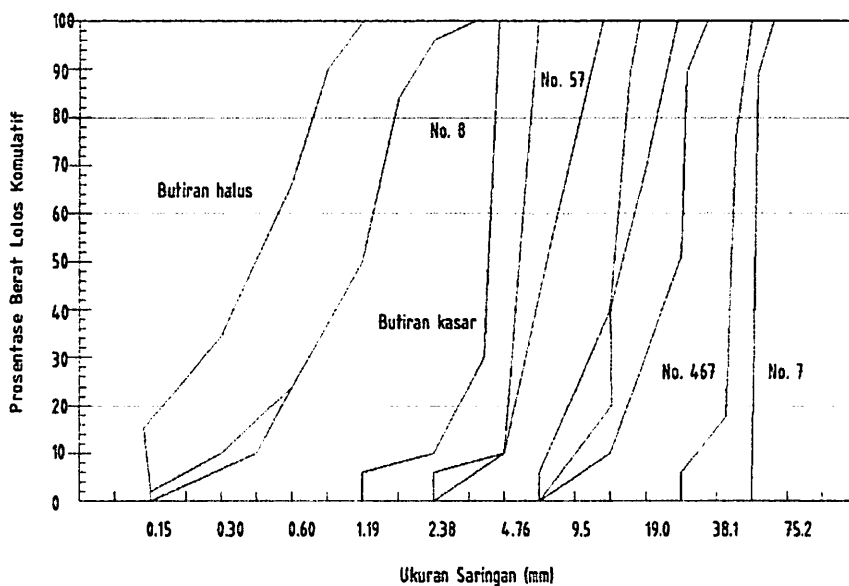
Oleh karena sifat rumusan dan tabel bagi penentuan proporsi unsure-unsur beton adalah empiris, maka didalam pembuatan beton bagi tingkat kekuatan tekan.

tertentu, selalu harus dibuat adukan rencana yang disebut adukan uji coba atau trial mix.

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

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

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



Gambar 4.5 Kurva Pembatasan Gradasi Agregat Halus Dan Kasar

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

Untuk agregat kasar, berdasarkan besarnya diameter agregat maksimum yang digunakan, terdapat empat kelompok kurva pembatas. Ukuran agregat kasar no. 2 merupakan kelompok agregat dengan ukuran maksimum butir 75,0 mm (3 inch); ukuran no 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	0.54	0.45
25	0.61	0.52
20	0.69	0.6

Sumber : MCP 211.1-91

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

Tabel 4.18 Ukuran Slump Yang Dianjurkan Untuk Berbagai Jenis Konstruksi

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

Sumber : MCP 211.1-91

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

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

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

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

Slump (mm)	Berat air (kg/m ³) 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 Prosentase Volume Agregat Kasar/Satuan Volume Beton

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

Sumber : MCP 211.1-91

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

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

Tabel 4.21 Berat Jenis Beton

Ukuran Maksimum Agregat Kasar (mm)	Berat Jenis Beton kg/m ³	
	Tanpa udara terperangkap	Dengan udara terperangkap
9.5	2280	2200
12.5	2310	2230
19	2345	2275
25	2380	2290
37.5	2410	2350
50	2445	2345
75	2490	2405
150	2530	2435

Sumber : MCP 211.1-91

4.4 Mix Design Campuran Beton

Mutu beton rencana : 30 MPa pada umur 28 hari

Standart deviasi : 6 MPa

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

Kekuatan tekan rata-rata yang ditargetkan:

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

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

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

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

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

Jenis semen : Semen Gresik Tipe I

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

Jenis Agregat Halus : Jenis pasir yang digunakan berasal dari Lumajang

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

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

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

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

Kadar Air Bebas : Didapat dari MCP 211.1-91 Tabel A1 5.3.3 adalah 205
 kg/m^3

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

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

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

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

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

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

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

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

Jumlah agregat kasar : Jumlah % agregat kasar X Berat volume agregat ka
 $0,65 \times 1500 = 975 \text{ kg}$

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

perhitungan yang telah dilakukan :

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

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

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

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

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

$$\text{Volume padat dari pasir} \quad : 1 - \text{Total volume diluar unsure agregat halus} \\ 1 - 0,704 = 0,296 \text{ m}^3$$

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

Perhitungan berat bagi setiap m^3 beton adalah

Semen : 379,63 kg

Air : 205 kg

Agregat Halus : 808,1 kg

Agregat kasar : 975 kg

Konversi Ke kondisi lapangan

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

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

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

PC = 379,63 kg

KEBUTUHAN COR UNTUK 1 SILINDER

tabel Kombinasi 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 $30 \times 15 = 0,10346 \text{ kg} = 1,035 \text{ gr}$

tabel kebutuhan Silika Fume antar variasi

BERAT SEMEN kg	SILIKA FUME		
	Variasi	Kg	gr
2,37	0%	0	0
2,37	0,5 %	0,0118	11,8
2,37	1%	0,0237	23,7
2,37	1,5 %	0,0355	35,55
2,37	2%	0,047	47

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Data Hasil Pengujian Sifat Mekanis Beton

5.1.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian Kuat Tekan Beton ini dilakukan pada benda uji silinder ukuran 15 x 30 cm pada umur 28 hari. Terdapat 5 variasi penambahan aditif silika fume yang masing-masing perlakuan berjumlah 16 benda uji.

a. Contoh perhitungan tekan (f'_c) variasi silika fume 0% :

$$\text{Pembacaan alat} = P = 590 \text{ KN} = 590000 \text{ N}$$

$$\text{Luas bidang tekan} = A = \pi \cdot r^2 = (3,14 \times 75 \text{ mm})^2 = 17662,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Faktor umur 28 hari} = 1$$

$$f'_{c1} = \frac{P}{A} \times \text{faktor umur} = \frac{590 \times 1000}{3,14 \times 75^2} \times 1 = 33,40 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{\sum 539,02}{16}$$

$$= 33,69 \text{ Mpa}$$

$$S = \sqrt{\frac{((33,40 - 33,69)^2 + \dots + (42,75 - 33,69)^2)}{16 - 1}}$$

$$= 4,68 \text{ Mpa}$$

f'_{c1} = kuat tekan benda uji ke 1

X = rata-rata = f'_{cr}

S = standart deviasi

Rumus Penentuan Kuat Tekan Karakteristik :

1. $f_c' = f_c'r - (1,34 \times S) = 33,69 - (1,34 \times 4,68) = 27,40 \text{ Mpa}$

2. $f_c' = f_c'r - (2,33 \times S) + 3,5 = 33,69 - (2,33 \times 4,68) + 3,5 = 26,26 \text{ MPa}$

Dari dua rumus di atas, diambil f_c' yang terbesar yaitu **27,40 Mpa**.

Dan di bawah ini adalah **Tabel 5.1** Hasil Perhitungn Kuat Tekan Silika Fume0% selengkapnya.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Kuat Tekan Silika Fume 0%

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	BERAT	TEKAN HANCUR	TEGANG HANCUR
1	16 MEI 2012	15 JUNI 2012	28	SILINDER 30 X 15	12,89	590	33.40
2					13,06	595	33.69
3					13,09	625	35.39
4					13,11	630	35.67
5					13,37	620	35.10
6					12,83	330	18.68
7					12,95	595	33.69
8					12,96	625	35.39
9					13,16	625	35.39
10					13,06	595	33.69
11					13,02	610	34.54
12					13,23	595	33.69
13					13,00	555	31.42
14					13,15	595	33.69
15					13,06	580	32.84
16					13,01	755	42.75
rata-rata					595,00		33.69
standar deviasi						82.64	4.68

b. Contoh perhitungan dengan menggunakan data kuat tekan silika fume 0,5 % :

Perhitungan Kuat Tekan

$$\sigma = \frac{P}{A} \times \text{faktor umur} = \frac{635 \times 1000}{3,14 \times 75^2} \times 1 = 35,95 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{\sum 559,09}{16}$$

$$= 34,94 \text{ Mpa}$$

$$S = \sqrt{\frac{((35,95 - 34,94)^2 + \dots + (36,23 - 34,94)^2)}{16 - 1}}$$

$$= 2,60 \text{ Mpa}$$

$$f_c' r = 34,94 \text{ MPa}$$

Rumus Penentuan Kuat Tekan Karakteristik :

$$f_c' = f_c' r - (1,34 \times s) = 34,94 - (1,34 \times 2,60) = 31,45 \text{ MPa}$$

$$f_c' = f_c' r - 2,33 \times s + 3,5 = 34,94 - 2,33 \times 2,60 + 3,5 = 32,38 \text{ MPa}$$

Maka f_c' yang di pake adalah **32,38 MPa**

Dan di bawah ini adalah **Tabel 5.2** Hasil Perhitungan Kuat Tekan Silika Fume 0,5%

SILICA FUME 0,5 %

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	635	35.95
2					13,00	655	37.08
3					12,93	630	35.67
4					13,21	635	35.95
5					12,84	635	35.95
6					12,01	460	26.04
7					12,85	635	35.95
8					13,03	625	35.39
9					13,01	625	35.39
10					13,07	615	34.82
11					12,93	565	31.99
12					13,12	635	35.95
13					13,08	635	35.95
14					12,97	625	35.39
15					12,98	625	35.39
16					13,01	640	36.23
rata-rata						617.19	34.94
standar deviasi						45.97	2.60

Tabel 5.2 Hasil perhitungan Kuat Tekan Silika Fume 0,5%

c. Contoh perhitungan dengan menggunakan data kuat tekan silika

fume 1% :

Perhitungan Kuat Tekan

$$\sigma = \frac{P}{A} \times \text{faktorumur} = \frac{670 \times 1000}{3,14 \times 75^2} \times 1 = 37,93 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{602,69}{16}$$

$$= 37,67 \text{ MPa}$$

$$S = \sqrt{\frac{((37,94 - 37,67)^2 + \dots + (39,63 - 37,67)^2)}{16 - 1}}$$

$$= 5,23 \text{ Mpa}$$

$$f_c'r = 37,67 \text{ MPa}$$

Rumus Penentuan Kuat Tekan Karakteristik :

$$f_c' = f_c'r - (1,34 \times s) = 37,67 - (1,34 \times 5,23) = 30,66 \text{ MPa}$$

$$f_c' = f_c'r - 2,33 \times s + 3,5 = 37,67 - 2,33 \times 5,23 + 3,5 = 29,99 \text{ MPa}$$

Maka f_c' yang di pake adalah **30,66 MPa**

Dan di bawah ini adalah **Tabel 5.3** Hasil Perhitungn Kuat Tekan Silika Fume1%

SILICA FUME 1 %

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	BERAT	TEKAN HANCUR	TEGANG HANCUR
1	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,19	670	37,93
2					12,83	645	36,52
3					12,86	330	18,68
4					12,85	710	40,20
5					12,76	670	37,93
6					12,99	705	39,92
7					12,97	705	39,92
8					12,91	645	36,52
9					13,10	695	39,35
10					13,09	695	39,35
11					12,77	720	40,76
12					13,04	660	37,37
13					12,74	695	39,35
14					12,76	710	40,20
15					12,83	690	39,07
16					13,06	700	39,63
rata-rata					665,31		37,67
standar deviasi					92,35		5,23

Tabel 5.3 hasil perhitungan kuat Tekan silika fume 1%

d. Contoh perhitungan dengan menggunakan data kuat tekan silika fume 1,5% :

Perhitungan Kuat Tekan

$$\sigma = \frac{P}{A} \times \text{faktorumur} = \frac{685 \times 1000}{3,14 \times 75^2} \times 1 = 38,78 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{38,78 + \dots + 38,78}{16}$$

$$= 38,04 \text{ MPa}$$

$$S = \sqrt{\frac{((38,78 - 38,04)^2 + \dots + (38,78 - 38,04)^2)}{16 - 1}}$$

$$= 3,70 \text{ Mpa}$$

$$f_c'r = 38,04 \text{ MPa}$$

Rumus Penentuan Kuat Tekan Karakteristik :

$$f_c' = f_c'r - (1,34 \times s) = 38,04 - (1,34 \times 3,70) = 33,09 \text{ MPa}$$

$$f_c' = f_c'r - 2,33 \times s + 3,5 = 38,04 - 2,33 \times 3,70 + 3,5 = 32,93 \text{ MPa}$$

Maka f_c' yang di pake adalah **33,09 MPa**

Dan di bawah ini adalah **Tabel 5.4** Hasil Perhitungn Kuat Tekan Silika Fume1,5%

SILICA FUME 1,5 %

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	BERAT	TEKAN HANCUR	TEGANG HANCUR
1	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,06	685	38.78
2					12,93	670	37.93
3					13,05	435	24.63
4					12,82	705	39.92
5					12,88	660	37.37
6					12,97	705	39.92
7					12,94	700	39.63
8					12,48	650	36.80
9					12,79	690	39.07
10					12,66	685	38.78
11					12,09	710	40.20
12					12,75	685	38.78
13					12,89	690	39.07
14					13,02	705	39.92
15					12,74	690	39.07
16					12,84	685	38.78
rata-rata						671.88	38.04
standar deviasi						65.29	3.70

Tabel 5.4 hasil pengujian Kuat Tekan Silika Fume 1,5

e. Contoh perhitungan dengan menggunakan data kuat tekan silika fume 2% :

Perhitungan Kuat Tekan

$$\sigma = \frac{P}{A} \times \text{faktor umur} = \frac{630 \times 1000}{3,14 \times 75^2} \times 1 = 35,67 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{35,67 + \dots + 34,82}{16}$$

$$= 34,52 \text{ MPa}$$

$$S = \sqrt{\frac{((35,67 - 34,52)^2 + \dots + (34,82 - 34,52)^2)}{16 - 1}}$$

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

$$f_{c'r} = 34,52 \text{ MPa}$$

Rumus Penentuan Kuat Tekan Karakteristik :

$$f_{c'} = f_{c'r} - (1,34 \times s) = 34,52 - (1,34 \times 2,66) = 30,96 \text{ MPa}$$

$$f_{c'} = f_{c'r} - 2,33 \times s + 3,5 = 34,52 - 2,33 \times 2,66 + 3,5 = 31,83 \text{ MPa}$$

Maka $f_{c'}$ yang di pake adalah **31,83 MPa**

Dan di bawah ini adalah **Tabel 5.5** Hasil Perhitungn Kuat Tekan Silika Fume 2%

SILICA FUME 2 %

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	BERAT	TEKAN HANCUR	TEGANG HANCUR
1	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,87	630	35.67
2					12,79	615	34.82
3					12,97	615	34.82
4					12,83	615	34.82
5					12,61	625	35.39
6					12,90	625	35.39
7					13,07	595	33.69
8					13,07	645	36.52
9					12,94	635	35.95
10					12,58	630	35.67
11					12,88	645	36.52
12					12,87	445	25.19
13					12,80	625	35.39
14					12,80	615	34.82
15					12,48	580	32.84
16					12,27	615	34.82
rata-rata						609.69	34.52
standar deviasi						46.92	2.66

Tabel 5.5 hasil perhitungan Kuat Tekan Silika Fume 2%

5.1.2 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian Kuat Tarik belah Beton ini dilakukan pada benda uji silinder 15 x 30 cm pada umur 28 hari. Terdapat 5 kelakuan penambahan bahan tambahan yang masing-masing perlakuan berjumlah 4 benda uji dengan variasi bahan tambah yang berbeda.

- a. Contoh perhitungan dengan menggunakan data kuat tarik belah silika fume 0% :

Perhitungan Kuat Tarik Belah Beton

$$T. \text{ Vert } \sigma_t = \frac{2.P}{\pi.d.L} = \frac{2x\left(\frac{220x1000}{9,81}\right)}{3,14x15x30} = 31,74 \text{ Mpa}$$

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

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 :

$$\text{Tarik belah rata - rata} = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_t}{n}$$

$$= \frac{7110,33 + 6787,13 + 6948,73 + 6463,93}{4}$$

$$= \frac{27310,12}{4}$$

$$= 6827,53 \text{ MPa}$$

Berikut ini Tabel hasil tes kuat tarik belah Silika Fume 0% :



Berikut ini adalah tabel hasil tes Kuat Tarik Belah 0 %.

Tabel 5.6. Kuat Tarik Belah Silica Fume 0 %

Kuat Tarik Belah SILICA FUME 0 %									
NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	BERAT	TEKAN (KN)	TEKAN (kg)	T. Vert σ	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

- b. Contoh perhitungan dengan menggunakan data kuat tarik belah silica fume 0,5 % sebagai berikut :

Perhitungan Kuat Tarik Belah Beton

$$T. \text{ Vert } \sigma_t = \frac{2.P}{\pi.d.L} = \frac{2x(\frac{230x1000}{9,81})}{3,14x15x30} = 33,1854 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \sigma_t \cdot \frac{D^2}{r(D-r)} - 1 \\ &= 33,1854 \times \frac{15^2}{7,5(15-7,5)} - 1 \\ &= 7433,52 \end{aligned}$$

- 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 :

$$\begin{aligned} \text{Tarik belah rata - rata} &= \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_t}{n} \\ &= \frac{28441,30}{4} \\ &= 7110,33 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Berikut ini adalah Tabel hasil tes Kuat Tarik Belah 0,5 %.

Tabel 5.7 Kuat Tarik Belah Silica Fume 0,5 %

Kuat Tarik Belah SILICA FUME 0,5 %									
NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	BERAT	TEKAN (KN)	TEKAN (kg)	T. Vert σ_t	TEGANG HANCUR
1	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,69	230	23445.46	33.18536987	7433.52
2	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,64	215	21916.41	31.02110662	6948.73
3	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,87	225	22935.78	32.46394878	7271.92
4	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,93	210	21406.73	30.29968553	6787.13
rata-rata						220.00	22426.10	31.74	7110.33
standar deviasi						9.13	930.55	1.32	295.04

c. Contoh perhitungan dengan menggunakan data kuat tarik belah silica fume 1% sebagai berikut :

Perhitungan Kuat Tarik Belah Beton

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

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



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 :

$$\begin{aligned} \text{Tarik belah rata - rata} &= \frac{\sum_i^n \sigma_t}{n} \\ &= \frac{28326,09}{4} \\ &= 80,80 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Berikut ini adalah tabel hasil tes Kuat Tarik Belah 1%.

Tabel 5.8 Kuat Tarik Belah Silica Fume 1%

Kuat Tarik Belah SILICA FUME 1 %									
NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	BERAT	TEKAN (KN)	TEKAN (kg)	T. Vert σ	TEGANG HANCUR
1	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,69	220	22426.10	31.7425277	7110.33
2	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,64	225	22935.78	32.46394878	7271.92
3	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,87	225	22935.78	32.46394878	7271.92
4	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,93	225	22935.78	32.46394878	7271.92
rata-rata						223.75	22808.36	32.28	7231.52
standar deviasi						2.50	254.84	0.36	80.80

d. Contoh perhitungan dengan menggunakan data kuat tarik belah silika fume 1,5 % sebagai berikut :

Perhitungan Kuat Tarik, Belah Beton

$$T. \text{ Vert } \sigma_t = \frac{2.P}{\pi.d.L} = \frac{2x(\frac{215x1000}{9,81})}{3,14x15x30} = 31,021 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \sigma_c &= \sigma_t \cdot \frac{D^2}{r(D-r)} - 1 \\ &= 31,021 \times \frac{15^2}{7,5(15-7,5)} - 1 \\ &= 6948,73 \end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned} \text{Tarik belah rata - rata} &= \frac{\sum_i^n \sigma_t}{n} \\ &= \frac{29087,7}{4} \\ &= 7271,92 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Berikut ini Tabel hasil uji Kuat Tarik Belah Silika Fume 1,5% :

Tabel 5.9 Kuat Tarik Belah Silica Fume 1,5 %

Kuat Tarik Belah SILICA FUME 1,5 %									
NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	BERAT	TEKAN (KN)	TEKAN (kg)	T. Vert σ	TEGANG HANCUR
1	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,92	215	21916.41	31.02110662	6948.73
2	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	13,05	225	22935.78	32.46394878	7271.92
3	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,85	215	21916.41	31.02110662	6948.73
4	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,82	245	24974.52	35.34963312	7918.32
rata-rata						225.00	22935.78	32.46	7271.92
standar deviasi						14.14	1441.60	2.04	457.07

e. Contoh perhitungan dengan menggunakan data kuat tarik belah silica fume 2% sebagai berikut : Perhitungan Kuat Tarik Belah Beton

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

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

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 :

$$\begin{aligned} \text{Tarik belah rata - rata} &= \frac{\sum_i^n \sigma_t}{n} \\ &= \frac{28279,71}{4} \\ &= 7069,93 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil kuat Tarik belah 2,0 %.

Tabel 5.10. Kuat Tarik Belah Silica Fume 2%

Kuat Tarik Belah SILICA FUME 2%									
NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	BERAT	TEKAN (KN)	TEKAN (kg)	T. Vert σ	TEGANG HANCUR
1	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,30	220	22426.10	31.7425277	7110.33
2	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,30	200	20387.36	28.85684336	6463.93
3	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,12	225	22935.78	32.46394878	7271.92
4	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	12,28	230	23445.46	33.18536987	7433.52
rata-rata						218.75	22298.67	31.56	7069.93
standar deviasi						13.15	1340.45	1.90	425.00

5.1.3 Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Pengujian Modulus elastisitas Beton ini dilakukan pada benda uji silinder 15 x 30 cm pada umur 28 hari. Terdapat 5 kelakuan penambahan bahan tambahan yang masing-masing perlakuan berjumlah 16 benda uji dengan variasi bahan tambah yang berbeda.

- a. Contoh perhitungan dengan menggunakan data modulus elastisitas silika fume 0% :

Perhitungan Modulus Elastisitas

Perhitungan Rengangan Beton (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0,3}{200} = 0,0015$$

Perhitungan Kuat Tekan Beton (f_c)

$$f_c = \frac{P}{A \times f_u} = \frac{590 \times 1000}{(3,14 \times 7,5^2 \times 1)} = 33,40 \text{ MPa}$$

Perhitungan Modulus Elastisitas Beton (E_c)k

$$E_c = \frac{f_c}{\epsilon} = \frac{33,40}{0,0015} = 22269,403 \text{ MPa}$$

Dimana :

ϵ = Regangan (perbandingan antara perubahan panjang dan panjang benda uji)

ΔL = 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 (cm²)

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

Berikut ini adalah Tabel 5.11 hasil tes Modulus Elastisitas

Tabel 5.11 Hasil perhitungan Modulus Elastisitas Silika Fume 0%
 SILICA FUME 0 %

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	ΔL alat	ΔL (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



b. Contoh perhitungan dengan menggunakan data modulus elastisitas

silika fume 0,5 % :

Perhitungan Modulus Elastisitas

Perhitungan Rengangan Beton (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0.3}{200} = 0,0015$$

Perhitungan Kuat Tekan Beton (f_c)

$$f_c = \frac{P}{A} = \frac{635 \times 1000}{(3,14 \times 7,5^2)} = 35,95 \text{ MPa}$$

Perhitungan Modulus Elastisitas Beton (E_c)

$$E_c = \frac{f_c}{\epsilon} = \frac{35,95}{0,0015} = 23967,91690 \text{ MPa}$$

Dimana :

ϵ = Regangan (perbandingan antara perubahan panjang dan panjang benda uji)

ΔL = 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 (cm²)

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

Berikut ini adalah Tabel 5.12 hasil tes Modulus Elastisitas

SILICA FUME 0,5 %

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	ΔL alat	ΔL (mm)	L0	$\epsilon = \Delta L / L0$	$E = f_{ci} / \epsilon$	
1	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	23967.91696	
2	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	20543.92882	
3	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	20543.92882	
4	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	25	0.25	200	0.00125	28761.50035	
5	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	20	0.2	200	0.00100	35951.87544	
6	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	47935.83392	
7	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	20	0.2	200	0.00100	35951.87544	
8	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	20543.92882	
9	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	23967.91696	
10	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	23967.91696	
11	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	5	0.05	200	0.00025	143807.50177	
12	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	25	0.25	200	0.00125	28761.50035	
13	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	20543.92882	
14	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	45	0.45	200	0.00225	15978.61131	
15	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	50	0.5	200	0.00250	14380.75018	
16	17-MEI-2012	16-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	23967.91696	
rata-rata								200.00	0.00	33098.55
standar deviasi								0.00	0.00	30700.61

c. Contoh perhitungan dengan menggunakan data modulus elastisitas silika fume 1% :

Perhitungan Modulus Elastisitas

Perhitungan Rengangan Beton (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0.3}{200} = 0,0015$$

Perhitungan Kuat Tekan Beton (f_c)

$$f_c = \frac{P}{A_{x_{fu}}} = \frac{670 \times 1000}{(3,14 \times 7,5^2 \times 1)} = 37,93 \text{ MPa}$$

Perhitungan Modulus Elastisitas Beton (E_c)

$$E_c = \frac{f_c}{\epsilon} = \frac{37,93}{0,0015} = 25288,98 \text{ MPa}$$

Dimana :

ϵ = Regangan (perbandingan antara perubahan panjang dan panjang benda uji)

ΔL = 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 (cm²)

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

Berikut ini adalah Tabel 5.13 hasil tes Modulus Elastisitas

Tabel 5.13 Hasil pengujian Modulus Elastisitas Silika Fume 1%

SILICA FUME 1 %

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	ΔL alat	ΔL (mm)	L0	$\epsilon = \Delta L / L0$	$E = f'ci/\epsilon$
1	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	25288.98325
2	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	25288.98325
3	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	25288.98325
4	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	25	0.25	200	0.00125	30346.77990
5	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	21676.27136
6	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	25	0.25	200	0.00125	30346.77990
7	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	5	0.05	200	0.00025	151733.89950
8	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	25	0.25	200	0.00125	30346.77990
9	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	25	0.25	200	0.00125	30346.77990
10	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	25	0.25	200	0.00125	30346.77990
11	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	25288.98325
12	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	25	0.25	200	0.00125	30346.77990
13	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	40	0.4	200	0.00200	18966.73744
14	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	25	0.25	200	0.00125	30346.77990
15	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	25	0.25	200	0.00125	30346.77990
16	22-MEI-2012	19-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	25288.98325
rata-rata							200.00	0.00	35099.75
standar deviasi							0.00	0.00	31311.31

- d. Contoh perhitungan dengan menggunakan data modulus elastisitas silika fume 1,5% :

Perhitungan Modulus Elastisitas

Perhitungan Rengangan Beton (ε)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0.3}{200} = 0,00150$$

Perhitungan Kuat Tekan Beton (f_c)

$$f_c = \frac{P}{A_{x_{fu}}} = \frac{670 \times 1000}{(3,14 \times 7,5^2 \times 1)} = 37,93 \text{ MPa}$$

Perhitungan Modulus Elastisitas Beton (E_c)

$$E_c = \frac{f'_c}{\varepsilon} = \frac{37,93}{0,0015} = 25288,98 \text{ MPa}$$

Dimana :

ε = Regangan (perbandingan antara perubahan panjang dan panjang benda uji)

ΔL = 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 (cm²)

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

Berikut ini adalah Tabel 5.13 hasil tes Modulus Elastisitas

Tabel 5.14 Hasil perhitungan Modulus elastisitas silika fume 1,5%

SILICA FUME 1,5%

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	ΔL alat	ΔL (mm)	L0	$\epsilon = \Delta L / L0$	$E = f'ci/\epsilon$
1	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	25855.15452
2	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	10	0.1	200	0.00050	77565.46355
3	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	22161.56102
4	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	25855.15452
5	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	25855.15452
6	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	25	0.25	200	0.00125	31026.18542
7	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	22161.56102
8	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	25855.15452
9	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	25	0.25	200	0.00125	31026.18542
10	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	22161.56102
11	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	25855.15452
12	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	25855.15452
13	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	25	0.25	200	0.00125	31026.18542
14	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	25855.15452
15	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	25855.15452
16	25-MEI-2012	22-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	22161.56102
rata-rata							200.00	0.00	29133.22
standar deviasi							0.00	0.00	13258.49



- e. Contoh perhitungan dengan menggunakan data modulus elastisitas silika fume 2% :

Perhitungan Modulus Elastisitas

Perhitungan Rengangan Beton (ϵ)

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

Perhitungan Kuat Tekan Beton (f_c)

$$f_c = \frac{P}{A_{x_{fu}}} = \frac{630 \times 1000}{(3,14 \times 7,5^2 \times 1)} = 35,67 \text{ MPa}$$

Perhitungan Modulus Elastisitas Beton (E_c)

$$E_c = \frac{f_c}{\epsilon} = \frac{35,67}{0,00225} = 15852,79 \text{ MPa}$$

Dimana :

ϵ = Regangan (perbandingan antara perubahan panjang dan panjang benda uji)

ΔL = 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^2)

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

Berikut ini adalah Tabel 5.15 hasil tes Modulus Elastisitas

Tabel 5.15 hasil perhitungan modulus elastisitas silika fume 2%

SILICA FUME 2 %

NO	TANGGAL BUAT	TANGGAL TES	UMUR	BENTUK BENDA UJI	ΔL alat	ΔL (mm)	L0	$\epsilon = \Delta L / L0$	$E = f'ci/\epsilon$
1	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	45	0.45	200	0.00225	15852.79547
2	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	20382.16561
3	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	23779.19321
4	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	25	0.25	200	0.00125	28535.03185
5	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	23779.19321
6	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	20382.16561
7	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	20382.16561
8	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	23779.19321
9	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	23779.19321
10	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	30	0.3	200	0.00150	23779.19321
11	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	15	0.15	200	0.00075	47558.38641
12	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	40	0.4	200	0.00200	17834.39490
13	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	20382.16561
14	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	40	0.4	200	0.00200	17834.39490
15	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	20382.16561
16	28-MEI-2012	25-JUNI-2012	28	SILINDER 15 X 30 CM	35	0.35	200	0.00175	20382.16561
rata-rata							200.00	0.00	23050.25
standar deviasi							0.00	0.00	7221.79

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.

2.2.1 Perhitungan Interval Kepercayaan Kuat Tekan.

Tabel 5.16 Hasil Uji Kuat Tekan
Tabel Uji Interval Kuat Tekan

No	Tegang Hancur Setiap Variasi Silika Fume				
	0	0,5%	0.01	1,5%	0.02
1	33.40	35.95	37.93	38.78	35.67
2	33.69	37.08	36.52	37.93	34.82
3	35.39	35.67	18.68	24.63	34.82
4	35.67	35.95	40.20	39.92	34.82
5	35.10	35.95	37.93	37.37	35.39
6	18.68	26.04	39.92	39.92	35.39
7	33.69	35.95	39.92	39.63	33.69
8	35.39	35.39	36.52	36.80	36.52
9	35.39	35.39	39.35	39.07	35.95
10	33.69	34.82	39.35	38.78	35.67
11	34.54	31.99	40.76	40.20	36.52
12	33.69	35.95	37.37	38.78	25.19
13	31.42	35.95	39.35	39.07	35.39
14	33.69	35.39	40.20	39.92	34.82
15	32.84	35.39	39.07	39.07	32.84
16	42.75	36.23	39.63	38.78	34.82

a. Perhitungan Interval Kuat Tekan silika fume 0%

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

$$Dk = n - 1 = 16 - 1 = 15$$

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

$$\text{Dimana : } X = \text{Nilai rata-rata} = 33,95$$

$$s = \text{Standar deviasi} = 4,74$$

$$P = \text{Persentil}$$

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

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

$$= 33,95 - \left(2.131 x \frac{4,74}{\sqrt{16}} \right) < \mu < 33,95 + \left(2.131 x \frac{4,74}{\sqrt{16}} \right)$$

$$= 31,43 < \mu < 36,48$$

Dengan hasil perhitungan Interval di atas di dapat nilai interval yaitu :

Batas bawah = 31,43

Batas Atas = 36,48

Sehingga ada beberapa nilai yang terbuang setelah pengujian interval

Tabel 5.17.

b. Perhitungan Interval Kuat Tekan silika fume 0,5%

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

$$Dk = n - 1 = 16 - 1 = 15$$

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

$$\text{Dimana : } X = \text{Nilai rata-rata} = 34,11$$

$$s = \text{Standar deviasi} = 2,54$$

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned} &= x - \left(t_{0,975} \cdot x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} \cdot x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\ &= 34,11 - \left(2.131 \cdot x \frac{2,54}{\sqrt{16}} \right) < \mu < 34,11 + \left(2.131 \cdot x \frac{2,54}{\sqrt{16}} \right) \\ &= 32,76 < \mu < 35,46 \end{aligned}$$

Dengan hasil perhitungan Interval di atas di dapat nilai interval yaitu :

Batas bawah = 32,76

Batas Atas = 35,46



Sehingga ada beberapa nilai yang terbuang setelah pengujian interval pada

Tabel 5.17.

c. Perhitungan Interval Kuat Tekan silika fume 1%

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 = 34,39

s = Standar deviasi = 4,80

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

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

$$= 34,39 - \left(2.131x \frac{4,80}{\sqrt{16}} \right) < \mu < 34,39 + \left(2.131x \frac{4,80}{\sqrt{16}} \right)$$

$$= 31,84 < \mu < 36,95$$

Dengan hasil perhitungan Interval di atas di dapat nilai interval yaitu :

Batas bawah = 31,84

Batas Atas = 36,95

Sehingga ada beberapa nilai yang terbuang setelah pengujian interval pada

Tabel 5.17.

d. Perhitungan Interval Kuat Tekan silika fume 1,5%

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

$$Dk = n - 1 = 16 - 1 = 15$$

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

$$\text{Dimana : } X = \text{Nilai rata-rata} = 35,05$$

$$s = \text{Standar deviasi} = 3,41$$

$$P = \text{Persentil}$$

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

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

$$= 35,05 - \left(2.131x \frac{3,41}{\sqrt{16}} \right) < \mu < 35,05 + \left(2.131x \frac{3,41}{\sqrt{16}} \right)$$

$$= 33,23 < \mu < 36,87$$

Dengan hasil perhitungan Interval di atas di dapat nilai interval yaitu :

Batas bawah = 33,23

Batas Atas = 36,87

Sehingga ada beberapa nilai yang terbuang setelah pengujian interval pada

Tabel 5.17

e. Perhitungan Interval Kuat Tekan silika fume 2%

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

$$Dk = n - 1 = 16 - 1 = 15$$

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

$$\text{Dimana : } X = \text{Nilai rata-rata} = 7069,93$$

$$s = \text{Standar deviasi} = 425,00$$

$$P = \text{Persentil}$$

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

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

$$= 7069,- \left(2.131x \frac{2,37}{\sqrt{16}} \right) < \mu < 30,94+ \left(2.131x \frac{2,37}{\sqrt{16}} \right)$$

$$= 29,68 < \mu < 32,21$$

Dengan hasil perhitungan Interval di atas di dapat nilai interval yaitu :

Batas bawah = 29,68

Batas Atas = 32,21

Sehingga ada beberapa nilai yang terbuang setelah pengujian interval pada

Tabel 5.17.

Maka data pada variasi *Silika Fume 0% 0%* yang memenuhi syarat berjumlah 14 buah, pada variasi *Silika Fume 0, 5%* yang memenuhi syarat berjumlah 13 buah, pada variasi *Silika Fume 1%* yang memenuhi syarat berjumlah 14 buah, pada variasi *Silika Fume 1,5%* yang memenuhi syarat

berjumlah 14 buah, dan pada variasi *Silika Fume* 2% yang memenuhi syarat berjumlah 11 buah, setelah di sortir maka datanya lihat (**Tabel 5.17**)

berikut:

Tabel 5.17 Hasil pengujian Interval Kuat Tekan
Tabel Uji Interval Kuat Tekan

No	Tegang Hancur Setiap Variasi Silika Fume				
	0%	0,5%	1%	1,5%	2%
1	33.4041	35.9519	37.9335	38.7827	35.6688
2	33.6872	-	36.518	37.9335	34.8195
3	35.3857	35.6688	-	-	34.8195
4	35.6688	35.9519	40.1982	39.9151	34.8195
5	35.1026	35.9519	37.9335	37.3673	35.3857
6	-	-	39.9151	39.9151	35.3857
7	33.6872	35.9519	39.9151	39.632	33.6872
8	35.3857	35.3857	36.518	36.8011	-
9	35.3857	35.3857	39.3489	39.0658	-
10	33.6872	34.8195	39.3489	38.7827	35.6688
11	34.5364	-	-	-	-
12	33.6872	35.9519	37.3673	38.7827	
13	31.4225	35.9519	39.3489	39.0658	35.3857
14	33.6872	35.3857	40.1982	39.9151	34.8195
15	32.8379	35.3857	39.0658	39.0658	
16	-	36.235	39.632	38.7827	34.8195

Dari hasil pengujian interval kepercayaan maka nilai kuat tekan karakteristik f_c' 30 Mpa :

- a. Perhitungan Nilai kuat tekan silika fume 0% setelah uji interval kepercayaan

$$\begin{aligned}
 f_c'r &= \frac{\text{Jumlah Tegang Hancur}}{n} \\
 &= \frac{33,40 + \dots + 32,83}{14}
 \end{aligned}$$

$$= 34.11 \text{ Mpa}$$

$$S = \sqrt{\frac{((33,40 - 34,11)^2 + \dots + (32,84 - 34,11)^2)}{14 - 1}}$$

$$= 1,19 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = f_c'r - (1,34 \times s) = 34,11 - (1,34 \times 1,19) = 32,50 \text{ MPa}$$

$$f_c' = f_c'r - (2,33 \times s) + 3,5 = 34,11 - (2,33 \times 1,19) + 3,5 = 34,81 \text{ MPa}$$

Maka f_c' yang di pake adalah **34,81 MPa**

b. Perhitungan Nilai kuat tekan silika fume 0,5% setelah uji interval kepercayaan

$$f_c'r = \frac{\text{Jumlah Tegang Hancur}}{n}$$

$$= \frac{35,95 + \dots + 36,23}{14}$$

$$= 35,69 \text{ Mpa}$$

$$S = \sqrt{\frac{((35,95 - 35,16)^2 + \dots + (36,23 - 35,16)^2)}{14 - 1}}$$

$$= 0,39 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = f_c'r - (1,34 \times s) = 35,69 - (1,34 \times 0,39) = 35,16 \text{ MPa}$$

$$f_c' = f_c'r - (2,33 \times s) + 3,5 = 35,69 - (2,33 \times 0,39) + 3,5 = 38,27 \text{ MPa}$$

Maka f_c' yang di pake adalah **38,27 MPa**

c. Perhitungan Nilai kuat tekan silika fume 1% setelah uji interval kepercayaan

$$\begin{aligned}
 f_c'r &= \frac{\text{Jumlah Tegang Hancur}}{n} \\
 &= \frac{37,93 + \dots + 39,63}{14} \\
 &= 38,80 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\frac{((37,93 - 38,80)^2 + \dots + (39,63 - 38,80)^2)}{14 - 1}} \\
 &= 1,30 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$f_c' = f_c'r - (1,34 \times s) = 38,80 - (1,34 \times 1,30) = 37,05 \text{ MPa}$$

$$f_c' = f_c'r - (2,33 \times s) + 3,5 = 38,89 - (2,33 \times 1,30) + 3,5 = 39,26 \text{ MPa}$$

Maka f_c' yang di pake adalah **39,26 MPa**

d. Perhitungan Nilai kuat tekan silika fume 1,5% setelah uji interval kepercayaan

$$\begin{aligned}
 f_c'r &= \frac{\text{Jumlah Tegang Hancur}}{n} \\
 &= \frac{38,78 + \dots + 38,78}{14} \\
 &= 38,84 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\frac{((38,78 - 38,84)^2 + \dots + (38,78 - 38,84)^2)}{14 - 1}} \\
 &= 0,93 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$f_c' = f_c'r - (1,34 \times s) = 38,84 - (1,34 \times 0,93) = 37,58 \text{ MPa}$$



Pertimbangan: ...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

$$f_c' = f_c'r - (2,33 \times s) + 3,5 = 38,84 - (2,33 \times 0,93) + 3,5 = 40,16 \text{ MPa}$$

Maka f_c' yang di pake adalah **40,16 MPa**

e. Perhitungan Nilai kuat tekan silika fume 2% setelah uji interval kepercayaan

$$f_c'r = \frac{\text{Jumlah Tegang Hancur}}{n}$$

$$= \frac{34,82 + \dots + 34,52}{14}$$

$$= 35,02 \text{ Mpa}$$

$$S = \sqrt{\frac{((34,82 - 35,02)^2 + \dots + (34,82 - 35,02)^2)}{14 - 1}}$$

$$= 0,56 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = f_c'r - (1,34 \times s) = 35,02 - (1,34 \times 0,56) = 34,26 \text{ MPa}$$

$$f_c' = f_c'r - (2,33 \times s) + 3,5 = 35,02 - (2,33 \times 0,56) + 3,5 = 37,20 \text{ MPa}$$

Maka f_c' yang di pake adalah **30,20 Mpa**

5.2.2 Perhitungan interval Kuat Tarik Belah

Table 5.18 Hasil Uji Kuat Tarik Belah
Kuat Tarik Belah Beton PET 0,7% dengan *Silika Fume*

No	Tegang Hancur Kuat Tarik Belah				
	0%	0,5%	1%	1,5%	2%
1	7110.33	7433.52	7110.33	6948.73	7110.33
2	6787.13	6948.73	7271.92	7271.92	6463.93
3	6948.73	7271.92	7271.92	6948.73	7271.92
4	6463.93	6787.13	7271.92	7918.32	7433.52

a. Perhitungan Interval Kuat Tarik Belh silika Fume 0%

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

$$Dk = n - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$t_{0,975} = 3,18 (\text{table student})$$

Dimana : X = Nilai rata-rata = 8079,92

s = Standar deviasi = 263,89

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

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

$$= 8079,92 - \left(3,18 x \frac{263,89}{\sqrt{4}} \right) < \mu < 8079,92 + \left(3,18 x \frac{263,89}{\sqrt{4}} \right)$$

$$= 7660,33 < \mu < 8499,50$$

Dari hasil perhitungan di atas maka interval untuk kuat tarik belah :

Batas bawah = 7660,33

Batas atas = 8499,50

Sehingga semua data yang di uji masuk dalam batasan bawah dan batas atas.

b. Perhitungan Interval Kuat Tarik Belh silika Fume 0,5%

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

$$Dk = n - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$t_{0,975} = 3,18 (\text{table student})$$

Dimana : X = Nilai rata-rata = 7716,32

s = Standar deviasi = 333,14

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned} &= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\ &= 7716,32 - \left(3,18 x \frac{333,14}{\sqrt{4}} \right) < \mu < 7716,32 + \left(3,18 x \frac{333,14}{\sqrt{4}} \right) \\ &= 7186,62 < \mu < 8246,02 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka interval untuk kuat tarik belah :

Batas bawah = 7186,62

Batas atas = 8246,02

Sehingga semua data yang di uji masuk dalam batasan bawah dan batas atas.

c. Perhitungan Interval Kuat Tarik Belh silika Fume 1%

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

Dk = $n - 1 = 4 - 1 = 3$

$t_{0,975}$ = 3,18 (table student)

Dimana : X = Nilai rata-rata = 6827,53

s = Standar deviasi = 275,98

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

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

$$= 6827,53 - \left(3,18x \frac{275,98}{\sqrt{4}} \right) < \mu < 6827,53 + \left(3,18x \frac{275,98}{\sqrt{4}} \right)$$

$$= 6388,72 < \mu < 7266,34$$

Dari hasil perhitungan di atas maka interval untuk kuat tarik belah :

Batas bawah = 6388,72

Batas atas = 7266,34

Sehingga semua data yang di uji masuk dalam batasan bawah dan batas atas.

d. Perhitungan Interval Kuat Tarik Belh silika Fume 1,5%

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

Dk = $n - 1 = 4 - 1 = 3$

$t_{0,975}$ = 3,18 (table student)

Dimana : X = Nilai rata-rata = 7110,33

s = Standar deviasi = 457,07

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

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

$$= 7110,33 - \left(3,18x \frac{457,07}{\sqrt{4}} \right) < \mu < 7110,33 + \left(3,18x \frac{457,07}{\sqrt{4}} \right)$$

$$= 6383,59 < \mu < 7837,07$$

Dari hasil perhitungan di atas maka interval untuk kuat tarik belah :

Batas bawah = 6383,59

Batas atas = 7837,07

Sehingga semua data yang di uji masuk dalam batasan bawah dan batas atas.

e. Perhitungan Interval Kuat Tarik Belh silika Fume 2%

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

$$Dk = n - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$t_{0,975} = 3,18 (\text{table student})$$

Dimana : $X = \text{Nilai rata-rata} = 7069,93$

$s = \text{Standar deviasi} = 425,00$

$P = \text{Persentil}$

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

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

$$= 7110,33 - \left(3,18x \frac{457,07}{\sqrt{4}} \right) < \mu < 7110,33 + \left(3,18x \frac{457,07}{\sqrt{4}} \right)$$

$$= 6383,59 < \mu < 7837,07$$

Dari hasil perhitungan di atas maka interval untuk kuat tarik belah :

Batas bawah = 6383,59

Batas atas = 7837,07

Sehingga semua data yang di uji masuk dalam batasan bawah dan batas atas.

Tabel 5.19 Hasil Perhitungan Interval Kuat Tarik Belah
 Kuat Tarik Belah Beton PET 0,7% dengan *Silika Fume*

No	Tegang Hancur Kuat Tarik Belah				
	0%	0,5%	1%	1,5%	2%
1	7110.33	7433.52	7110.33	6948.73	7110.33
2	6787.13	6948.73	7271.92	7271.92	6463.93
3	6948.73	7271.92	7271.92	6948.73	7271.92
4	6463.93	6787.13	7271.92	7918.32	7433.52

5.2.3 Perhitungan interval Kepercayaan Modulus Elastisitas

Tabel 5.20 data Modulus Elastisitas
 Tabel Data Modulus Elastisitas

No	E = fci/ε				
	0%	0,5%	1%	1,5%	2%
1	22269.40	23967.92	25288.98	25855.15	15852.80
2	19088.06	20543.93	25288.98	77565.46	20382.17
3	22269.40	20543.93	25288.98	22161.56	23779.19
4	19088.06	28761.50	30346.78	25855.15	28535.03
5	44538.81	35951.88	21676.27	25855.15	23779.19
6	13361.64	47935.83	30346.78	31026.19	20382.17
7	19088.06	35951.88	151733.90	22161.56	20382.17
8	19088.06	20543.93	30346.78	25855.15	23779.19
9	22269.40	23967.92	30346.78	31026.19	23779.19
10	22269.40	23967.92	30346.78	22161.56	23779.19
11	22269.40	143807.50	25288.98	25855.15	47558.39
12	19088.06	28761.50	30346.78	25855.15	17834.39
13	22269.40	20543.93	18966.74	31026.19	20382.17
14	22269.40	15978.61	30346.78	25855.15	17834.39
15	22269.40	14380.75	30346.78	25855.15	20382.17
16	14846.27	23967.92	25288.98	22161.56	20382.17

a. Perhitungan Interval Modulus Elastisitas *Silika Fume* 0%

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

$$Dk = n - 1 = 16 - 1 = 15$$

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

Dimana : X = Nilai rata-rata = 21646,39
s = Standar deviasi = 6707,07
P = Persentil
 $t_{0,975}$ = nilai t pada persentil 0,975

Maka interval kepercayaannya adalah :

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

$$= 21646,39 - \left(2,131x \frac{6707,07}{\sqrt{16}} \right) < \mu < 21646,39 + \left(2,131x \frac{6707,07}{\sqrt{16}} \right)$$

$$= 18073,20 < \mu < 25219,58$$

Dari hasil perhitungan di atas maka interval untuk modulus

elastisitas :

Batas bawah = 18073,20

Batas atas = 25219,58

Sehingga data yang di uji ada yang tidak termasuk batas bawah dan batas atas **Tabel 5.21.**

b. Perhitungan Interval Modulus Elastisitas *Silika Fume* 0,5%

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 = 33098,55
s = Standar deviasi = 30700,61
P = Persentil
 $t_{0,975}$ = nilai t pada persentil 0,975

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 33098,55 - \left(2,131 x \frac{30700,55}{\sqrt{16}} \right) < \mu < 33098,55 + \left(2,131 x \frac{30700,55}{\sqrt{16}} \right) \\
 &= 16742,80 < \mu < 49454,30
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka interval untuk modulus elastisitas :

Batas bawah = 16742,80

Batas atas = 49454,30

Sehingga data yang di uji ada yang tidak termasuk batas bawah dan batas atas. **Tabel 5.21**

c. Perhitungan Interval Modulus Elastisitas Silika Fume 1%

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 = 35099,75

s = Standar deviasi = 31311,31

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 35099,75 - \left(2,131 x \frac{31311,31}{\sqrt{16}} \right) < \mu < 35099,75 + \left(2,131 x \frac{31311,31}{\sqrt{16}} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 18418,65 < \mu < 51780,85$$

Dari hasil perhitungan di atas maka interval untuk modulus elastisitas :

Batas bawah = 18418,65

Batas atas = 51780,85

Sehingga data yang di uji ada yang tidak termasuk batas bawah dan batas atas. **Tabel 5.21**

d. Perhitungan Interval Modulus Elastisitas Silika Fume 1,5%

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 = 29133,22

s = Standar deviasi = 13258,49

P = Persentil

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



Maka interval kepercayaannya adalah :

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

$$= 29133,22 - \left(2,131 \cdot x \frac{13258,49}{\sqrt{16}} \right) < \mu < 29133,22 + \left(2,131 \cdot x \frac{13258,49}{\sqrt{16}} \right)$$

$$= 22069,76 < \mu < 36196,68$$

Dari hasil perhitungan di atas maka interval untuk modulus elastisitas :

Batas bawah = 22069,76

Batas atas = 36196,68

Sehingga data yang di uji ada yang tidak termasuk batas bawah dan batas atas. **Tabel 5.21**

e. Perhitungan Interval Modulus Elastisitas *Silika Fume* 0%

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{1}{2} (1 + 0,95) = 0,975 \\
 Dk &= n - 1 = 16 - 1 = 15 \\
 t_{0,975} &= 2.131 (\text{table student}) \\
 \text{Dimana : } X &= \text{Nilai rata-rata} = 23050,25 \\
 s &= \text{Standar deviasi} = 7221,79 \\
 P &= \text{Persentil} \\
 t_{0,975} &= \text{nilai t pada persentil } 0,975
 \end{aligned}$$

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 23050,25 - \left(2,131 x \frac{7221,79}{\sqrt{16}} \right) < \mu < 23050,25 + \left(2,131 x \frac{7221,79}{\sqrt{16}} \right) \\
 &= 19202,84 < \mu < 26897,66
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas maka interval untuk modulus elastisitas :

$$\text{Batas bawah} = 19202,84$$

$$\text{Batas atas} = 26897,66$$

Sehingga data yang di uji ada yang tidak termasuk batas bawah dan batas atas. **Tabel 5.21**

Maka data pada variasi *Silika Fume* 0% yang memenuhi syarat berjumlah 13 buah, pada variasi *Silika Fume* 0, 5% yang memenuhi syarat berjumlah 13 buah, pada variasi *Silika Fume* 1% yang memenuhi syarat

berjumlah 15 buah, pada variasi *Silika Fume* 1,5% yang memenuhi syarat berjumlah 15 buah, dan pada variasi *Silika Fume* 2% yang memenuhi syarat berjumlah 11 buah, setelah di sortir maka datanya lihat (**Tabel 5.21**) berikut:

Tabel 5.21 Hasil Perhitungan Interval Modulus Elastisitas
Tabel Data Modulus Elastisitas

No	E = fci/ε				
	0%	0,5%	1%	1,5%	2%
1	22269.40	23967.92	25288.98	25855.15	-
2	19088.06	20543.93	25288.98	-	20382.17
3	22269.40	20543.93	25288.98	22161.56	23779.19
4	19088.06	28761.50	30346.78	25855.15	-
5	-	35951.88	21676.27	25855.15	23779.19
6	-	47935.83	30346.78	31026.19	20382.17
7	19088.06	35951.88	-	22161.56	20382.17
8	19088.06	20543.93	30346.78	25855.15	23779.19
9	22269.40	23967.92	30346.78	31026.19	23779.19
10	22269.40	23967.92	30346.78	22161.56	23779.19
11	22269.40	-	25288.98	25855.15	-
12	19088.06	28761.50	30346.78	25855.15	-
13	22269.40	20543.93	18966.74	31026.19	20382.17
14	22269.40	-	30346.78	25855.15	-
15	22269.40	-	30346.78	25855.15	20382.17
16	-	23967.92	25288.98	22161.56	20382.17

5.3. Pengujian Hipotesis

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

a. Perhitungan pengujian Hipotesis Kuat Tekan

Tabel 5.22 Data Nilai Kuat TekanTegang Hancur

Hipotesis kuat tekan silika fume

No	0	0.5	1	1.5	2	Jumlah
1	33.40	35.95	37.93	38.78	35.67	181.74
2	33.69	35.67	36.52	37.93	34.82	178.63
3	35.39	35.95	40.20	39.92	34.82	186.27
4	35.67	35.95	37.93	37.37	34.82	181.74
5	35.10	35.95	39.92	39.92	35.39	186.27
6	33.69	35.39	39.92	39.63	35.39	184.01
7	35.39	35.39	36.52	36.80	33.69	177.78
8	35.39	34.82	39.35	39.07	35.67	184.29
9	33.69	35.95	39.35	38.78	35.39	183.16
10	34.54	35.95	37.37	38.78	34.82	181.46
11	33.69	35.39	39.35	39.07	34.82	182.31
12	31.42	35.39	40.20	39.92		146.92
13	33.69	36.23	39.07	39.07		148.05
14	32.84		39.63	38.78		111.25
Jumlah	477.57	463.98	543.24	543.81	385.28	2413.87
Banyak	14	13	14	14	11	66
rata-rata	34.11	35.69	38.80	38.84	35.03	182.47

Selanjutnya diperlukan :

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

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

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

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

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

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

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

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

keterangan :

Y = Data-data pengamatan

n = Banyak pengamatan

J = Jumlah dari data-data pengamatan

k = Variasi perlakuan

dari tabel di atas selanjutnya dihitung :

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

$$\begin{aligned} \sum Y^2 &= (33,40)^2 + (35,95)^2 + \dots + (37,93^2) + (38,78^2) + (35,67^2) \\ &= 88604,72 \end{aligned}$$

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

$$R_y = \frac{2413,87^2}{66} = \frac{5826774,15}{66} = 88284,46$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned} P_y &= \left(\frac{477,57^2}{14} + \frac{463,98^2}{13} + \frac{543,24^2}{14} + \frac{543,81^2}{14} + \frac{385,28^2}{11} \right) - \\ &88284,46 \\ &= 88547,51 - 88284,46 = 263,0552 \end{aligned}$$

Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = 88604,72 - 88284,46 - 263,0552 = 57,21$$

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

Tabel 5.23 Analisa Varian untuk kuat tekan

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata-rata	1	88604,72	88604,72
Antar perlakuan	4	263,055	65,764
Dalam Perlakuan	61	57,21	0,9378
Jumlah		66	

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

$$F_{\text{hitung}} = \frac{65,764}{0,9378} = 70,121$$

Dalam tabel I pada buku *Metoda Statistik Teori dan Aplikasi Edisi ke 6 Jilid 2 (J. Supranto, MA)*, nilai $F_{\text{tabel}}(0,05 ; 4 ; 61) = 2,52$. Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 70,121 > F_{\text{tabel}} = 2,52$. Dengan demikian H_a diterima dan H_o ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh secara nyata (signifikan) kuat tekan beton PET 0,7% akibat pemberian variasi penambahan silika fume.

b. Perhitungan pengujian Hipotesis Kuat Tarik Belah

Tabel 5.24 Analisa Varian untuk kuat tarik belah

No	0	0.5	1	1.5	2	Jumlah
1	7110.33	7323.64	6968.12	6922.87	7110.33	35435.28
2	6787.13	6990.74	7252.53	7252.53	6463.93	34746.87
3	6948.73	7157.19	7252.53	6922.87	7271.92	35553.25
4	6463.93	6657.85	7252.53	7911.85	7433.52	35719.69
Jumlah	27310.12	28129.42	28725.72	29010.13	28279.71	141455.09
Banyak	4	4	4	4	4	20
Rata-rata	6827.53	7032.36	7181.43	7252.53	7069.93	35363.77

Selanjutnya diperlukan :

- 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 :

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

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

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

keterangan :

Y = Data-data pengamata

n = Banyak pengamatan

J = Jumlah dari data-data pengamatan

k = Variasi perlakuan

dari tabel di atas selanjutnya dihitung :

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

$$\begin{aligned}\Sigma Y^2 &= (7110,33)^2 + (7323,64)^2 + \dots + (6968,12)^2 + (6922,87)^2 + (7110,33)^2 \\ &= 1002626276,77\end{aligned}$$

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

$$R_y = \frac{141455,09^2}{20} = \frac{20009543023,94}{20} = 1000477151,20$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}P_y &= \left(\frac{27310,12^2}{4} + \frac{28129,42^2}{4} + \frac{28725,72^2}{4} \right. \\ &\quad \left. + \frac{29019,53^2}{4} + \frac{28279,71^2}{4} \right) - 1000477151,20 \\ &= 1000900775 - 1000477151,20 = 423624,2105\end{aligned}$$

Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = 1002626276,77 - 1000477151,20 - 423624,2105 = 1725501,36$$

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

Tabel 5.25 Analisa Varian untuk kuat tarik belah

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata-rata	1	1002626276.77	1002626276.77
Antar perlakuan	4	423624.2105	105906.0526
Dalam Perlakuan	15	1725501.36	115033.4242
Jumlah		20	

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

$$F_{\text{hitung}} = \frac{105906,1}{115033,4} = 0,92$$

Dalam tabel I pada buku *Metoda Statistik Teori dan Aplikasi Edisi ke 6 Jilid 2 (J. Supranto, MA)*, nilai $F_{\text{tabel}}(0,05 ; 4 ; 19) = 3,05$. Jadi nilai

$F_{hitung} = 0,92 > F_{tabel} = 3,05$. Dengan demikian H_a ditolak H_o diterima, yang berarti bahwa tidak terdapat perbedaan secara nyata pada kuat tarik belah akibat pemberian variasi penambahan silika fume pada beton PET 0,7%.

c. Perhitungan pengujian Hipotesis Modulus Elastisitas

Tabel 5.26 Data Nilai Modulus Elastisitas

Hipotesis Modulus Elastisitas F'c 30 PET 7 % silika fume

No	0	0.5	1	1.5	2	Jumlah
1	22269.40	23967.92	25288.98	25855.15	20382.17	117763.62
2	19088.06	20543.93	25288.98	22161.56	23779.19	110861.73
3	22269.40	20543.93	25288.98	25855.15	23779.19	117736.66
4	19088.06	28761.50	30346.78	25855.15	20382.17	124433.66
5	19088.06	35951.88	21676.27	31026.19	20382.17	128124.56
6	19088.06	47935.83	30346.78	22161.56	23779.19	143311.43
7	22269.40	35951.88	30346.78	25855.15	23779.19	138202.41
8	22269.40	20543.93	30346.78	31026.19	23779.19	127965.49
9	22269.40	23967.92	30346.78	22161.56	20382.17	119127.83
10	19088.06	23967.92	25288.98	25855.15	20382.17	114582.28
11	22269.40	28761.50	30346.78	25855.15	20382.17	127615.00
12	22269.40	20543.93	18966.74	31026.19		92806.25
13	22269.40	23967.92	30346.78	25855.15		102439.25
14			30346.78	25855.15		56201.93
15			25288.98	22161.56		47450.54
Jumlah	273595.5 2	355409.9 7	354226.4 0	388566.0 4	241188.9 6	1612986.8 9
Banyak	13	13	15	15	11	67
rata-rata	21045.81	27339.23	27248.18	25904.40	21926.27	123463.89

Selanjutnya diperlukan :

➤ 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 :

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

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

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

keterangan :

Y = Data-data pengamatan

n = Banyak pengamatan

J = Jumlah dari data-data pengamatan

k = Variasi perlakuan

dari tabel di atas selanjutnya dihitung :

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

$$\begin{aligned} \Sigma Y^2 &= (22269,40)^2 + (23967,92)^2 + \dots + (25288,98)^2 \\ &\quad + (25855,15)^2 + (20382,17)^2 \\ &= 43227451226,82 \end{aligned}$$

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

$$R_y = \frac{1612986,89^2}{64} = \frac{2601726708728,46}{64} = 38831741921,32$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$P_y = \left(\frac{22269,40^2}{13} + \frac{23967,92^2}{13} + \frac{25288,98^2}{15} + \frac{25855,15^2}{15} + \left(\frac{20382,17^2}{11} \right) - 38831741921,32 \right) = 39193708159 - 38831741921,32 = 361966237,3$$

Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = 43227451226,82 - 38831741921,32 - 361966237,3 = 4033743068,25$$

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

Tabel 5.27 Analisa Varian untuk modulus Elastisitas

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata-rata	1	43227451226.82	43227451226.82
Antar perlakuan	4	361966237.3	90491559.31
Dalam Perlakuan	62	4033743068.25	65060372.07
Jumlah		66	

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

$$F_{\text{hitung}} = \frac{90491559,31}{65060372} = 6,09$$

Dalam tabel I pada buku Statika untuk penelitian (*sugiyono, 2012;382*), nilai $F_{\text{tabel}}(0,05 ; 4 ; 62) = 2,52$. Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 6,09 > F_{\text{tabel}} = 2,52$. Dengan demikian H_a diterima H_o ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pemberian variasi penambahan silika fume pada modulus elastisitas beton PET 0,7%.

5.4 Analisis Regresi dan Pembahasan

Data yang telah mengalami penyortiran pada pengujian interval kepercayaan pada sub bab 5.2 kemudian dicari hubungan sifat mekanis (kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas) beton PET 0,7% sebagai sumbu Y dengan variasi *Silika Fume* yang telah diberikan sebagai sumbu X.

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.

Tabel 5.29 Nilai Kuat Tekan Tiap variasi

Variasi Silika Fume	fc'
0	34.82
0,5	38.28
1	39.27
1,5	40.16
2	37.20

Tabel 5.30 Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0.00	34.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1212.18
2	0.50	38.28	0.25	0.13	0.06	19.14	9.57	1465.28
3	1.00	39.27	1.00	1.00	1.00	39.27	39.27	1542.11
4	1.50	40.16	2.25	3.38	5.06	60.24	90.36	1612.88
5	2.00	37.20	4.00	8.00	16.00	74.41	148.81	1384.08
Total	5.00	189.73	7.50	12.50	22.13	193.06	288.01	7216.53

Dari Tabel 5.30 maka didapat persamaan :

$$189,73 = 5a + 5b + 7,5c$$

$$193,06 = 5a + 7,5b + 12,50c$$

$$288,01 = 7,5a + 12,5b + 22,13c$$

Dari ketiga persamaan didapat :

$$a = 34,76$$

$$b = 8,725$$

$$c = -3,697$$

Maka persamaannya adalah :

$$\hat{Y} = -3,697x^2 + 8,725x + 34,76$$

Mencari koefisien determinasi (R^2) :

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

$$= \left(8,725 \left\{ 193,06 - \frac{5 \times 189,73}{5} \right\} \right) + \left(-3,697 \left\{ 288,01 - \frac{7,50 \times 189,73}{5} \right\} \right)$$

$$= 29,034 - 12,645$$

$$= 16,389$$

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

$$= 7216,53 - \frac{(189,73)^2}{5}$$

$$= 17,113$$

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

$$= \frac{16,429}{17,035}$$
$$= 0,957$$

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan Silika Fume dengan $f'c$ 30 menghasilkan persamaan $y = -3,697 x^2 + 8,725 x + 34,76$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,957. Hal ini berarti bahwa 95,7% perubahan nilai $f'c$ 30 dipengaruhi oleh variasi silika fume sedangkan sisanya dipengaruhi oleh hal yang lain.

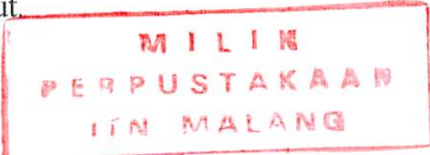
Pengujian analisis regresi ini juga dapat dilakukan dengan bantuan software MS Excel XP dengan ketelitian yang lebih baik.

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

5.4.1 Sub Pembahasan

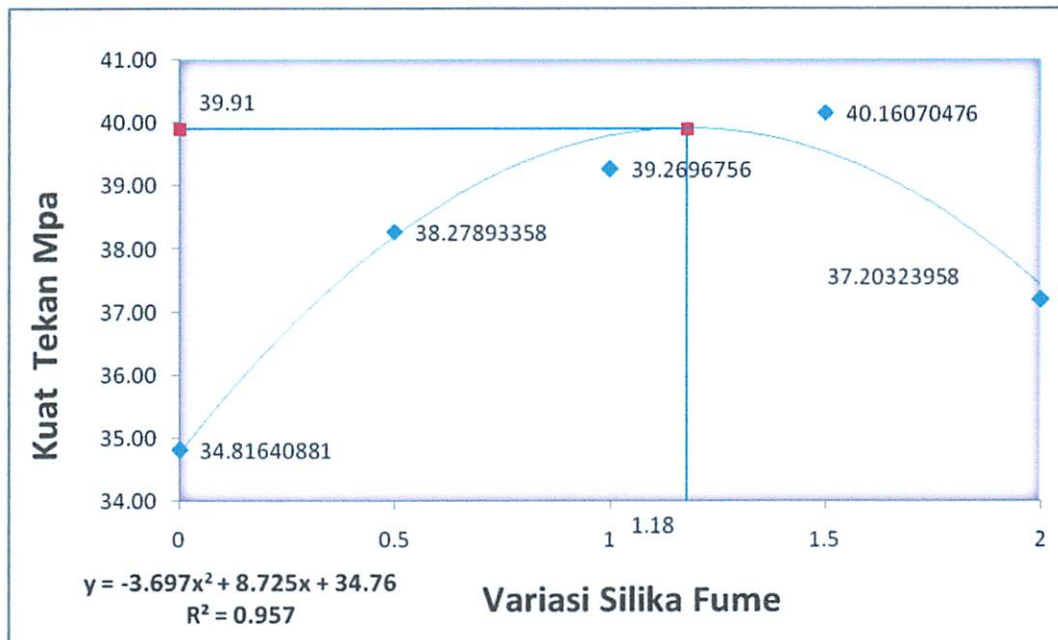
Dari pengujian analisis regresi, dapat dilihat trend dari grafik yang dihasilkan dari titik-titik yang telah dihubungkan. Selain itu dapat juga dicari nilai optimum variasi Silika Fume. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat rekomendasikan hal-hal sebagai berikut.

a. Kuat Tekan



Tabel 5.31 Nilai f_c' tiap variasi

Variasi Silika Fume	f_c'
0	34.82
0,5	38.28
1	39.27
1,5	40.16
2	37.20



Grafik 5.1. Hubungan antara nilai Kuat Tekan dengan Variasi Silika Fume

Terjadi kenaikan nilai Kuat Tekan akibat penambahan Silika Fume. Dengan cara penurunan fungsi kuadrat, didapatkan nilai tertinggi Kuat

Tekan yakni sebesar 40,161 Mpa. Kenaikan yang terjadi adalah sebesar 15,34 % yakni dari nilai $f'c$ 34,816 Mpa sampai $f'c$ 40,161 Mpa. Tetapi, semakin bertambahnya Silika Fume maka nilai Kuat Tekan menurun hingga 7,365 % yakni dari $f'c$ 40,161 Mpa sampai $f'c$ 37,203 Mpa. Kenaikan dan penurunan nilai Kuat Tekan $f'c$ ini diakibatkan oleh bertambahnya Silika Fume sebagai Pengganti Semen. Semakin bertambahnya Silika Fume maka Kuat Tekan akan semakin besar. Namun jika silika Fume terlalu banyak, maka hal ini mengakibatkan penurunan Kuat Tekan.

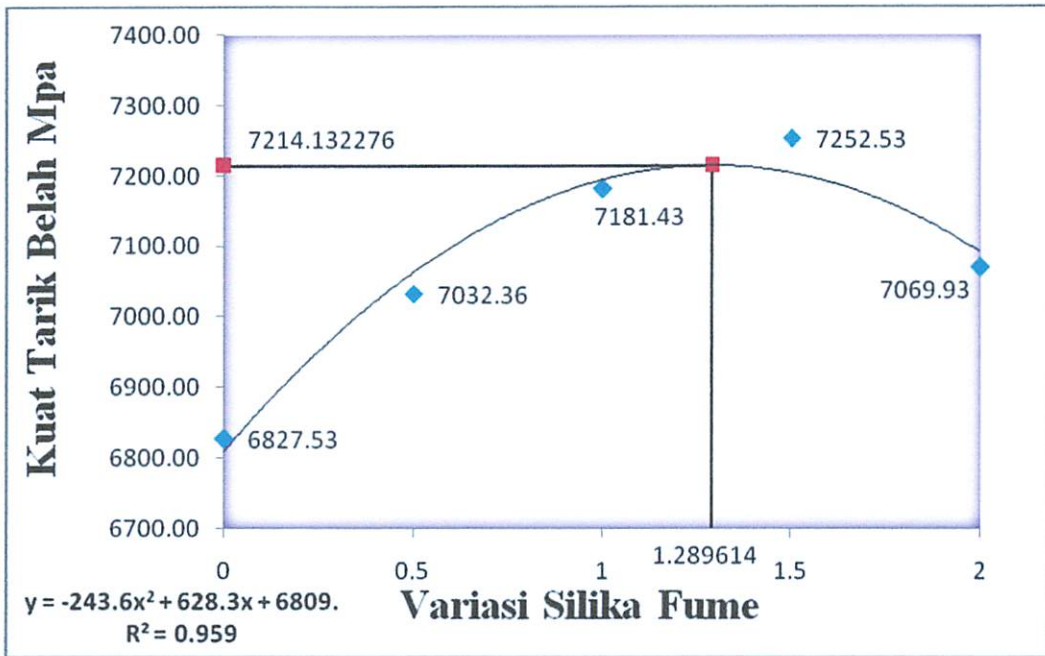
Dari uji hipotesis didapatkan $F_{hitung} = 70,12$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,52$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima, yang berarti bahwa ada pengaruh secara nyata nyata (signifikan) variasi penambahan Silika Fume terhadap nilai $f'c$ (**Kuat Tekan**).

Sedang berdasarkan analisa regresi maka didapatkan persamaan $y = -3,697 x^2 + 8,725 x + 34,76$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,964$ maka dapat dikatakan bahwa sebanyak 96,4% nilai Kuat Tekan $f'c$ yang dihasilkan dipengaruhi oleh variasi Silika Fume yang diberikan, dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Jadi variasi Silika Fume dominan mempengaruhi nilai Kuat Tekan.

b. **Kuat Tarik Belah**

Tabel 5.32 Nilai rata-rata tiap variasi

Variasi Silika Fume	Tegang Hancur
0.0	6827.53
0.5	7032.36
1	7181.43
1,5	7252.53
2	7069.93



Grafik 5.2. Hubungan antara nilai Kuat Tarik Belah dengan Silika Fume

Dengan cara penurunan fungsi kuadrat, didapatkan nilai tertinggi Kuat Tarik Belah 7252,53 Mpa. Kenaikan yang terjadi adalah sebesar 6,224 % yakni dari nilai 6827,53 Mpa sampai 7252,53 Mpa. Tetapi, semakin bertambahnya Silika Fume, maka nilai Tarik Belah menurun hingga 2,52 % yakni dari 7252,53 Mpa sampai 7069,93 Mpa. Kenaikan dan penurunan nilai Kuat Tarik Belah diakibatkan oleh bertambahnya Silika Fume sebagai pengganti semen. Namun semakin bertambahnya Silika Fume maka kuat Tarik Belah semakin kecil.

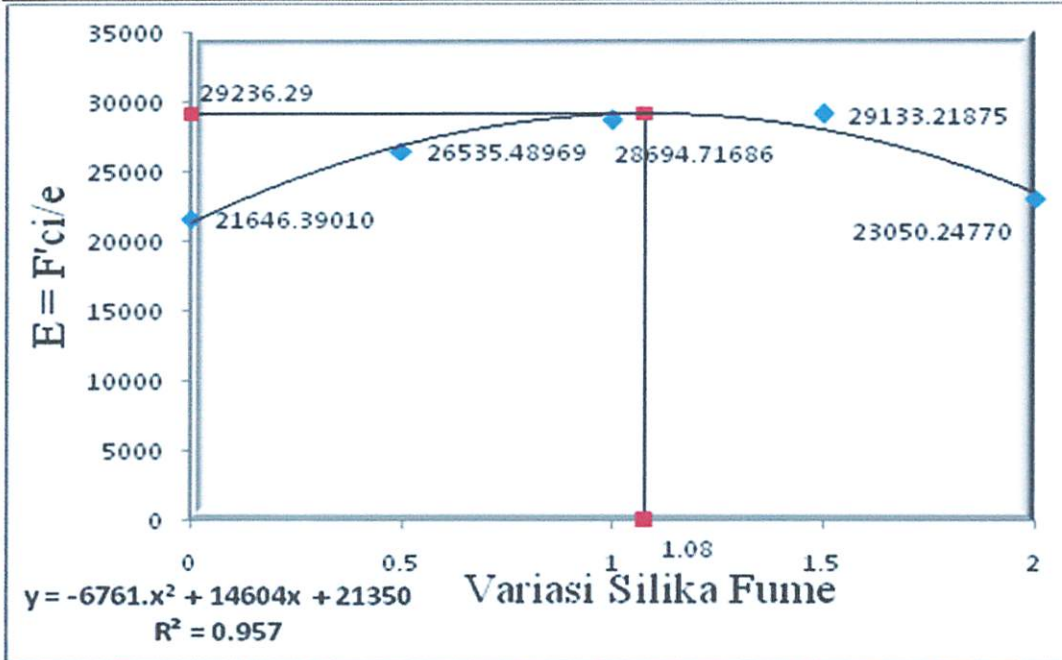
Dari uji hipotesis didapatkan $F_{hitung} = 0,92$ yang lebih kecil dari $F_{tabel} = 3,05$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak yaitu tidak ada pengaruh yang nyata pemberian variasi penambahan Silika Fume terhadap kuat tarik belah.

Sedang berdasarkan analisa regresi maka didapatkan persamaan $y = -243,6x^2 + 628,3x + 6809$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,960$ maka berarti bahwa 96% perubahan nilai Tarik Belah diakibatkan oleh variasi PET 0,7% dan Silika Fume yang diberikan, dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Jadi variasi Silika Fume mempengaruhi nilai Kuat Tarik Belah, namun perubahan tidak terjadi secara ekstrim atau nyata dibuktikan dengan hasil uji hipotesis (uji F).

c. Modulus Elastisitas

Tabel 5.33 Nilai rata-rata tiap variasi

Variasi Silika Fume	Tegang Hancur
0.00	21646.39
0.50	26535.49
1.00	28694.72
1.50	29133.22
2.00	23050.25



Grafik 5.3. Hubungan antara nilai Modulus Elastisitas dengan Silika Fume

Terjadi penurunan nilai Kuat Tarik Belah akibat penambahan PET 7% dan Silika Fume. Dengan cara penurunan fungsi kuadrat, didapatkan nilai tertinggi Modulus Elastisitas 29133.21875 Mpa. Kenaikan yang terjadi adalah sebesar 34,587 % yakni dari nilai 21646,39 Mpa sampai 29133.21875 Mpa. Tetapi, semakin bertambahnya Silika Fume, maka nilai Modulus Elastisitas menurun hingga 20,88 % yakni dari 29133.21875 Mpa sampai 23050.2477 Mpa. Kenaikan dan penurunan nilai Modulus Elastisitas diakibatkan oleh bertambahnya Silika Fume sebagai pengganti

semen. Semakin bertambahnya Silika Fume maka Modulus Elastisitas semakin kecil.

Dari uji hipotesis didapatkan $F_{hitung} = 8,98$ yang lebih besar dari $F_{tabel} = 2,52$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Hal ini berarti bahwa ada pengaruh yang signifikan nilai modulus elastisitas akibat variasi penambahan Silika Fume.

Sedang berdasarkan analisa regresi maka didapatkan persamaan $y = -6761x^2 + 14604x + 21350$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,957$ maka berarti bahwa **95,7%** perubahan nilai Modulus Elastisitas diakibatkan oleh variasi PET 0,7% dan Silika Fume yang diberikan, dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Jadi variasi Silika Fume mempengaruhi nilai Modulus Elastisitas.

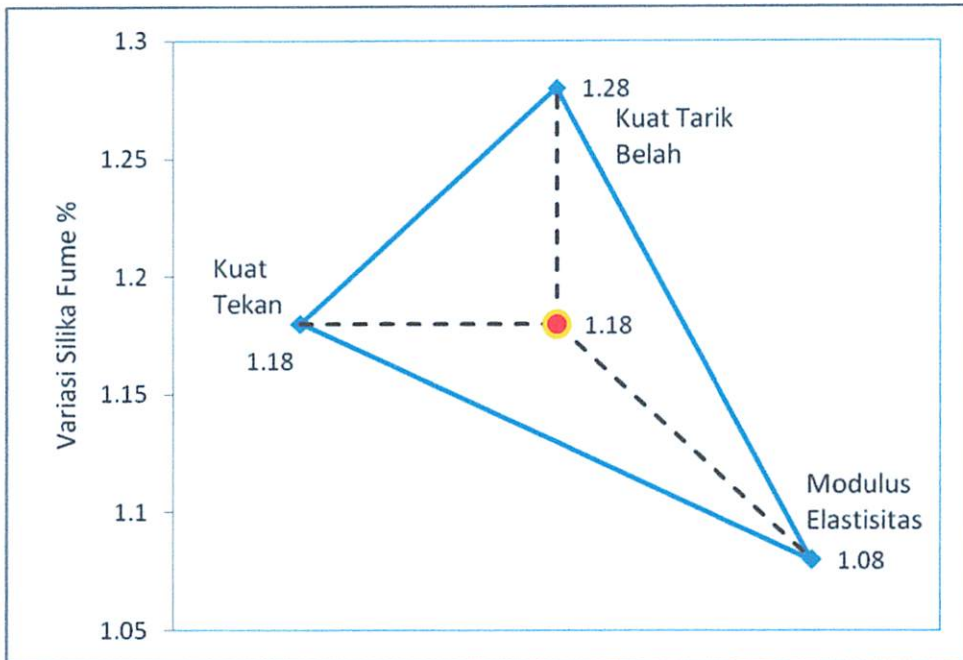
5.5 Pembahasan

Secara umum, variasi PET 0,7% dan Silika Fume sebagian besar memberikan perbedaan yang signifikan yakni pada Sifat Mekanis Beton Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas, dibuktikan melalui uji hipotesis yang menghasilkan $F_{hitung} > F_{tabel}$. Sedangkan pada sifat mekanis Kuat Tarik Belah tidak terdapat perbedaan yang signifikan, dibuktikan melalui uji hipotesis yang menghasilkan $F_{hitung} < F_{tabel}$.

Dengan demikian pada Sifat Mekanis Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas H_a diterima dan pada sifat mekanis Kuat Tarik Belah H_a ditolak.

Sedangkan Nilai Optimum dari variasi Silika Fume 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% adalah variasi Silika Fume **1,8%** yang menghasilkan Kuat

Tekan maksimal **39,91 Mpa**, Variasi silika Fume **1,28%** Untuk kuat Tarik Belah maksimal **7214,13 Mpa**. Variasi silika fume 1,08% Untuk Modulus Elastisitas maksimal **29236,29 Mpa**.



Grafik 5.4. Kadar Silika Fume Optimum

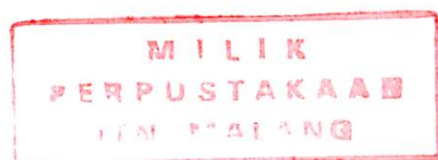
Dari ketiga nilai optimum masing-masing sifat mekanis, kemudian dicari satu nilai optimum secara umum. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai optimum penambahan Silika Fume secara umum adalah 1,18%. Angka tersebut didapat dari titik berat segitiga yang disusun dari ketiga nilai optimum masing-masing sifat mekanis.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari keseluruhan rangkaian penelitian Beton PET 0,7% dengan variasi *silika fume* 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% yang telah dilakukan, dapat disimpulkan dan direkomendasikan hal-hal sebagai berikut :

1. Terjadi perbedaan nilai sifat mekanis beton PET 0,7 % dengan penambahan *silika fume* sebagai bahan pengganti semen akan meningkatkan kekuatan sifat Mekanis maksimum. Kuat Tekan **40,16 MPa**, Modulus Elastisitas **29133,21 MPa**. Kuat Tarik Belah **7252,53 Mpa**.
2. Persentase perbedaan sifat mekanis beton PET 0,7% dengan penambahan aditif *silika fume* pada sifat mekanis Kuat Tekan sebesar 15,34 % nilai $f'c$ **34,816 Mpa** tanpa aditif sampai $f'c$ **40,161 Mpa** dengan penambahan aditif. Kuat Tarik Belah sebesar 6,224 % nilai **6827,53 Mpa** sampai **7252,53 Mpa**. Modulus Elastisitas sebesar 34,587 % nilai **21646,39 Mpa** sampai **29133.21875 Mpa**. Semakin banyak penambahan silika fume semakin menurun nilai sifat mekanisnya.
3. Nilai Optimum penambahan *Silika fume* terhadap Beton PET 0,7% terjadi pada variasi **1,28 %**.



6.2. Saran

Karena keterbatasan waktu penelitian, maka untuk penelitian selanjutnya penulis dapat menyarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Agregat merupakan elemen yang rentan oleh perubahan suhu, dan akan menyebabkan setiap parameternya mudah berubah (kadar air, berat jenis, berat isi), dan pada akhirnya mix design campuran beton tidak sesuai dengan nilai kuat tekan rencana, banyak terjadi kesalahan dalam pencampuran sehingga volume campuran bertambah lebih dari 100%. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan lebih seksama dan teliti.
2. Penelitian ini menggunakan Beton Limbah Plastik (*PET*). Dengan zat aditif *Silika Fume* yang berfungsi untuk meningkatkan Nilai Kuat Tekan Beton dan menambah nilai Kuat Tarik Belah Beton. Sebaiknya juga dilakukan penelitian dengan menggunakan Limbah atau bahan aditif yang mempunyai fungsi yang berbeda atau pun sama. Karena zat aditif *silika fume* di liat dari segi ekonomis biaya terlalu mahal.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 211.1-91.** *Recommended practice for selecting proportions for normal and heavyweight concrete.* ACI manual of concrete practice, 1977.
- 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
- 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.
- 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.
- Parsudi, Yoga Christian. 2010.** *Pemanfaatan Limbah Marmer (20%) Sebagai Pengganti Agregat Kasar Dengan Bahan Tambahan Fly Ash Dan Silica Fume Untuk Beton Mutu Tinggi.* Skripsi. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional. Malang
- Prana Indonesia. 2007.** *Plastik #1: PETE atau PET* <http://praindonesia.wordpress.com/plastik-1-pete-atau-pet/>

Diakses tanggal 01 April 2012

Seminar nasional teknik sipil Politeknik Negri Jakarta. 2010 (Pratiko, Jurnal). Beton ringan

- ber-agregat limbah botol plastic jenis PET (poly Ethylene Terephtalate).

Hermansyah Fajar, M. 2008. *Pembuatan Dan Karakteristik Beton Geopo*; Skripsi. Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

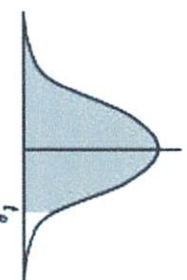
<http://en.wikipedia.org/wiki>

LAMPIRAN

LAMPIRAN

LAMPIRAN

Sebaran t-Student



Nilai persentil untuk distribusi t
 $v = dk$
 (Bilangan dalam badan tabel menyatakan t_p)

v	t																		
	0.9995	0.995	0.99	0.975	0.95	0.9	0.8	0.75	0.7	0.75	0.6	0.55	0.5						
1	636.619	63.657	31.821	12.706	6.314	3.078	1.376	1.000	0.727	1.000	0.325	0.158	0.000						
2	31.599	9.925	6.965	4.303	2.920	1.896	1.061	0.816	0.617	0.816	0.289	0.142	0.000						
3	12.924	5.841	4.541	3.182	2.353	1.638	0.978	0.765	0.584	0.765	0.277	0.137	0.000						
4	8.610	4.604	3.747	2.776	2.132	1.533	0.941	0.741	0.569	0.741	0.271	0.134	0.000						
5	6.869	4.032	3.365	2.571	2.015	1.476	0.920	0.727	0.559	0.727	0.267	0.132	0.000						
6	5.959	3.707	3.143	2.447	1.943	1.440	0.906	0.718	0.553	0.718	0.265	0.131	0.000						
7	5.408	3.499	2.998	2.365	1.895	1.415	0.896	0.711	0.549	0.711	0.263	0.130	0.000						
8	5.041	3.355	2.896	2.306	1.860	1.397	0.889	0.706	0.546	0.706	0.262	0.130	0.000						
9	4.781	3.250	2.821	2.262	1.833	1.383	0.883	0.703	0.543	0.703	0.261	0.129	0.000						
10	4.587	3.169	2.764	2.228	1.812	1.372	0.879	0.700	0.542	0.700	0.260	0.129	0.000						
11	4.437	3.106	2.718	2.201	1.796	1.363	0.876	0.697	0.540	0.697	0.260	0.128	0.000						
12	4.318	3.055	2.681	2.179	1.782	1.356	0.873	0.695	0.539	0.695	0.259	0.128	0.000						
13	4.221	3.012	2.650	2.160	1.771	1.350	0.870	0.694	0.538	0.694	0.259	0.128	0.000						
14	4.140	2.977	2.624	2.145	1.761	1.345	0.868	0.692	0.537	0.692	0.258	0.128	0.000						
15	4.073	2.947	2.602	2.131	1.753	1.341	0.866	0.691	0.536	0.691	0.258	0.128	0.000						
16	4.015	2.921	2.583	2.120	1.746	1.337	0.865	0.690	0.535	0.690	0.258	0.128	0.000						
17	3.965	2.898	2.567	2.110	1.740	1.333	0.863	0.689	0.534	0.689	0.257	0.128	0.000						
18	3.922	2.878	2.552	2.101	1.734	1.330	0.862	0.688	0.534	0.688	0.257	0.127	0.000						
19	3.883	2.861	2.539	2.093	1.729	1.328	0.861	0.688	0.533	0.688	0.257	0.127	0.000						
20	3.850	2.845	2.528	2.086	1.725	1.325	0.860	0.687	0.533	0.687	0.257	0.127	0.000						
21	3.819	2.831	2.518	2.080	1.721	1.323	0.859	0.686	0.532	0.686	0.257	0.127	0.000						
22	3.792	2.819	2.508	2.074	1.717	1.321	0.858	0.686	0.532	0.686	0.256	0.127	0.000						
23	3.768	2.807	2.500	2.069	1.714	1.319	0.858	0.685	0.532	0.685	0.256	0.127	0.000						
24	3.745	2.797	2.492	2.064	1.711	1.318	0.857	0.685	0.531	0.685	0.256	0.127	0.000						
25	3.725	2.787	2.485	2.060	1.708	1.316	0.856	0.684	0.531	0.684	0.256	0.127	0.000						
26	3.707	2.779	2.479	2.056	1.706	1.315	0.856	0.684	0.531	0.684	0.256	0.127	0.000						
27	3.690	2.771	2.473	2.052	1.703	1.314	0.855	0.684	0.531	0.684	0.256	0.127	0.000						
28	3.674	2.763	2.467	2.048	1.701	1.313	0.855	0.683	0.530	0.683	0.256	0.127	0.000						
29	3.659	2.756	2.462	2.045	1.699	1.311	0.854	0.683	0.530	0.683	0.256	0.127	0.000						
30	3.646	2.750	2.457	2.042	1.697	1.310	0.854	0.683	0.530	0.683	0.256	0.127	0.000						
40	3.551	2.704	2.423	2.021	1.684	1.303	0.851	0.681	0.529	0.681	0.255	0.126	0.000						
60	3.460	2.660	2.390	2.000	1.671	1.296	0.848	0.679	0.527	0.679	0.254	0.126	0.000						
120	3.373	2.617	2.358	1.980	1.658	1.289	0.845	0.677	0.526	0.677	0.254	0.126	0.000						
∞	2.581	2.330	1.962	1.646	1.282	1.282	1.282	1.282	0.842	0.675	0.525	0.125	0.125						

TABEL XII
NILAI-NILAI UNTUK DISTRIBUSI F

Barts atas untuk 5%
Barts bawah untuk 1%

v ₁ - dk peyabut	v ₁ - dk pembilang																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	1000
1	181	200	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	254	254
2	4052	4599	5403	5825	5761	5839	5878	5911	5938	5962	5984	6008	6042	6072	6108	6153	6204	6258	6318	6382	6450	6521	6594	6669
3	14511	16200	18118	19235	19230	19330	19325	19327	19328	19329	19330	19331	19332	19333	19334	19335	19336	19337	19338	19339	19340	19341	19342	19343
4	8448	9201	9917	9825	9830	9833	9834	9835	9836	9837	9838	9839	9840	9841	9842	9843	9844	9845	9846	9847	9848	9849	9850	9851
5	1013	956	876	812	801	854	851	854	851	851	851	851	851	851	851	851	851	851	851	851	851	851	851	851
6	3412	3081	2848	2671	2624	2701	2707	2748	2734	2733	2733	2733	2733	2733	2733	2733	2733	2733	2733	2733	2733	2733	2733	2733
7	771	684	659	639	626	639	626	604	600	598	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
8	2120	1800	1669	1568	1562	1521	1484	1430	1458	1454	1454	1454	1454	1454	1454	1454	1454	1454	1454	1454	1454	1454	1454	1454
9	681	678	641	619	605	605	605	605	605	605	605	605	605	605	605	605	605	605	605	605	605	605	605	605
10	1528	1327	1205	1139	1097	1067	1045	1022	1015	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005	1005
11	589	514	478	453	439	423	421	415	410	405	403	400	396	392	387	384	384	384	384	384	384	384	384	384
12	1274	1092	978	915	875	847	826	810	798	787	778	772	760	752	739	731	723	714	708	702	698	694	688	688
13	559	474	436	412	397	387	379	372	368	363	357	352	348	344	341	341	341	341	341	341	341	341	341	341
14	1276	855	785	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745
15	532	448	407	384	369	354	350	344	338	334	331	328	325	322	319	317	317	317	317	317	317	317	317	317
16	1126	855	785	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745	745
17	512	426	388	362	348	337	333	327	323	319	317	315	313	311	309	307	307	307	307	307	307	307	307	307
18	1899	1802	1859	1842	1805	1805	1805	1805	1805	1805	1805	1805	1805	1805	1805	1805	1805	1805	1805	1805	1805	1805	1805	1805
19	486	410	371	348	333	322	314	307	302	297	294	291	288	286	284	282	282	282	282	282	282	282	282	282
20	1004	756	685	629	622	622	622	622	622	622	622	622	622	622	622	622	622	622	622	622	622	622	622	622
21	985	720	622	567	532	507	488	474	460	446	440	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429	429
22	475	348	348	328	311	300	292	285	280	278	272	269	264	260	254	250	248	244	242	240	238	237	237	237
23	833	803	595	541	506	485	465	450	439	430	422	418	405	398	388	378	370	360	351	342	332	322	312	308
24	467	180	147	118	102	100	92	86	82	77	72	68	65	62	59	56	53	51	48	46	44	42	40	38
25	807	670	674	520	476	444	424	406	390	372	357	345	335	325	315	305	295	285	275	265	255	245	235	227
26	460	174	134	111	102	92	86	82	77	72	68	65	62	59	56	53	51	48	46	44	42	40	38	36
27	848	651	559	503	459	429	406	390	372	357	345	335	325	315	305	295	285	275	265	255	245	235	227	219

V ₁ = dk pembelian	V ₂ = dk pembelian																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	00						
38	411	326	240	263	248	234	228	221	215	210	204	203	197	190	187	182	178	172	169	165	162	158	156	155						
38	238	426	438	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288	288							
40	459	373	287	311	304	298	292	286	280	274	268	262	256	250	244	238	232	226	220	214	208	202	196							
42	407	376	283	312	305	299	293	287	281	275	269	263	257	251	245	239	233	227	221	215	209	203	197							
44	424	321	242	259	248	234	229	223	217	211	205	200	194	188	182	176	170	164	158	152	146	140	134							
48	495	320	231	257	242	228	223	217	211	205	199	193	187	181	175	169	163	157	151	145	139	133	127							
50	403	318	228	254	239	225	220	214	208	202	196	190	184	178	172	166	160	154	148	142	136	130	124							
55	402	301	216	242	227	213	208	202	196	190	184	178	172	166	160	154	148	142	136	130	124	118	112							
60	400	298	215	241	226	212	207	201	195	189	183	177	171	165	159	153	147	141	135	129	123	117	111							
65	389	284	201	227	212	198	193	187	181	175	169	163	157	151	145	139	133	127	121	115	109	103	97							
70	381	281	202	228	213	199	194	188	182	176	170	164	158	152	146	140	134	128	122	116	110	104	98							
80	388	288	208	234	219	205	200	194	188	182	176	170	164	158	152	146	140	134	128	122	116	110	104							
90	391	291	209	235	220	206	201	195	189	183	177	171	165	159	153	147	141	135	129	123	117	111	105							
100	394	294	212	238	223	209	204	198	192	186	180	174	168	162	156	150	144	138	132	126	120	114	108							
125	404	304	222	248	233	219	214	208	202	196	190	184	178	172	166	160	154	148	142	136	130	124	118							
150	411	311	231	257	242	228	223	217	211	205	199	193	187	181	175	169	163	157	151	145	139	133	127							
200	419	319	241	267	252	238	233	227	221	215	209	203	197	191	185	179	173	167	161	155	149	143	137							
400	476	376	296	322	315	309	303	297	291	285	279	273	267	261	255	249	243	237	231	225	219	213	207							



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 : NUROHMAN
NIM : 07.21.023
JUDUL SKRIPSI : Studi penelitian pemanfaatan limbah PET 7% dan Silika Fum terhadap sifat mekanis beton dengan mutu $F'c$ 30 Mpa.
PROGRAM STUDI : T. Sipil S-1
DOSEN PEMBIMBING : Ir. Bambang Wedyantadji, MT.

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1	23-7-2012	<ul style="list-style-type: none">- Rumusan masalah sesuai masalah- Rumusan masalah, tujuan dan batasan masalah hrs. sinkron- Bab III, cara pengujian tumpukan dg gambar- Perhit kuat tekan, torsi belah dan mod. Elastisitas	
2	20-7-2012	<ul style="list-style-type: none">- Rumusan masalah no 3 apa maksudnya- Pada bab. III, pengujian tekan rumusnya	
3	30-7-2012	<ul style="list-style-type: none">- Rumusan masalah Perbaiki- Bab III Pengujian tuliskan Rumusannya dan ceritakan- Bab V Perhitungan setiap variabel	
4	9-8-2012	ok & sempurna	



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

LEMBAR ASISTENSI

TUGAS : SKRIPSI

Nama : NUROHMAN

(07.21.023)

Program Studi : T. SIPIL S-1

Dosen Pembimbing: Ir. H. Hiri Janto, MT



No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
1	20/10/2012	Bab I. - latar belakang diperjelas - Rumusan masalah ditambah - Tujuan & manfaat penelitian dibedakan - hipotesis dibuang Rumusan masalah (awalan alternatif)	
2	20/10/2012	Bab II - pustaka diurutkan sesuai dengan urutan penelitian dijelaskan	
3	07/11/2012	Bab III sesuaikan & format penulisan ilmiah dijelaskan	



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

LEMBAR ASISTENSI

TUGAS : SKRIPSI

Nama : NUROHMAN
 : (07-21-023)
Program Studi : T. SIPIL S-1
Dosen Pembimbing: Ir. H. Hidayanto, MT



No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
4	10/09/2012	Bab IV Dilanjutkan ke analisis data dan pembahasan yg ada	
5	15/09/2012	Buat kesimpulan suaikan & rumusan masalah Dilanjutkan	



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

NAMA : NUROHMA
NIM : 07.21.023
PROGRAM STUDI : TEKNIK SIPIL S-1
DOSEN PEMBIMBING II : Ir. H. HIRIJANTO, MT

No	Tanggal	Keterangan	Tanda Tangan
	19 7/2012	Dilengkapi Bimbingan	



**FORM REVISI / PERBAIKAN
BIDANG _____**

Nama : MUROHMAN .
NIM : 07.21.023.
Hari / tanggal : Senin 13.08 / 2012.

Perbaiki materi Skripsi meliputi :

Revisi sesuai dgn

*Ala '12
12/09*

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, _____ 2012

Dosen Penguji

[Signature]

Malang, 13 - 08 - 2012.

Dosen Penguji

[Signature]
Reflektans.



FORM REVISI / PERBAIKAN
BIDANG _____

Nama : MUROMMAN
NIM : 07.21.023.
Hari / tanggal : Senin 13.08 / 2012.

Perbaiki materi Skripsi meliputi :

Revisi Sama Ujia

Al 12
12/09

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, _____ 2012

Dosen Penguji

[Signature]

Malang, 13 - 08 - 2012.

Dosen Penguji

[Signature]
Reflektans