

SKRIPSI

**STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH MARMER (40%)
SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR DENGAN
BAHAN TAMBAHAN FLY ASH DAN SILIKA FUME UNTUK
BETON MUTU TINGGI**



**Disusun Oleh :
MAHRUS HABIBULLAH
05. 21. 077**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2010**

SECRET

STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH MAMBAK
KEMASAN PLASTIK BERBENTUK BANGUNAN
KEMASAN TAMPILAN TAYANG DAN BILIK KEMAMUKAN
SEKTOR MUDA TINGGI

REVISI
PERBENTUKAN
DOKUMEN

1.000.000
KEMENTERIAN PERKULIAHAN DAN KEMAHAMATAN
11.11.07

REVISI
PERBENTUKAN
DOKUMEN
KEMENTERIAN PERKULIAHAN DAN KEMAHAMATAN
11.11.07

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**RESEARCH ON THE UTILIZATION OF WASTE MARBLE (40%) AS AN
ANTI AGGREGATE SAND WITH ADDITION OF FLY ASH
AND SILICA FUME FOR HIGH STRENGTH CONCRETE**

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

**Disusun Oleh :
MAHRUS HABIBULLAH
05.21.077**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



(Ir. Bambang Wedyantadji, MT)

Dosen Pembimbing II



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



(Ir. Hirijanto, MT)

LEMBAR PENGESAHAN

**RESEARCH ON THE UTILIZATION OF WASTE MARBLE (40%) AS AN
AGGREGATE GRADE WITH ADDITION OF FLY ASH
AND SILICA FUME FOR HIGH QUALITY CONCRETE**

SKRIPSI

Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi

Jenjang Strata Satu (S-1)

Pada hari : Selasa

Tanggal : 24 Agustus 2010

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

Disusun Oleh :

MAHRUS HABIBULLAH

05.21.077

Disahkan Oleh:

Ketua



(Ir. Hirijanto, MT)

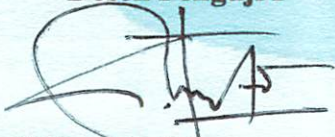
Sekretaris



(Lilla Ayu Ratna Winanda, ST, MT)

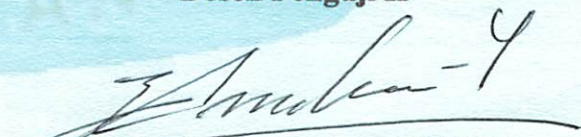
Anggota Penguji :

Dosen Penguji I



(Ir. Eding Iskak Imananto, MT)

Dosen Penguji II



(Eri Andrian Yudianto, ST, MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2010**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

: MAHRUS HABIBULLAH

: 05.21.077

Program Studi : Teknik Sipil

Jurusan : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul :

**"STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH MARMER (40%)
SEBAGAI PENGANTI AGREGAT KASAR DENGAN BAHAN
TAMBAHAN FLY ASH DAN SILIKA FUME UNTUK BETON MUTU
TINGGI"**

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

Malang, 24 Agustus 2010

Yang Membuat Pernyataan



(MAHRUS HABIBULLAH)

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas nat dan berkat-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi dengan k dan lancar.

Skripsi ini berjudul **“STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN IMBAH MARMER (40%) SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR DENGAN BAHAN TAMBAHAN FLY ASH DAN SILIKA FUME UNTUK BETON MUTU TINGGI”** disusun untuk memenuhi persyaratan dalam penyelesaian gelar Strata Satu (S-1), Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam proses penyelesaian Skripsi ini, penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Agus A. Santosa, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan sekaligus pembimbing II.
2. Bapak Ir. Hirijanto, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1.
3. Bapak Ir. Togi H. Nainggolan, MS. selaku Koordinator bidang penelitian.
4. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, MT. selaku Kepala Laboratorium Beton sekaligus pembimbing I.
5. Orang Tua tercinta yang telah banyak memberikan bantuan baik moril maupun materi, serta doa hingga terselesainya laporan ini.



Penyusun menyadari bahwa pada Skripsi ini, mungkin masih banyak rangan ataupun kesalahannya. Oleh karena itu, penyusun selalu gharapkan saran, petunjuk, kritikan dan bimbingan yang bersifat membangun, di kemajuan kami selanjutnya.

Malang, Agustus 2010

Penyusun

ABSTRAKSI

us Habibullah, 2010, "STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH MARMER (40%) SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR DENGAN BAHAN TAMBAHAN FLY ASH DAN SILIKA FUME UNTUK BETON MUTU TINGGI".

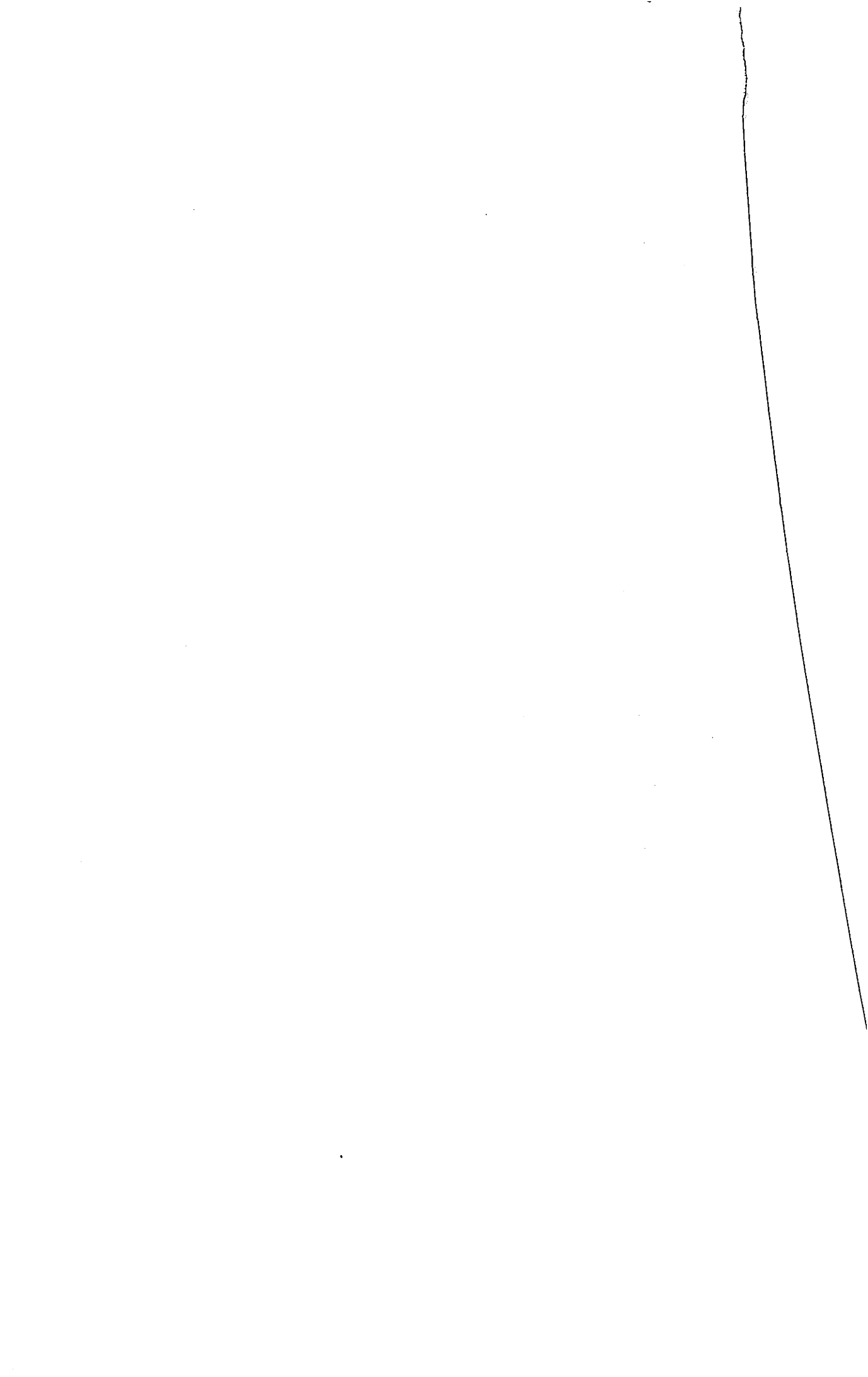
Dosen Pembimbing I : Ir. Bambang Wedyantadji, MT, Dosen Pembimbing II :
A. Agus Santosa, MT

Tuntutan struktural pada bangunan-bangunan beton modern, akan membuat semakin meningkat dan bervariasi tuntutan kinerja yang di inginkan. Jumlahnya tuntutan akan kekuatan-kekuatan yang menjadi indikator utama mutu beton. Beton sendiri merupakan salah satu bahan yang banyak digunakan dalam konstruksi bangunan. Hal ini dapat dilihat dari penggunaan konstruksi beton di semua jenis bangunan. Perkembangan teknologi menuntut adanya beton dengan kualitas yang lebih baik, ramah lingkungan dan juga ekonomis.

Tujuan penelitian ini adalah memberikan alternatif baru tentang penggunaan limbah marmer sebagai pengganti agregat kasar dan juga mengetahui pengaruh bahan tambahan silika fume dan fly ash terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, kuat tarik lentur, modulus elastisitas, porositas dan workabilitas beton yang nantinya akan menjadi suatu jawaban terhadap pembangunan yang berwawasan lingkungan. Dengan mengkaji hubungan variabel yang akan diteliti serta mempelajari teori-teori yang ada untuk merumuskan hipotesis penelitian dan melakukan percobaan di laboratorium untuk mendapatkan data-data yang di perlukan.

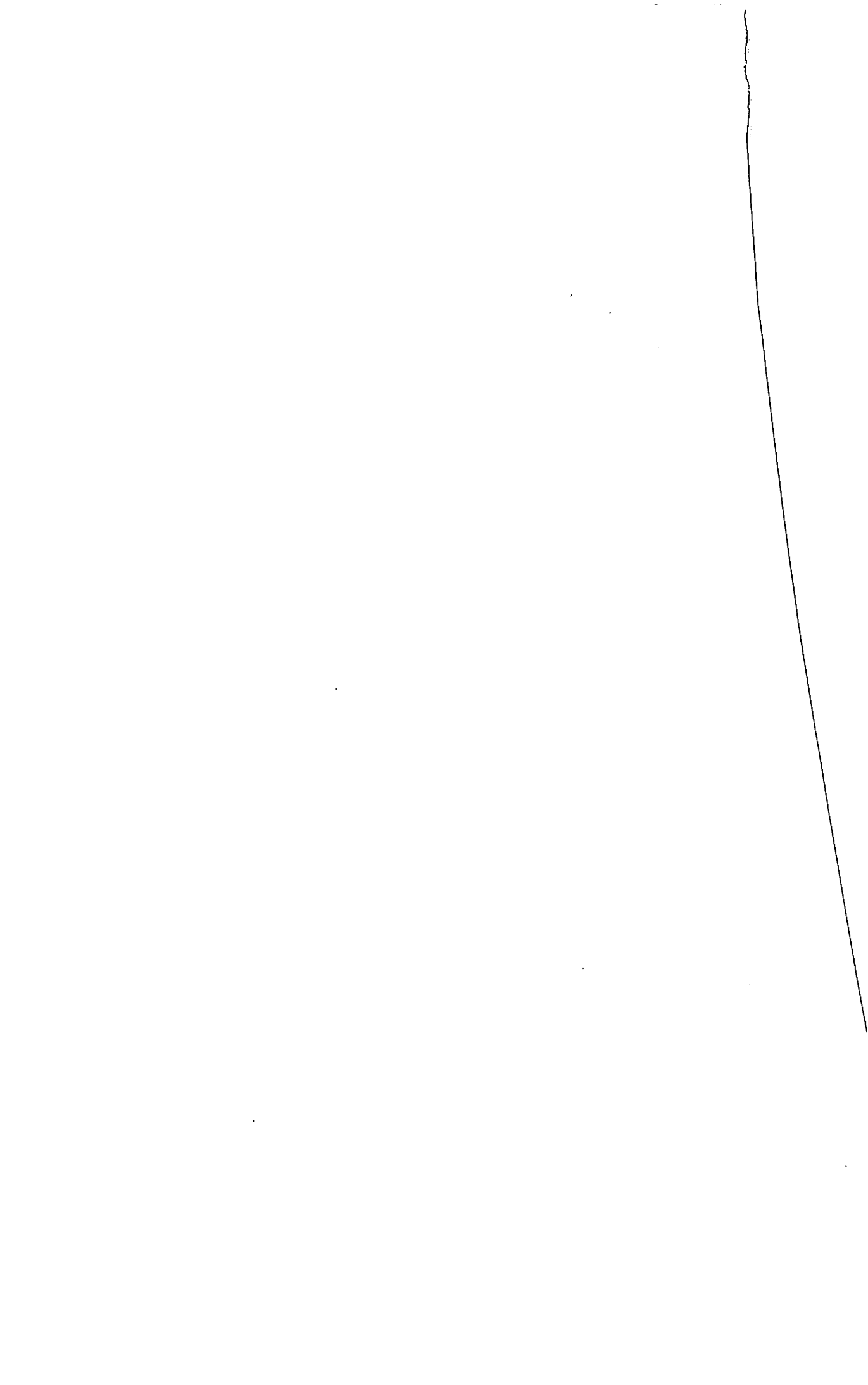
Hasil penelitian menyatakan penggunaan bahan tambahan silika fume dan fly ash berpengaruh terhadap peningkatan sifat mekanis beton. Pada pengujian yang telah dilakukan penggantian agregat kasar dengan limbah marmer terhadap sifat mekanis beton mengalami penurunan, tetapi pada penambahan silika fume dan fly ash secara keseluruhan meningkatkan sifat mekanis beton. Peningkatan maksimum pada mutu beton ialah silika fume. Untuk peningkatan kuat tekan limbah marmer 40% dengan bahan tambahan silika fume sebesar 5,0969 % yakni dari 58,3813 MPa menjadi 61,5168 MPa. Ini dikarenakan pada penambahan silika fume benda uji yang dihasilkan lebih padat sehingga menghasilkan nilai kuat tekan lebih tinggi dari pada benda uji yang dihasilkan dengan penambahan bahan tambahan yang lainnya.

Kata Kunci : Limbah Marmer, Bahan Tambahan, Beton Mutu Tinggi



DAFTAR ISI

DAFTAR JUDUL	
DAFTAR PERSETUJUAN	
DAFTAR PENGESAHAN	
DAFTAR KEASLIAN SKRIPSI	
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAKSI	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GRAFIK	xviii
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR NOTASI	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Kegunaan Penelitian	4
1.5. Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Tinjauan Pustaka.....	6
2.1.1 Penelitian Terdahulu	6
2.1.2 Pengertian Beton	7



2.1.3	Material Pembentuk Beton	8
2.1.3.1	Semen	8
2.1.3.2	Agregat Halus (Pasir)	9
2.1.3.3	Agregat Kasar (Kerikil)	11
2.1.3.4	Air	13
2.1.3.5	Batu Marmer	14
2.1.3.6	Fly Ash	14
2.1.3.7	Silika Fume	16
2.2.	Sifat Mekanis Beton	18
2.2.1	Kuat Tekan	18
2.2.2	Kuat Tarik Belah	19
2.2.3	Kuat Tarik Lentur	20
2.2.4	Modulus Elastisitas	21
2.3.	Sifat Fisik Beton	22
2.3.1	Porositas	22
2.3.2	Workabilitas	23
2.4.	Analisa Varian Satu Arah.....	24
2.5.	Pengujian Interval Kepercayaan.....	25
2.6.	Pengertian Hipotesis	26
2.6.1	Hipotesis Penelitian	29
2.7.	Analisa Regresi.....	30
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian	32

3.2. Metode Penelitian	32
3.3. Populasi dan Sampel	32
3.4. Alat dan Bahan Penelitian	36
3.5. Metode Pengumpulan Data	41
3.6. Teknik Analisa Data	42
B IV PERSIAPAN DATA PELAKSANAAN PENELITIAN	43
4.1. Pemeriksaan Bahan	43
4.1.1. Pemeriksaan Berat Isi	43
4.1.2. Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus	47
4.1.3. Pemeriksaan Kotoran Organik	53
4.1.4. Pemeriksaan Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus	55
4.1.5. Pemeriksaan Kadar Air Agregat	56
4.1.6. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan	
Agregat Batu Pecah	59
4.1.7. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan	
Agregat Halus	62
4.1.8. Pengujian Keausan Agregat Kasar Batu Pecah dengan	
Menggunakan Alat Los Angeles.....	65
4.2. Perhitungan Komposisi Campuran Beton	68
4.2.1. Perhitungan Mix Design Beton Untuk Agregat Kasar	
Batu Pecah Metode British Mengacu pada SNI	68
4.3. Perhitungan Kebutuhan Bahan	77
4.3.1. Komposisi Akhir Campuran Beton Kondisi Lapangan .	77

4.4.	Pelaksanaan Campuran Beton	80
4.4.1.	Prosedur Pelaksanaan Campuran (Pengecoran)	80
4.4.2.	Uji Slum Beton	81
4.4.3.	Pembuatan dan Persiapan Benda Uji	82
4.4.4.	Pelaksanaan Pengujian Kuat Tekan, Tarik Belah dan Tarik Lentur Beton.....	86
4.4.5.	Pengujian Porositas	89
4.4.6.	Pengujian Modulus Elastisitas	90
AB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	92
5.1.	Data Hasil Pengujian Sifat Mekanis Beton	92
5.1.1.	Data Pengujian Kuat Tekan	92
5.1.2.	Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah	103
5.1.3.	Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur	106
5.1.4.	Hasil Pengujian Modulus Elastisitas	109
5.1.5.	Hasil Pengujian Porositas	113
5.2.	Pengujian Interval Kepercayaan	117
5.2.1.	Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tekan	118
5.2.2.	Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah	124
5.2.3.	Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tarik Lentur	129
5.2.4.	Pengujian Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas	134
5.2.5.	Pengujian Interval Kepercayaan Porositas	139
5.3.	Pengujian Hipotesis	144
5.3.1.	Pengujian Hipotesis Kuat Tekan Beton Batu Pecah	144

5.3.2. Pengujian Hipotesis Kuat Tekan Beton	
Limbah Batu Marmer 40%	148
5.3.3. Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Belah Beton	
Batu Pecah	152
5.3.4. Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Belah Beton	
Limbah Batu Marmer 40%	156
5.3.5. Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Lentur Beton	
Batu Pecah	160
5.3.6. Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Lentur Beton	
Limbah Batu Marmer 40%	164
5.3.7. Pengujian Hipotesis Modulus Elastisitas Beton	
Batu Pecah	168
5.3.8. Pengujian Hipotesis Modulus Elastisitas Beton	
Limbah Batu Marmer 40%	172
5.3.9. Pengujian Hipotesis Porositas Beton Batu Pecah	176
5.3.10. Pengujian Hipotesis Porositas Beton	
Limbah Batu Marmer 40%	180
5.4. Perbandingan Dan Pembahasan	184
5.4.1 Perbandingan Kuat Tekan Antara Batu Pecah Dan	
Limbah Marmer 40%	184
5.4.2 Perbandingan Kuat Tarik Belah Antara	
Batu Pecah dan Limbah Marmer 40%	186

5.4.3	Perbandingan Kuat Tarik Lentur Antara Batu Pecah dan Limbah Marmer 40%	188
5.4.4	Perbandingan Modulus Elastisitas Antara Batu Pecah dan Limbah Marmer 40%	190
5.4.5	Perbandingan Porositas Antara Batu Pecah dan Limbah Marmer 40%	192
5.5.	Workabilitas	194
5.6.	Analisa Regresi	195
5.6.1	Analisa Regresi Batu Pecah	195
BAB VI	PENUTUP	217
6.1.	Kesimpulan	217
6.2.	Saran	217

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

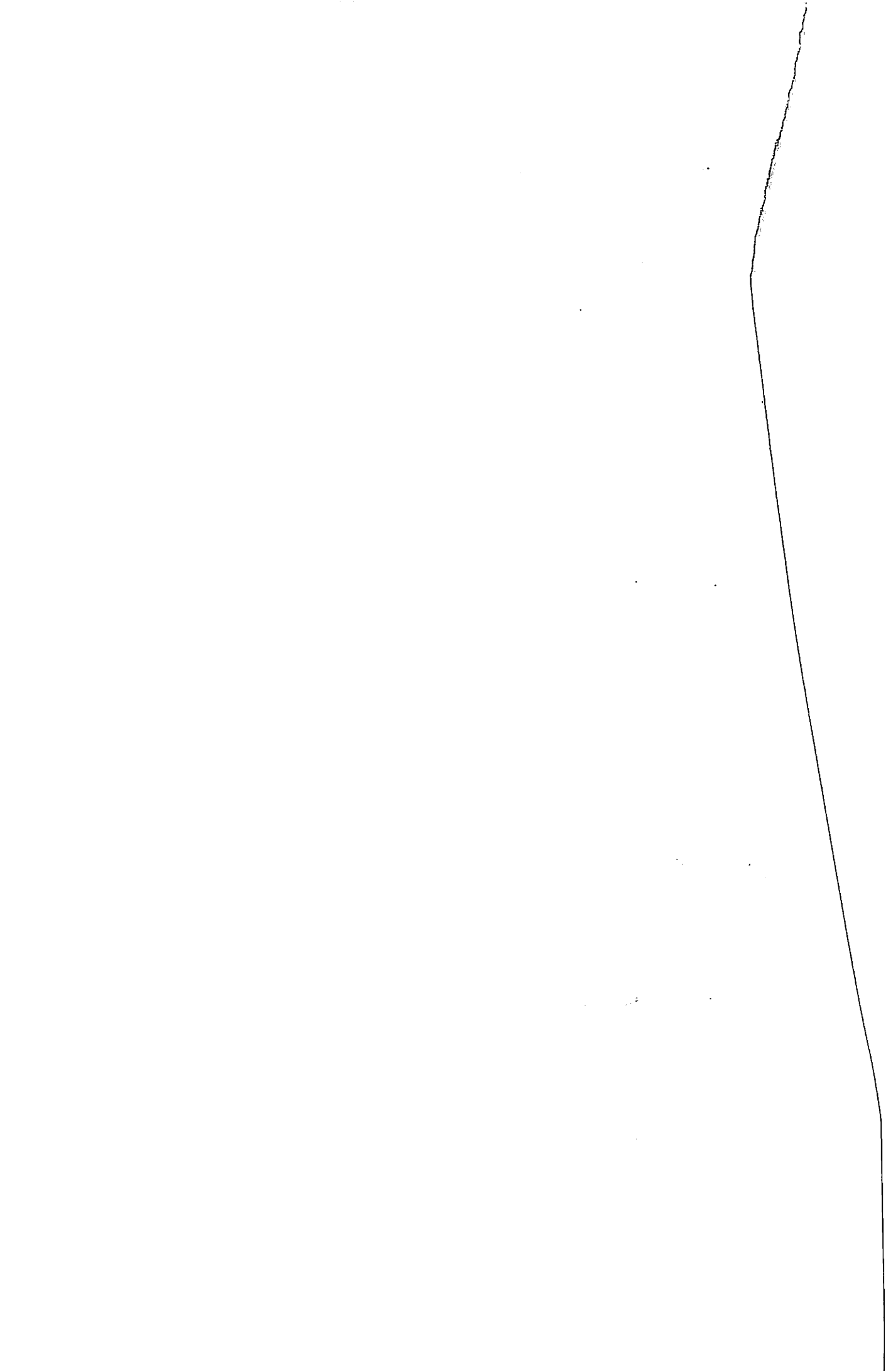
Tabel 3.1	Jumlah Benda Uji Untuk Variasi Batu Pecah	34
Tabel 3.2	Jumlah Benda Uji Untuk Variasi Limbah Marmer 40%	35
Tabel 4.1	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar	46
Tabel 4.2	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus	46
Tabel 4.3	Pemeriksaan Berat Isi Semen	46
Tabel 4.4	Penentuan Saringan Untuk Agregat Kasar	48
Tabel 4.5	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Batu Pecah	49
Tabel 4.6	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus	51
Tabel 4.7	Warna Standart	54
Tabel 4.8	Ukuran Maksimum Agregat	57
Tabel 4.9	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar	58
Tabel 4.10	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	59
Tabel 4.11	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Batu Pecah	61
Tabel 4.12	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	64
Tabel 4.13	Berat dan Gradasi Benda Uji	66
Tabel 4.14	Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar	67
Tabel 4.15	Deviasi Standar Berdasarkan Isi Pekerjaan	69
Tabel 4.16	Perkiraan Kekuatan Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen (w/c) ...	70
Tabel 4.17	Jumlah Semen Minimum Untuk Kondisi Terekspos	71
Tabel 4.18	Perkiraan Jumlah Air Bebas Yang Diperlukan Untuk Memberikan Tingkat Workability Tertentu	72

el 4.19	Komposisi Akhir Campuran Beton Kondisi Lapangan.....	77
el 4.20	Kebutuhan Total Bahan Untuk setiap kali Pencampuran Agregat Kasar Batu Pecah.....	79
el 4.21	Kebutuhan Total Bahan Untuk setiap kali Pencampuran Agregat Kasar Limbah Batu Marmer 40%.....	79
bel 5.1	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Batu Pecah Silika Fume 0% dan Fly Ash 0%.....	95
abel 5.2	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Batu Pecah Silika Fume 1,5% dan Fly Ash 0%.....	96
Tabel 5.3	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Batu Pecah Silika Fume 0% dan Fly Ash 13,5%.....	97
Tabel 5.4	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Batu Pecah 40% Silika Fume 1,5 % dan Fly Ash 13,5 %	98
Tabel 5.5	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Limbah Marmer 40% Silika Fume 0 % dan Fly Ash 0%	99
Tabel 5.6	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Limbah Marmer 40% Silika Fume 1,5 % dan Fly Ash 0 %	100
Tabel 5.7	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Limbah Marmer 40% Silika Fume 0 % dan Fly Ash 13,5 %	101
Tabel 5.8	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Limbah Marmer 40% Silika Fume 1,5 % dan Fly Ash 13,5 %	102
Tabel 5.9	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton Dengan Batu Pecah	104

Tabel 5.10	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Dengan Limbah Batu Marmer 40%	105
Tabel 5.11	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Batu Pecah.....	107
Tabel 5.12	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Dengan Limbah Batu Marmer 40%.....	108
Tabel 5.13	Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton Dengan Batu Pecah.....	111
Tabel 5.14	Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Dengan Limbah Batu Marmer 40%.....	112
Tabel 5.15	Data Hasil Pengujian Porositas Beton Dengan Batu Pecah	115
Tabel 5.16	Data Hasil Pengujian Porositas Dengan Limbah Batu Marmer 40%.....	116
Tabel 5.17	Data Pengujian Kuat Tekan Untuk Batu Pecah	118
Tabel 5.18	Interval Kepercayaan Kuat Tekan Untuk Batu Pecah	119
Tabel 5.19	Data Pengujian Kuat Tekan Untuk Batu Pecah Setelah Dilakukan Interval Kepercayaan	120
Tabel 5.20	Data Pengujian Kuat Tekan Untuk Limbah Batu Marmer 40%	121
Tabel 5.21	Interval Kepercayaan Kuat Tekan Untuk Limbah Batu Marmer 40%.....	122
Tabel 5.22	Data Pengujian Kuat Tekan Untuk Limbah Batu Marmer 40% Setelah Dilakukan Interval Kepercayaan	123
Tabel 5.23	Data Pengujian Kuat Tarik Belah Untuk Batu Pecah	124

Tabel 5.24	Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah Untuk Batu Pecah	125
Tabel 5.25	Data Pengujian Kuat Tarik Belah Untuk Batu Pecah Setelah Dilakukan Interval Kepercayaan	126
Tabel 5.26	Data Pengujian Kuat Tarik Belah Untuk Limbah Marmer 40%	126
Tabel 5.27	Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah Untuk Limbah Marmer 40%	127
Tabel 5.28	Data Pengujian Kuat Tarik Belah Untuk Limbah Batu Marmer 40% Setelah Dilakukan Interval Kepercayaan	128
Tabel 5.29	Data Pengujian Kuat Tarik Lentur Untuk Batu Pecah	129
Tabel 5.30	Interval Kepercayaan Kuat Tarik Lentur Untuk Batu Pecah	130
Tabel 5.31	Data Pengujian Kuat Tarik Lentur Untuk Batu Pecah Setelah Dilakukan Interval Kepercayaan	131
Tabel 5.32	Data Pengujian Kuat Tarik Lentur Limbah Batu Marmer 40%	131
Tabel 5.33	Interval Kepercayaan Kuat Tarik Lentur Untuk Limbah Batu Marmer 40%	132
Tabel 5.34	Data Pengujian Kuat Tarik Lentur Untuk Limbah Batu Marmer 40% Setelah Dilakukan Interval Kepercayaan	133
Tabel 5.35	Data Pengujian Modulus Elastisitas Untuk Batu Pecah	134
Tabel 5.36	Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas Untuk Batu Pecah	135
Tabel 5.37	Data Pengujian Modulus Elastisitas Untuk Batu Pecah Setelah Dilakukan Interval Kepercayaan	136
Tabel 5.38	Data Pengujian Modulus Elastisitas Untuk Limbah Batu Marmer 40%	136

Tabel 5.39	Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas Untuk Limbah Batu Marmer 40%.....	137
Tabel 5.40	Data Pengujian Modulus Elastisitas Untuk Limbah Batu Marmer 40% Setelah Dilakukan Interval Kepercayaan.....	138
Tabel 5.41	Data Pengujian Porositas Untuk Batu Pecah	139
Tabel 5.42	Interval Kepercayaan Porositas Untuk Batu Pecah	140
Tabel 5.43	Data Pengujian Porositas Untuk Batu Pecah Setelah Dilakukan Interval Kepercayaan	141
Tabel 5.44	Data Pengujian Porositas Untuk Limbah Batu Marmer 40%	141
Tabel 5.45	Interval Kepercayaan Porositas Untuk Limbah Marmer 40%	142
Tabel 5.46	Data Pengujian Porositas Untuk Limbah Batu Marmer 40% Setelah Dilakukan Interval Kepercayaan	143
Tabel 5.47	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Batu Pecah Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan.....	145
Tabel 5.48	Analisa Varian untuk Kuat Tekan	147
Tabel 5.49	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Variasi Limbah Marmer 40% Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan.....	149
Tabel 5.50	Analisa Varian untuk Kuat Tekan	151
Tabel 5.51	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton dengan Variasi Batu Pecah Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan.....	153
Tabel 5.52	Analisa Varian untuk Tarik Belah.....	155
Tabel 5.53	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton dengan Variasi Limbah Marmer 40% Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan.....	157



Tabel 5.54	Analisa Varian untuk Tarik Belah	159
Tabel 5.55	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton dengan Variasi Batu Pecah Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan.....	161
Tabel 5.56	Analisa Varian untuk Tarik Lentur.....	163
Tabel 5.57	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton dengan Variasi Limbah Marmer 40% Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan.....	165
Tabel 5.58	Analisa Varian untuk Kuat Tarik Lentur	167
Tabel 5.59	Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton dengan Variasi Batu Pecah Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan.....	169
Tabel 5.60	Analisa Varian untuk Modulus Elastisitas	171
Tabel 5.61	Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton dengan Variasi Limbah Marmer 40%	173
Tabel 5.62	Analisa Varian untuk Modulus Elastisitas	175
Tabel 5.63	Data Hasil Pengujian Porositas Beton dengan Variasi Batu Pecah Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan.....	177
Tabel 5.64	Analisa Varian untuk Porositas	179
Tabel 5.65	Data Hasil Pengujian Porositas Beton dengan Variasi Limbah Marmer 40% Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan.....	181
Tabel 5.66	Analisa Varian untuk Porositas	183
Tabel 5.67	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tekan Tanpa Bahan Tambahan.....	195
Tabel 5.68	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tekan Silika Fume 1.5%	198

Tabel 5.69	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tekan Fly Ash 13.5%.....	199
Tabel 5.70	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tekan Silika Fume 1.5% dan Fly Ash 13.5%.....	200
Tabel 5.71	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tarik Belah Tanpa Bahan Tambahan.....	201
Tabel 5.72	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tarik Belah Silika Fume 1.5%	202
Tabel 5.73	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tarik Belah Fly Ash 13.5%.....	203
Tabel 5.74	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tarik Belah Silika Fume 1.5% dan Fly Ash 13.5%.....	204
Tabel 5.75	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tarik Lentur Tanpa Bahan Tambahan	205
Tabel 5.76	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tarik Lentur Silika Fume 1.5%	206
Tabel 5.77	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tarik Lentur Fly Ash 13.5%.....	207
Tabel 5.78	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tarik Lentur Silika Fume 1.5% dan Fly Ash 13.5%.....	208
Tabel 5.79	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Modulus Elastisitas Tanpa Bahan Tambahan.....	209

Tabel 5.80	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Modulus	
	Elastisitas Silika Fume 1.5%	210
Tabel 5.81	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Modulus	
	Elastisitas Fly Ash 13.5%	211
Tabel 5.82	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Modulus	
	Elastisitas Silika Fume 1.5% dan Fly Ash 13.5%	212
Tabel 5.83	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Porositas Tanpa	
	Bahan Tambahan	213
Tabel 5.84	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Porositas Silika	
	Fume 1.5%	214
Tabel 5.85	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Porositas Fly Ash	
	13.5%	215
Tabel 5.86	Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Porositas Silika	
	Fume 1.5% dan Fly Ash 13.5%	216

Daftar Grafik

Grafik 4.1.	Batas gradasi untuk agregat kasar f 4,8 - 9.6mm.....	50
Grafik 4.2.	Batas gradasi untuk agregat kasar f 4,8 – 19mm	50
Grafik 4.3.	Batas gradasi untuk agregat kasar f 4,8 – 38mm	51
Grafik 4.4.	Batas gradasi 1 untuk agregat halus	52
Grafik 4.5.	Batas gradasi 2 untuk agregat halus.....	52
Grafik 4.6.	Batas gradasi 3 untuk agregat halus.....	53
Grafik 4.7.	Kurva hubungan kekuatan tekan w/c.....	70
Grafik 4.8.	Penentuan prosentase agregat halus untuk diameter maksimum 20mm.....	73
Grafik 4.9.	Perkiraan berat jenis beton segar	74
Grafik 5.1.	Hasil pengujian kuat tekan beton untuk batu pecah silika fume 0% & fly ash 0%.....	95
Grafik 5.2.	Hasil pengujian kuat tekan beton untuk batu pecah silika fume 1.5% & fly ash 0%.....	96
Grafik 5.3.	Hasil pengujian kuat tekan beton untuk batu pecah silika fume 0% & fly ash 13.5%.....	97
Grafik 5.4.	Hasil pengujian kuat tekan beton untuk batu pecah silika fume 1.5% & fly ash 13.5%.....	98
Grafik 5.5.	Hasil pengujian kuat tekan beton untuk limbah marmer 40% silika fume 0% & fly ash 0%	99
Grafik 5.6.	Hasil pengujian kuat tekan beton untuk limbah marmer 40% fume 1.5% & fly ash 0%	100

Grafik 5.6. Hasil pengujian kuat tekan beton untuk limbah marmer 40% fume 1.5% & fly ash 0%.....	100
Grafik 5.7. Hasil pengujian kuat tekan beton untuk limbah marmer 40% silika fume 0% & fly ash 13.5%.....	101
Grafik 5.8. Hasil pengujian kuat tekan beton untuk limbah marmer 40% silika fume 1.5% & fly ash 13.5%.....	102
Grafik 5.9. Hubungan antara variasi penambahan bahan tambahan dengan kuat tekan beton	184
Grafik 5.10. Hubungan antara variasi penambahan bahan tambahan dengan kuat tarik belah beton	186
Grafik 5.11. Hubungan antara variasi penambahan bahan tambahan dengan kuat tarik lentur beton	188
Grafik 5.12. Hubungan antara variasi penambahan bahan tambahan dengan modulus elastisitas beton	190
Grafik 5.13. Hubungan antara variasi penambahan bahan tambahan dengan porositas beton	192
Grafik 5.14. Analisa regresi kuat tekan tanpa bahan tambahan	197
Grafik 5.15. Analisa regresi kuat tekan silika fume 1.5%	198
Grafik 5.16. Analisa regresi kuat tekan fly ash 13.5%	199
Grafik 5.17. Analisa regresi kuat tekan silika fume 1.5% & fly ash 13.5%.....	200
Grafik 5.18. Analisa regresi kuat tarik belah tanpa bahan tambahan	201
Grafik 5.19. Analisa regresi kuat tarik belah silika fume 1.5%	202
Grafik 5.20. Analisa regresi kuat tarik belah fly ash 13.5%	203

Grafik 5.21. Analisa regresi kuat tarik belah silika fume 1.5% dan fly ash 13.5%.....	204
Grafik 5.22. Analisa regresi kuat tarik lentur tanpa bahan tambahan	205
Grafik 5.23. Analisa regresi kuat tarik lentur silika fume 1.5%	206
Grafik 5.24. Analisa regresi kuat tarik lentur fly ash 13.5%	207
Grafik 5.25. Analisa regresi kuat tarik lentur silika fume 1.5% dan fly ash 13.5%.....	208
Grafik 5.26. Analisa regresi modulus elastisitas tanpa bahan tambahan	209
Grafik 5.27. Analisa regresi modulus elastisitas silika fume 1.5%	210
Grafik 5.28. Analisa regresi modulus elastisitas fly ash 13.5%	211
Grafik 5.29. Analisa regresi modulus elastisitas silika fume 1.5% dan fly ash 13.5%.....	212
Grafik 5.30. Analisa regresi porositas tanpa bahan tambahan	213
Grafik 5.31. Analisa regresi porositas silika fume 1.5%	214
Grafik 5.32. Analisa regresi porositas fly ash 13.5%	215
Grafik 5.33. Analisa regresi porositas silika fume 1.5% dan fly ash 13.5%	216

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1. Bagan Alir Proses Pelaksanaan Penelitian.....	40
Gambar 4.1. Aparatus pemeriksaan Berat Volume Agregat	44
Gambar 4.2. Aparatus Untuk Analisis Saringan Agregat Kasar Dan Halus	48
Gambar 4.3. Aparatus Untuk Pemeriksaan Kadar Air Agregat	57
Gambar 4.4. Aparatus Untuk Analisis Specific Gravity Dan Absorpsi Agregat Halus.....	62
Gambar 4.5. Aparatus Slump Test.....	81
Gambar 4.6. Alat Uji kuat Tekan.....	86
Gambar 4.7. Uji Tarik Belah Silinder	88
Gambar 4.8. Uji Tarik Lentur Balok	89
Gambar 4.9. Uji Modulus Elastisitas	91

DAFTAR NOTASI

A	= Luas permukaan benda uji (mm^2)
b	= Lebar balok (mm)
B	= Berat Piknometer diisi Air pada 25°C
Ba	= Berat Contoh di Dalam Air
Bj air	= Berat Jenis Air 1 gr / ml
Bj	= Berat Contoh Kering Permukaan Jenuh
Bk	= Berat Contoh Kering Oven
Bt	= Berat piknometer + contoh SSD + air (25°C)
d	= Diameter silinder benda uji (mm)
ε	= Regangan (perbandingan antara perubahan panjang dan panjang benda uji)
Ec	= Modulus Elastisitas (MPa)
E t	= Modulus Elastisitas Teoritis (MPa)
f'_c	= Tegangan hancur (MPa)
f_c	= Kuat Tekan Beton (MPa)
f'_{cr}	= Kuat Tekan Beton Rata-Rata (MPa)
Fu	= Faktor umur
H_0	= Hipotesis nol, menyatakan tidak ada perbedaan antar perlakuan
H_a	= Hipotesis alternatif, menyatakan ada perbedaan antar perlakuan
L	= Panjang benda uji (mm)
P	= Beban maksimum (N)

- t = Tinggi balok (mm)
- V = Isi Wadah (cm^3)
- V benda uji = Volume benda uji (cm^3 , dimana : $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$)
- W_a = Berat Benda Uji Keadaan Kering oven
- W_{ssd} = Berat Benda Uji Keadaan Saturated Surface Dry (SSD) atau
 Jenuh Permukaan kering (gr)
- μ = Nilai Rata-Rata Variabel Tak Bebas Dalam Suatu Kelompok
 Perlakuan
- ΔL = Perubahan panjang dari benda uji (mm)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dewasa ini pembangunan di Indonesia berkembang cukup baik. Hal ini di buktikan dengan semakin meningkatnya perekonomian masyarakat. Peningkatan perekonomian masyarakat salah satunya ditunjang oleh industri rumah tangga. Ini dapat di buktikan di sekitar wilayah Tulungagung bagian selatan (Jawa Timur) terdapat sejumlah penambangan dan industri pengolahan marmer, karena bahan bakunya mudah didapat. Dari industri rumah tangga pengolahan marmer sedikit banyak menghasilkan limbah yang bila di biarkan secara terus menerus dapat mencemari lingkungan sekitar. Disini penulis mencoba meneliti dengan memanfaatkan limbah tersebut menjadi bahan dasar pembuatan beton, Limbah tersebut digunakan sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton.

Disisi lain sejumlah pabrik menggunakan batu bara sebagai bahan bakar produksi, batu bara yang telah terbakar menjadi limbah yang disebut abu terbang. Pembuangan abu terbang secara terus menerus dan dalam jumlah banyak akan merusak lingkungan di sekitarnya. Untuk mengurangi limbah abu terbang tersebut sejumlah pabrik semen mencampur abu terbang dengan semen Portland sehingga menghasilkan semen pozzolan.

Sejalan dengan hal tersebut, tuntutan struktural pada bangunan-bangunan beton modern, menyebabkan semakin meningkatnya kekuatan, yang menjadi indikator utama pencapaian mutu beton. Strategi yang telah banyak dilakukan untuk meredusir penggunaan semen dan meningkatkan kekuatan beton adalah memberi bahan tambahan mineral yang bersifat pozolanik (additive) secara parsial pada semen bersama-sama dengan bahan tambahan kimiawi (admixture) pada campuran.

Dari berbagai alasan di atas, penyusun mengadakan suatu penelitian dengan limbah marmer sebagai pengganti agregat kasar dengan bahan tambahan ke dalam campuran beton yang merupakan suatu jawaban terhadap pembangunan yang berwawasan lingkungan dengan judul "STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH MARMER (40%) SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR DENGAN BAHAN TAMBAHAN FLY ASH DAN SILIKA FUME UNTUK BETON MUTU TINGGI". Studi ini diperuntukkan untuk pembangunan di wilayah tulungagung dan sekitarnya, mengingat ketersediaan bahan limbah marmer.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka rumusan masalah yang dapat diangkat pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Apakah penggunaan agregat kasar batu pecah dengan bahan tambahan silika fume dan fly ash berpengaruh terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, kuat tarik lentur, modulus elastisitas, porositas dan workabilitas beton mutu tinggi $f'c = 60$ MPa?
2. Apakah penggunaan limbah marmer 40 % sebagai pengganti agregat kasar dengan bahan tambahan silika fume dan fly ash berpengaruh kuat tekan, kuat tarik belah, kuat tarik lentur, modulus elastisitas, porositas dan workabilitas beton mutu tinggi $f'c = 60$ MPa?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh bahan tambahan silika fume dan fly ash pada beton $f'c = 60$ MPa dengan agregat kasar batu pecah terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, kuat tarik lentur, modulus elastisitas, porositas dan workabilitas beton.
2. Untuk mengetahui pengaruh penggantian limbah marmer 40 % sebagai pengganti agregat kasar dengan bahan tambahan silika fume dan fly ash pada beton $f'c = 60$ MPa terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, kuat tarik lentur, modulus elastisitas, porositas dan workabilitas beton.

1.4. Kegunaan Penelitian

Kegunaan penelitian ini antara lain :

1. Dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya penggantian agregat kasar dengan limbah marmer dengan bahan tambahan untuk beton mutu tinggi.
2. Dapat memberikan informasi pada masyarakat tentang pemanfaatan penggantian agregat kasar dengan limbah marmer dengan bahan tambahan untuk campuran beton, sebagai pertimbangan dalam pemilihan suatu alternatif dalam meningkatkan kualitas beton.

1.5. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah maka penulis memberikan beberapa batasan masalah antara lain :

1. Pada penelitian ini mutu beton yang digunakan adalah $f'c = 60$ MPa, dengan sifat mekanis yang akan diteliti ialah kuat tekan, kuat tarik belah, kuat tarik lentur, modulus elastisitas, porositas dan workabilitas beton. Ditegaskan bahwa struktur kimiawi dari bahan campuran beton ini diabaikan.
2. Bahan yang digunakan :
 - a. Material Penyusun :
 - Semen : Semen Gresik Type 1 (40 kg).
 - Agregat Halus (pasir) : Pasir dari kali Lesti, Lumajang.

- Agregat Kasar (kerikil): Kerikil dari Pandaan.
- Air : Air dari PDAM Kota Malang.
- Limbah Marmer : Daerah Campur Darat Tulungagung.
- Fly Ash : Dibeli Eceran Dari Toko Bangunan Jl.
Sigura-Gura.
- Silika Fume : PT Sika, Surabaya

b. Variasi Campuran :

- Limbah Marmer : 40 %
- Fly Ash : 13,5 %
- Silika Fume : 1,5 %
- Fly Ash + Silika Fume : 13,5 % + 1,5 %

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian penggunaan pecahan limbah marmer sebagai pengganti parsial dari agregat kasar pada campuran beton dilakukan oleh Tjaronge Wihardi dan kawan-kawan (Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin) dengan judul : “ **Pecahan Marmer Sebagai Pengganti Agregat Kasar Self Compacting Concrete**” dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa SCC yang mengandung marmer memiliki kelecakan aliran yang baik, namun kuat tekan yang dicapai lebih rendah dari pada penggunaan batu pecah sebagai agregat kasar.

Penelitian penggunaan bahan tambahan fly ash pada campuran beton dilakukan oleh Andoyo sebagai Tugas Akhir yang berjudul “ **Penelitian Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tekan Dan Serapan Air Pada Mortar**” Dari hasil pengujian menunjukkan peningkatan kuat tekan terjadi pada prosentase abu terbang sebesar 10% dengan kuat tekan tekan pada umur 56 hari sebesar $100,72 \text{ kg/cm}^2$ dan proyeksi kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari ($f'c$) = $66,69 \text{ kg/cm}^2$, dari hasil penelitain ini keberadaan fly ash dapat juga meningkatkan kuat tekan mortar sedangkan sebagai bahan pengisi fly ash dapat mengurangi serapan air pada mortar.

Penelitian yang sejenis juga dilakukan dengan Penelitian penggunaan silika sebagai bahan tambahan pada campuran beton, Jurnal ini disusun oleh sutanto hidayat dengan judul “ **Kaji Eksperimental Pengaruh Penambahan Bahan Silika Fume Pada Beton Mutu Tinggi Terhadap Perilaku Mekanis Dengan System Perawatan Moist Curing**”. Dari penelitian tersebut data menunjukkan bahwa penambahan silika fume dapat meningkatkan kekuatan tekan karakteristik serta modulus elastisitas beton. Dengan penambahan optimasi 1,74% didapatkan kuat tekan karakteristik beton sebesar 49,626 MPa.

2.1.2 Pengertian Beton

Beton adalah bahan dasar dari campuran semen portland (semen hidraulik yang lain), agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat (Anonim, (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) Dilengkapi Penjelasan (S-2002)*).

Secara umum tujuan dari rancangan campuran beton sebagai berikut :

1. Agar memenuhi persyaratan kuat tekan karakteristik.
2. Agar memiliki sifat keawetan.
3. Agar menghasilkan penampilan yang baik.
4. Agar memiliki kemampuan untuk dicampur, diangkut, dicor, dipadatkan, dan dipelihara secara efisien.
5. Agar sedapat mungkin menghasilkan harga yang ekonomis.

(S. Amri, : *Teknologi Beton A - Z hal 77*)

2.1.3 Material Pembentuk Beton

2.1.3.1 Semen

Semen merupakan bahan anorganik yang mengeras pada pencampuran dengan air. Berdasarkan reaksinya semen dapat dibedakan menjadi:

1. Semen hidrolis, yaitu semen yang mengeras bila bereaksi dengan air tetapi akan tahan dan stabil di dalam air. Contoh : Semen Portland.
2. Semen Non Hidrolis, yaitu semen yang tidak dapat mengeras dan tabil di dalam air. Contoh : gypsum.

Dalam pembuatan beton semen memegang peranan penting. Semen yang digunakan di sini adalah semen hidrolis dimana salah satunya yang sering digunakan adalah semen portland. Semen yang dicampur dengan air akan membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai perekat pada campuran beton. Oleh karena itu kualitas semen sangat mempengaruhi kualitas beton.

Sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen portland diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Type I (Semen Penggunaan Umum), digunakan untuk konstruksi pada umumnya dimana tidak diminta persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada jenis-jenis lainnya.
2. Type II (Semen yang mengeluarkan panas hidrasi sedang), secara umum digunakan untuk beton masif yang besar. Misalnya untuk pekerjaan dasar bendungan dan jembatan besar.
3. Type III (Semen yang mempunyai kekuatan awal tinggi), biasanya diguna untuk mengganti semen type pada pekerjaan yang

mendesak yang harus dilakukan pada musim dingin. Misalnya untuk pekerjaan konstruksi bangunan dan lain-lain.

4. Type IV (Semen yang mengeluarkan panas hidrasi rendah), penggunaannya sama dengan type II.
5. Type V (semen bahan sulfat), dipakai untuk pekerjaan beton dalam tanah yang mengandung banyak sulfat dan yang berhubungan dengan air tanah. Misalnya pelapisan saluran air dalam terowongan.

Dari hasil analisa mengenai semen Portland, kapur merupakan komponen dengan jumlah terbanyak, disusul oleh silika, alumina dan oksida besi. Disamping itu terdapat komponen-komponen lainnya, jumlah oksida-oksida tersebut berjumlah :

- | | |
|---|---------------------------|
| - Kapur (CaO) | 60% - 66% |
| - Silika (SiO ₂) | 19% - 25% |
| - Alumina (Al ₂ O ₃) | 3% - 8% |
| - Oksida Besi (Fe ₂ O ₃) | 1% - 5% |
| - Oksida Magnesium (MgO) | dibatasi sampai dengan 4% |

(A. Subakti, (1995), Teknologi Beton Dalam Praktek. Hal 11)

2.1.3.2 Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir batuan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. Sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu

agregat untuk berbagai mutu beton menurut pasal 4.2 ayat 1, maka agregat halus harus memenuhi satu, dari beberapa atau semua ayat berikut ini:

1. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan.
2. Agregat halus boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat harus dicuci.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak, yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Harder (dengan larutan NaOH). Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% NaOH yang kemudian dicuci hingga bersih dengan umur yang sama.
4. Agregat halus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam pasal 3.5 ayat 1, harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:
 - a. Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2%
 - b. Sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10 %
 - c. Sisa ayakan di atas 0,25 mm, harus berkisar antara 80% dan 95% berat.

5. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

2.1.3.3 Agregat Kasar (Kerikil)

Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pecahan batu. Pada umumnya yang di maksud dengan kerikil adalah butiran-butiran mineral yang harus dapat melalui ayakan berlubang persegi 76 mm dan tertinggal atas ayakan berlubang persegi 5 mm. Sedangkan yang dimaksud dengan batu pecah adalah butiran-butiran mineral dipecah dari batu alam, yang dapat melalui ayakan berlubang 76 mm dan tertinggal atas ayakan berlubang persegi 2 mm. sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu agregat untuk berbagai mutu beton menurut pasal 4.2 ayat 1, maka agregat halus harus memenuhi satu dari beberapa atau semua ayat berikut ini :

1. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
2. Agregat kasar tidak boleh terdapat lumpur lebih dari 1% (ditentukan terdapat berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-

bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat harus dicuci.

3. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat—zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
 4. Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana pengujian dari Rudeloff dengan beban pengujian 20 t, dimana harus memenuhi syarat-syarat berikut :
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5 – 19 mm lebih dari 24% berat.
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19-30 mm lebih dari 22% atau dengan mesin pengaus Los Angelos, dimana tidak terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.
 5. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam pasal 3.5 ayat 1, harus memenuhi syarat-syarat berikut :
 - Sisa di atas ayakan 31,5 mm, harus 0% beratnya.
 - Sisa di atas ayakan 4 mm, harus berkisar antara 90 % dan 98% berat.
 - Selisih antara sisa-sisa kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.
- Besar butiran agregat maksimum tidak boleh lebih dari pada $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan, $\frac{1}{3}$ dari tebal plat atau $\frac{1}{4}$.

(Anonim, (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002) Dilengkapi Penjelasan (S-2002)*).

2.1.3.4 Air

Air memegang peranan penting dalam pengerjaan beton baik saat pembuatan maupun setelah pembuatan. Air pada saat pembuatan beton diperlukan untuk membantu proses hidrasi semen dan sebagai pelincir campuran kerikil, pasir, dan semen, sedangkan setelah selesai pengerjaan beton air diperlukan untuk merawat beton.

Perawatan beton dilakukan dengan cara menyiram, merendam atau menutup permukaan beton dengan karung basah sehingga air yang terdapat dalam beton tidak menguap dengan cepat.

Air yang digunakan dalam campuran beton harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- a. Tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, garam, bahan organis, dan bahan yang lain yang tidak merusak beton atau baja tulangan dalam hal ini sebaiknya air yang dipakai adalah air minum.
- b. Jumlah air yang digunakan untuk membuat adukan-adukan beton dapat ditentukan dengan ukuran isi atau ukuran berat yang ditentukan dengan benar.

2.1.3.5 Batu Marmer

Marmer (marble) adalah kristal padat yang terbentuk dari metamorfosis jenis batu gamping atau batu kapur, umumnya mengandung calsit (CaCO_3), dolomit [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] atau kombinasi kedua mineral tersebut. Calsit murni berwarna putih. "Pengotoran" oleh mineral lain akan memberi corak dan warna lain. Contoh: Mineral Hematit memberi corak dan warna merah pada marmer, mineral Limonit memberi corak dan warna kekuningan, Mineral Serpentine memberi corak dan warna hijau, dan Mineral Diopside memberi corak warna biru. Batuan marmer di lokasi penelitian kami, secara Geologi merupakan Jenis batuan "Tersier" jadi sudah termasuk jenis batuan tua (Wihardi, Parung, (2006), Siswanto dan Dale, Pecahan marmer sebagai pengganti parsial Agregat Kasar Self Compacting Concrete Fakultas Teknik Sipil Universitas Hasanudin, hal 2).

2.1.3.6 Fly Ash

Pulverized Fly Ash (PFA) atau abu bakar yang digiling halus, PFA di produksi dengan membakar batu bara yang di giling halus, sumber utama stasiun pembangkit tenaga listrik, pertikel dari abu ini umumnya berbentuk bulat sedang kehalusannya menyerupai semen, yaitu antara $250 \text{ m}^2/\text{kg}$ dan $500 \text{ m}^2/\text{kg}$. Sifat pozzolanisnya diperoleh dengan kahadiran 50% silika tanah halus.

Keuntungan dengan di gunakan fly ash dalam campuran beton :

- Untuk sifat fisik beton :
 - Memperbaiki kelecakan untuk mempermudah pengerjaan
 - Menurunkan panas hidrasi
 - Meningkatkan daya tahan terhadap serangan sulfat
 - Memperkecil nilai susut.

- Untuk sifat mekanis beton :
 - Meningkatkan kuat tekan beton jangka panjang
 - Dapat menghasilkan beton mutu tinggi.

(T. Mulyono (2004), Teknologi Beton)

Adapun kandungan unsur kimia yang terdapat pada fly ash antara lain :

Komponen (%)	Bituminus	Subbitumins	Lignit
SiO ₂	20-60	40-60	15-45
Al ₂ O ₃	5-35	20-30	20-25
Fe ₂ O ₃	10-40	4-10	4-15
CaO 1	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10
SO ₃	0-4	0-2	0-10
Na ₂ O	0-4	0-2	0-6
K ₂ O	0-3	0-4	0-4
LOI	0-15	0-3	0-5

2.1.3.7 Silika Fume

Silika fume merupakan mineral admixture yang berasal dari sisa hasil pembakaran reduksi kuarsa murni tinggi dengan batu bara dalam incinerator baja. Silika fume merupakan bahan pengisi (filler) dalam campuran beton yang mengandung kadar silika yang tinggi. Kandungan SiO_2 dalam silika fume mencapai lebih dari 90%. Bentuk partikel bulat halus dengan ukuran kurang dari 1 mikron.

Silika merupakan material yang bersifat pozzolanik. Dalam penggunaannya silika fume berfungsi sebagai pengganti sebagian dari jumlah semen dalam campuran beton, yaitu sebanyak 5 % - 15 % dari total berat binder, kandungan SiO_2 dalam silika fume akan bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen saat proses pembentukan senyawa Kalsium Silikat Hidrat (CSH) yang berpengaruh dalam proses pengerasan semen. Kandungan kimia yang terdapat pada silika fume antara lain:

- Silika (SiO_2)	94,3%
- Alumina (Al_2O_3)	1,1%
- Besi (Fe_2O_3)	0,3%
- Magnesium (MgO)	0,7%
- Sulfat (SO_4)	0,7%
- Hilang Pijar	2,6%
- Alkali (Na_2O)	0,2%
(K_2O)	0,1%

Sifat fisik Silika Fume :

- a. Warna bervariasi mulai dari abu-abu muda sampai abu-abu gelap
- b. Specific gravity : 2-2.5
- c. Bulk density : 250-300 kg / m³
- d. Ukuran : 0,1 – 1 mikron (1/100 ukuran partikel semen)
- e. Luas permukaan : 20000 m² / kg
- f. Keunggulan dan kendala penggunaan silika Fume

keunggulan-keunggulan penggunaan silika Fume dalam campuran beton yaitu:

• Sifat mekanis beton :

- Meningkatkan kuat tekan beton
- Meningkatkan kuat lentur beton
- Memperbesar modulus elastisitas beton
- Mengecilkan regangan beton

• Sifat fisik beton :

- Menyebabkan temperature beton menjadi lebih rendah sehingga mengurangi terjadinya retak pada beton
- Meningkatkan kepadatan (density) beton

(T. Mulyono (2004), Teknologi Beton)

2.2 Sifat Mekanis Beton

2.2.1 Kuat tekan Beton

Kekuatan tekan beton merupakan salah satu dari sifat fisik yang terpenting dari beton, karena nilai kuat tekan beton sangat identik dengan mutu beton yang diinginkan. Disamping itu pula banyak faktor lain yang mesti dipertimbangkan, misalnya factor durabilitas, impermeabilitas dan lain sebagainya. Yang dimaksud dengan nilai kuat tekan beton berdasarkan ASTM. Dalam pasal 3.33 (SNI 03-2847/S-12-2002) kuat tekan beton yang disyaratkan f'_c adalah kuat tekan beton yang ditetapkan oleh perencana struktur (benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm), untuk dipakai dalam perencanaan struktur beton, dinyatakan dalam satuan Mpa. Bila nilai f'_c didalam tanda akar, maka hanya nilai numerik dalam tanda akar saja yang dipakai dan hasilnya tetap mempunyai satuan MPa.

Kuat tekan beton diambil berdasarkan kuat tekan pada umur 28 hari, karena nilai kuat tekan beton pada umur sebelum 28 hari banyak dipengaruhi oleh jalannya proses reaksi C_3S dan C_2S yang merupakan komponen karakteristik dari semen yang berlangsung di dalam beton. Semakin cepat jalannya reaksi semakin tinggi pula nilai kuat tekan beton yang dicapai, sebaliknya semakin lambat jalannya reaksi semakin rendah pula nilai kuat beton yang dicapai.

Selanjutnya pengujian yang paling dikenal yang dilakukan pada beton adalah pengujian kekuatan beton. Ada beberapa alasan dilakukan pengujian ini :

1. Pengujian dilakukan adalah bertujuan untuk menguji apakah kekuatan beton telah tercapai sesuai rencana atau belum dan untuk menentukan

langkah-langkah preventif dengan tidak mengesampingkan nilai-nilai ekonomis.

2. Pengujian dilakukan dengan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm atau kubus 150 x150 x 150 mm.
3. Pelaksanaan beton dapat diterima jika hasil kekuatan tekan beton-betonnnya memenuhi dua syarat yang diberikan, nilai-nilainya sebagai berikut :
 - a. Nilai rata-rata dari hasil benda uji (terdiri dari empat pasangan benda uji) tidak kurang dari ($f'c + 0.82s$), dengan s adalah standar defiasi.
 - b. Tidak satupun benda uji yang nilainya kurang dari $0.85f'c$

(T. Mulyono (2004), Teknologi Beton)

Rumus yang dipakai untuk menghitung kuat tekan adalah :

$$f'c = \frac{P}{A} \times 1,04$$

Dimana : $f'c$ = Tegangan hancur (MPa)

P = beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm)

1, 04 = Faktor konversi benda uji silinder 100 x 200 mm ke silinder 150 mm x 300 mm.

2.2.2 Kuat Tarik Belah

Sebagaimana rincian pada ASTM C 496, pengujian kuat tarik belah dilakukan pada benda uji berbentuk silinder dengan cara meletakkan silinder pada posisi berbaring (horizontal) dan pada bagian atas dan bawah dilapisi papan

bantalan yang berguna menyebarkan gaya sepanjang bentang silinder, kemudian diberi beban tegak lurus bentang silinder.

Tegangan dihitung dengan rumus :

$$\text{Kuat Tarik Belah} = \frac{2.P}{3,14.d.L}$$

Dimana : P = Beban Maksimum (N)

d = Diameter silinder benda uji (mm)

L = Panjang silinder benda uji (mm)

2.2.3 Kuat Tarik Lentur

Kuat tarik lentur merupakan bagian penting di dalam menahan retak-retak akibat perubahan kadar air dan suhu. Pengujian ini diadakan untuk pembuatan konstruksi jalan raya dan lapangan terbang.

Untuk menaksirkan kekuatan beton yang menyebar adalah dengan cara pengujian tarik lentur dengan benda uji adalah berbentuk balok yang berukuran 150 mm x 150 mm x 600 mm.

Kuat Tarik Lentur dihitung dengan rumus :

$$\text{Kuat Tarik Lentur} = \frac{P.L}{b.l^2}$$

Dimana : P = Beban maksimum (N)

L = Panjang benda uji (mm)

b = Lebar balok (mm)

t = Tinggi balok (mm)

2.2.4 Modulus Elastisitas Beton

Modulus Elastisitas adalah sebuah konstanta bahan yang mempunyai nilai tertentu untuk suatu bahan tertentu. Tiap bahan mempunyai modulus elastisitas (E) tersendiri yang mempunyai gambaran mengenai perilaku itu bila mengalami beban tarik atau beban tekan. Bila nilai E semakin kecil, maka semakin mudah bahan untuk mengalami perpanjangan atau perpendekan.

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

Rumus yang dipakai untuk menghitung modulus elastisitas adalah ;

- Perhitungan Rengangan Beton (ϵ)

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

- Perhitungan Kuat Tekan Beton ($f'c$)

$$f'c = \frac{P}{A}$$

- Perhitungan Modulus Elastisitas Beton (E_c)

$$E_c = \frac{f'c}{\epsilon}$$

- **Perhitungan Modulus Elastisitas Teoritis**

$$E \text{ teoritis} = 4700 \times \sqrt{f'c}$$

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 (mm²)

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

E_t = Modulus Elastisitas Teoritis (MPa)

2.3 Sifat Fisik Beton

2.3.1 Porositas

Hubungan Porositas dengan kekedapan dan keawetan beton sangatlah erat, karena beton yang awet dapat diperoleh dengan beton yang berporositas minimum (A. Subakti Bab XII; 9). Dalam industri beton sering diteliti berbagai bahan pengisi yang dapat mengurangi besarnya porositas (kadar air void), seperti Silika

fume, Fly ash dan bahan pengisi lainnya. Bahan-bahan tersebut dapat mengisi rongga-rongga udara antar partikel, sehingga beton menjadi lebih padat dan kekedapannya akan bertambah

Rumus yang dipakai untuk menghitung Porositas beton adalah

- Perhitungan Volume Pori Terbuka (V_p)

$$= \frac{W_{ssd} - W_a}{B_j \text{ Air}}$$

- Perhitungan Porositas

$$\text{Porositas} = \frac{V_p}{V \text{ benda uji}} \times 100\%$$

Dimana :

W_{ssd} = berat benda uji keadaan saturated surface dry (SSD) atau jenuh permukaan kering (gr)

W_a = berat benda uji keadaan kering oven

$B_j \text{ air}$ = berat jenis air 1 gr / ml

$V \text{ benda uji}$ = Volume benda uji (cm^3 , dimana : 1 ml = 1cm^3)

2.3.2 Workabilitas

Kemudahan pengerjaan dapat dilihat dari nilai slump yang identik dari tingkat keplastisan beton. Semakin plastis beton, semakin mudah pengerjaannya.

Unsur-unsur yang mempengaruhinya antara lain :

1. Jumlah Air Pencampur.

Semakin banyak air semakin mudah untuk dikerjakan

2. Kandungan Semen.

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

3. Gradasi Campuran Pasir-Krikil.

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

4. Bentuk Butiran Agregat Kasar.

Agregat berbentuk bulat-bulat lebih mudah untuk dikerjakan .

5. Butir Maksimum.

6. Cara Pemasatan dan Alat Pemasat.

(Aman Subakti, Uji Kekuatan Beton, hal: 105)

2.4 Analisa Varian Satu Arah

Teknik analisa data statistik yang digunakan ketika kelompok-kelompok variabel bebas lebih dari dua. Pada anova kita asumsikan bahwa distribusi dari masing-masing kelompok harus terdistribusi secara normal. Dari hasil pengujian, data yang diperoleh dianalisa dengan menggunakan analisa varian satu arah, yang merupakan nilai pengamatan ulang dari masing-masing perlakuan, dengan anggapan bahwa pengamatan dari i sampai ke n dianggap mempunyai nilai yang

heterogen. Uji yang dipergunakan dalam anova adalah uji F karena dipakai untuk pengujian dari 2 sampel.

2.5 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 memang mengandung nilai parameter yang kita duga. Dalam ilmu sosial, interval kepercayaan yang sering digunakan adalah 90 %, 95 % atau 99 %. Pada dasarnya seorang peneliti bebas menentukan berapa besar interval kepercayaan yang akan dipergunakan. Pertimbangannya 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 menjadi semakin 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 di tingkat 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 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 yang valid yang siap untuk diuji secara statistik.

2.6 Pengertian Hipotesis

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

Secara operasional dapat ditulis : $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

2. Hipotesis alternatif (H_a): yaitu hipotesis yang menyatakan kebalikan dari hipotesis nihil.

Secara operasional dapat ditulis : $H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$

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

- a. Distribusi Binomial

Distribusi Binomial adalah suatu distribusi probabilitas yang dapat digunakan bilamana suatu proses sampling dapat diasumsikan sesuai dengan proses Bernoulli. Misalnya, dalam perlemparan sekeping uang logam sebanyak 5 kali, hasil setiap ulangan mungkin muncul sisi gambar atau sisi angka. Begitu pula, bila kartu diambil berturut-turut, kita dapat memberi label "berhasil" bila kartu yang terambil adalah kartu merah atau "gagal" bila yang terambil adalah kartu hitam. Ulangan-ulangan tersebut bersifat bebas dan peluang keberhasilan setiap ulangan tetap sama, yaitu sebesar $\frac{1}{2}$. (Ronald E. Walpole)

- b. Distribusi Poisson (σ^2)

Distribusi Poisson ialah banyaknya hasil percobaan yang terjadi dalam suatu selang waktu atau suatu daerah tertentu, tidak bergantung pada banyaknya hasil percobaan yang terjadi pada selang waktu atau daerah lain yang terpisah.

Peluang terjadinya satu hasil percobaan selama suatu selang waktu yang singkat sekali atau dalam suatu daerah yang kecil, sebanding dengan panjang selang waktu tersebut atau besarnya daerah tersebut, dan tidak bergantung pada banyaknya hasil percobaan yang terjadi di luar selang waktu atau daerah tersebut. Peluang bahwa lebih dari satu hasil percobaan akan terjadi dalam selang waktu yang singkat tersebut atau dalam daerah kecil tersebut, dapat diabaikan

c. Distribusi Normal (Z)

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

d. Distribusi Student (t)

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

e. Distribusi Chi Kuadrat (X^2)

Teknik uji Chi Kuadrat pertama kali diperkenalkan oleh Karl Pearson untuk menguji keselarasan. Pengujian ini dipergunakan apakah 2 atau lebih proporsi sama. Pengujian beda proporsi hanya untuk 2 populasi namun chi square dapat digunakan untuk populasi yang tidak terbatas. Chi Kuadrat juga dapat digunakan untuk menguji apakah dua atribut independen satu sama lain. Dapat juga dilakukan untuk memeriksa ketergantungan dan homogenitas kedua prosedur

tersebut meliputi perbandingan frekuensi yang teramati dengan frekuensi yang diharapkan bila hipotesis nol yang ditetapkan benar.

f. **Distribusi Fisher (F)**

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

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

2.6.1 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.

Dari semua cara di atas semua dapat 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 (konstant).

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

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

2.7 Analisa regresi

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

Analisis regresi merupakan salah satu analisis yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain. Dalam analisis regresi, variabel yang mempengaruhi disebut Independent Variable (variabel bebas) dan variabel yang dipengaruhi disebut Dependent Variable (variabel terikat). Jika dalam persamaan regresi hanya terdapat satu variabel bebas dan satu variabel terikat, maka disebut sebagai persamaan regresi sederhana, sedangkan jika

variabel bebasnya lebih dari satu, maka disebut sebagai persamaan regresi berganda.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Beton, Struktur dan Jalan Raya Institut Teknologi Nasional Malang yang dimulai dari pengujian bahan, rancangan campuran, pengecoran, dan percetakan benda uji serta pengetesan sampel.

3.2. Metode Penelitian

Studi penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

1. Studi Pustaka, yang bertujuan mengkaji hubungan variabel yang akan diteliti dengan mempelajari teori – teori yang ada untuk merumuskan hipotesis penelitian.
2. Studi Experimen, dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data – data yang diperlukan. Data tersebut dianalisa secara statistik untuk menguji hipotesis sehingga didapat kesimpulan akhir.

3.3. Populasi dan Sampel

Populasi adalah seluruh obyek yang akan diteliti. Pada penelitian ini benda uji keseluruhan dapat disebut Populasi. Benda uji yang mewakili sebagian dari

anggota populasi disebut sampel. Ditentukan variasi campuran dan jumlah sampel

(benda uji) sebagai berikut :

1. Benda Uji dengan penambahan fly ash 0 % + silika 0 %
2. Benda Uji dengan penambahan fly ash 13,5 % + silika 1,5 %
3. Benda Uji dengan penambahan fly ash 0 % + silika 1,5 %
4. Benda Uji dengan penambahan fly ash 13,5% + silika 0 %

Tabel 3.1. Jumlah Benda Uji Untuk Variasi Batu Pecah

Agregat Kasar	Perlakuan	Jenis Pengujian	Ukuran Sampel (cm)	Jumlah Benda Uji (buah)
Batu Pecah	Tanpa Bahan Tambahan	Kuat tekan Kuat Tarik Belah Kuat Tarik Lentur Modulus Elastisitas Porositas	Silinder 10 x 20 Silinder 15 x 30 Balok 15 x 15 x 60 Silinder 15 x 30 Silinder 10 x 20	15 + 1 cadangan 3 + 1 cadangan 3 4 + 1 cadangan 3
	Silika 1,5 %	Kuat tekan Kuat Tarik Belah Kuat Tarik Lentur Modulus Elastisitas Porositas	Silinder 10 x 20 Silinder 15 x 30 Balok 15 x 15 x 60 Silinder 15 x 30 Silinder 10 x 20	15 + 1 cadangan 3 + 1 cadangan 3 4 + 1 cadangan 3
	Fly Ash 13,5 %	Kuat tekan Kuat Tarik Belah Kuat Tarik Lentur Modulus Elastisitas Porositas	Silinder 10 x 20 Silinder 15 x 30 Balok 15 x 15 x 60 Silinder 15 x 30 Silinder 10 x 20	15 + 1 cadangan 3 + 1 cadangan 3 4 + 1 cadangan 3
	Silika 1,5 % & Fly Ash 13,5 %	Kuat tekan Kuat Tarik Belah Kuat Tarik Lentur Modulus Elastisitas Porositas	Silinder 10 x 20 Silinder 15 x 30 Balok 15 x 15 x 60 Silinder 15 x 30 Silinder 10 x 20	15 + 1 cadangan 3 + 1 cadangan 3 4 + 1 cadangan 3

Tabel 3.2. Jumlah Benda Uji Untuk Variasi Limbah Marmer 40%

Agregat Kasar	Perlakuan	Jenis Pengujian	Ukuran Sampel (cm)	Jumlah Benda Uji (buah)
Limbah Marmer 40%	Tanpa Bahan Tambahan	Kuat tekan Kuat Tarik Belah Kuat Tarik Lentur Modulus Elastisitas Porositas	Silinder 10 x 20 Silinder 15 x 30 Balok 15 x 15 x 60 Silinder 15 x 30 Silinder 10 x 20	15 + 1 cadangan 3 + 1 cadangan 3 4 + 1 cadangan 3
	Silika 1,5 %	Kuat tekan Kuat Tarik Belah Kuat Tarik Lentur Modulus Elastisitas Porositas	Silinder 10 x 20 Silinder 15 x 30 Balok 15 x 15 x 60 Silinder 15 x 30 Silinder 10 x 20	15 + 1 cadangan 3 + 1 cadangan 3 4 + 1 cadangan 3
	Fly Ash 13,5 %	Kuat tekan Kuat Tarik Belah Kuat Tarik Lentur Modulus Elastisitas Porositas	Silinder 10 x 20 Silinder 15 x 30 Balok 15 x 15 x 60 Silinder 15 x 30 Silinder 10 x 20	15 + 1 cadangan 3 + 1 cadangan 3 4 + 1 cadangan 3
	Silika 1,5 % & Fly Ash 13,5 %	Kuat tekan Kuat Tarik Belah Kuat Tarik Lentur Modulus Elastisitas Porositas	Silinder 10 x 20 Silinder 15 x 30 Balok 15 x 15 x 60 Silinder 15 x 30 Silinder 10 x 20	15 + 1 cadangan 3 + 1 cadangan 3 4 + 1 cadangan 3

3.4. Alat Dan Bahan Penelitian

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

a. Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini :

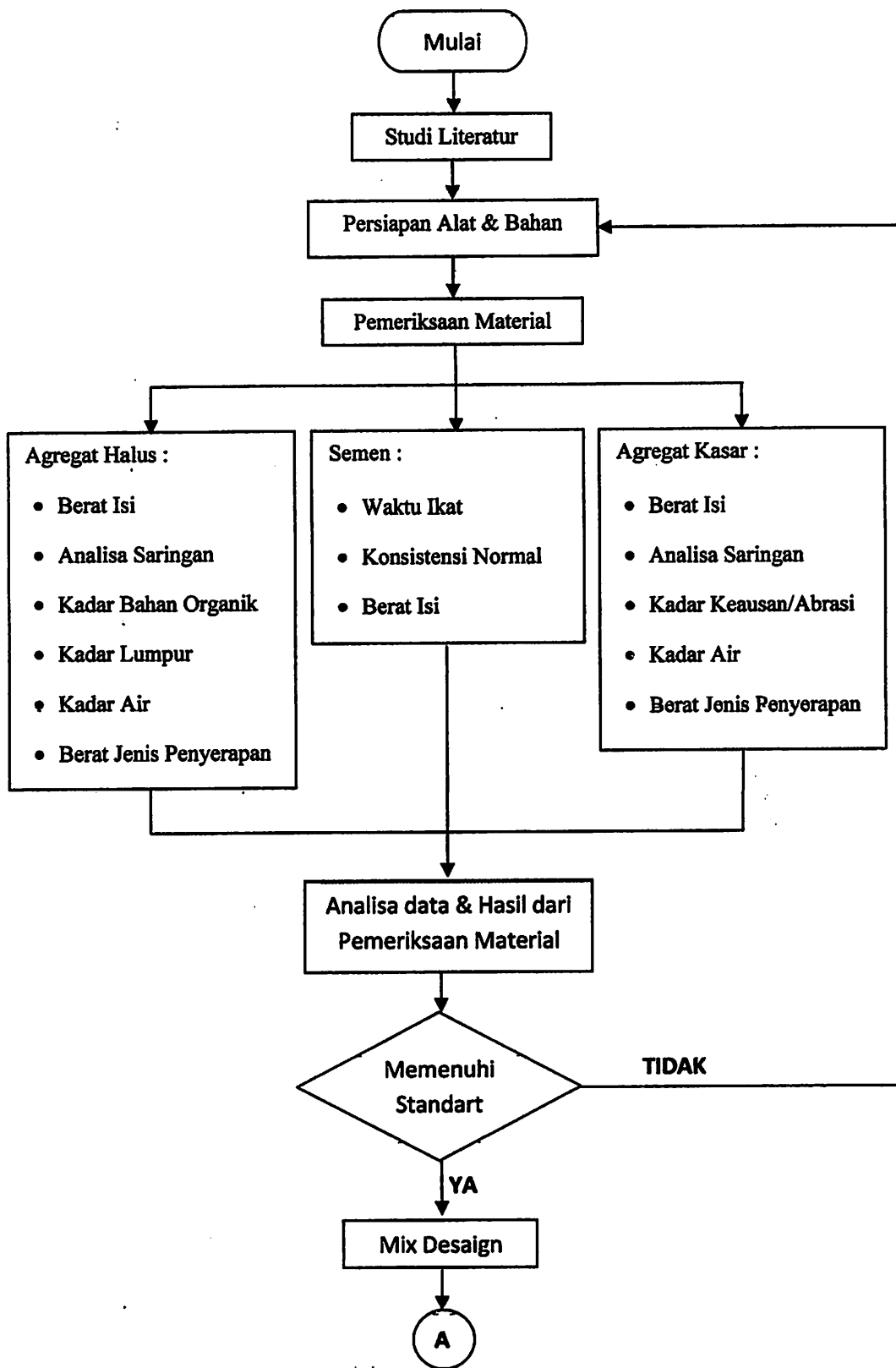
- Semen : Semen Gresik Type 1.
- Agregat Halus (pasir) : Pasir dari kali Lesti, Lumajang.
- Agregat Kasar (kerikil) : Kerikil dari Pandaan.
- Air : Air dari PDAM Kota Malang.
- Limbah Marmer : Daerah Campur Darat Tulungagung.
- Fly Ash : Dibeli dari Toko Bangunan
Jl. Sigura-Gura di distribusi dari PT. Paiton
- Silika Fume : PT Sika, Surabaya

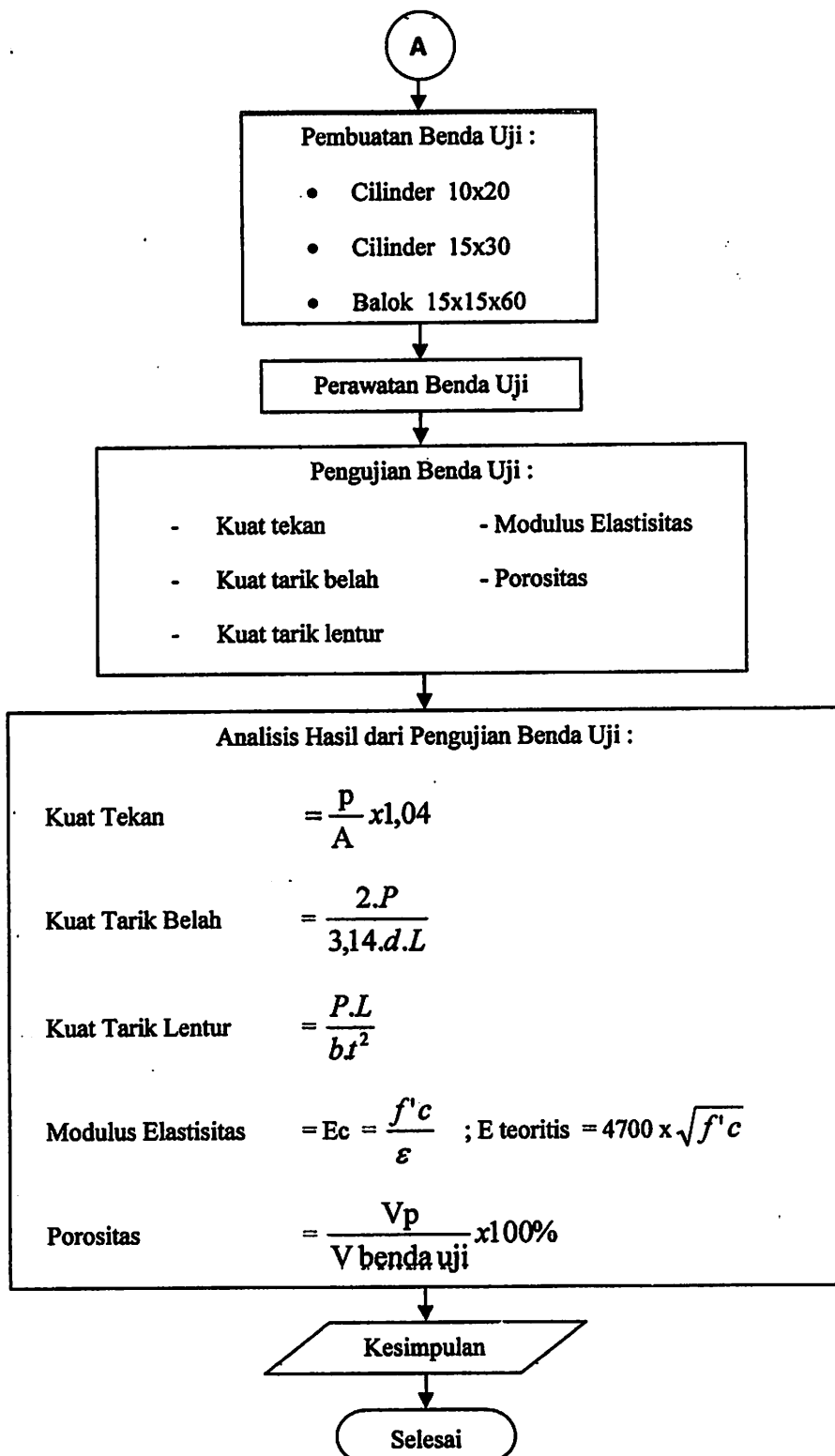
b. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini :

- Satu set saringan 76.2 mm (3"); 53.5 mm (2.5"); 35.5 mm (1"); 19.5 mm (3/4"); 12.5 mm (1/2"); 9.5 mm (3/8"); No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200 (Standart ASTM).
- Neraca analitik kapasitas maksimum 200 gr dengan ketelitian 0.1 % dari berat contoh, berikut satu set timbangan terdiri dari 50 gr sampai dengan 100 gr.
- Kuas untuk membersihkan cetakan benda uji, sikat kuningan dan sendok.
- Gelas ukur 200 H dengan ketelitian 1 ml.

- Talam – talam.
- Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu, untuk memanasi suhu sampai (110 ± 5)° C.
- Mesin pengguncang saringan.
- Keranjang kawat ukuran 3.35 mm, atau 2.36 mm (No.6 atau No.8) dengan kapasitas kira - kira 5 kg.
- Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai dengan pemeriksaan.
- Timbangan dengan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0.1 % dari berat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
- Piknometer dengan kapasitas 500 ml.
- Kerucut Terpancung (cone), diameter bagian atas (40 ± 3) mm, diameter bagian dalam (90 ± 3) mm, tinggi (75 ± 3) mm dibuat dari logam tebal minimum 0.8 mm.
- Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata (34 ± 15) gr, diameter permukaan penumbuk (25 ± 3) mm.
- Pengukur suhu dengan ketelitian pembacaan 1° C.
- Bejana tempat air.
- Air suling.
- Cetakan berupa kerucut terpancung dengan bagian bawah 20 cm, bagian atas 10 cm, dan tinggi 30 cm.

- Tongkat pemangkat dengan diameter 16 cm, panjang 60 cm,ujung dibulatkan dan sebaiknya dari baja tahan karat.
- Sendok cekung.
- Cetakan
- Mesin pengaduk beton.
- Dan peralatan tambahan lainnya.





Gambar 3.1. Bagan Alir Proses Pelaksanaan Penelitian

3.5. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dibedakan menjadi dua, yaitu pengumpulan data hasil pemeriksaan material dan pengumpulan data hasil pengujian benda uji.

- a. Untuk data hasil pemeriksaan material didapat dari hasil :
 - Pemeriksaan analisa saringan agregat halus dan kasar.
 - Pemeriksaan zat organik dalam agregat halus dan kasar.
 - Pemeriksaan kadar lumpur dalam agregat halus dan kasar.
 - Pemeriksaan berat volume agregat halus dan kasar.
 - Pemeriksaan kadar air agregat halus dan kasar.
 - Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus dan kasar.
- b. Sedangkan untuk data pengujian benda uji didapat dari :
 - Data hasil uji kuat tekan.
 - Data hasil uji tekan tarik belah.
 - Data hasil uji tekan tarik lentur.
 - Data hasil uji modulus elastisitas.
 - Data hasil uji porositas.
 - Hasil uji workabilitas.

3.6. Teknik Analisa Data

Selanjutnya dari data-data yang didapat dilakukan perhitungan secara analitis dan eksperimen. Dari hasil perhitungan secara analitis dan eksperimen tersebut untuk selanjutnya dicari prosentase kesalahannya. Perlakuan yang terjadi dalam satu kelompok diakibatkan oleh penambahan limbah marmer pada beton. Untuk mengetahui kontribusi bahan tambahan pada beton. Sebelumnya akan dilakukan perhitungan secara statistik mengenai hubungannya apakah limbah marmer sebagai bahan campuran berpengaruh terhadap sifat mekanis beton.

BAB IV

PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1. Pemeriksaan Bahan

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

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

4.1.1. Pemeriksaan Berat Isi

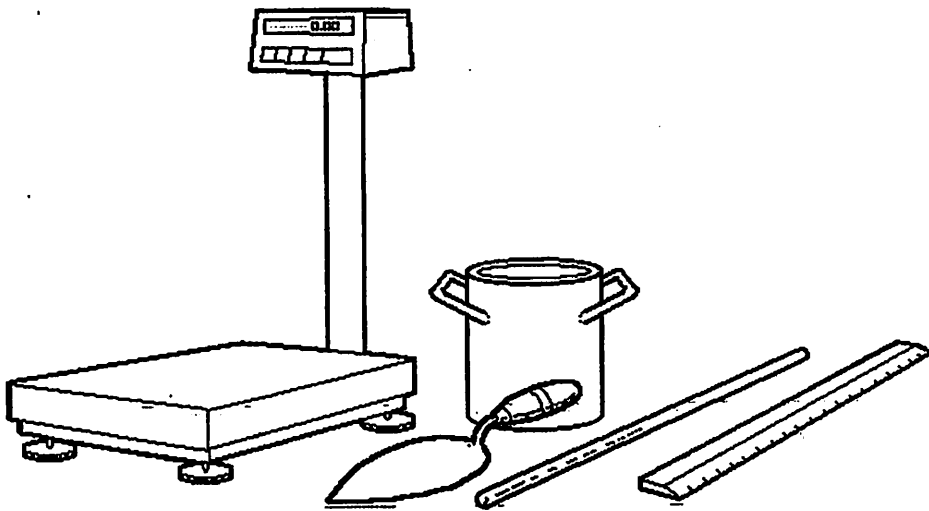
A. Tujuan Penelitian

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



Gambar 4.1. : Aparatus Pemeriksaan Berat Volume Agregat

C. Bahan

Bahan yang digunakan adalah agregat kasar dan agregat halus.

D. Prosedur Pelaksanaan

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

a) Berat isi lepas :

- Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).

- Masukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir-butir, dari ketinggian 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh.
 - Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
 - Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji (W2).
 - Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).
- b) Berat isi agregat ukuran butir maksimum 38,1 mm (1 ½") dengan cara penusukan :
- Timbang dan catatlah berat wadah (W1)
 - Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang ditusukkan sebanyak 25 kali secara merata.
 - Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
 - Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji (W2).
 - Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

E. Perhitungan

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

Dimana : V = isi wadah (cm³)

W_3 = Berat contoh uji (kg)

F. Tabel Perhitungan

Tabel 4.1. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

BATU PECAH		LEPAS / GEMBUR			PADAT		
		I	II	III	I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	21610	21730	21750	22540	22630	22750
B.	Berat tempat (gr)	7910	7910	7910	7910	7910	7910
C.	Berat benda uji (gr)	13700	13620	13840	14630	14720	14840
D.	Isi tempat (cm ³)	10000	10000	10000	10000	10000	10000
E.	Berat isi (gr/cm ³)	1.37	1.38	1.38	1.46	1.47	1.48
F.	Berat isi rata-rata (gr/cm ³)	1.38			1,47		

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)	8560	8540	8556	8890	8890	8920
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	5010	4990	5006	5340	5340	5370
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000	3000	3000	3000
E.	Berat isi (gr/cm ³)	1.67	1.66	1.67	1.78	1.78	1.79
F.	Berat isi rata-rata (gr/cm ³)	1.67			1,78		

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)	6730	6720	6740	7320	7330	7320
B.	Berat tempat (gr)	3570	3570	3570	3570	3570	3570
C.	Berat benda uji (gr)	3160	3150	3170	3750	3760	3750
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000	3000	3000	3000
E.	Berat isi (gr/cm ³)	1.05	1.05	1.06	1.25	1.25	1.25
F.	Berat isi rata-rata (gr/cm ³)	1,05			1,25		

Sumber : Data Hasil Penelitian

G. Hasil Penelitian

1. Berat isi lepas/gembur rata-rata

- a. Agregat Kasar Batu Pecah = 1,38 kg/cm³
- b. Agregat halus (pasir) = 1,67 kg/cm³
- c. Semen = 1,05 kg/cm³

2. Berat isi padat

- a. Agregat kasar Batu pecah = 1,47 kg/cm³
- b. Agregat halus (pasir) = 1,78 kg/cm³
- c. Semen = 1,25 kg/cm³

4.1.2. Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

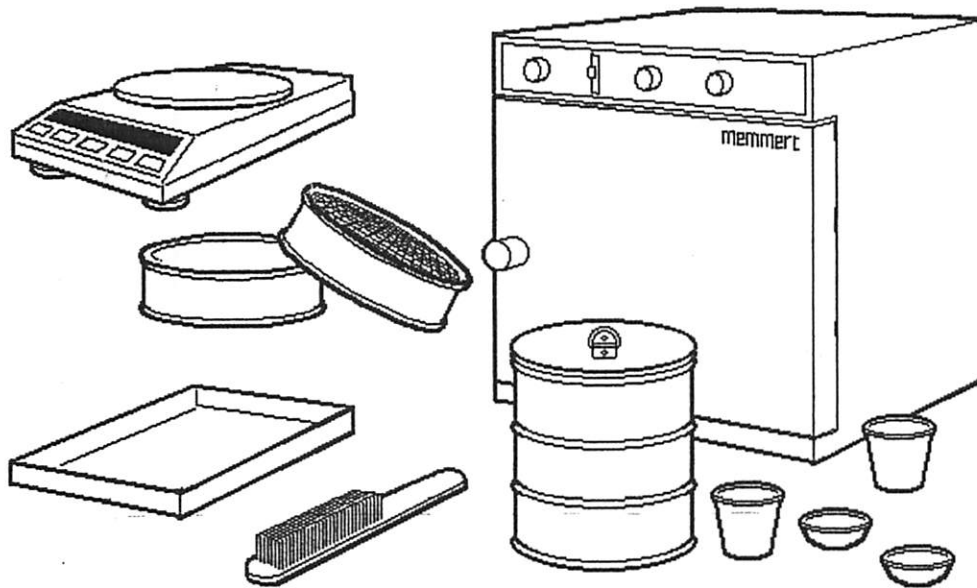
A. Tujuan Penelitian

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*

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

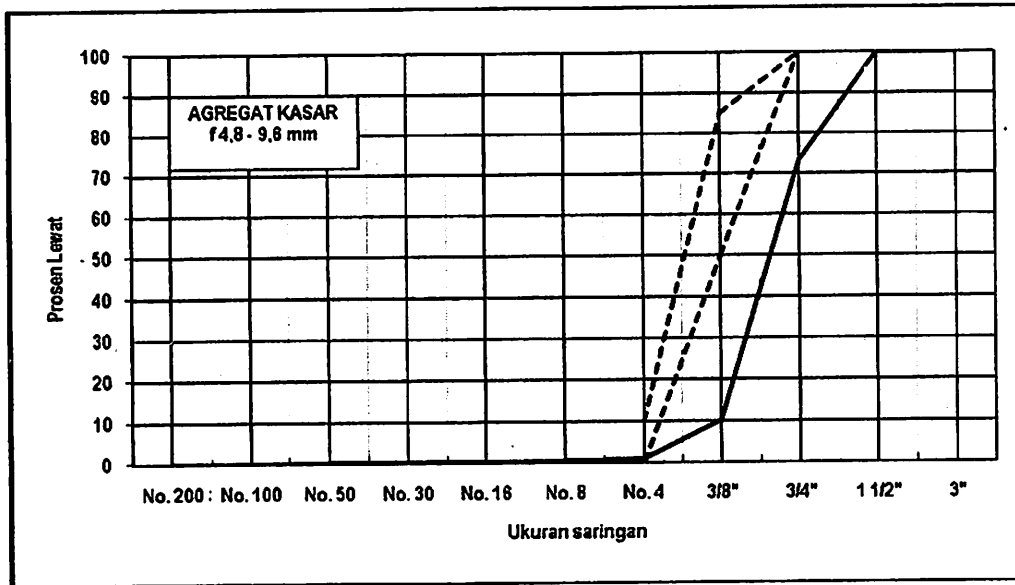
- a. Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga mencapai berat tetap.
- b. Contoh dicurahkan pada perangkat saringan. Susunan saringan dimulai dari saringan paling besar di atas. Perangkat saringan diguncang-guncang dengan tangan atau alat penggetar saringan, selama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

E. Tabel Perhitungan

Tabel 4.5. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Batu Pecah

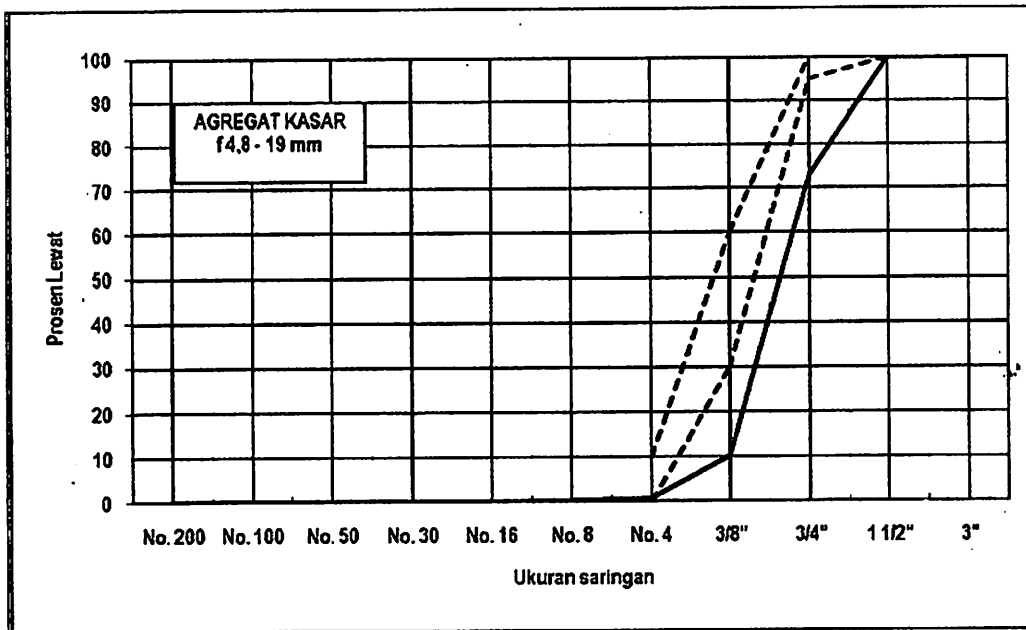
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76.2 mm (3")	0.00	0.00	0.00	100.00
38.1 mm (1 1/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.1 mm (3/4")	5370.00	26.85	26.85	73.15
9.6 mm (3/8")	12590.00	62.95	89.80	10.20
4.75 mm (No. 4)	1862.30	9.31	99.11	0.89
2.36 mm (No. 8)	112.60	0.56	99.67	0.33
1.18 mm (No. 16)	30.10	0.15	99.83	0.18
0.6 mm (No. 30)	8.90	0.04	99.87	0.13
0.3 mm (No. 50)	5.90	0.03	99.90	0.10
0.15 mm (No. 100)	7.80	0.04	99.94	0.06
0.075 mm (No. 200)	6.10	0.03	99.97	0.03
pan	6.30	0.03	100.00	0.00

Sumber : Data Hasil Penelitian



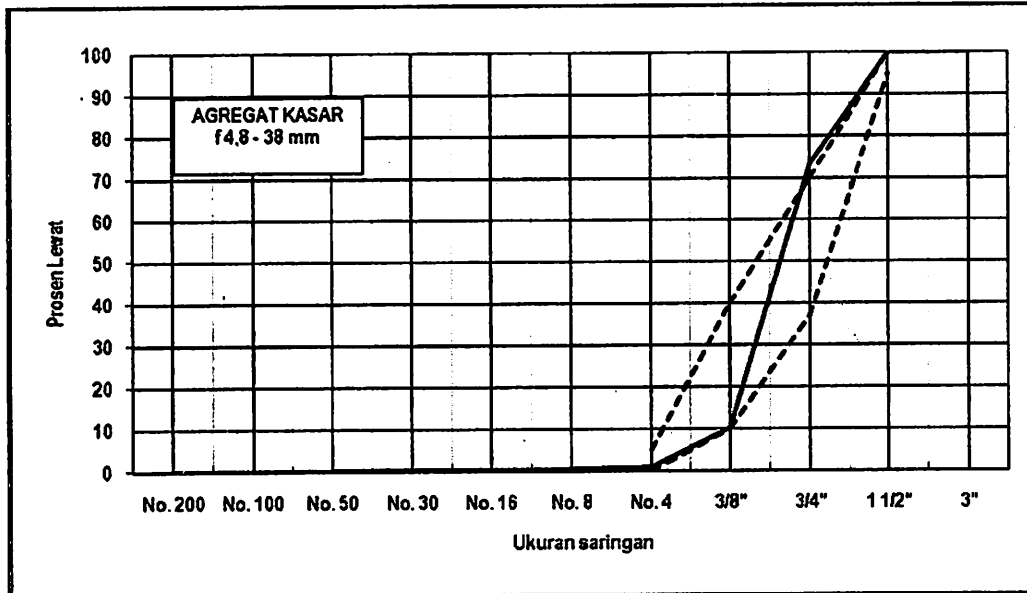
Grafik 4.1. : Batas Gradasi untuk Agregat Kasar 4,8 – 9,6 mm

Sumber : *Data Hasil Penelitian*



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

Sumber : *Data Hasil Penelitian*



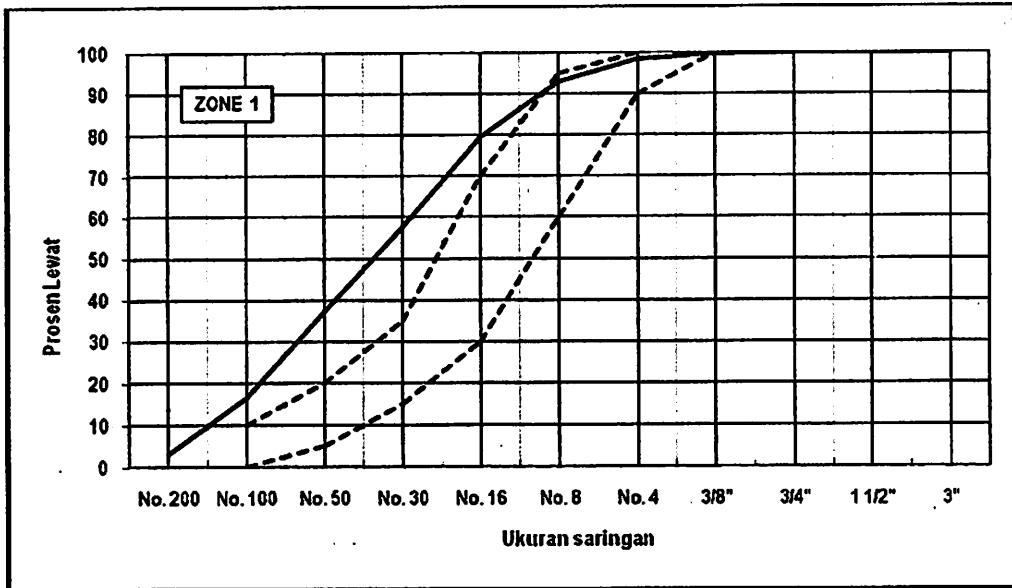
Grafik 4.3. : Batas Gradasi untuk Agregat Kasar 4,8 – 38 mm

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 4.6. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus

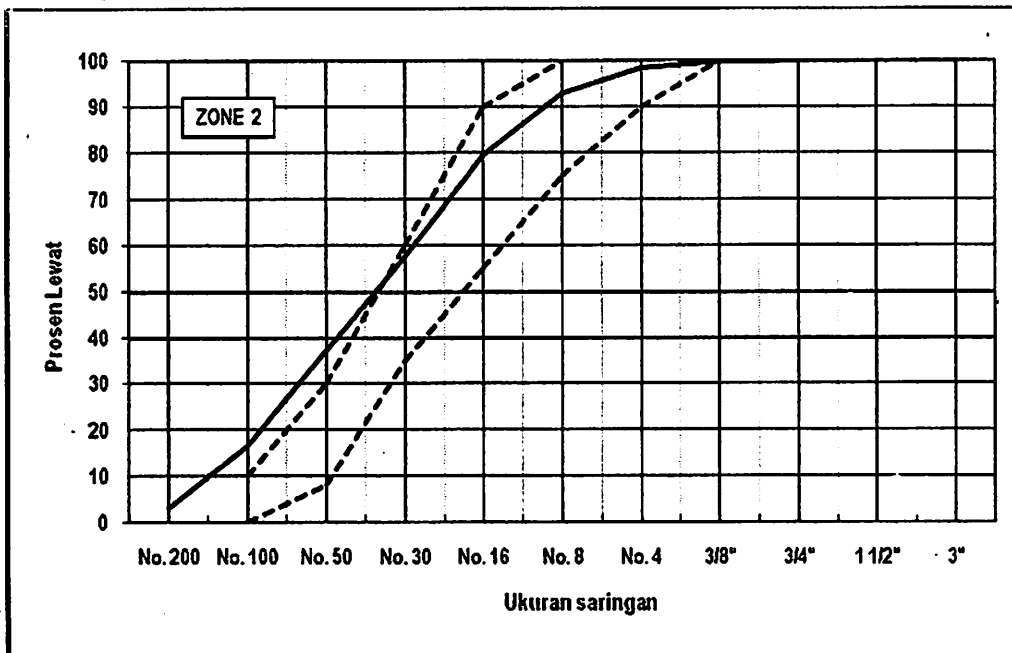
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76.2 mm (3")	0.00	0	0	100.000
38.1 mm (1 1/2")	0.00	0	0	100.000
19.1 mm (3/4")	0.00	0	0	100.000
9.6 mm (3/8")	5.80	0.387	0.387	99.613
4.75 mm (No. 4)	16.60	1.107	1.493	98.507
2.36 mm (No. 8)	81.40	5.427	6.920	93.080
1.18 mm (No. 16)	204.90	13.660	20.580	79.420
0.6 mm (No. 30)	326.60	21.773	42.353	57.647
0.3 mm (No. 50)	306.70	20.447	62.800	37.200
0.15 mm (No. 100)	310.70	20.713	83.513	16.487
0.075 mm (No. 200)	202.10	13.473	96.987	3.013
pan	45.20	3.013	100.000	0.000

Sumber : Data Hasil Penelitian



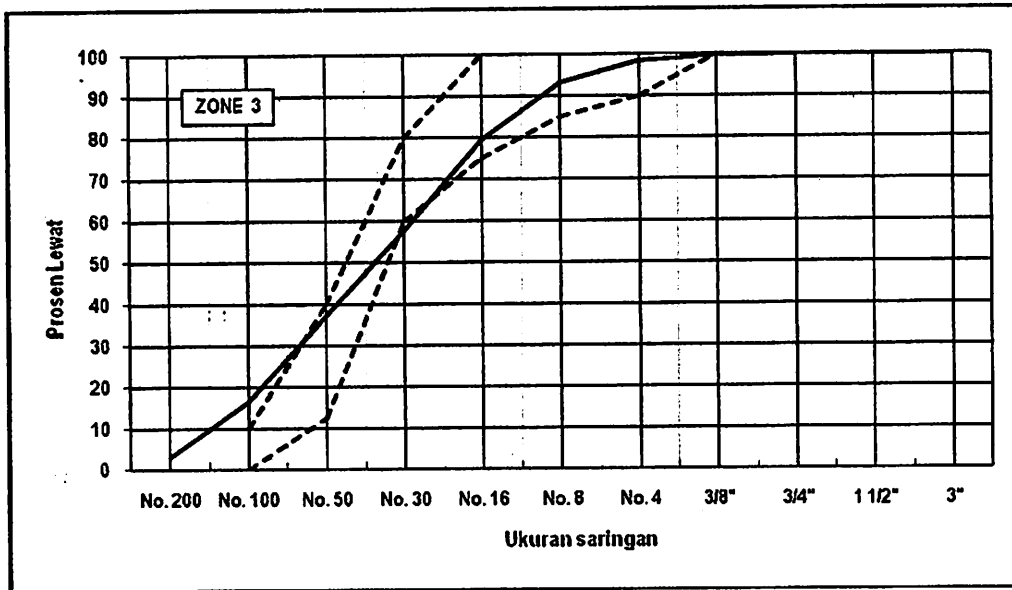
Grafik 4.4. : Batas Gradasi Zona 1 untuk Agregat Halus

Sumber : *Data Hasil Penelitian*



Grafik 4.5. : Batas Gradasi Zona 2 untuk Agregat Halus

Sumber : *Data Hasil Penelitian*



Grafik 4.6. : Batas Gradasi Zona 3 untuk Agregat Halus

Sumber : *Data Hasil Penelitian*

F. Hasil Penelitian

Dari pengujian analisa saringan agregat didapatkan :

- Agregat halus (pasir masuk zone 3)
- Modulus kehalusan Pasir agregat halus 2,18
- Agregat kasar masuk ukuran 4,8 – 38 mm

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. Bahan

Contoh pasir dengan volume 115 ml (1/3 volume botol)

D. 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 4.7. Warna Standart

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

Sumber : *Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton*

E. 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).

F. Hasil Penelitian

Warna cairan NaOH 3 % yang didiamkan selama 24 jam untuk pasir berwarna kuning muda. Artinya, tidak ada kotoran organik dalam pasir.

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

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100 \%$$

(Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton)

Dimana :

V_1 = tinggi pasir

V_2 = tinggi Lumpur

F. Hasil penelitian

Kadar lumpur untuk pasir sebesar 0,498 %, berarti pasir yang diperiksa memenuhi syarat untuk digunakan untuk campuran beton (< 5 %).

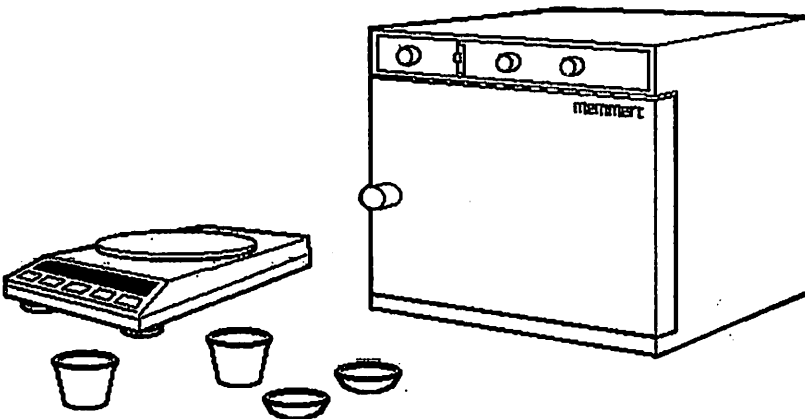
4.1.5. Pemeriksaan Kadar Air Agregat

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

- a. Timbangan.
- b. Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan (110 ± 5)°C.
- 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 4.8. 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 1/2 ")	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 1/2 ")	16,00 kg
25,40 mm (1 ")	4,00 kg	101,60 mm (4 ")	25,00 kg
38,00 mm (1 1/2 ")	6,00 kg	152,40 mm (6 ")	50,00 kg

Sumber : *Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton*

D. Prosedur Pelaksanaan

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

E. Perhitungan

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

Dimana :

W_3 = berat contoh semula (gram)

W_5 = berat contoh kering (gram)

F. Tabel Perhitungan

Tabel 4.9. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

BATU PECAH		ASLI		SSD	
	Nomor test	I	II	I	II
A.	Berat tempat (gr)	2520	2640	2630	2530
B.	Berat tempat + contoh (gr)	8830	22520	22640	7630
C.	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	8785	21860	22010	7450
D.	Kadar air = $\frac{B - C}{C - A} \times 100 \%$ (%)	3.41	3.25	3.73	3.52
F.	Kadar air rata-rata (%)	3.33		3.63	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 4.10. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

AGREGAT HALUS		ASLI		SSD	
	Nomor test	I	II	I	II
A.	Berat tempat (gr)	2590	2830	220.7	212.4
B.	Berat tempat + contoh (gr)	8830	22590	22830	1720.7
C.	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	8785	21810	21970	1662.80
D.	Kadar air = $\frac{B - C}{C - A} \times 100\%$ (%)	4.06	4.49	4.01	5.17
F.	Kadar air rata-rata (%)	4.28		4.59	

Sumber : Data Hasil Penelitian

G. Hasil penelitian

- Kadar air Agregat halus (pasir) SSD = 4,28 % , Asli = 4,59 %
- Kadar air Agregat kasar Batu Pecah SSD = 3,33 % , Asli = 3,63 %

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 liter 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 di-kering muka-kan (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. Tempertur air dijaga ($73,4 \pm 3$)° Fahrenheit, 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 ± 130)° 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 :

B_j = berat contoh kering permukaan jenuh = 5000 gram

B_k = berat contoh kering oven

B_a = berat contoh di dalam air

F. Tabel Perhitungan

Tabel 4.11. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Batu Pecah

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B_k	4826.8	4813	4819.9
Berat contoh kering permukaan jenuh	B_j	5000	5000	5000
Berat contoh di dalam air	B_a	3080.3	3105.6	3092.95
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2.51	2.54	2.53
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2.60	2.64	2.62
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2.76	2.82	2.79
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100$	3.59	3.89	3.74

Sumber : *Data Hasil Penelitian*

G. Hasil penelitian

- Berat jenis (*bulk*) = 2,53
- Berat jenis SSD = 2,62
- Berat Jenis semu (*apparent*) = 2,79
- Penyerapan (absorpsi) = 3,74 %

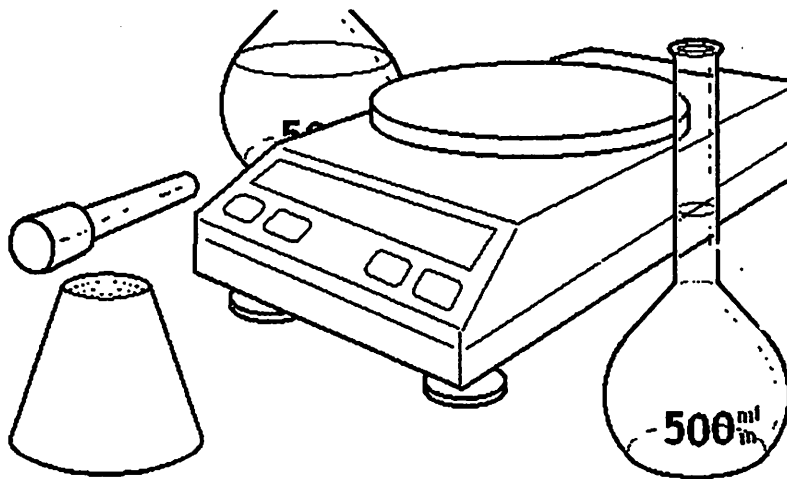
4.1.7. Pemeriksaan Berat jenis dan Penyerapan Agregat Halus

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 diperoleh dari bahan yang diproses melalui alat pemisah atau cara perempatan.

D. Prosedur Pelaksanaan

- a. Agregat halus yang jenuh air dikeringkan sampai diperoleh kondisi dengan indikasi contoh tercurah dengan baik.
- b. Sebagian dari contoh dimasukkan pada "metal sand cone mold". Benda uji dipadatkan dengan tongkat pemadat (tamper). Jumlah tumbukan adalah 25 kali. Kondisi SSD (Saturated Surface Dry) contoh diperoleh jika cetakan diangkat, butiran-butiran pasir longsor/runtuh.
- c. Contoh agregat halus seberat 500 gram dimasukkan ke dalam piknometer. Isilah piknometer tadi dengan air sampai 90% penuh. Bebaskan gelembung-gelembung udara dengan cara menggoyang-goyangkan piknometer tadi. Rendamlah piknometer dengan suhu air $(73,4 \pm 3)^\circ$ Fahrenheit selama 24 jam.
- d. Pisahkan contoh benda-uji dengan piknometer dan keringkan pada suhu $(213 \pm 230)^\circ$ Fahrenheit. Langkah ini harus diselesaikan dalam waktu 24 jam.
- e. Timbanglah berat piknometer yang berisi air sesuai dengan kapasitas kalibrasi pada temperatur $(73,4 \pm 4)^\circ$ Fahrenheit, dengan ketelitian 0,1 gram.

E. Perhitungan

- Berat Jenis (*bulk*)
$$\frac{Bk}{(B + B_j - B_t)}$$
- Berat jenis kering permukaan jenuh
$$\frac{B_j}{(B + B_j - B_t)}$$
- Berat jenis semu (*apparent*)
$$\frac{Bk}{(B + B_k - B_t)}$$

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

Dimana :

- B_j = berat contoh kering permukaan jenuh = 500 gram
- B_k = berat contoh kering oven
- B = berat piknometer diisi air pada 25°C
- B_t = berat piknometer + contoh SSD + air (25°C)

F. Tabel Perhitungan

Tabel 4.12. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B_k	494.60	494.90	494.75
Berat contoh kering permukaan jenuh	B_j	500.00	500.00	500.00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	677.30	666.20	671.75
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	B_t	991.10	976.90	984.00
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{(B + B_j - B_t)}$	2.66	2.61	2.64
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{(B + B_j - B_t)}$	2.69	2.64	2.66
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2.74	2.69	2.71
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100$	1.09	1.03	1.06

Sumber : Data Hasil Penelitian

G. Hasil penelitian Agregat halus (pasir)

- Berat jenis (*bulk*) = 2,64
- Berat jenis SSD = 2,66
- Berat Jenis semu (*apparent*) = 2,71

- Penyerapan (absorpsi) = 1,06

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. Bola-bola baja mempunyai diameter rata-rata 4,68 cm (1 7/8") dan berat masing-masing antara 400 gram sampai 440 gram.
- c. Saringan mulai ukuran 37,5 mm (1 1/2") sampai 2,38 mm (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 $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$. Pisahkan benda uji ke dalam masing-masing fraksi kemudian digabungkan sesuai dengan daftar berikut.

Tabel 4.13. Berat dan Gradasi benda uji

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

Sumber : *Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton*

C. Prosedur Praktikum

- Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin Los Angeles dan mesin diputar dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm sebanyak 500 ± 1 putaran.
- Setelah selesai putaran, benda uji dikeluarkan, disaring dengan saringan 4,75 mm (No. 4) dan 1,7 (No. 12). Butiran yang lebih besar dari 1,7 mm (tertahan

di kedua saringan tersebut) dicuci bersih, dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 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 4.14. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)	
Saringan			
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)		3074
4,75 mm (No. 4)	2,38 mm (No. 8)		
Berat tertahan saringan no 12			963
Jumlah berat		5000	4037
a	Berat benda uji semula	5000	
b	Berat benda uji tertahan saringan No.12 (& No.4)	4037	
	Keausan : $\frac{(a-b)}{a} \times 100\%$	19.26	

Sumber : Data Hasil Penelitian

F. Hasil penelitian

Nilai keausan = 19,26 %, Pedoman Pelaksanaan Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi,

maksimum adalah 40 %

4.2. Perhitungn Komposisi Campuran Beton

4.2.1. Perhitungan Mix Design Beton untuk Agregat Kasar Batu Pecah

Metode British Mengacu Pada SNI 03-2847-2002

- Data – data hasil test material

- Berat isi agregat halus = 1,78 gr/cm³
- Berat isi agregat kasar = 1,47 gr/cm³
- Berat jenis agregat kasar = 2,62
- Berat jenis agregat halus = 2,66
- Max agregat size = 20 mm
- Kadar air agregat halus = 4,28 % kondisi asli & 4,59 % kondisi SSD
- Kadar air agregat kasar = 3,33 % kondisi asli & 3,36 % kondisi SSD

1. Kekuatan tekan karakteristik = 60 MPa = 60 N/mm²

$$= 60 \times \frac{10^{-1}}{10^{-2}} \text{ Kg/cm}^2$$
$$= 600 \text{ kg/cm}^2$$

2. Deviasi Standart = diambil yang baik antara 5,5 < S < 6,5

Tabel 4.15. Deviasi Standar 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

Sumber : *Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi*

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Faktor margin} &= 1,34 \times \text{Deviasi Standart} \\
 &= 1,34 \times 6,00 = 8,04 \text{ MPa(persamaan 1)} \\
 &= 2.33 \times \text{Deviasi Standart} - 3,5 \\
 &= 2,33 \times 6 - 3,5 = 10,480 \text{ MPa.....(persamaan 2)}
 \end{aligned}$$

$$4. \text{ Kuat Tekan Rencana} = \text{Kuat tekan karakteristik} + \text{Faktor Margin}$$

$$\text{Persamaan 1} = 60 + 8,04 = 68,04 \text{ MPa}$$

$$\text{Persamaan 2} = 60 + 10,480 = 70,480 \text{ MPa}$$

Untuk kuat tekan rencana dipakai nilai yang terbesar yaitu 70,480 MPa.

Sumber : *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847 2002) Dilengkapi Penjelasan (S-2002)*

5. Jenis semen yang digunakan : Semen Gresik PPC

6. Jenis Agregat Kasar : Dipecah

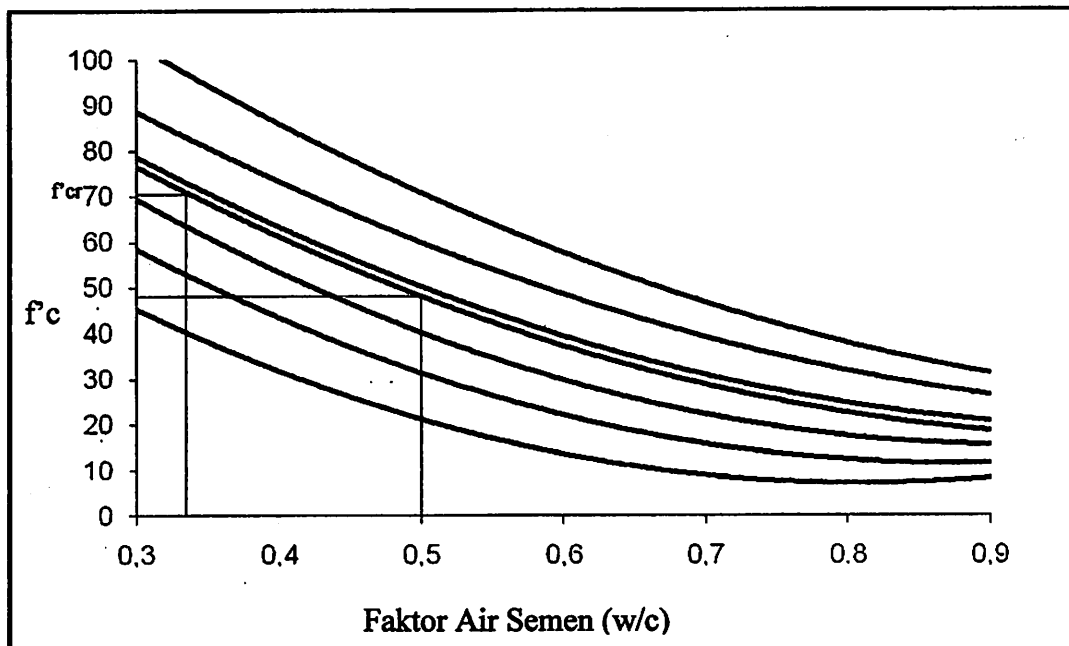
Jenis Agregat halus : Tidak dipecah

7. Faktor air semen (W/C) :

Tabel 4.16. Perkiraan Kekuatan Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen (w/c) = 0,5

Tipe semen	Jenis agregat kasar	Kekuatan tekan (MPa) pada umur (hari)			
		3	7	28	91
Tipe I	Tidak dipecah	22	31	43	50
Tipe V	Dipecah	27	36	48	55
Tipe III	Tidak dipecah	29	37	49	55
	Dipecah	34	43	54	60

Sumber : Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi



Grafik 4.7. : Kurva Hubungan Kekuatan Tekan W/C

Sumber : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)

Dilengkapi Penjelasan (S-2002)

$$\frac{w}{c} \text{ rasio rencana} = 0,334$$

Dari pembacaan table diatas didapat W/C = 0,334, setelah dilakukan trial mix ternyata tidak dapat memenuhi target yang ditentukan, maka digunakan W/C minimal = 0,3

8. Faktor air semen maksimum :

Tabel 4.17 : Jumlah Semen Minimum Untuk Kondisi Terekspos

Kondisi Ekspos	Selimut beton (mm)				
	Ringan	25	20	20	20
Sedang	-	35	30	25	20
Buruk	-	-	40	30	25
Sangat buruk	-	-	50	40	30
Ekstrim	-	-	-	60	50
W/C maksimum	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
Jumlah semen minimum (kg/m ³)	275	300	325	350	400
Kekuatan minimum (MPa)	30	35	40	45	50

Sumber : *Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi*

Karena mutu yang di tentukan 60 MPa pembacaan pada tebal diambil diambil w/c minimum pada tebal yaitu = 0,45

9. Faktor air semen yang digunakan pada perencanaan : terkecil antara Faktor air semen (W/C) (no.7) dan Faktor air semen maksimum (no.8) adalah 0,3
10. Slump rencana = 10 – 30 mm
11. Maximum agregat size dengan melihat agregat yang tertahan di saringan no $\frac{3}{4}$ / 19,1 mm dan di dapat Rata-rata agregat kasar 20 mm

Kadar air bebas :

Tabel 4. 18 : Perkiraan Jumlah Air Bebas Yang Diperlukan Untuk Memberikan Tingkat Workability Tertentu

Ukuran maksimum agregat (mm)	Jenis Agregat	Jumlah air (kg/m ³) untuk			
		Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
10	Dipecah	150	180	205	225
	Tidak dipecah	180	205	230	250
20	Dipecah	135	160	180	195
	Tidak dipecah	170	190	210	225
40	Dipecah	115	140	160	175
	Tidak dipecah	155	175	190	205

Sumber : *Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi*

Menentukan kadar air bebas dengan melihat tabel 11 pada ukuran maksimum agragat 20 mm pada slump 10 - 30 dengan jenis agragat yang di pecah terdapat nilai kadar air bebas 160 mm

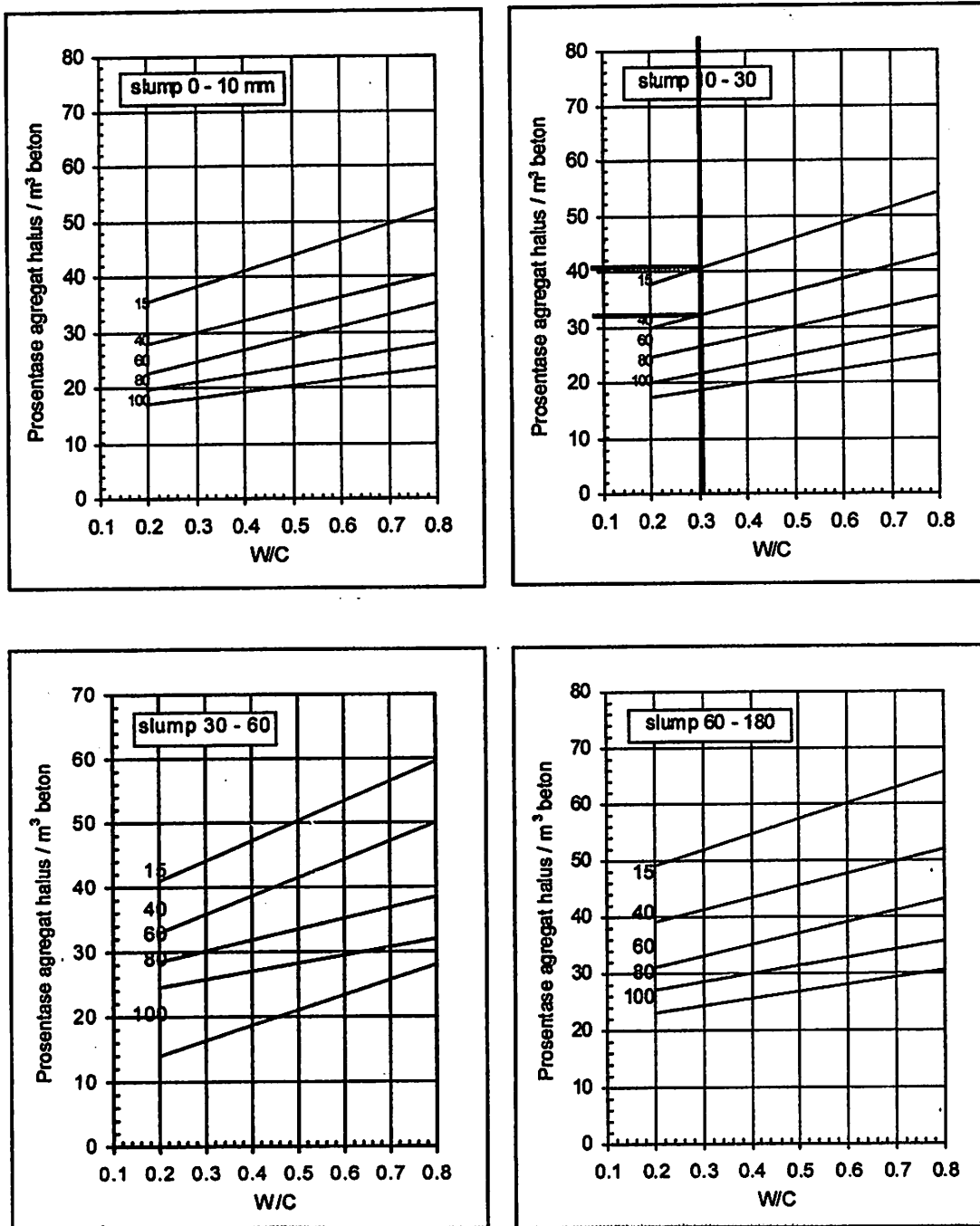
$$\begin{aligned}
 12. \quad \text{Pemakaian jumlah semen} &= \frac{\text{Kadar Airbebas}}{\text{FAS(rencana)}} \\
 &= \frac{160}{0.3} = 533,333 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

13. Jumlah semen minimum :

Jumlah semen minimum dilihat pada Tabel 4.17 dengan w/c maksimum 0.45 diperoleh jumlah semen minimum 400 mm

14. Jumlah semen yang digunakan pada perencanaan adalah nilai terbesar antara jumlah pemakaian semen minimum (no.13) dengan jumlah semen minimum (no.12), yaitu 533,333 kg/m³.

15. Proporsi agregat Halus dengan slump 10-30 mm.



Grafik 4.8. : Penentuan Presentase Agregat Halus Untuk Diameter

Maksimum 20 mm

Sumber : SNI 03-2847-2002

$$\text{Jumlah Proporsi agregat halus} = \frac{40,5\% + 32\%}{2} = 36,25\%$$

16. Proporsi agregat kasar : $100\% - 36,25\% = 63,75\%$
17. Dari data pemeriksaan bahan maka di dapat berat jenis agregat halus (SSD) :2,66
18. Dari data pemeriksaan bahan maka di dapat berat jenis agregat kasar (SSD) :2.62
19. Berat jenis agregat gabungan :

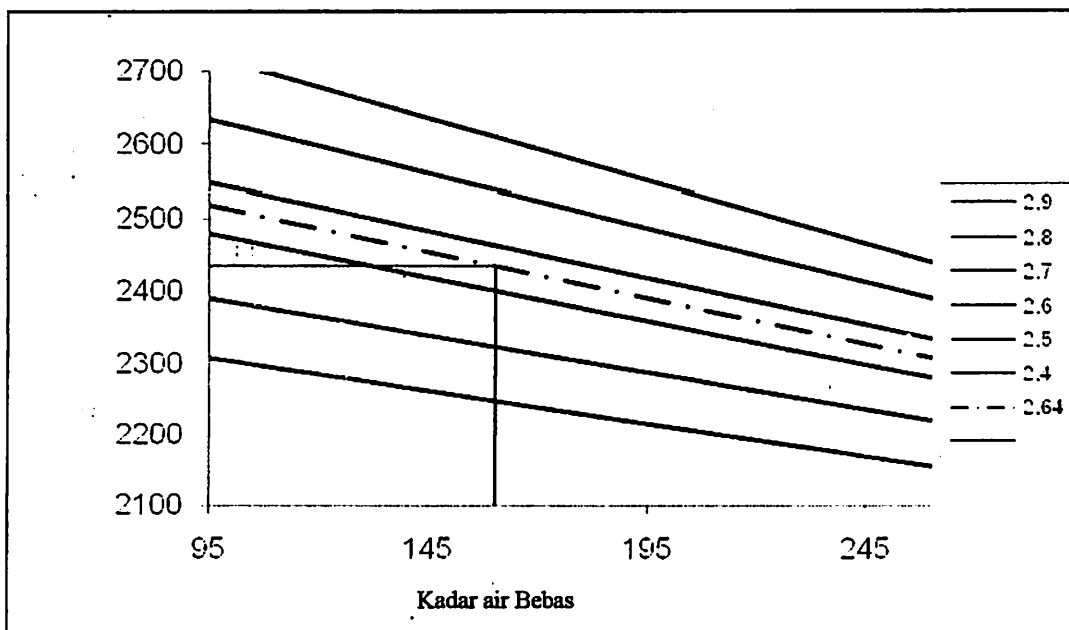
= Proporsi agregat halus (no.16) x berat jenis agregat halus (SSD)(no.18)

+ Proporsi agregat kasar (no.17) x berat jenis agregat kasar (SSD)(no.19)

/100 %

= ((36,25)(2,66) + (63,75) (2,62))/100

= 2,637
20. Berat isi beton basah dapat di lihat pada gambar 4.10 di dapat 2435



Grafik 4.9. : Perkiraan berat jenis beton segar

21. Total jumlah agregat

= Berat jenis beton basah (no.21) – Kadar air bebas (no.12) – jumlah semen yang di rencanakan (no.15)

$$= (2435)-(160)-(533,3) = 1741,667 \text{ kg/m}^3$$

22. Jumlah agregat halus :

$$= \frac{\text{Proporsi agregat halus (no :16)x jumlah total agregat (no 22)}}{100}$$

$$= \frac{36,25 \times 1741,667}{100}$$

$$= 631,354 \text{ kg/m}^3$$

23. Jumlah agregat kasar

$$= \frac{\text{Proporsi agregat kasar (no :17)x jumlah total agregat (no. 22)}}{100}$$

$$= \frac{63,750 \times 1741,667}{100}$$

$$= 1110,313 \text{ kg/m}^3$$

24. Kadar air agregat halus (asli) : sesuai dengan tabel pemeriksaan maka didapat = 4,276 %

25. Kadar air agregat kasar (asli): sesuai dengan tabel pemeriksaan maka didapat = 3,333 %

26. Kadar air agregat halus (SSD) : sesuai dengan pemeriksaan tabel maka didapat = 4,591 %

27. Kadar air Agregat kasar (SSD) : sesuai dengan pemeriksaan tabel maka didapat = 3,627 %

28. Kelebihan air dalam agregat halus

$$\text{Agregat halus} \times \frac{\text{Kadar air agregat halus (SSD)} \times \text{Kadar air agregat halus (asli)}}{100 - \text{Kadar air agregat halus (asli)}}$$
$$= 631,354 \times \frac{4,591 \times 4,276}{100 - 4,276} = 2,080 \text{ kg/m}^3$$

29. Kelebihan air dalam agregat kasar

$$\text{Agregat kasar} \times \frac{\text{Kadar air agregat kasar (SSD)} \times \text{Kadar air agregat kasar (asli)}}{100 - \text{Kadar air agregat kasar (asli)}}$$
$$= 1110,313 \times \frac{3,627 \times 3,333}{100 - 3,333} = 3,383 \text{ kg/m}^3$$

30. Jumlah agregat halus

$$= \{[100 + \text{Kadar air agregat halus (asli) (no.25)}] / [100 + \text{Kadar air agregat halus (SSD) (no.27)}] \times \text{Jumlah agregat halus (no. 23)}\}$$
$$= \{[100 + (4,276)] / [100 + (4,591)] \times (631,354)\} = 629,451 \text{ kg/m}^3$$

31. Jumlah agregat kasar

$$= \{[100 + \text{Kadar air agregat kasar (asli) (no.26)}] / [100 + \text{Kadar air agregat kasar (SSD) (no.28)}] \times \text{Jumlah agregat kasar (no. 24)}\}$$
$$= \{[100 + (3,333)] / [100 + (3,627)] \times (1110,313)\} = 1107,157 \text{ kg/m}^3$$

32. Jumlah air

$$= \text{Kadar air bebas (no. 12)} + \text{Kelebihan air dalam agregat halus (no.29)} + \text{Kelebihan air dalam Agregat kasar (no.30)}$$
$$= 160 + 2,080 + 3,383 = 165,463 \text{ kg/m}^3$$

Dari data di atas maka di dapat komposisi sebagai berikut :

- 533,33 kg/m³ untuk semen (no:15)
- 629,451 kg/m³ untuk agregat halus (no:31)
- 1107,157 kg/m³ untuk jumlah agregat kasar (no:32)
- 165,463 kg/m³ untuk jumlah kadar air (no:33)

Tabel 4. 19 : Komposisi Akhir Campuran Beton Kondisi Lapangan

Komposisi akhir campuran beton kondisi lapangan				
Jumlah	Semen (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Air (kg)
Per m ³	533,33	629,45	1107,16	165,46
Perbandingan berat	1	1,18	2,08	0,31

Sumber : *Data Hasil Penelitian*

4.3. Perhitungan kebutuhan bahan

4.3.1. Komposisi akhir campuran beton kondisi lapangan/m³.

Dalam pekerjaan pembuatan benda uji berdasarkan pada kapasitas alat pencampur atau molen yaitu 0,03 m³. mak untuk membuat benda uji sebanyak 124 buah dengan silinder 10 x 20 sebanyak 76 buah, silinder 15 x 30 sebanyak 36, balok 15 x 15 x 60 sebanyak 12 buah, yang dilakukan secara bertahap, sehingga volume pekerjaan untuk setiap kali pencampuran:

A. Perhitungan volume silinder d x t = 10 x 20

$$\begin{aligned} &= (3,14 \times r^2 \times t) \times (n \times 1,2) \\ &= (3,14 \times 5^2 \times 20) \times (1 \times 1,2) \\ &= 0,0011804 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Keterangan : 1,2 merupakan nilai factor kehilangan
n = jumlah benda uji.

B. Perhitungan volume silinder d x t = 15 x 30

$$\begin{aligned} &= (3,14 \times r^2 \times t) \times (n \times 1,2) \\ &= (3,14 \times 7,5^2 \times 30) \times (1 \times 1,2) \\ &= 0,006359 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Keterangan : 1,2 merupakan nilai factor kehilangan
n = jumlah benda uji.

C. Perhitungan volume silinder p x l x t = 15 x 15 x 30

$$\begin{aligned} &= (p \times l \times t) \times (n \times 1,2) \\ &= (60 \times 15 \times 15) \times (1 \times 1,2) \\ &= 0,01620 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Keterangan : 1,2 = merupakan nilai factor kehilangan
n = jumlah benda uji.

Untuk kebutuhan dapat dilihat pada table dibawah ini:

Tabel 4. 20 : Kebutuhan Total Bahan Untuk Setiap Kali Pencampuran Agregat Kasar Batu Pecah

Kebutuhan bahan (kg)	Batu Pecah 0%			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
Semen	16.0768	15.8356	13.9064	13.6653
Pasir	18.9742	18.9742	18.9742	18.9742
Batu Pecah	33.3741	33.3741	33.3741	33.3741
Limbah Marmer	-	-	-	-
Air	4.9877	4.9877	4.9877	4.9877
Fly Ash	-	-	2.1704	2.1704
Silika Fume	-	0.2412	-	0.2414

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 4. 21 : Kebutuhan Total Bahan Untuk Setiap Kali Pencampuran Agregat Kasar Limbah Marmer 40%

Kebutuhan bahan (kg)	Limbah Marmer 40%			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
Semen	15,681	13,599	15,449	13,368
Pasir	18,202	18,202	18,202	18,202
Batu Pecah	19,217	19,217	19,217	19,217
Limbah Marmer	12,811	12,811	12,811	12,811
Air	4,767	4,767	4,767	4,767
Fly Ash	-	2,082	-	2,082
Silika Fume	-	-	0,231	0,231

Sumber : Data Hasil Penelitian

4.4. Pelaksanaan Campuran Beton

4.4.1. Prosedur Pelaksanaan Campuran (Pengecoran)

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

- a. Persiapkan bahan campuran sesuai dengan rencana berat pada wadah yang terpisah.
- b. Persiapkan wadah yang cukup menampung volume beton basah rencana.
- c. Masukkan agregat kasar dan agregat halus ke dalam wadah.
- d. Dengan menggunakan sekop atau alat pengaduk, lakukan pencampuran agregat.
- e. Tambahkan semen pada agregat campuran, dan ulangi proses pencampuran sehingga diperoleh adukan kering agregat dan semen yang merata.
- f. Tuangkan sebanyak $\frac{1}{3}$ jumlah air ke dalam wadah dan lakukan pencampuran sampai terlihat konsistensi adukan yang merata.
- g. Tambahkan $\frac{1}{3}$ jumlah air ke dalam wadah dan ulangi proses untuk mendapatkan konsistensi adukan.
- h. Lakukan pemeriksaan slump.
- i. Apabila nilai slump sudah mencapai nilai rencana, lakukan pembuatan benda uji silinder beton.
- j. Buatlah benda uji silinder atau kubus sesuai dengan petunjuk jumlah benda uji ditetapkan berdasarkan volume adukan.

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

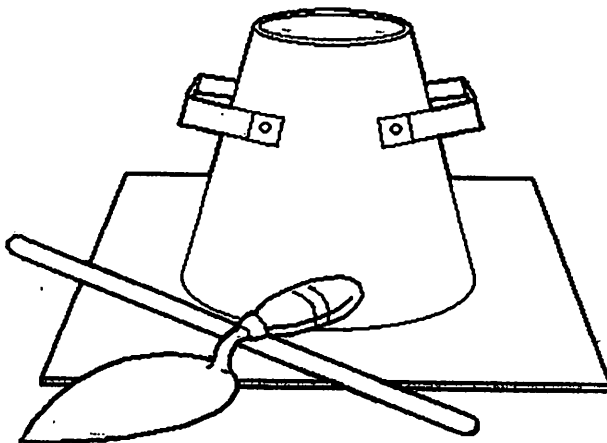
4.4.2. Uji Slump Beton

A. Tujuan

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

B. Peralatan

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



Gambar 4.5. : Aparatus Slump Test

C. Prosedur Pelaksanaan

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

4.4.3. Pembuatan Dan Persiapan Benda Uji

A. Tujuan

Tujuan dari tahap pelaksanaan ini merupakan inti dari penelitian secara keseluruhan yaitu membuat benda uji beton dengan pemanfaatan Limbah Marmer

sebagai pengganti agregat kasar untuk diperiksa pengaruhnya terhadap sifat mekanis beton

B. Peralatan

- a. Cetakan silinder, diameter 10 cm dan tinggi 20 cm (digunakan untuk pengujian tekan).
- b. Cetakan silinder, diameter 15 cm dan tinggi 30 cm (digunakan untuk pengujian tarik belah)
- c. Cetakan balok (15 x 15 x 60) cm (digunakan untuk pengujian lentur)
- d. Tongkat pemadat baja tahan karat, diameter 16 mm, panjang 60 cm, dengan ujung dibulatkan
- e. Bak pengaduk beton kedap air atau mesin pengaduk (molen / mixer)
- f. Timbangan dengan ketelitian 0,3% dari berat contoh
- g. Mesin uji tekan dengan kapasitas sesuai kebutuhan
- h. Mesin uji lentur balok beton
- i. Satu set alat pelapis (capping)
- j. Peralatan tambahan : ember, sekop, sendok perata dan talam.

C. Prosedur Pelaksanaan

- a. Benda uji (silinder atau balok) harus dibuat dengan cetakan yang sesuai dengan bentuk benda uji. Cetakan disapu sebelumnya dengan vaselin/lemak/minyak agar mudah nanti dilepaskan dari beton hasil cetakan.

- b. Adukan beton diambil langsung dari wadah adukan beton dengan menggunakan ember atau alat lainnya yang tidak menyerap air. Bila dirasakan perlu bagi konsistensi adukan, lakukan pengadukan ulang sebelum dimasukkan ke dalam cetakan.
- c. Padatkan adukan dalam cetakan, sampai permukaan adukan beton mengkilap.
- d. Isilah cetakan dengan adukan beton dalam 3 lapis, tiap-tiap lapis dipadatkan dengan 25 kali tusukan secara merata. Pada saat melakukan pemadatan lapisan pertama, tongkat pemadat tidak boleh mengenai dasar cetakan. Pada saat pemadatan lapisan kedua serta ketiga pemadat boleh masuk antara 25,4 mm ke dalam lapisan di bawahnya. Setelah selesai melakukan pemadatan, ketuklah sisi cetakan perlahan-lahan sampai rongga bekas tusukan tertutup. Ratakan permukaan beton dan tutuplah segera dengan bahan yang kedap air dan tahan karat. Kemudian biarkan beton dalam cetakan selama 24 jam dan tempatkan di tempat yang bebas dari getaran.
- e. Setelah 24 jam, bukalah cetakan dan keluarkan benda uji.

D. Perawatan Benda Uji

Langkah – langkah perawatan benda uji

1. Setelah pelepasan benda uji, benda uji dideiamkan selama 24 jam pada tempat yang terlindung. Ini bertujuan agar pada benda uji tidak terjadi penguapan yang berlebihan akibat sinar matahari maupun penambahan

air akibat hujan. Kemudian benda uji diberi tanda sesuai dengan kelompok identitas masing-masing.

2. Benda uji diletakkan dalam bak peredaman atau ditutupi dengan karung yang basah hingga mencapai umur pengetesan.

E. Persiapan Pengujian

- a. Ambillah benda uji yang akan ditentukan kekuatannya dari bak perendam, kemudian bersihkan dari kotoran yang menempel dengan kain lembab.
- b. Tentukan berat dan ukuran benda uji.
- c. Untuk benda uji silinder (10 x 20) cm, lapislah permukaan atas dan bawah benda uji dengan mortar belerang dengan cara sebagai berikut :
 - Lelehkan mortar belerang di dalam pot peleleh (melting pot) sampai suhu kira-kira 130°C.
 - Tuangkan belerang cair ke dalam cetakan pelapis (capping plate) yang dinding dalamnya telah dilapisi gemuk tipis-tipis. Diamkan sampai mortar belerang mengeras.
 - Dengan cara yang sama lakukan pelapisan pada permukaan yang lainnya.
- d. Pemeriksaan kekuatan beton biasanya dilakukan pada umur 28 hari.

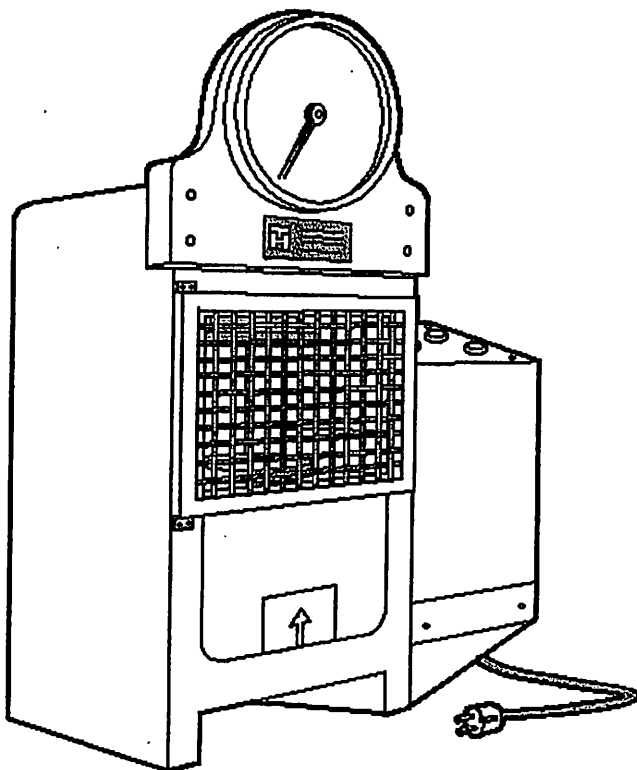
4.4.4. Pelaksanaan Pengujian Kuat Tekan, Tarik Belah Dan Lentur Beton

A. Tujuan

Tujuan Pelaksanaan pengujian ini adalah untuk Menentukan kekuatan tekan, tekan-belah dan lentur beton yang dibuat dan dirawat (cured) di laboratorium.

B. Peralatan

- a. Mesin penguji tekan hidrolis dengan kapasitas sesuai kebutuhan
- b. Mesin uji lentur beton balok



Gambar 4.6. : Alat Uji Kuat Tekan

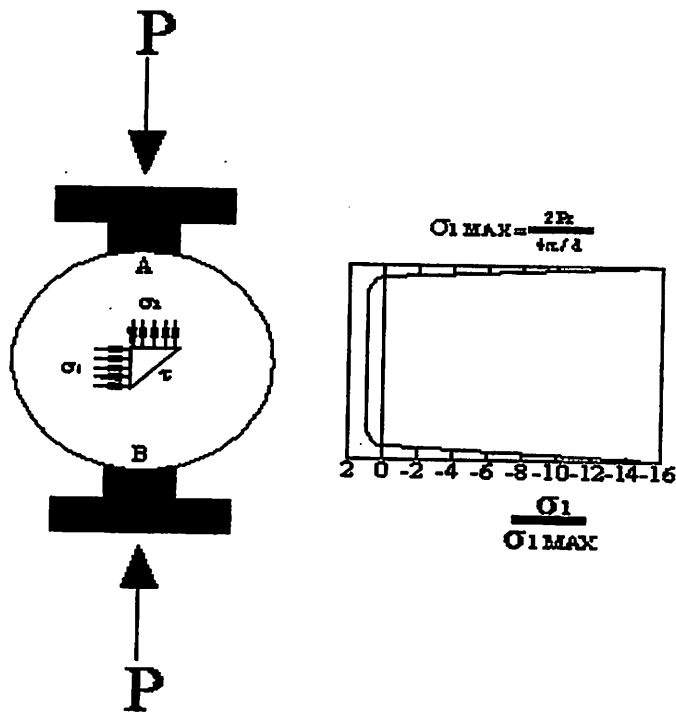
C. Pengujian

a. Kuat Tekan Beton :

- Ambillah benda uji dari tempat perawatan
- Timbang dan catatlah berat benda uji
- Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris
- Jalankan mesin uji tekan. Tekanan harus dinaikkan berangsur-angsur dengan kenaikan berkisar antara 4 kg/cm^2 s/d 6 kg/cm^2 per detik.
- Lakukan pembebanan sampai benda uji hancur dan catatlah beban maksimum hancur yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
- Lakukan langkah-langkah di atas sesuai dengan jumlah benda uji yang akan ditentukan kekuatan tekan karakteristiknya.

b. Kekuatan Tekan-Belah :

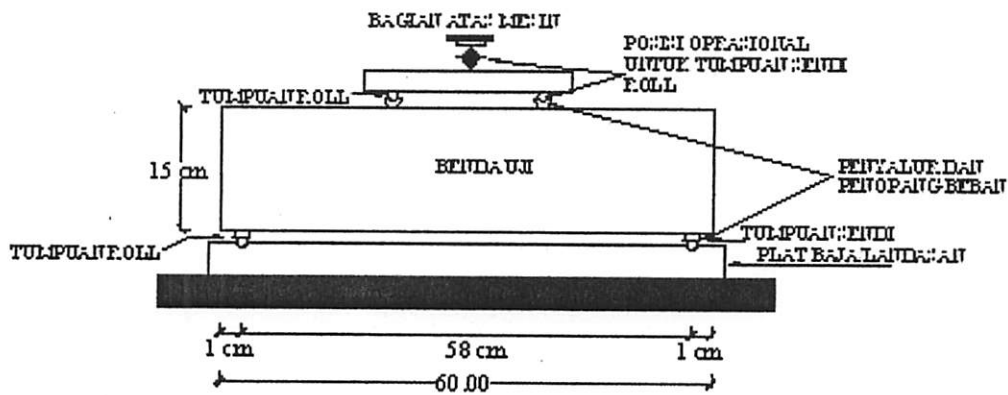
- Ambillah benda uji dari tempat perawatan
- Timbang dan catatlah berat benda uji
- Pasang benda uji pada pemegang benda uji belah secara sentris, kemudian letakkan benda uji beserta pemegangnya pada mesin tekan secara sentris.
- Jalankan mesin uji tekan. Tekanan harus dinaikkan berangsur-angsur dengan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



Gambar 4.7. : Uji Tarik Belah Silinder

c. Kuat Tarik Lentur :

- Ambillah benda uji dari tempat perawatan
- Timbang dan catatlah berat benda uji
- Letakkan benda uji pada mesin lentur secara sentris
- Jalankan mesin uji lentur.
- Lakukan pembebanan sampai benda uji patah dan catatlah beban maksimum yang terjadi pada saat benda uji patah.
- Lakukan langkah-langkah di atas sesuai dengan jumlah benda uji yang akan diperiksa.



Gambar 4.8. : Uji Tarik Lentur Balok

4.4.5. Pengujian Porositas

A. Tujuan

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa banyak rongga kosong didalam beton (porositas).

B. Peralatan

- a. Alat timbang dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji.
- b. Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
- c. Bak air peredam

C. Pelaksanaan

- a. Benda uji yang telah mencapai umur tertentu, diredam dalam bak peredam selama 24 jam.

- b. Benda uji diambil dari peredaman kemudian dilab dengan kain dan ditimbang serta dicatat beratnya.
- c. Selanjutnya benda uji dimasukkan oven dengan suhu 110 ± 5 °C 24 jam.
- d. Benda uji kering oven ditimbang dan dicatat beratnya.

4.4.6. Pengujian Modulus Elastisitas

A. Tujuan

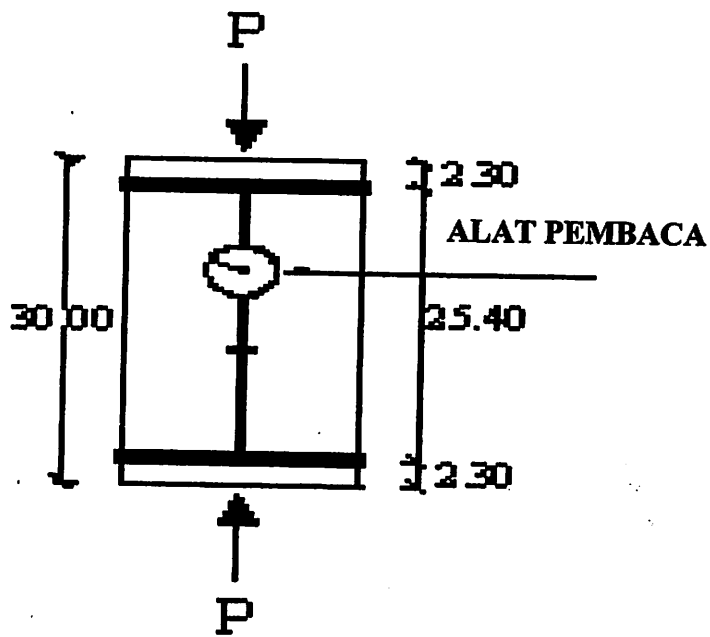
Tujuan dari pengujian adalah untuk mengetahui seberapa besar regangan yang dihasilkan dari pengujian kuat tekan beton benda uji.

B. Peralatan

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

C. Pelaksanaan

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



Gambar 4.9. : Uji Modulus Elastisitas

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Data Hasil Pengujian Sifat Mekanis Beton

5.1.1. Data Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji silinder 100 x 200 mm pada umur 28 hari. Sebagai penjelasan dari analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan data tegangan hancur beton perlakuan tanpa bahan tambahan sedangkan untuk keseluruhan tiap perlakuan lainnya dibuat dalam bentuk tabel.

- **Perhitungan Tegangan Tekan Beton**

$$\begin{aligned} \sim \text{Tegangan Hancur Riil} &= \frac{P}{A} \times 1,04 \\ &= \frac{460000}{3,14 \times 50^2} \times 1,04 \\ &= 60,9427 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dimana :

P = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji (mm²)

1,04 = Nilai konfersi dari silinder 10 x 20 ke silinder 15 x 30

- **Analisa perhitungan kuat tekan beton karakteristik 28 hari**

~ Kuat tekan rata – rata :

$$\begin{aligned}
 f'_{cr} &= \frac{\sum f'c_i}{n} \\
 &= \frac{892.2803}{15} \\
 &= 59,4854 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

~ Standart Deviasi :

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{\sum (f'c - f'c_r)^2}{n-1}} \\
 &= \sqrt{\frac{((60,94268-59,485)^2 + (58,2929-59,485)^2 + \dots + (62,26752-59,485)^2)}{15-1}} \\
 &= 4,8172 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Untuk 15 benda uji, Standart deviasi (s) dikalikan 1,16 sehingga :

$$s = 4,8172 \times 1,16 = 5,5881 \text{ MPa}$$

~ Kuat tekan karakteristik beton

$$f'_{cr} = f'c + 1,34 \cdot s$$

$$f'c = f'_{cr} - 1,34 \cdot s$$

$$= 59,4854 - (1,34 \times 5,5881) = 51,9975 \text{ MPa} \dots\dots\dots(\text{persamaan 1})$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2,33 \cdot s - 3,5$$

$$f'_c = f'_{cr} - 2,33 \cdot s + 3,5$$

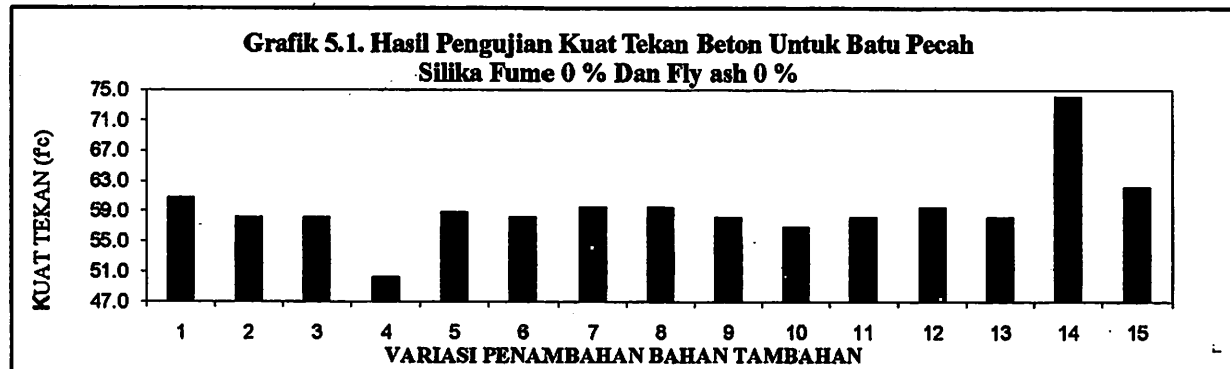
$$= 59,4854 - (2,33 \times 5,5881) + 3,5 = 49,9654 \text{ MPa....(persamaan 2)}$$

Untuk kuat tekan karakteristik beton dipakai nilai yang terkecil yaitu 49,9654 MPa. Selanjutnya disajikan tabel hasil perhitungan tegangan hancur beton dan tegangan tekan karakteristik beton untuk semua perlakuan.

Tabel 5. 1. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Batu Pecah Silika Fume 0 % Dan Fly ash 0 %

No	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk Benda uji	Berat (kg)	Tek. hancur (N)	Teg. Hancur (MPa)	fcr (MPa)	(fc - fcr) ² (MPa)	s (MPa)	fc (MPa)
1	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 10x20	3.933	460000	60.9427		2.1238		
2	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 10x20	3.984	440000	58.2930		1.4217		
3	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 10x20	4.045	440000	58.2930		1.4217		
4	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 10x20	3.985	380000	50.3439		83.5652		
5	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 10x20	3.948	445000	58.9554		0.2808		
6	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 10x20	4.049	440000	58.2930		1.4217		
7	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 10x20	3.916	450000	59.6178		0.0176		
8	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 10x20	4.011	450000	59.6178	59.4854	0.0176	5.5881	49.9652
9	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 10x20	3.923	440000	58.2930		1.4217		
10	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 10x20	3.921	430000	56.9682		6.3363		
11	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 10x20	4.112	440000	58.2930		1.4217		
12	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 10x20	3.851	450000	59.6178		0.0176		
13	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 10x20	3.995	440000	58.2930		1.4217		
14	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 10x20	3.896	560000	74.1911		216.2586		
15	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 10x20	3.948	470000	62.2675		7.7404		
JUMLAH							892.2803		324.8881		

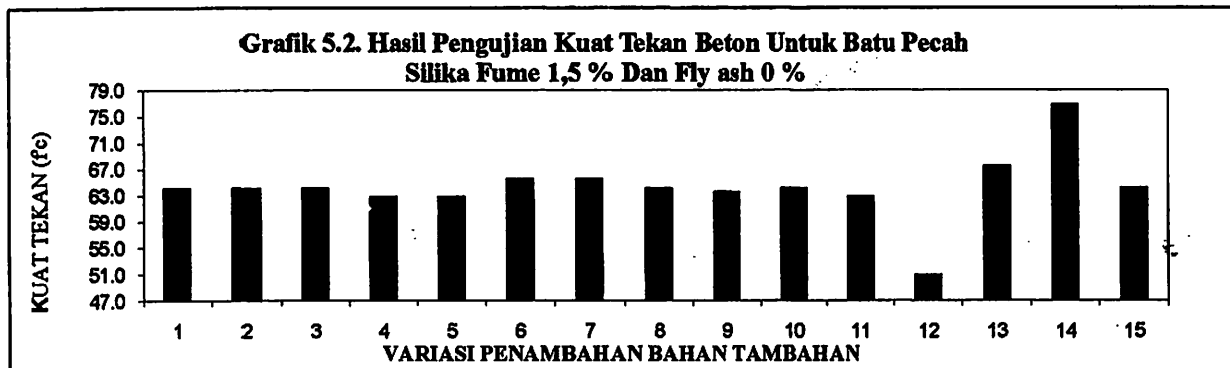
Sumber : Data Hasil Penelitian



Tabel 5.2. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Batu Pecah Silika Fume 1,5 % Dan Fly ash 0 %

No:	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk Benda uji	Berat (kg)	Tek. hancur (N)	Teg. Hancur (MPa)	fcr (MPa)	(fc - fcr) ² (MPa)	s (MPa)	fc (MPa)
1	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 10x20	3.88	485000	64.2548		0.0020		
2	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 10x20	3.921	485000	64.2548		0.0020		
3	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 10x20	3.845	485000	64.2548		0.0020		
4	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 10x20	3.956	475000	62.9299		1.8742		
5	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 10x20	3,967	475000	62.9299		1.8742		
6	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 10x20	3.912	495000	65.5796		1.6401		
7	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 10x20	3.868	495000	65.5796		1.6401		
8	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 10x20	3.857	485000	64.2548	64.2989	0.0020	5.8337	54.2063
9	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 10x20	3.949	480000	63.5924		0.4993		
10	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 10x20	3.776	485000	64.2548		0.0020		
11	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 10x20	3.989	475000	62.9299		1.8742		
12	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 10x20	3.921	385000	51.0064		176.6924		
13	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 10x20	3.942	510000	67.5669		10.6794		
14	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 10x20	3.991	580000	76.8408		157.2974		
15	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 10x20	4.053	485000	64.2548		0.0020		
JUMLAH							964.4841		354.0830		

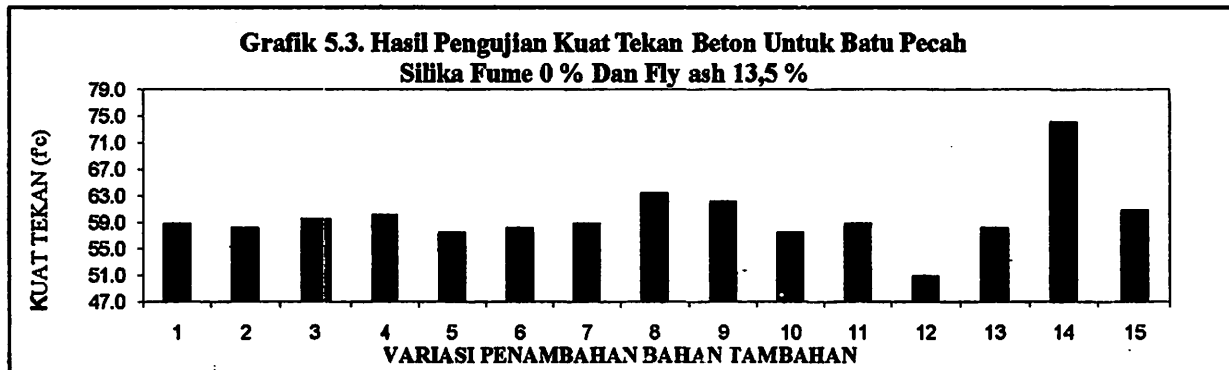
Sumber : Data Hasil Penelitian



Tabel 5. 3. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Batu Pecah Silika Fume 0 % Dan Fly ash 13,5 %

No	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk Benda uji	Berat (kg)	Tek. hancur (N)	Teg. Hancur (MPa)	fcr (MPa)	$(f_c - f_{cr})^2$ (MPa)	s (MPa)	f _c (MPa)
1	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.88	445000	58.9554		0.9439		
2	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.921	440000	58.2930		2.6699		
3	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.845	450000	59.6178		0.0956		
4	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.956	455000	60.2803		0.1248		
5	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3,967	435000	57.6306		5.2734		
6	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.912	440000	58.2930		2.6699		
7	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.868	445000	58.9554		0.9439		
8	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.857	480000	63.5924	59.9270	13.4351	5.5855	50.4127
9	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.949	470000	62.2675		5.4782		
10	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.776	435000	57.6306		5.2734		
11	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.989	445000	58.9554		0.9439		
12	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.921	385000	51.0064		79.5770		
13	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.942	440000	58.2930		2.6699		
14	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.991	560000	74.1911		203.4651		
15	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	4.053	460000	60.9427		1.0317		
JUMLAH							898.9045		324.5956		

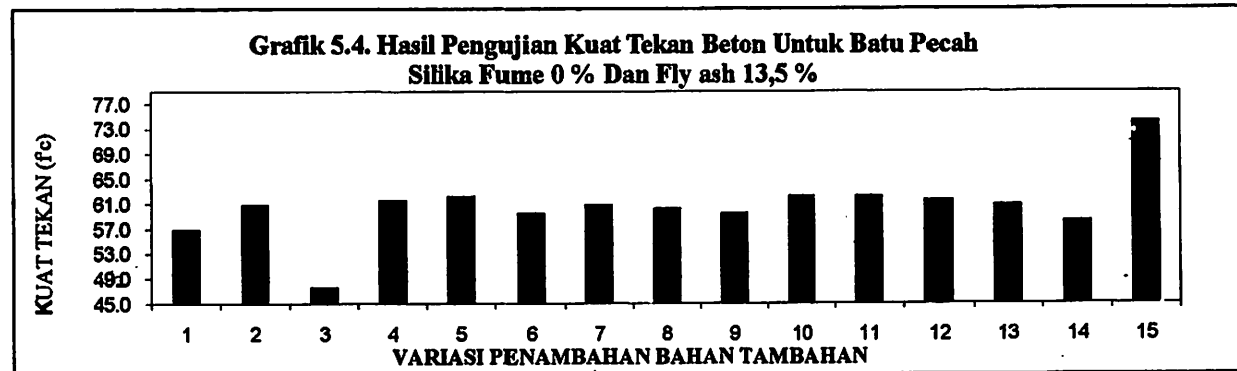
Sumber : Data Hasil Penelitian



Tabel 5. 4. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Batu Pecah Silika Fume 1,5 % Dan Fly ash 13,5 %

No	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk Benda uji	Berat (kg)	Tek. hancur (N)	Teg. Hancur (MPa)	fcr (MPa)	(fc - fcr) ² (MPa)	s (MPa)	fc (MPa)
1	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.839	430000	56.9682	60.6335	13.4351	6.0634	50.0057
2	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.989	460000	60.9427		0.0956		
3	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.927	360000	47.6943		167.4249		
4	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.923	465000	61.6051		0.9439		
5	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.946	470000	62.2675		2.6699		
6	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.934	450000	59.6178		1.0317		
7	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.912	460000	60.9427		0.0956		
8	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	4.080	455000	60.2803		0.1248		
9	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	4.044	450000	59.6178		1.0317		
10	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.985	470000	62.2675		2.6699		
11	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.940	470000	62.2675		2.6699		
12	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.951	465000	61.6051		0.9439		
13	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.861	460000	60.9427		0.0956		
14	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3.930	440000	58.2930		5.4782		
15	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	4.044	560000	74.1911		183.8068		
JUMLAH							909.5032		382.5173		

Sumber : Data Hasil Penelitian

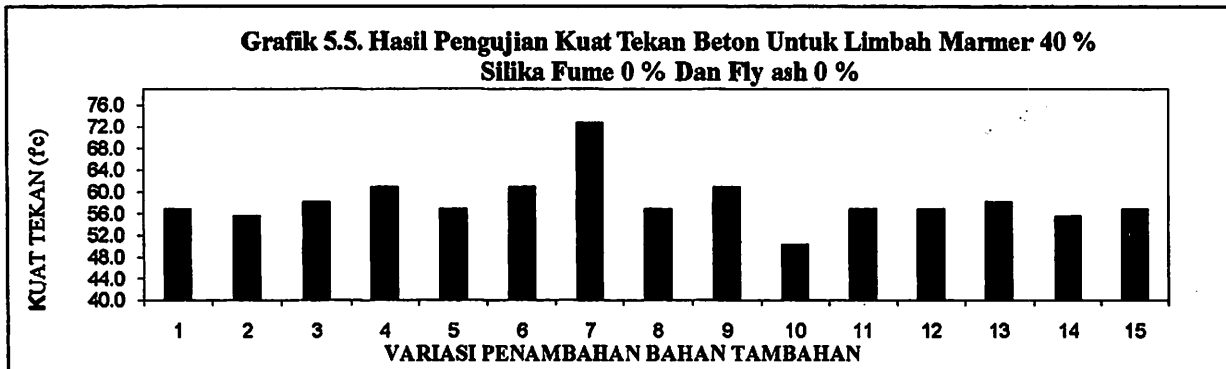


**Tabel 5. 5. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Limbah Marmer 40 %
silika Fume 0 % Dan Fly ash 0 %**

No	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk Benda uji	Berat (kg)	Tek. hancur (N)	Teg. Hancur (MPa)	fcr (MPa)	(f _c - f _{cr}) ² (MPa)	s (MPa)	f _c (MPa)
1	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.829	430000	56.9682	58.3813	1.9970	5.5553	48.9376
2	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.894	420000	55.6433		7.4967		
3	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.837	440000	58.2930		0.0078		
4	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.406	460000	60.9427		6.5606		
5	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.888	430000	56.9682		1.9970		
6	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.941	460000	60.9427		6.5606		
7	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.823	550000	72.8662		209.8131		
8	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.911	430000	56.9682		1.9970		
9	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	4.052	460000	60.9427		6.5606		
10	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.878	380000	50.3439		64.5993		
11	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.962	430000	56.9682		1.9970		
12	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.934	430000	56.9682		1.9970		
13	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.877	440000	58.2930		0.0078		
14	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.867	420000	55.6433		7.4967		
15	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.901	430000	56.9682		1.9970		
JUMLAH							875.7197		321.0851		

Sumber : Data Hasil Penelitian

**Grafik 5.5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Limbah Marmer 40 %
Silika Fume 0 % Dan Fly ash 0 %**

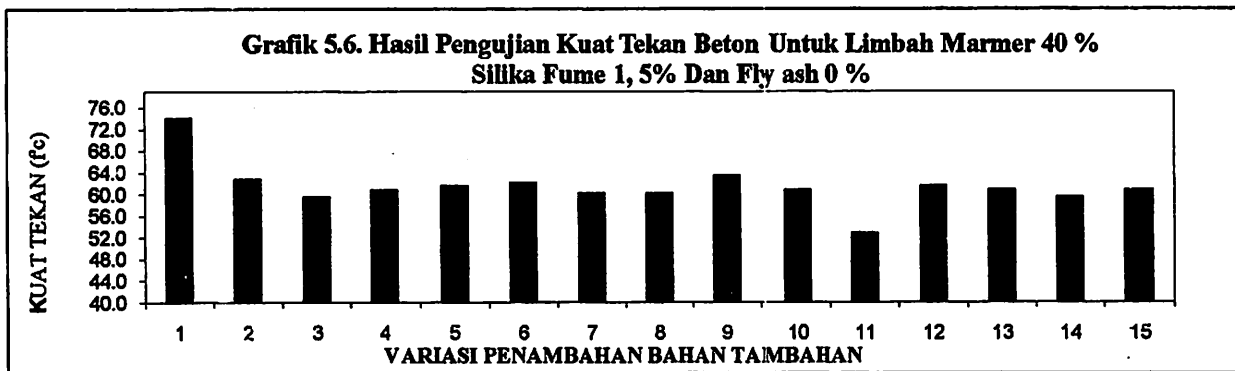


**Tabel 5. 6. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Limbah Marmer 40 %
silika Fume 1,5 % Dan Fly ash 0 %**

No	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk Benda uji	Berat (kg)	Tek. hancur (N)	Teg. Hancur (MPa)	fcr (MPa)	(fc - fcr) ² (MPa)	s (MPa)	fc (MPa)
1	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.912	560000	74.1911		160.6381		
2	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.872	475000	62.9299		1.9970		
3	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.864	450000	59.6178		3.6060		
4	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.947	460000	60.9427		0.3296		
5	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.789	465000	61.6051		0.0078		
6	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.887	470000	62.2675		0.5636		
7	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.847	455000	60.2803		1.5290		
8	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.952	455000	60.2803	61.5168	1.5290	4.9191	53.5553
9	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.982	480000	63.5924		4.3080		
10	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.934	460000	60.9427		0.3296		
11	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.817	400000	52.9936		72.6440		
12	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.818	465000	61.6051		0.0078		
13	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.885	460000	60.9427		0.3296		
14	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.799	450000	59.6178		3.6060		
15	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3.878	460000	60.9427		0.3296		
JUMLAH							922.7516		251.7546		

Sumber : Data Hasil Penelitian

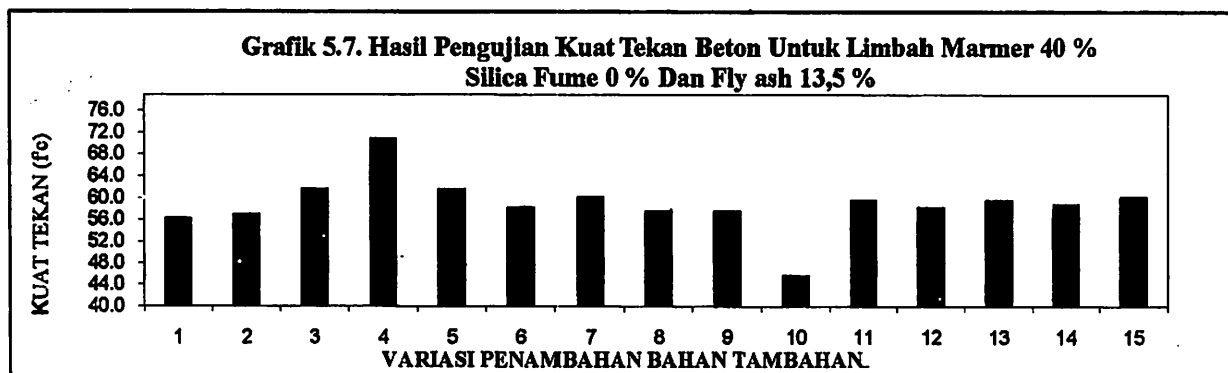
**Grafik 5.6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Limbah Marmer 40 %
Silika Fume 1,5% Dan Fly ash 0 %**



**Tabel 5. 7. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Limbah Marmer 40 %
silika Fume 0 % Dan Fly ash 13,5 %**

No	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk Benda uji	Berat (kg)	Tek. hancur (N)	Teg. Hancur (MPa)	fcr (MPa)	(fc - fcr) ² (MPa)	s (MPa)	fc (MPa)
1	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.776	425000	56.3057	58.9113	6.7887	5.8120	48.8693
2	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.864	430000	56.9682		3.7756		
3	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.778	465000	61.6051		7.2568		
4	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.975	535000	70.8790		143.2265		
5	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.888	465000	61.6051		7.2568		
6	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.867	440000	58.2930		0.3822		
7	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.871	455000	60.2803		1.8742		
8	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.883	435000	57.6306		1.6401		
9	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.982	435000	57.6306		1.6401		
10	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.777	345000	45.7070		174.3521		
11	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.913	450000	59.6178		0.4993		
12	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.832	440000	58.2930		0.3822		
13	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.889	450000	59.6178		0.4993		
14	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.775	445000	58.9554		0.0020		
15	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.887	455000	60.2803		1.8742		
JUMLAH							883.6688		351.4502		

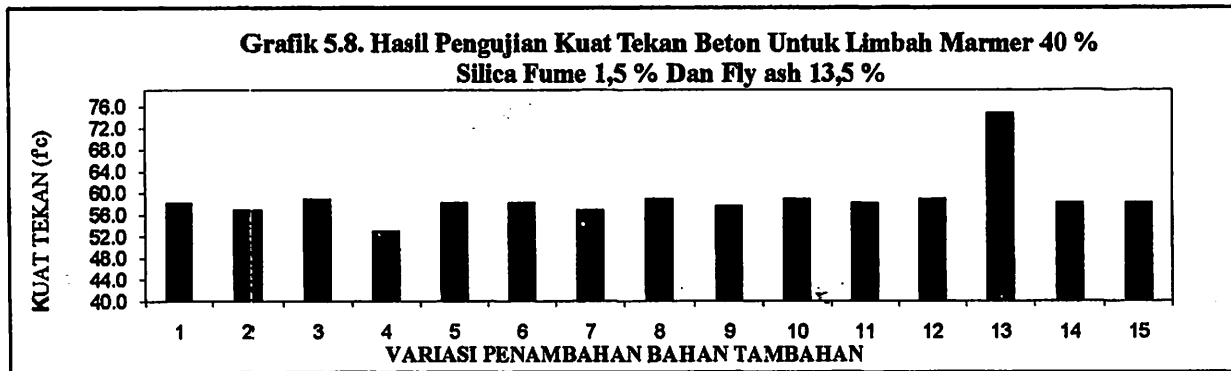
Sumber : Data Hasil Penelitian



**Tabel 5. 8. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Untuk Limbah Marmer 40 %
silika Fume 1,5 % Dan Fly ash 13,5 %**

No	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk Benda uji	Berat (kg)	Tek. hancur (N)	Teg. Hancur (MPa)	fc _r (MPa)	(fc - fc _r) ² (MPa)	s (MPa)	fc (MPa)
1	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.860	440000	58.2930		0.4993		
2	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.740	430000	56.9682		4.1267		
3	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.970	445000	58.9554		0.0020		
4	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	4.000	400000	52.9936		36.0714		
5	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.740	440000	58.2930		0.4993		
6	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.810	440000	58.2930		0.4993		
7	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.800	430000	56.9682		4.1267		
8	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.900	445000	58.9554	58.9996	0.0020	5.3747	49.9766
9	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.910	435000	57.6306		1.8742		
10	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.850	445000	58.9554		0.0020		
11	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.870	440000	58.2930		0.4993		
12	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	4.050	445000	58.9554		0.0020		
13	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	4.000	565000	74.8535		251.3470		
14	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.985	440000	58.2930		0.4993		
15	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3.991	440000	58.2930		0.4993		
JUMLAH							884.9936		300.5493		

Sumber : Data Hasil Penelitian



5.1.2. Hasil pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian tarik belah beton dilakukan pada benda uji silinder 150 x 300 mm pada umur 28 hari. Terdapat 4 kelakuan panambahan bahan tambahan yang masing-masing perlakuan berjumlah 3 benda uji.

Metode untuk menguji tegangan tarik belah beton ini dinamakan split silinder (*Istimawan Dipohusodo*, struktur beton bertulang) sebagai penjelasan dari analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan data pengujian tarik belah, dari analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan data tarik belah beton batu pecah dengan perlakuan tanpa bahan tambahan, sedangkan untuk keseluruhan tiap perlakuan lainnya dibuat dalam bentuk tabel.

- **Perhitungan Kuat Tarik Belah Beton :**

$$\begin{aligned}\text{Kuat Tarik Belah} &= \frac{2.P}{3,14.d.L} \\ &= \frac{2 \times 280000}{3,14 \times 150 \times 300} \\ &= 3,9632 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Dimana : P = Beban maksimum (N)

d = Diameter benda uji (mm)

L = Panjang benda uji (mm)

Selanjutnya hasil perhitungan kuat tarik belah untuk semua perlakuan disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 5.9. Data hasil pengujian Kuat Tarik Belah Beton dengan Batu Pecah

Perlakuan	No	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk Benda uji	Berat (kg)	Tek. Hancur (N)	Teg. Hancur (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
Tanpa Bahan Tambahhan	1	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 15x30	13.230	280000	3.9632	3.7273
	2	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 15x30	12.880	250000	3.5386	
	3	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 15x30	13.330	260000	3.6801	
Silica 1,5 %	1	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 15x30	13.050	355000	5.0248	4.9540
	2	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 15x30	12.970	350000	4.9540	
	3	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 15x30	12.870	345000	4.8832	
Fly Ash 13,5 %	1	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 15x30	13.050	325000	4.6001	4.5058
	2	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 15x30	12.970	320000	4.5294	
	3	4/21/2010	5/19/2010	28	Silinder 15x30	12.870	310000	4.3878	
Silica + Fly Ash 1,5 % + 13,5 %	1	4/22/2010	5/20/2010	28	Silinder 15x30	13.030	320000	4.5294	4.6709
	2	4/22/2010	5/20/2010	28	Silinder 15x30	12.960	340000	4.8125	
	3	4/22/2010	5/20/2010	28	Silinder 15x30	12.760	330000	4.6709	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.10. Data hasil pengujian Kuat Tarik Belah Beton dengan Limbah Marmer 40%

Perlakuan	No	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk Benda uji	Berat (kg)	Tek. Hancur - (N)	Teg. Hancur (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
Tanpa Bahan Tambahan	1	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 15x30	12.930	250000	3.5386	3.5858
	2	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 15x30	12.880	270000	3.8217	
	3	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 15x30	12.870	240000	3.3970	
Silica 1,5 %	1	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 15x30	12.990	340000	4.8125	4.6709
	2	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 15x30	12.960	320000	4.5294	
	3	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 15x30	12.890	330000	4.6709	
Fly Ash 13,5 %	1	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 15x30	12.870	315000	4.4586	4.3878
	2	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 15x30	12.720	305000	4.3171	
	3	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 15x30	12.850	310000	4.3878	
Silica + Fly Ash 1,5 % + 13,5 %	1	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 15x30	12.860	320000	4.5294	4.4114
	2	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 15x30	12.820	310000	4.3878	
	3	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 15x30	12.750	305000	4.3171	

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.1.3. Hasil Pengujian Tarik Lentur Beton

Pengujian tarik lentur beton ini dilakukan pada benda uji balok 150 x 150 x 600 mm pada umur 28 hari. Terdapat 4 kelakuan penambahan bahan tambahan yang masing-masing perlakuan berjumlah 3 benda uji.

Metode untuk menguji tarik lentur beton ini disarankan aman subakti dalam buku teknologi beton yaitu ASTM C 78, sebagai penjelasan dari analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan data pengujian tarik lentur sebagai penjelasan dari analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan data tarik lentur beton batu pecah dengan perlakuan tanpa bahan tambahan, sedangkan untuk keseluruhan tiap perlakuan lainnya dibuat dalam bentuk tabel.

- **Perhitungan Kuat Tarik Lentur Beton :**

$$\begin{aligned}\text{Kuat Tarik Lentur} &= \frac{P.L}{bt^2} \\ &= \frac{38000 \times 580}{150 \times 150^2} \\ &= 6.5304 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Dimana : P = Beban maksimum (N)

L = Panjang benda uji (mm)

b = Lebar balok (mm)

t = Tinggi balok (mm)

Selanjutnya hasil perhitungan kuat tarik belah untuk semua perlakuan disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 5.11. Data hasil pengujian Kuat Tarik Lentur Beton dengan Batu Pecah

Perlakuan	No	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk Benda uji	L (mm)	Berat (kg)	Tek. Hancur (N)	Teg. Hancur (Mpa)	Kuat Tarik Lentur Rata-rata (Mpa)
Tanpa Bahan Tambahan	1	4/19/2010	5/17/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	34.460	38000	6.5304	6.9084
	2	4/19/2010	5/17/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	34.620	39600	6.8053	
	3	4/19/2010	5/17/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	34.460	43000	7.3896	
Silica 1,5 %	1	4/20/2010	5/18/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	34.420	51500	8.8504	8.7644
	2	4/20/2010	5/18/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	34.850	53000	9.1081	
	3	4/20/2010	5/18/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	34.450	48500	8.3348	
Fly Ash 13,5 %	1	4/20/2010	5/18/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	34.420	48500	8.3348	8.0484
	2	4/20/2010	5/18/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	34.850	45000	7.7333	
	3	4/20/2010	5/18/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	34.450	47000	8.0770	
Silica + Fly Ash 1,5 % + 13,5 %	1	4/20/2010	5/18/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	34.420	49000	8.4207	8.2775
	2	4/20/2010	5/18/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	34.850	47500	8.1630	
	3	4/20/2010	5/18/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	34.450	48000	8.2489	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.12. Data hasil pengujian Kuat Tarik Lentur Beton dengan Limbah Marmer 40%

Perlakuan	No	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk Benda uji	L (mm)	Berat (kg)	Tek. Hancur (N)	Teg. Hancur (Mpa)	Kuat Tarik Lentur Rata-rata (Mpa)
Tanpa Bahan Tambahan	1	5/4/2010	6/1/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	33.72	39500	6.7881	6.6736
	2	5/4/2010	6/1/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	33.68	39000	6.7022	
	3	5/4/2010	6/1/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	33.72	38000	6.5304	
Silica 1,5 %	1	5/4/2010	6/1/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	33.86	44000	7.5615	8.4207
	2	5/4/2010	6/1/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	33.21	49000	8.4207	
	3	5/4/2010	6/1/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	33.56	54000	9.2800	
Fly Ash 13,5 %	1	5/5/2010	6/2/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	33.21	47500	8.1630	7.7620
	2	5/5/2010	6/2/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	34.18	43000	7.3896	
	3	5/5/2010	6/2/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	34.23	45000	7.7333	
Silica + Fly Ash 1,5 % + 13,5 %	1	5/5/2010	6/2/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	33.24	44000	7.5615	7.9911
	2	5/5/2010	6/2/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	33.17	48500	8.3348	
	3	5/5/2010	6/2/2010	28	Balok 15x15x60	580.000	33.22	47000	8.0770	

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.1.4. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Pengujian Modulus elastisitas Beton ini dilakukan pada benda uji silinder 150 x 300 mm pada umur 28 hari. Terdapat 4 kelakuan penambahan bahan tambahan yang masing-masing perlakuan berjumlah 5 benda uji.

Metode untuk menguji Modulus Elastisitas Beton ini disarankan Aman Subakti dalam buku Teknologi Beton, sebagai penjelasan dari analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan data modulus elastisitas beton batu pecah dengan perlakuan tanpa bahan tambahan.

- **Perhitungan Rengangan Beton (ϵ)**

$$\begin{aligned}\epsilon &= \frac{\Delta L}{L} \\ &= \frac{1,22}{254} \\ &= 0,00480\end{aligned}$$

- **Perhitungan Kuat Tekan Beton (E_c)**

$$\begin{aligned}f_c &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{990000}{(3,14 \times 75^2)} \\ &= 56,0510 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- **Perhitungan Modulus Elastisitas Beton (E_c)**

$$\begin{aligned}
 E_c &= \frac{f'c}{\varepsilon} \\
 &= \frac{56,0510}{0,00480} \\
 &= 11669,6251 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

- **Perhitungan Modulus Elastisitas Teoritis**

$$\begin{aligned}
 E \text{ teoritis} &= 4700 \times \sqrt{f'c} \\
 &= 4700 \times \sqrt{56,0510} \\
 &= 35187,5774 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

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 (mm^2)

E_c = Modulus Elastisitas (MPa)

E_t = Modulus Elastisitas Teoritis (MPa)

Selanjutnya hasil perhitungan kuat tarik belah untuk semua perlakuan disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 5.13. Data hasil pengujian Modulus Elastisitas Beton dengan Batu Pecah

Perlakuan	No	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk Benda uji	Berat (kg)	P (N)	L (mm)	ΔL (mm)	ϵ	f_c (MPa)	E_c (MPa)	E teoritis (MPa)	Rata - rata (MPa)
	1	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 15x30	13.200	990000	254	1.2200	0.0048	56.05110	11669.6251	35187.5774	34973.4136
Tanpa	2	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 15x30	13.050	980000	254	1.1700	0.0046	55.4848	12045.4147	35009.4113	
Bahan	3	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 15x30	13.220	970000	254	1.1900	0.0047	54.9186	11722.1241	34830.3339	
Tambahan	4	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 15x30	13.300	970000	254	1.2000	0.0047	54.9186	11624.4397	34830.3339	
	5	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 15x30	13.110	980000	254	1.2100	0.0048	55.4848	11647.2192	35009.4113	
	1	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 15x30	13.210	1200000	254	1.0800	0.0043	67.9406	15978.6113	38740.2477	38407.0262
Silica	2	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 15x30	13.220	1250000	254	1.1400	0.0045	70.7714	15768.3664	39539.0998	
1,5 %	3	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 15x30	12.978	1100000	254	1.0700	0.0042	62.2788	14783.9488	37090.9633	
	4	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 15x30	13.302	1200000	254	1.2000	0.0047	67.9406	14380.7502	38740.2477	
	5	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 15x30	13.220	1150000	254	0.9800	0.0039	65.1097	16875.3701	37924.5722	
	1	4/20/2010	5/19/2010	28	Silinder 15x30	13.210	1000000	254	1.0000	0.0039	56.6171	14380.7502	35364.8459	34972.8667
Fly Ash	2	4/20/2010	5/19/2010	28	Silinder 15x30	13.220	980000	254	1.0000	0.0039	55.4848	14093.1352	35009.4113	
13,5 %	3	4/20/2010	5/19/2010	28	Silinder 15x30	12.978	970000	254	0.7600	0.0030	54.9186	18354.3785	34830.3339	
	4	4/20/2010	5/19/2010	28	Silinder 15x30	13.302	980000	254	1.1000	0.0043	55.4848	12811.9411	35009.4113	
	5	4/20/2010	5/19/2010	28	Silinder 15x30	13.220	960000	254	1.1000	0.0043	54.3524	12550.4729	34650.3310	
	1	4/20/2010	5/19/2010	28	Silinder 15x30	13.210	1200000	254	1.0000	0.0039	67.9406	17256.9002	38740.2477	36861.6413
Silica + Fly Ash	2	4/20/2010	5/19/2010	28	Silinder 15x30	13.220	1000000	254	1.1000	0.0043	56.6171	13073.4093	35364.8459	
1,5 % + 13,5 %	3	4/20/2010	5/19/2010	28	Silinder 15x30	12.978	1100000	254	1.1000	0.0043	62.2788	14380.7502	37090.9633	
	4	4/20/2010	5/19/2010	28	Silinder 15x30	13.302	1150000	254	1.2000	0.0047	65.1097	13781.5523	37924.5722	
	5	4/20/2010	5/19/2010	28	Silinder 15x30	13.220	990000	254	0.9000	0.0035	56.05110	15818.8252	35187.5774	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.14. Data hasil pengujian Modulus Elastisitas Beton dengan Limbah Marmer 40%

Perlakuan	No	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk Benda uji	Berat (kg)	P (N)	L (mm)	ΔL (mm)	ϵ	f'_c (MPa)	E_c (MPa)	E teoritis (MPa)	Rata - rata (MPa)
	1	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 15x30	13.200	950000	254	1.2400	0.0049	53.7863	11017.5102	34469.3880	34613.5754
Tanpa	2	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 15x30	13.050	970000	254	1.2000	0.0047	54.9186	11624.4397	34830.3339	
Bahan	3	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 15x30	13.220	940000	254	1.2200	0.0048	53.2201	11080.2501	34287.4903	
Tambahan	4	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 15x30	13.300	960000	254	1.2200	0.0048	54.3524	11316.0001	34650.3310	
	5	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 15x30	13.110	970000	254	1.1800	0.0046	54.9186	11821.4641	34830.3339	
	1	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 15x30	13.210	1100000	254	1.2200	0.0048	62.2788	12966.2502	37090.9633	35984.2060
Silica	2	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 15x30	13.220	1000000	254	1.0800	0.0043	56.6171	13315.5094	35364.8459	
1,5 %	3	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 15x30	12.978	980000	254	1.0800	0.0043	55.4848	13049.1992	35009.4113	
	4	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 15x30	13.302	1100000	254	1.1200	0.0044	62.2788	14123.9511	37090.9633	
	5	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 15x30	13.220	1000000	254	1.0700	0.0042	56.6171	13439.9534	35364.8459	
Fly Ash	1	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 15x30	13.210	930000	254	0.8700	0.0034	52.6539	15372.5261	34104.6223	33659.4950
	2	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 15x30	13.220	910000	254	1.0600	0.0042	51.5216	12345.7384	33735.9129	
13,5 %	3	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 15x30	12.978	900000	254	1.0000	0.0039	50.9554	12942.6752	33550.0387	
	4	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 15x30	13.302	920000	254	1.1300	0.0044	52.0878	11708.2214	33920.7686	
	5	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 15x30	13.220	870000	254	1.0200	0.0040	49.2569	12265.9340	32986.1323	
	1	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 15x30	13.210	970000	254	1.0000	0.0039	54.9186	13949.3277	34830.3339	34685.7646
Silica + Fly Ash	2	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 15x30	13.220	940000	254	1.1000	0.0043	53.2201	12289.0047	34287.4903	
1,5 % + 13,5 %	3	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 15x30	12.978	970000	254	0.9900	0.0039	54.9186	14090.2300	34830.3339	
	4	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 15x30	13.302	960000	254	1.2000	0.0047	54.3524	11504.6001	34650.3310	
	5	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 15x30	13.220	970000	254	1.0000	0.0039	54.9186	13949.3277	34830.3339	

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.1.5. Hasil Pengujian Porositas Beton

Pengujian Porositas beton ini dilakukan pada benda uji silinder 100 x 200 mm pada umur 28 hari. Terdapat 4 kelakuan panambahan bahan tambahan yang masing-masing perlakuan berjumlah 3 benda uji.

Metode untuk menguji Porositas beton ini didasarkan pada teori volume pori terbuka (Kardiona Tjakrodimulyo, Teknologi beton), sebagai penjelasan dari analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan data pengujian Porositas sebagai penjelasan dari analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan data Porositas beton batu pecah dengan perlakuan tanpa bahan tambahan, sedangkan untuk keseluruhan tiap perlakuan lainnya dibuat dalam bentuk tabel.

- **Perhitungan Volume Pori Terbuka (Vp)**

$$\begin{aligned} &= \frac{W_{ssd} - W_a}{B_j \text{ Air}} \\ &= \frac{3725 - 3485}{1} \\ &= 240 \text{ ml} \end{aligned}$$

- **Perhitungan Porositas**

$$\begin{aligned} \text{Porositas} &= \frac{V_p}{V \text{ benda uji}} \times 100\% \\ &= \frac{240}{3,14 \times 5^2 \times 20} \times 100\% \\ &= 15.2866 \% \end{aligned}$$

Dimana :

W_{ssd} = berat benda uji keadaan saturated surface dry (SSD) atau jenuh permukaan kering (gr)

W_a = berat benda uji keadaan kering oven

B_{j air} = berat jenis air 1 gr / ml

V benda uji = Volume benda uji (cm³, dimana : 1ml = 1cm³)

Selanjutnya hasil perhitungan kuat tarik belah untuk semua perlakuan disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut.

Tabel 5.15. Data hasil pengujian porositas Beton dengan Batu Pecah

Perlakuan	No	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk Benda uji	W SSD (gr)	Wa (gr)	Porositas (%)	Rata-Rata. %
Tanpa Bahan Tambahhan	1	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 10x20	3725	3485	15.2866	15.5839
	2	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 10x20	3698	3461	15.0955	
	3	4/19/2010	5/17/2010	28	Silinder 10x20	3755	3498	16.3694	
Silica 1,5 %	1	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 10x20	3613	3464	9.4904	8.9384
	2	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 10x20	3587	3470	7.4522	
	3	4/20/2010	5/18/2010	28	Silinder 10x20	3642	3487	9.8726	
Fly Ash 13,5 %	1	4/20/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3736	3485	15.9873	15.0106
	2	4/20/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3707	3461	15.6688	
	3	4/20/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3720	3510	13.3758	
Silica + Fly Ash 1,5 % + 13,5 %	1	4/20/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3909	3686	14.2038	14.7558
	2	4/20/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3805	3567	15.1592	
	3	4/20/2010	5/19/2010	28	Silinder 10x20	3767	3533	14.9045	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.16. Data hasil pengujian porositas Beton dengan Limbah Marmer 40 %

Perlakuan	No	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk Benda uji	W SSD (gr)	Wa (gr)	Porositas (%)	Rata-Rata %
Tanpa Bahan Tambahhan	1	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3900	3720	11.4650	12.1019
	2	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3812	3625	11.9108	
	3	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3713	3510	12.9299	
Silica 1,5 %	1	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3830	3750	5.0955	6.4119
	2	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3743	3640	6.5605	
	3	5/4/2010	6/1/2010	28	Silinder 10x20	3646	3527	7.5796	
Fly Ash 13,5 %	1	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3822	3620	12.8662	11.9321
	2	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3736	3570	10.5732	
	3	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3639	3445	12.3567	
Silica + Fly Ash 1,5 % + 13,5 %	1	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3898	3730	10.7006	11.3800
	2	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3811	3630	11.5287	
	3	5/5/2010	6/2/2010	28	Silinder 10x20	3712	3525	11.9108	

Sumber : Data Hasil Penelitian

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.

5.2.1. Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tekan

Dibawah ini adalah contoh pengujian interval kepercayaan untuk kuat tekan batu pecah.

Tabel 5.17. Data Pengujian Kuat Tekan Untuk Batu Pecah

No.	Kuat Tekan (MPa)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	60.9427	64.2548	56.9682	56.9682
2	58.2930	64.2548	60.9427	56.9682
3	58.2930	64.2548	47.6943	62.2675
4	50.3439	62.9299	61.6051	45.0446
5	58.9554	62.9299	62.2675	58.9554
6	58.2930	65.5796	59.6178	58.2930
7	59.6178	65.5796	60.9427	58.2930
8	59.6178	64.2548	60.2803	74.1911
9	58.2930	63.5924	59.6178	58.2930
10	56.9682	64.2548	62.2675	62.2675
11	58.2930	62.9299	62.2675	47.0318
12	59.6178	51.0064	61.6051	59.6178
13	58.2930	67.5669	60.9427	62.2675
14	74.1911	76.8408	58.2930	59.6178
15	62.2675	64.2548	74.1911	62.2675

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

- $X = \frac{\text{Jumlah kuat tekan}}{n}$

$$= \frac{60.9427 + \dots + 62.2675}{15}$$

$$= 59.4854 \text{ MPa}$$

- $s = \sqrt{\frac{((60.9427 - 59.4854)^2 + \dots + (62.2675 - 59.4854)^2)}{15 - 1}}$

$$= 5.5881$$

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

- $dk = n - 1 = 15 - 1 = 14$

- $t_{0,975} = 2,145$

Dimana : $X =$ Nilai rata-rata

$s =$ Standar deviasi

$P =$ Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

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

$$= 59.4854 - \left(2,145 \times \frac{5.5881}{\sqrt{15}} \right) < \mu < 59.4854 + \left(2,145 \times \frac{5.5881}{\sqrt{15}} \right)$$

$$= 56.3905 < \mu < 62.5802$$

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

Tabel 5.18. Interval Kepercayaan Kuat Tekan Batu Pecah

Variasi	X	S	P	dk	t _{0,975}	Interval Kepercayaan		
							< μ <	
Tanpa bahan tambahan	59.4854	5.5881	0.975	14	2.145	56.3905	< μ <	62.5802
Silika 1.5%	64.2989	5.8337	0.975	14	2.145	61.0680	< μ <	67.5299
Fly Ash 13.5%	60.6335	6.0634	0.975	14	2.145	57.2754	< μ <	63.9917
Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%	58.8229	7.7290	0.975	14	2.145	54.5424	< μ <	63.1035

Sumber : Data Hasil Penelitian

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk di atas, maka data pada variasi tanpa bahan tambahan yang memenuhi syarat berjumlah 13 buah. Setelah disortir, maka datanya seperti pada tabel berikut.

Tabel 5.19. Data Pengujian Kuat Tekan Untuk Batu Pecah Setelah**Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan**

No.	Kuat Tekan (MPa)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	60.9427	64.2548	-	56.9682
2	58.2930	64.2548	60.9427	56.9682
3	58.2930	64.2548	-	62.2675
4	-	62.9299	61.6051	-
5	58.9554	62.9299	62.2675	58.9554
6	58.2930	65.5796	59.6178	58.2930
7	59.6178	65.5796	60.9427	58.2930
8	59.6178	64.2548	60.2803	-
9	58.2930	63.5924	59.6178	58.2930
10	56.9682	64.2548	62.2675	62.2675
11	58.2930	62.9299	62.2675	-
12	59.6178	-	61.6051	59.6178
13	58.2930	-	60.9427	62.2675
14	-	-	58.2930	59.6178
15	62.2675	64.2548	-	62.2675

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.20. Data Pengujian Kuat Tekan Untuk Marmer 40%

No.	Kuat Tekan (MPa)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	56.9682	74.1911	56.3057	58.2930
2	55.6433	62.9299	56.9682	56.9682
3	58.2930	59.6178	61.6051	58.9554
4	60.9427	60.9427	70.8790	52.9936
5	56.9682	61.6051	61.6051	58.2930
6	60.9427	62.2675	58.2930	58.2930
7	72.8662	60.2803	60.2803	56.9682
8	56.9682	60.2803	57.6306	58.9554
9	60.9427	63.5924	57.6306	57.6306
10	50.3439	60.9427	45.7070	58.9554
11	56.9682	52.9936	59.6178	58.2930
12	56.9682	61.6051	58.2930	58.9554
13	58.2930	60.9427	59.6178	74.8535
14	55.6433	59.6178	58.9554	58.2930
15	56.9682	60.9427	60.2803	58.2930

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

- $X = \frac{\text{Jumlah kuat tekan}}{n}$

$$= \frac{56.9682 + \dots + 56.9682}{15}$$

$$= 58.3813 \text{ MPa}$$

- $s = \sqrt{\frac{((56.9682 - 58.3813)^2 + \dots + (56.9682 - 58.3813)^2)}{15 - 1}}$

$$= 5.5553$$

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

- $dk = n - 1 = 15 - 1 = 14$

- $t_{0,975} = 2,145$

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 58.3813 - \left(2,145 x \frac{5.5553}{\sqrt{15}} \right) < \mu < 58.3813 + \left(2,145 x \frac{5.5553}{\sqrt{15}} \right) \\
 &= 55.3046 < \mu < 61.4580
 \end{aligned}$$

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

Tabel 5.21. Interval Kepercayaan Kuat Tekan Batu Marmer 40%

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Tanpa bahan tambahan	58.3813	5.5553	0.975	14	2.145	55.3046	< μ <	61.4580
Silika 1.5%	61.5168	4.9191	0.975	14	2.145	58.7924	< μ <	64.2411
Fly Ash 13.5%	58.9113	5.8120	0.975	14	2.145	55.6924	< μ <	62.1302
Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%	58.9996	5.3747	0.975	14	2.145	56.0229	< μ <	61.9763

Sumber : Data Hasil Penelitian

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk di atas, maka data pada variasi tanpa bahan tambahan yang tidak memenuhi syarat berjumlah 13 buah. Setelah disortir, maka datanya seperti pada tabel berikut.

**Tabel 5.22. Data Pengujian Kuat Tekan Untuk Marmer 40% Setelah
Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan**

No.	Kuat Tekan (MPa)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	56.9682	-	56.3057	58.2930
2	55.6433	62.9299	56.9682	56.9682
3	58.2930	59.6178	61.6051	58.9554
4	60.9427	60.9427	-	-
5	56.9682	61.6051	61.6051	58.2930
6	60.9427	62.2675	58.2930	58.2930
7	-	60.2803	60.2803	56.9682
8	56.9682	60.2803	57.6306	58.9554
9	60.9427	63.5924	57.6306	57.6306
10	-	60.9427	-	58.9554
11	56.9682	-	59.6178	58.2930
12	56.9682	61.6051	58.2930	58.9554
13	58.2930	60.9427	59.6178	-
14	55.6433	59.6178	58.9554	58.2930
15	56.9682	60.9427	60.2803	58.2930

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.2.2. Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah

Ini adalah contoh pengujian interval kepercayaan untuk kuat tarik belah :

Tabel 5.23. Data Pengujian Kuat Tarik Belah Untuk Batu Pecah

No.	Kuat Tarik Belah (MPa)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	3.9632	5.0248	4.6001	4.5294
2	3.5386	4.9540	4.5294	4.8125
3	3.6801	4.8832	4.3878	4.6709

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

- $X = \frac{\text{Jumlah kuat tarik belah}}{n}$
 $= \frac{3.9632+3.5386+3.6801}{3}$
 $= 3.7273 \text{ MPa}$

- $s = \sqrt{\frac{((3.9632 - 3.7273)^2 + (3.5386 - 3.7273)^2 + (3.6801 - 3.7273)^2)}{3-1}}$
 $= 0.2508$

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

- $dk = n - 1 = 3 - 1 = 2$

- $t_{0,975} = 4.303$

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 3.7273 - \left(4.303 x \frac{0.2508}{\sqrt{3}} \right) < \mu < 3.7273 + \left(4.303 x \frac{0.2508}{\sqrt{3}} \right) \\
 &= 3.1042 < \mu < 4.3504
 \end{aligned}$$

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

Tabel 5.24. Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah Batu Pecah

Variasi	X	S	P	dk	t _{0,975}	Interval Kepercayaan		
Tanpa bahan tambahan	3.7273	0.2508	0.975	2	4.303	3.1042	< μ <	4.3504
Silika 1.5%	4.9540	0.0821	0.975	2	4.303	4.7500	< μ <	5.1579
Fly Ash 13.5%	4.5058	0.1254	0.975	2	4.303	4.1942	< μ <	4.8173
Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%	4.6709	0.1642	0.975	2	4.303	4.2630	< μ <	5.0788

Sumber : Data Hasil Penelitian

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk di atas, maka data pada variasi tanpa bahan tambahan semua memenuhi syarat berjumlah 3 buah.

Maka datanya seperti pada tabel berikut :

Tabel 5.25. Data Pengujian Pada Kuat Tarik Belah Untuk Batu Pecah Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan

No.	Kuat Tarik Belah (MPa)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	3.9632	5.0248	4.6001	4.5294
2	3.5386	4.9540	4.5294	4.8125
3	3.6801	4.8832	4.3878	4.6709

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.26. Data Pengujian Kuat Tarik Belah Untuk Limbah Marmer 40%

No.	Kuat Tarik Belah (MPa)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	3.5386	4.8125	4.4586	4.5294
2	3.8217	4.5294	4.3171	4.3878
3	3.3970	4.6709	4.3878	4.3171

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

- $X = \frac{\text{Jumlah kuat tarik belah}}{n}$

$$= \frac{3.5386+3.8217+3.3970}{3}$$

$$= 3.5858 \text{ MPa}$$

- $s = \sqrt{\frac{((3.5386 - 3.5858)^2 + (3.8217 - 3.5858)^2 + (3.3970 - 3.5858)^2)}{3-1}}$

$$= 0.2508$$

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

- $dk = n - 1 = 3 - 1 = 2$

- $t_{0,975} = 4.303$

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 3.5858 - \left(4.303 x \frac{0.2508}{\sqrt{3}} \right) < \mu < 3.5858 + \left(4.303 x \frac{0.2508}{\sqrt{3}} \right) \\
 &= 2.9627 < \mu < 4.2088
 \end{aligned}$$

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

Tabel 5.27. Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah Limbah Marmer 40%

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Tanpa bahan tambahan	3.5858	0.2508	0.975	2	4.303	2.9627	< μ <	4.2088
Silika 1.5%	4.6709	0.1642	0.975	2	4.303	4.2630	< μ <	5.0788
Fly Ash 13.5%	4.3878	0.0821	0.975	2	4.303	4.1839	< μ <	4.5918
Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%	4.4114	0.1254	0.975	2	4.303	4.0999	< μ <	4.7230

Sumber : Data Hasil Penelitian

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk di atas, maka data pada variasi tanpa bahan tambahan semua memenuhi syarat berjumlah 3 buah. Maka datanya seperti pada tabel berikut :

Tabel 5.28. Data Pengujian Kuat Tarik Belah Untuk Limbah Marmer 40%

Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan

No.	Kuat Tarik Belah (MPa)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	3.5386	4.8125	4.4586	4.5294
2	3.8217	4.5294	4.3171	4.3878
3	3.3970	4.6709	4.3878	4.3171

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.2.3. Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tarik Lentur

Ini adalah contoh pengujian interval kepercayaan untuk kuat tarik lentur :

Tabel 5.29. Data Pengujian Kuat Tarik Lentur Untuk Batu Pecah

No.	Kuat Tarik Lentur (MPa)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	7.1319	8.8504	8.0770	8.4207
2	6.4444	9.1081	7.4756	8.1630
3	6.0148	8.3348	8.3348	8.2489

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

- $X = \frac{\text{Jumlah kuat tarik lentur}}{n}$

$$= \frac{7.1319 + \dots + 6.0148}{3}$$

$$= 6.5304 \text{ MPa}$$

- $s = \sqrt{\frac{((7.1319 - 6.5319)^2 + (6.4444 - 6.53)^2 + (6.0148 - 6.5319)^2)}{3 - 1}}$

$$= 0.6536$$

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

- $dk = n - 1 = 3 - 1 = 2$

- $t_{0,975} = 4.303$

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 6.5304 - \left(4.303 x \frac{0.6536}{\sqrt{3}} \right) < \mu < 6.53 + \left(4.303 x \frac{0.6536}{\sqrt{3}} \right) \\
 &= 4.9066 < \mu < 8.1542
 \end{aligned}$$

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

Tabel 5.30. Interval Kepercayaan Kuat Tarik Lentur Batu Pecah

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Tanpa bahan tambahan	6.5304	0.6536	0.975	2	4.303	4.9066	< μ <	8.1542
Silika 1.5%	8.7644	0.4568	0.975	2	4.303	7.6297	< μ <	9.8992
Fly Ash 13.5%	7.9625	0.5115	0.975	2	4.303	6.6918	< μ <	9.2332
Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%	8.2775	0.1523	0.975	2	4.303	7.8993	< μ <	8.6558

Sumber : Data Hasil Penelitian

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk di atas, maka data pada variasi tanpa bahan tambahan semua memenuhi syarat berjumlah 3 buah. Maka datanya seperti pada tabel berikut :

Tabel 5.31. Data Pengujian Kuat Tarik Lentur Untuk Batu Pecah Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan

No.	Kuat Tarik Lentur (MPa)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	7.1319	8.8504	8.0770	8.4207
2	6.4444	9.1081	7.4756	8.1630
3	6.0148	8.3348	8.3348	8.2489

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.32. Data Pengujian Kuat Tarik Lentur Untuk Limbah Marmer 40%

No.	Kuat Tarik Lentur (MPa)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	6.7881	8.6785	8.1630	7.5615
2	6.7022	8.0770	7.3896	8.3348
3	6.5304	8.7644	7.7333	8.0770

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

- $X = \frac{\text{Jumlah kuat tarik lentur}}{n}$

$$= \frac{67881 + \dots + 65304}{3}$$

$$= 6.6736 \text{ MPa}$$

- $s = \sqrt{\frac{((6.7881 - 6.6736)^2 + (6.7022 - 6.6736)^2 + (65304 - 6.6736)^2)}{3 - 1}}$

$$= 0.1523$$

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

- $dk = n - 1 = 3 - 1 = 2$

- $t_{0,975} = 4.303$

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 6.6736 - \left(4.303 x \frac{0.1523}{\sqrt{3}} \right) < \mu < 6.6736 + \left(4.303 x \frac{0.1523}{\sqrt{3}} \right) \\
 &= 6.2953 < \mu < 7.0518
 \end{aligned}$$

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

Tabel 5.33. Interval Kepercayaan Kuat Tarik Lentur

Batu Marmer 40%

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Tanpa bahan tambahan	6.6736	0.1523	0.975	2	4.303	6.2953	< μ <	7.0518
Silika 1.5%	8.5067	0.4345	0.975	2	4.303	7.4273	< μ <	9.5860
Fly Ash 13.5%	7.7620	0.4495	0.975	2	4.303	6.6454	< μ <	8.8786
Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%	7.9911	0.4568	0.975	2	4.303	6.8564	< μ <	9.1259

Sumber : Data Hasil Penelitian

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk di atas, maka data pada variasi tanpa bahan tambahan semua memenuhi syarat berjumlah 3 buah. Maka datanya seperti pada tabel berikut :

Tabel 5.34. Data Pengujian Kuat Tarik Lentur Untuk Limbah Marmer 40% Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan

No.	Kuat Tarik Lentur (MPa)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	6.7881	8.6785	8.1630	7.5615
2	6.7022	8.0770	7.3896	8.3348
3	6.5304	8.7644	7.7333	8.0770

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.2.4. Pengujian Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas

Contoh pengujian interval kepercayaan untuk Modulus Elastisitas:

Tabel 5.35. Data Pengujian Modulus Elastisitas Untuk Batu Pecah

No.	Modulus Elastisitas (MPa)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	116696.2514	159786.1131	143807.5018	172569.0021
2	120454.1468	157683.6642	140931.3517	130734.0925
3	117221.2409	147839.4878	183543.7852	143807.5018
4	116244.3973	143807.5018	128119.4107	137815.5225
5	116472.1915	168753.7011	125504.7288	158188.2519

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

- $X = \frac{\text{Jumlah modulus elastisitas}}{n}$

$$= \frac{116696.2514 + \dots + 116472.1915}{5}$$

$$= 3.7273 \text{ MPa}$$

- $s = \sqrt{\frac{((116696.251 - 117417.65)^2 + \dots + (116472.192 - 117417.65)^2)}{5 - 1}}$

$$= 2013.337$$

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

- $dk = n - 1 = 5 - 1 = 4$

- $t_{0,975} = 2.78$

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left(t_{0.975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0.975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 117417.6456 - \left(2.78x \frac{2013.337}{\sqrt{5}} \right) < \mu < 117417.6456 - \\
 &\quad \left(2.78x \frac{2013.337}{\sqrt{5}} \right) \\
 &= 114918.158 < \mu < 119917.1327
 \end{aligned}$$

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

Tabel 5.36. Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas Batu Pecah

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0.975}$	Interval Kepercayaan		
Tanpa bahan tambahan	117417.6456	2013.3369	0.975	4	2.78	114918.1584	< μ <	119917.1327
Silika 1.5%	155574.0936	11515.1585	0.975	4	2.78	141278.4280	< μ <	169869.7591
Fly Ash 13.5%	144381.3556	26997.7734	0.975	4	2.78	110864.5665	< μ <	177898.1448
Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%	148622.8742	19453.0017	0.975	4	2.78	124472.6546	< μ <	172773.0938

Sumber : Data Hasil Penelitian

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk di atas, maka data pada variasi tanpa bahan tambahan yang tidak memenuhi syarat berjumlah 1 buah. Setelah disortir, maka datanya seperti pada tabel berikut.

Tabel 5.37. Data Pengujian Pada Modulus Elastisitas Untuk Batu Pecah Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan

No.	Modulus Elastisitas (MPa)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	116696.2514	132931.3042	128399.5552	128119.4107
2	-	145260.1028	129426.7516	145260.1028
3	117221.2409	135589.9302	125831.5640	130734.0925
4	116244.3973	-	-	741275.7823
5	116472.1915	127263.2759	130491.9923	116244.3973

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.38. Data Pengujian Modulus Elastisitas Untuk Marmer 40%

No.	Modulus Elastisitas (MPa)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	110175.1022	129662.5016	128399.5552	128119.4107
2	116244.3973	133155.0942	129426.7516	145260.1028
3	110802.5014	130491.9923	125831.5640	130734.0925
4	113160.0014	141239.5107	136826.5551	148255.1565
5	118214.6413	134399.5344	130491.9923	116244.3973

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

- $$X = \frac{\text{Jumlah modulus elastisitas}}{n}$$

$$= \frac{110175.1022 + \dots + 118214.6413}{5}$$

$$= 113719.3287 \text{ MPa}$$
- $$s = \sqrt{\frac{((1104441614 - 113719.3287)^2 + \dots + (11311600014 - 113719.3287)^2)}{5-1}}$$

$$= 4016.9377$$
- $$P = \frac{1}{2} (1 + 0,95) = 0,975$$

- $dk = n - 1 = 5 - 1 = 4$

- $t_{0,975} = 2.78$

Dimana : $X =$ Nilai rata-rata

$s =$ Standar deviasi

$P =$ Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

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

$$= 113719.3287 - \left(2.78 x \frac{4016.9377}{\sqrt{5}} \right) < \mu < 113719.3287 + \left(2.78 x \frac{4016.9377}{\sqrt{5}} \right)$$

$$= 108973.5826 < \mu < 118381.7792$$

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

Tabel 5.39. Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas Limbah Marmer 40%

Variasi	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
Tanpa bahan tambahan	113719.3287	4016.9377	0.975	4	2.78	108732.4414	< μ <	118706.2160
Silika 1.5%	133789.7266	5321.5733	0.975	4	2.78	127183.1800	< μ <	140396.2733
Fly Ash 13.5%	130195.2836	4744.6385	0.975	4	2.78	124304.9813	< μ <	136085.5860
Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%	133722.6319	15236.7186	0.975	4	2.78	114806.7799	< μ <	152638.4839

Sumber : Data Hasil Penelitian

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk di atas, maka data pada variasi tanpa bahan tambahan untuk marmer 40% yang tidak memenuhi syarat berjumlah 1 buah. Setelah disortir, maka datanya seperti pada tabel berikut.

Tabel 5.40. Data Pengujian Pada Modulus Elastisitas Untuk Limbah Marmer 40% Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan

No.	Modulus Elastisitas (MPa)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	110175.102	129662.502	128399.555	128119.411
2	116244.397	133155.094	129426.752	145260.103
3	110802.501	130491.992	125831.564	130734.093
4	113160.001	0.000	0.000	741275.782
5	118214.641	134399.534	130491.992	116244.397

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.2.5. Pengujian Interval Kepercayaan Porositas

Contoh pengujian interval kepercayaan untuk Porositas:

Tabel 5.41. Data Pengujian Porositas Untuk Batu Pecah

No.	Porositas (%)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	15.2866	9.4904	15.9873	14.2038
2	15.0955	7.4522	15.6688	15.1592
3	16.3694	9.8726	13.3758	14.9045

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

- $X = \frac{\text{Jumlah porositas}}{n}$
 $= \frac{15.2866+15.0955+16.3694}{3}$
 $= 15.5839 (\%)$
- $s = \sqrt{\frac{((15.2866-15.5839)^2 + (15.0955-15.5839)^2 + (16.3694-15.5839)^2)}{3-1}}$
 $= 0.7969$
- $P = \frac{1}{2} (1 + 0,95) = 0,975$
- $dk = n - 1 = 3 - 1 = 2$
- $t_{0,975} = 4.303$

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 15.5839 - \left(4.303 x \frac{0.7969}{\sqrt{3}} \right) < \mu < 15.5839 + \left(4.303 x \frac{0.7969}{\sqrt{3}} \right) \\
 &= 14.4995 < \mu < 16.6682
 \end{aligned}$$

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

Tabel 5.42. Interval Kepercayaan Porositas Batu Pecah

Variasi	X	s	P	dk	t _{0,975}	Interval Kepercayaan		
Tanpa bahan tambahan	15.5839	0.7969	0.975	2	4.303	14.4995	< μ <	16.6682
Silika 1.5%	8.9384	1.5094	0.975	2	4.303	6.8846	< μ <	10.9923
Fly Ash 13.5%	15.0106	1.6527	0.975	2	4.303	12.7618	< μ <	17.2595
Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%	14.7558	0.5739	0.975	2	4.303	13.9749	< μ <	15.5368

Sumber : Data Hasil Penelitian

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk di atas, maka data pada variasi Tanpa bahan tambahan semua memenuhi syarat berjumlah 3 buah.

Maka datanya seperti pada tabel berikut :

Tabel 5.43. Data Pengujian Pada Porositas Untuk Batu Pecah Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan

No.	Porositas (%)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	15.2866	9.4904	15.9873	14.2038
2	15.0955	7.4522	15.6688	15.1592
3	16.3694	9.8726	13.3758	14.9045

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.44. Data Pengujian Porositas Untuk Batu Limbah Marmer 40%

No.	Porositas (%)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	11.4650	5.0955	12.8662	10.7006
2	11.9108	6.5605	10.5732	11.5287
3	12.9299	7.5796	12.3567	11.9108

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

- $X = \frac{\text{Jumlah porositas}}{n}$
 $= \frac{11.4650+11.9108+12.9299}{3}$
 $= 12.1019 (\%)$
- $s = \sqrt{\frac{((11.4650-12.1019)^2 + (11.9108-12.1019)^2 + (12.9299-12.1019)^2)}{3-1}}$
 $= 0.8711$
- $P = \frac{1}{2} (1 + 0,95) = 0,975$
- $dk = n - 1 = 3 - 1 = 2$
- $t_{0,975} = 4.303$

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

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 12.1079 - \left(4.303 x \frac{0.8711}{\sqrt{3}} \right) < \mu < 12.1019 + \left(4.303 x \frac{0.8711}{\sqrt{3}} \right) \\
 &= 10.9166 < \mu < 13.2872
 \end{aligned}$$

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

Tabel 5.45. Interval Kepercayaan Porositas Batu Marmer 40%

Variasi	X	S	P	dk	t _{0,975}	Interval Kepercayaan		
							< μ <	
Tanpa bahan tambahan	12.1019	0.8711	0.975	2.000	4.303	10.9166	< μ <	13.2872
Silika 1.5%	6.4119	1.4485	0.975	2.000	4.303	4.4409	< μ <	8.3829
Fly Ash 13.5%	11.9321	1.3967	0.975	2.000	4.303	10.0316	< μ <	13.8326
Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%	11.3800	0.7176	0.975	2.000	4.303	10.4036	< μ <	12.3565

Sumber : Data Hasil Penelitian

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk di atas, maka data pada variasi tanpa bahan tambahan semua memenuhi syarat berjumlah 3 buah. Maka datanya seperti pada tabel berikut :

Tabel 5.46. Data Pengujian Porositas Untuk Limbah Marmer 40% Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan

No.	Porositas (%)			
	Tanpa bahan tambahan	Silika 1.5%	Fly Ash 13.5%	Silika 1.5% + Fly Ash 13.5%
1	11.4650	5.0955	12.8662	10.7006
2	11.9108	6.5605	10.5732	11.5287
3	12.9299	7.5796	12.3567	11.9108

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.3. Pengujian Hipotesis

5.3.1. Pengujian Hipotesis Kuat Tekan Beton Batu Pecah

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

Tabel 5.47. Data Hasil Pengujian Nilai Kuat Tekan Beton dengan Variasi Batu Pecah Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

No	Tanpa Bahan Tambahan		Silika fume 1,5%		Fly ash 13,5%		Silika fume 1,5% + Fly ash 13,5%		Jumlah:
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	60.9427	3714.0097	64.2548	4128.6764	58.9554	3475.7408	-	-	
2	58.2930	3398.0731	64.2548	4128.6764	58.2930	3398.0731	60.9427	3714.0097	
3	58.2930	3398.0731	64.2548	4128.6764	59.6178	3554.2862	-	-	
4	-	-	62.9299	3960.1769	60.2803	3633.7091	61.6051	3795.1878	
5	58.9554	3475.7408	62.9299	3960.1769	57.6306	3321.2830	62.2675	3877.2435	
6	58.2930	3398.0731	65.5796	4300.6863	58.2930	3398.0731	59.6178	3554.2862	
7	59.6178	3554.2862	65.5796	4300.6863	58.9554	3475.7408	60.9427	3714.0097	
8	59.6178	3554.2862	64.2548	4128.6764	-	-	60.2803	3633.7091	
9	58.2930	3398.0731	63.5924	4043.9878	62.2675	3877.2435	59.6178	3554.2862	
10	56.9682	3245.3704	64.2548	4128.6764	57.6306	3321.2830	62.2675	3877.2435	
11	58.2930	3398.0731	62.9299	3960.1769	58.9554	3475.7408	62.2675	3877.2435	
12	59.6178	3554.2862	-	-	-	-	61.6051	3795.1878	
13	58.2930	3398.0731	-	-	58.2930	3398.0731	60.9427	3714.0097	
14	-	-	-	-	-	-	58.2930	3398.0731	
15	62.2675	3877.2435	64.2548	4128.6764	60.9427	3714.0097	-	-	
S Y	767.7452		769.0701		710.1146		730.6497		2977.5796
S Y²	45363.6616		49297.9493		42043.2563		44504.4898		181209.3570
n	13		12		12		12		49

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned}\Sigma Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 \\ &= 45363,6616 + 49297,9493 + 42043,2563 + 44504,4898 \\ &= 181209,3570\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \\ &= (\Sigma Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{2977,796^2}{49} \\ &= 180938,3751\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}P_y &= \left(\frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y \\ &= \left(\frac{767,7452^2}{13} + \frac{769,0701^2}{12} + \frac{710,146^2}{12} + \frac{730,6497^2}{12} \right) - \\ &\quad 180938,3751 \\ &= 200,9819\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}E_y &= \Sigma Y^2 - R_y - P_y \\ &= 181209,570 - 180938,3751 - 200,98189 \\ &= 69,9999\end{aligned}$$

Keterangan :

Y = Data-data pengamatan

n = Banyak pengamatan

J = Jumlah dari data-data pengamatan

k = Variasi perlakuan

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

Tabel 5.48. Analisa Varian Untuk Kuat Tekan

Sumber Variasi	dk	JK	KT	KT
Rata-rata	1	181209,3570	181209.3570	43,06756
Antar perlakuan	3	200,9819	66,99396	
Dalam Perlakuan	45	69,9999	1,555555	
Jumlah	49			

Sumber : Data Hasil Penelitian

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

$$F_{\text{hitung}} = \frac{66,99396}{1,55555} = 43,06756$$

Dalam tabel I pada buku Metoda Statistika (Sudjana, 2002; 496), nilai F_{tabel} (0.05 ; 3 ; 49) = 2,811544, Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 43,06756 > F_{\text{tabel}} = 2,811544$.

Dengan demikian H_a diterima H_o ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi terhadap nilai kuat tekan.

5.3.2. . Pengujian Hipotesis Kuat Tekan Beton Limbah Batu Marmer 40%

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

Tabel 5.49. Data Hasil Pengujian Nilai Kuat Tekan Beton dengan Variasi Limbah Marmer 40% Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

No	Tanpa Bahan Tambahan		Silika fume 1,5%		Fly ash 13,5%		Silika fume 1,5% + Fly ash 13,5%		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	56.9682	3245.3704	-	-	56.3057	3170.3355	58.2930	3398.0731	
2	55.6433	3096.1782	62.9299	3960.1769	56.9682	3245.3704	56.9682	3245.3704	
3	58.2930	3398.0731	59.6178	3554.2862	61.6051	3795.1878	58.9554	3475.7408	
4	60.9427	3714.0097	60.9427	3714.0097	-	-	-	-	
5	56.9682	3245.3704	61.6051	3795.1878	61.6051	3795.1878	58.2930	3398.0731	
6	60.9427	3714.0097	62.2675	3877.2435	58.2930	3398.0731	58.2930	3398.0731	
7	-	-	60.2803	3633.7091	60.2803	3633.7091	56.9682	3245.3704	
8	56.9682	3245.3704	60.2803	3633.7091	57.6306	3321.2830	58.9554	3475.7408	
9	60.9427	3714.0097	63.5924	4043.9878	57.6306	3321.2830	57.6306	3321.2830	
10	-	-	60.9427	3714.0097	-	-	58.9554	3475.7408	
11	56.9682	3245.3704	-	-	59.6178	3554.2862	58.2930	3398.0731	
12	56.9682	3245.3704	61.6051	3795.1878	58.2930	3398.0731	58.9554	3475.7408	
13	58.2930	3398.0731	60.9427	3714.0097	59.6178	3554.2862	-	-	
14	55.6433	3096.1782	59.6178	3554.2862	58.9554	3475.7408	58.2930	3398.0731	
15	56.9682	3245.3704	60.9427	3714.0097	60.2803	3633.7091	58.2930	3398.0731	
S Y	752.5096		795.5669		767.0828		757.1465		3072.3057
S Y ²	43602.7542		48703.8131		45296.5251		44103.4259		181706.5182
n	13		13		13		13		52

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned}\Sigma Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 \\ &= 43602,7542 + 48703,8131 + 45296,5251 + 44103,4259 \\ &= 181706,5182\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \\ &= (\Sigma Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{3072,3057^2}{52} \\ &= 181520,4330\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}P_y &= \sum_{i=1}^k \left(\frac{J_i^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y \\ &= \left(\frac{752,5096^2}{13} + \frac{795,5669^2}{13} + \frac{767,0828^2}{13} + \frac{757,1465^2}{13} \right) - \\ &\quad 181520,4330 \\ &= 86,0387\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}E_y &= \Sigma Y^2 - R_y - P_y \\ &= 181706,5182 - 181520,4330 - 86,0387 \\ &= 100,0466\end{aligned}$$

keterangan :

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

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

Tabel 5.50. Analisa Varian untuk kuat tekan

Sumber Variasi	dk	JK	KT	KT
Rata-rata	1	181706,5182	181706,5182	13,75978
Antar perlakuan	3	86,0387	28,67957	
Dalam Perlakuan	48	100,0466	2,084304	
Jumlah	52			

Sumber : Data Hasil Penelitian

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

$$F_{hitung} = \frac{29,8608}{2,505616} = 13,75978$$

Dalam tabel I pada buku Metoda Statistika (Sudjana, 2002; 496), nilai $F_{tabel} (0.05 ; 3 ; 52) = 2,798061$, Jadi nilai $F_{hitung} = 13,75978 > F_{tabel} = 2,798061$. Dengan demikian H_a diterima H_o ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi terhadap nilai kuat tekan.

5.3.3. Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Belah Beton Batu Pecah

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

Tabel 5.51. Data Hasil Pengujian Nilai Kuat Tarik Belah Beton dengan Variasi Batu pecah Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

No	Tanpa Bahan Tambahan		Silika fume 1,5%		Fly ash 13,5%		Silika fume 1,5% + Fly ash 13,5%		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	3.9632	15.7069	5.0248	25.2483	4.6001	21.1613	4.5294	20.5152	
2	3.5386	12.5215	4.9540	24.5421	4.5294	20.5152	4.8125	23.1597	
3	3.6801	13.5432	4.8832	23.8459	4.3878	19.2530	4.6709	21.8174	
Σ Y	11.1819		14.8620		13.5173		14.0127		53.5740
Σ Y²	41.7717		73.6363		60.9295		65.4924		241.8299
n	3		3		3		3		12

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned}\Sigma Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m Y_{ij}^2 \\ &= 41,7717 + 73,6363 + 60,9295 + 65,4924 \\ &= 241,8299\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \\ &= (\Sigma Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{53,5740^2}{12} \\ &= 239,1807\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}P_y &= \sum_{i=1}^k \left(\frac{J_i^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y \\ &= \left(\frac{11,1819^2}{3} + \frac{14,8620^2}{3} + \frac{13,5173^2}{3} + \frac{14,0127^2}{3} \right) - \\ &\quad 239,1807 \\ &= 2,4821\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}E_y &= \Sigma Y^2 - R_y - P_y \\ &= 241,8299 - 239,1807 - 2,482175 \\ &= 0,1670\end{aligned}$$

keterangan :

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

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

Tabel 5.52. Analisa Varian untuk Kuat Tarik Belah

Sumber Variasi	dk	JK	KT	KT
Rata-rata	1	241,8299	241,8299	39,64667
Antar perlakuan	3	2,4821	0,827392	
Dalam Perlakuan	8	0,1670	0,020869	
Jumlah	12			

Sumber : Data Hasil Penelitian

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

$$F_{\text{hitung}} = \frac{0,827392}{0,020869} = 39,64667$$

Dalam tabel I pada buku Metoda Statistika (Sudjana, 2002; 496), nilai $F_{\text{tabel}}(0.05 ; 3 ; 12) = 4,066181$ Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 39,64667 > F_{\text{tabel}} = 4,066181$

Dengan demikian H_a diterima H_o ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi terhadap nilai kuat Tarik Belah.

5.3.4. Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Belah Beton Batu Marmer 40%

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

Tabel 5.53. Data Hasil Pengujian Nilai Kuat Tarik Belah Beton dengan Variasi Marmer 40% Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

No	Tanpa Bahan Tambahan		Silika fume 1,5%		Fly ash 13,5%		Silika fume 1,5% + Fly ash 13,5%		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	3.5386	12.5215	4.8125	23.1597	4.4586	19.8791	4.5294	20.5152	
2	3.8217	14.6051	4.5294	20.5152	4.3171	18.6370	4.3878	19.2530	
3	3.3970	11.5398	4.6709	21.8174	4.3878	19.2530	4.3171	18.6370	
S Y	10.7573		14.0127		13.1635		13.2343		51.1677
S Y²	38.6663		65.4924		57.7691		58.4052		220.3330
n	3		3		3		3		12

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned}\Sigma Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 \\ &= 38,6663 + 65,4924 + 57,7691 + 58,4052 \\ &= 220,3330\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \\ &= (\Sigma Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{51,1677^2}{12} \\ &= 218,1780\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}P_y &= \sum_{i=1}^k \left(\frac{J_i^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y \\ &= \left(\frac{10,7573^2}{3} + \frac{14,0127^2}{3} + \frac{13,1635^2}{3} + \frac{13,2343^2}{3} \right) - \\ &\quad 218,1780 \\ &= 1,9880\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}E_y &= \Sigma Y^2 - R_y - P_y \\ &= 220,3330 - 218,1780 - 1,9880 \\ &= 0,1670\end{aligned}$$

keterangan :

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

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

Tabel 5.54. Analisa Varian untuk Kuat Tarik Belah

Sumber Variasi	dk	JK	KT	KT
Rata-rata	1	220,3330	220,3330	31,75333
Antar perlakuan	3	1,9880	0,662665	
Dalam Perlakuan	8	0,1670	0,020869	
Jumlah	12			

Sumber : *Data Hasil Penelitian*

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

$$F_{\text{hitung}} = \frac{0,662665}{0,020869} = 31,75333$$

Dalam tabel I pada buku *Metoda Statistika (Sudjana, 2002; 496)*, nilai $F_{\text{tabel}}(0,05 ; 3 ; 12) = 4,066181$ Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 31,75333 > F_{\text{tabel}} = 4,066181$. Dengan demikian H_a diterima H_0 ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi terhadap nilai kuat Tarik Belah.

5.3.5. Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Lentur Beton Batu Pecah

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

Tabel 5.55. Hasil Pengujian Nilai Kuat Tarik Lentur Beton dengan Variasi Batu pecah Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

No	Tanpa Bahan Tambahan		Silika fume 1,5%		Fly ash 13,5%		Silika fume 1,5% + Fly ash 13,5%		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	6.5304	42.6457	8.8504	78.3291	8.4207	70.9089	8.4207	70.9089	
2	6.8053	46.3126	9.1081	82.9584	8.1630	66.6340	8.1630	66.6340	
3	7.3896	54.6066	8.3348	69.4691	8.2489	68.0442	8.2489	68.0442	
S Y	20.7253		26.2933		24.8326		24.8326		96.6839
S Y²	143.5649		230.7566		205.5870		205.5870		785.4955
n	3		3		3		3		12

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned}\Sigma Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 \\ &= 143,5649 + 230,7566 + 205,5870 + 205,5870 \\ &= 785,4955\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \\ &= (\Sigma Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{96,6839^2}{12} \\ &= 778,9806\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}P_y &= \sum_{i=1}^k \left(\frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y \\ &= \left(\frac{20,7253^2}{3} + \frac{26,2933^2}{3} + \frac{24,8326^2}{3} + \frac{24,8326^2}{3} \right) - \\ &\quad 778,9806 \\ &= 5,7508\end{aligned}$$

Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}E_y &= \Sigma Y^2 - R_y - P_y \\ &= 785,4955 - 778,9806 - 5,7508 \\ &= 0,7641\end{aligned}$$

keterangan :

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

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

Tabel 5.56. Analisa Varian Untuk Kuat Tarik Lentur

Sumber Variasi	dk	JK	KT	KT
Rata-rata	1	785,4955	785,4955	20,0694
Antar perlakuan	3	5,75078	1,916925	
Dalam Perlakuan	8	0,7641	0,095515	
Jumlah	12			

Sumber : Data Hasil Penelitian

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

$$F_{\text{hitung}} = \frac{1,916925}{0,095515} = 20,0694$$

Dalam tabel I pada buku Metoda Statistika (Sudjana, 2002; 496), nilai $F_{\text{tabel}} (0.05 ; 3 ; 12) = 4,066181$ Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 20,0694 > F_{\text{tabel}} = 4,066181$
Dengan demikian H_a diterima H_o ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi terhadap nilai kuat Tarik Lentur.

5.3.6. Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Lentur Beton Limbah Marmer 40%

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

**Tabel 5.57. Hasil Pengujian Nilai Kuat Tarik lentur Beton dengan Variasi Marmer 40%
Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan**

No	Tanpa Bahan Tambahan		Silika fume 1,5%		Fly ash 13,5%		Silika fume 1,5% + Fly ash 13,5%		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	6.7881	46.0790	8.6785	75.3167	7.5615	57.1760	7.9052	62.4920	
2	6.7022	44.9198	8.0770	65.2385	8.3348	69.4691	7.6474	58.4828	
3	6.5304	42.6457	8.7644	76.8155	8.0770	65.2385	8.2489	68.0442	
S Y	20.0207		25.5200		23.9733		23.8015		93.3156
S Y²	133.6445		217.3707		191.8837		189.0190		731.9178
n	3		3		3		3		12

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned}\Sigma Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 \\ &= 133,6445 + 217,3707 + 191,8837 + 189,0190 \\ &= 731,9178\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \\ &= (\Sigma Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{93,3156^2}{12} \\ &= 725,6494\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}P_y &= \sum_{i=1}^k \left(\frac{J_i^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y \\ &= \left(\frac{20,0207^2}{3} + \frac{25,5200^2}{3} + \frac{23,9733^2}{3} + \frac{23,8015^2}{3} \right) - \\ &\quad 725,6494 \\ &= 5,4611\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}E_y &= \Sigma Y^2 - R_y - P_y \\ &= 731,9178 - 725,6494 - 5,4611 \\ &= 0,8072\end{aligned}$$

keterangan :

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

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

Tabel 5.58. Analisa Varian Untuk Kuat Tarik Lentur

Sumber Variasi	dk	JK	KT	KT
Rata-rata	1	731,9178	731,9178	18,04065
Antar perlakuan	3	5,4611	1,820385	
Dalam Perlakuan	8	0,8072	0,100905	
Jumlah	12			

Sumber : *Data Hasil Penelitian*

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

$$F_{\text{hitung}} = \frac{1,820385}{0,100905} = 18,04065$$

Dalam tabel I pada buku *Metoda Statistika (Sudjana, 2002; 496)*, nilai $F_{\text{tabel}}(0.05 ; 3 ; 12) = 4.066181$ Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 18,04065 > F_{\text{tabel}} = 4,066181$.

Dengan demikian H_a diterima H_o ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi terhadap nilai kuat Tarik Lentur.

5.3.7. Pengujian Hipotesis Modulus Elastisitas Batu Pecah

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

Tabel 5.59. Hasil Pengujian Nilai Modulus Elastisitas Beton dengan Variasi Batu pecah

No	Tanpa Bahan Tambahan		Silika fume 1,5%		Fly ash 13,5%		Silika fume 1,5% + Fly ash 13,5%		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	11669.6251	136180150.9915	15978.6113	255316019.3225	14380.7502	206805975.6512	17256.9002	297800604.9378	
2	-	-	15768.3664	248641379.6207	14093.1352	198616459.0154	13073.4093	170914029.4638	
3	11722.1241	137408193.2704	14783.9488	218565141.5303	-	-	14380.7502	206805975.6512	
4	11624.4397	135127598.9516	14380.7502	206805975.6512	12811.9411	164145833.8971	13781.5523	189931182.4991	
5	11647.2192	135657713.9645	16875.3701	284778116.2003	12550.4729	157514369.5539	15818.8252	250235230.5380	
ΣY	46663.4081		77787.0468		53836.2993		74311.4371		252598.1913
ΣY ²	544373657.1780		1214106632.3250		727082638.1176		1115687023.0900		3601249950.7105
n	4		5		4		5		18

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned}\Sigma Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 \\ &= 43602,7542 + 1214106632,3250 + 727082638,1176 + \\ &\quad 1115687023,0900 = 3601249950,7105\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \\ &= (\Sigma Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{2525981913^2}{18} \\ &= 3544769236\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}P_y &= \sum_{i=1}^k \left(\frac{J_i^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y \\ &= \left(\frac{46663,4081^2}{4} + \frac{77787,0468^2}{5} + \frac{53836,2993^2}{4} + \frac{74311,4371^2}{5} \right) - \\ &\quad 3544769236 \\ &= 38788825\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}E_y &= \Sigma Y^2 - R_y - P_y \\ &= 3601249950,7105 - 3544769236 - 38788825 \\ &= 17691889,7665\end{aligned}$$

keterangan :

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

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

Tabel 5.60. Analisa Varian Untuk Modulus Elastisitas

Sumber Variasi	dk	JK	KT	KT
Rata-rata	1	3601249950,7105	3601249950,7105	10,2315
Antar perlakuan	3	38788825	12929608,36	
Dalam Perlakuan	14	17691889,7665	1263706,412	
Jumlah	18			

Sumber : Data Hasil Penelitian

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

$$F_{\text{hitung}} = \frac{12929608,36}{1263706,412} = 10,2315$$

Dalam tabel I pada buku Metoda Statistika (Sudjana, 2002; 496), nilai $F_{\text{tabel}} (0.05 ; 3 ; 18) = 3,343889$ Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 10,2315 > F_{\text{tabel}} = 3,343889$

Dengan demikian H_a diterima H_o ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi terhadap nilai Modulus Elastisitas Beton.

5.3.8. Pengujian Hipotesis Modulus Elastisitas Limbah Batu Marmer 40%

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

Tabel 5.61. Hasil Pengujian Nilai Modulus Elastisitas Beton dengan Variasi Batu Marmer 40%

No	Tanpa Bahan Tambahan		Silika fume 1,5%		Fly ash 13,5%		Silika fume 1,5% + Fly ash 13,5%		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	11017.5102	121385531.3640	12966.2502	168123643.1994	-	-	12811.9411	164145833.8971	
2	11624.4397	135127598.9516	13315.5094	177302791.1962	12345.7384	152417255.6397	14526.0103	211004974.6467	
3	11080.2501	122771943.0835	13049.1992	170281600.6648	12942.6752	167512840.2775	13073.4093	170914029.4638	
4	11316.0001	128051859.1509	-	-	11708.2214	137082447.9530	14825.5156	219795914.1792	
5	11821.4641	139747014.1412	13439.9534	180632348.3721	12265.9340	150453136.2653	11624.4397	135127598.9516	
Σ Y	56859.6643		52770.9123		49262.5689		66861.3160		225754.4614
Σ Y ²	647083946.6911		696340383.4325		607465680.1355		900988351.1384		2851878361.3975
n	5		4		4		5		18

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned}\Sigma Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m Y_{ij}^2 \\ &= 647083946,6911 + 696340383,4325 + 607465680,1355 + \\ &\quad 900988351,1384 = 2851878361,3975\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \\ &= (\Sigma Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{225754,4614^2}{18} \\ &= 2831393159\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}P_y &= \sum_{i=1}^k \left(\frac{J_i^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y \\ &= \left(\frac{56859,6643^2}{5} + \frac{52770,9123^2}{4} + \frac{49262,5689^2}{4} + \frac{66861,3160^2}{5} \right) - \\ &\quad 2831393159 \\ &= 12190710\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}E_y &= \Sigma Y^2 - R_y - P_y \\ &= 2851878361,3975 - 2831393159 - 12190710 \\ &= 8294493\end{aligned}$$

keterangan :

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

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

Tabel 5.62. Analisa Varian Untuk Modulus Elastisitas

Sumber Variasi	dk	JK	KT	KT
Rata-rata	1	2851878361,3975	2851878361,3975	6,858765
Antar perlakuan	3	12190710	4063570	
Dalam Perlakuan	14	8294493	592463.8	
Jumlah	18			

Sumber : Data Hasil Penelitian

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

$$F_{\text{hitung}} = \frac{4063570}{592463,8} = 6,858765$$

Dalam tabel I pada buku Metoda Statistika (Sudjana,2002; 496), nilai $F_{\text{tabel}} (0.05 ; 3 ; 18) = 3,343889$ Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 6,858765 > F_{\text{tabel}} = 3,343889$.

Dengan demikian H_a diterima H_o ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi terhadap nilai Modulus Elastisitas Beton.

5.3.9. Pengujian Hipotesis Porositas Beton Batu Pecah

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

Tabel 5.63. Hasil Pengujian Nilai Porositas Beton dengan Variasi Batu pecah Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

No	Tanpa Bahan Tambahan		Silika fume 1,5%		Fly ash 13,5%		Silika fume 1,5% + Fly ash 13,5%		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	15.2866	233.6809	9.4904	90.0686	15.9873	255.5925	14.2038	201.7485	
2	15.0955	227.8754	7.4522	55.5357	15.6688	245.5110	15.1592	229.8024	
3	16.3694	267.9581	9.8726	97.4685	13.3758	178.9119	14.9045	222.1429	
Σ Y	46.7516		26.8153		45.0318		44.2675		162.8662
Σ Y²	729.5144		243.0727		680.0154		653.6939		2306.2964
n	3		3		3		3		12

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned}\Sigma Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 \\ &= 729,5144 + 243,0727 + 680,0154 + 653,6939 \\ &= 2306,2964\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \\ &= (\Sigma Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{162,8662^2}{12} \\ &= 2210,4511\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}P_y &= \sum_{i=1}^k \left(\frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y \\ &= \left(\frac{46,7516^2}{3} + \frac{26,8153^2}{3} + \frac{45,0318^2}{3} + \frac{44,2675^2}{3} \right) - \\ &\quad 2210,451 \\ &= 86,966\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}E_y &= \Sigma Y^2 - R_y - P_y \\ &= 2306,2964 - 2210,4511 - 86,966 \\ &= 8,8793\end{aligned}$$

keterangan :

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

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

Tabel 5.64. Analisa Varian Untuk Porositas

Sumber Variasi	dk	JK	KT	KT
Rata-rata	1	2306,2964	2306,2964	26,11788
Antar perlakuan	3	86,966	28,98867	
Dalam Perlakuan	8	8,8793	1,109917	
Jumlah	12			

Sumber : Data Hasil Penelitian

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

$$F_{\text{hitung}} = \frac{28,98867}{0,109917} = 26,11788$$

Dalam tabel I pada buku Metoda Statistika (Sudjana, 2002; 496), nilai $F_{\text{tabel}}(0.05 ; 3 ; 12) = 4,066181$ Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 26,11788 > F_{\text{tabel}} = 4,066181$
 Dengan demikian H_a diterima H_0 ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi terhadap nilai Porositas Beton.

5.3.10. Pengujian Hipotesis Porositas Beton Limbah Batu Marmer 40%

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

Tabel 5.65. Hasil Pengujian Nilai Porositas Beton dengan Variasi Marmer 40% Setelah Dilakukan Uji Interval Kepercayaan

No	Tanpa Bahan Tambahan		Silika fume 1,5%		Fly ash 13,5%		Silika fume 1,5% + Fly ash 13,5%		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	11.4650	131.4455	5.0955	25.9645	12.8662	165.5402	10.7006	114.5036	
2	11.9108	141.8678	6.5605	43.0403	10.5732	111.7936	11.5287	132.9101	
3	12.9299	167.1833	7.5796	57.4506	12.3567	152.6877	11.9108	141.8678	
Σ Y	36.3057		19.2357		35.7962		34.1401		125.4777
Σ Y²	440.4966		126.4554		430.0215		389.2815		1386.2550
n	3		3		3		3		12

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned}\Sigma Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 \\ &= 440,4966 + 126,4554 + 430,0215 + 389,2815 \\ &= 1386,2550\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \\ &= (\Sigma Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{125,4777^2}{12} \\ &= 1312,0546\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}P_y &= \sum_{i=1}^k \left(\frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \right) - R_y \\ &= \left(\frac{36,3057^2}{3} + \frac{19,2357^2}{3} + \frac{35,7962^2}{3} + \frac{34,17041^2}{3} \right) - \\ &1312,0546 \\ &= 66,2894\end{aligned}$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}E_y &= \Sigma Y^2 - R_y - P_y \\ &= 1386,2550 - 1312,0546 - 66,2894 \\ &= 7,9111\end{aligned}$$

keterangan :

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

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

Tabel 5.66. Analisa Varian untuk Porositas

Sumber Variasi	dk	JK	KT	KT
Rata-rata	1	1386,2550	1386,2550	22,34484
Antar perlakuan	3	66,2894	22,09646	
Dalam Perlakuan	8	7,9111	0,988884	
Jumlah	12			

Sumber : Data Hasil Penelitian

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

$$F_{\text{hitung}} = \frac{22,09646}{0,988884} = 22,34484$$

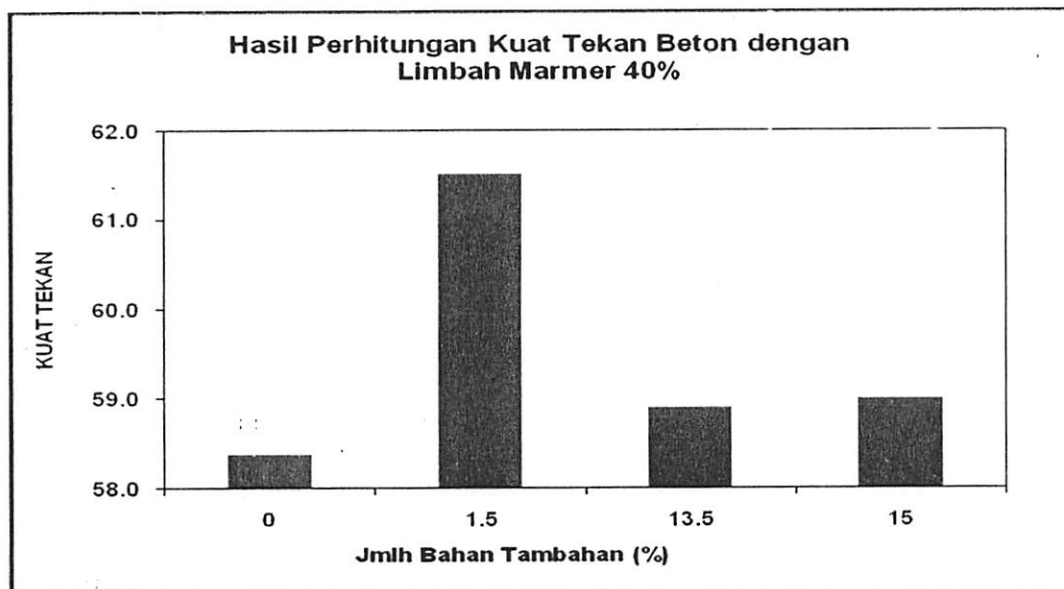
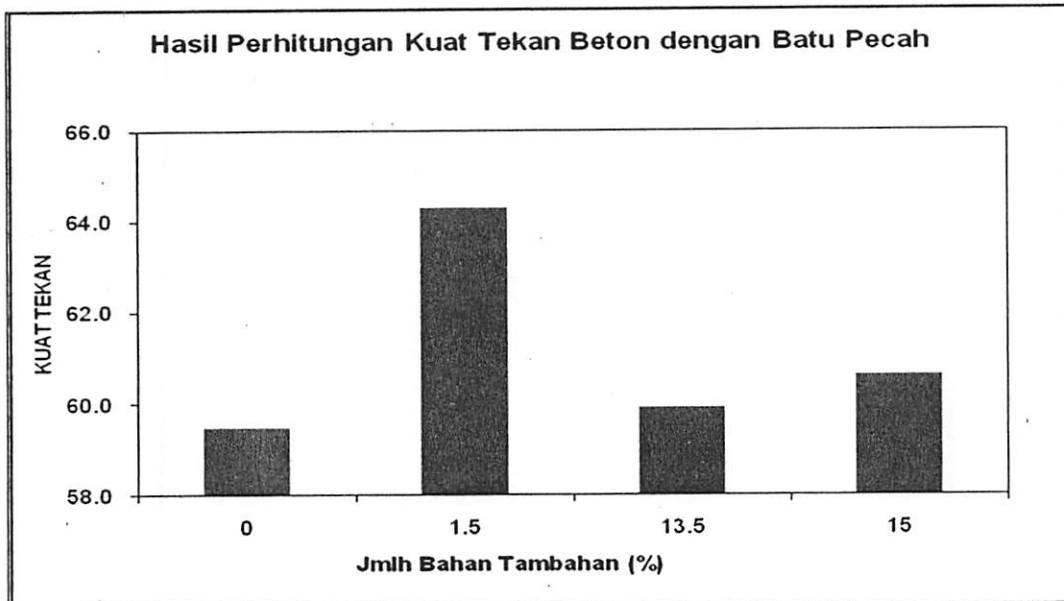
Dalam tabel I pada buku Metoda Statistika (Sudjana, 2002; 496), nilai $F_{\text{tabel}} (0.05 ; 3 ; 12) = 4,066181$ Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 22,34484 > F_{\text{tabel}} = 4,066181$.

Dengan demikian H_a diterima H_o ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi terhadap nilai Porositas Beton.

5.4. Perbandingan dan Pembahasan

5.4.1. Perbandingan Kuat Tekan Antara Batu Pecah Dan

Limbah Marmer 40%

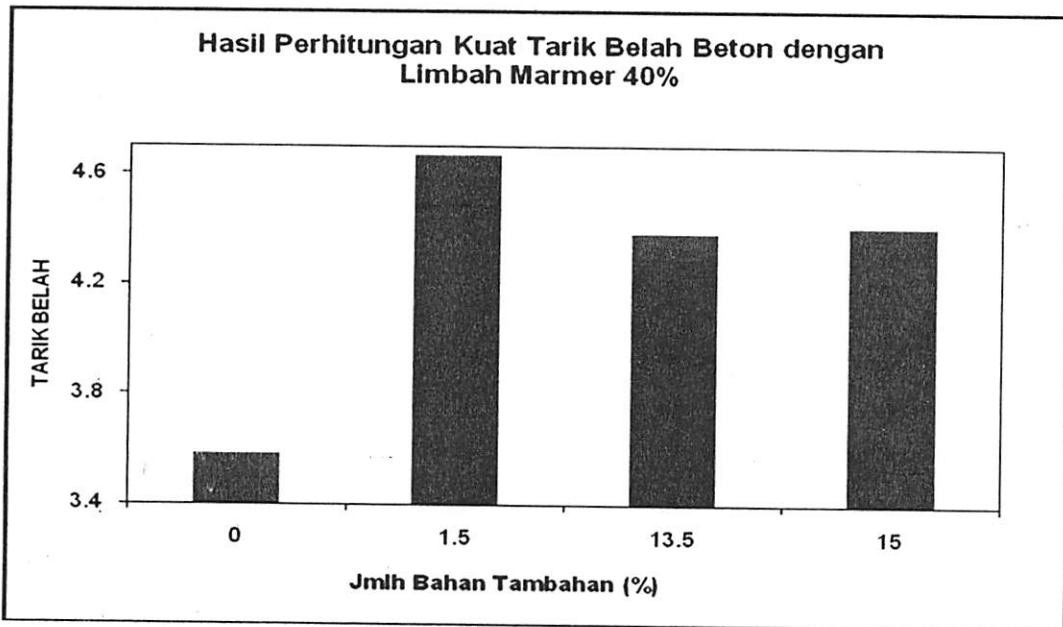
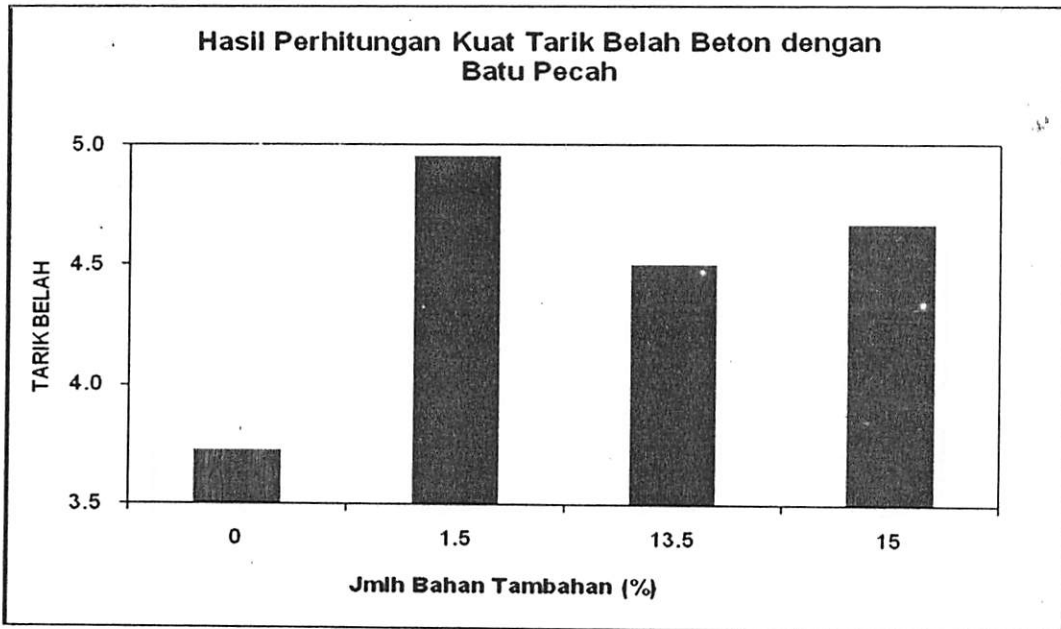


Keterangan : 0 % = tanpa bahan tambahan 13,5 % = fly ash
 1,5 % = silika fume 15 % = fly ash + silika fume

Grafik 5.9. Hubungan Antara Variasi Penambahan Bahan Tambahan Dengan Kuat Tekan Beton

Pada grafik 5.9. di atas dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai kuat tekan akibat penambahan silika fume, fly ash dan silika fume+fly ash yang telah ditambahkan. Peningkatan kuat tekan untuk batu pecah dari penambahan fly ash menghasilkan peningkatan sebesar 0,7369%, untuk penambahan fly Ash+Silika fume menghasilkan peningkatan 1,8937% dan yang menghasilkan peningkatan maksimum pada mutu beton ialah silika fume sebesar 7,4863% yakni dari 59,4854MPa menjadi 64,2989MPa. Sedangkan Peningkatan kuat tekan untuk limbah marmer 40% dari penambahan fly ash menghasilkan peningkatan sebesar 0,8996%, untuk penambahan fly Ash+Silika fume menghasilkan peningkatan 1,0479% dan yang menghasilkan peningkatan maksimum pada mutu beton ialah silika fume sebesar 5,0969% yakni dari 58,3813MPa menjadi 61,5168MPa. Ini dikarenakan benda uji yang dihasilkan lebih padat sehingga menghasilkan nilai kuat tekan lebih tinggi dari pada benda uji yang dihasilkan dengan penambahan bahan tambahan yang lainnya.

5.4.2. Perbandingan Kuat Tarik Belah Antara Batu Pecah Dan Limbah Marmer 40%



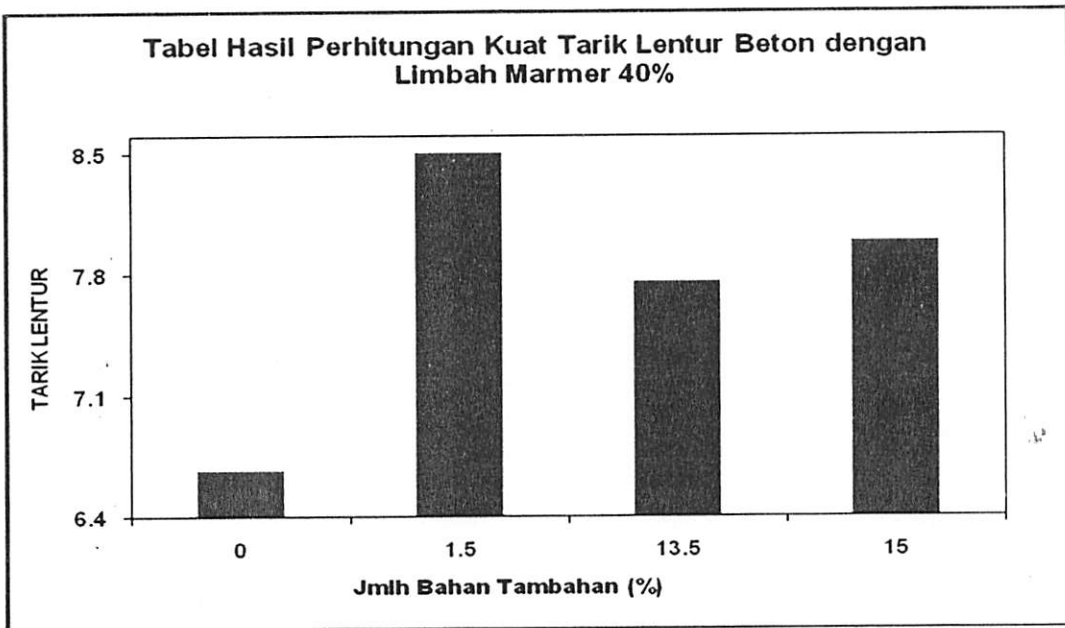
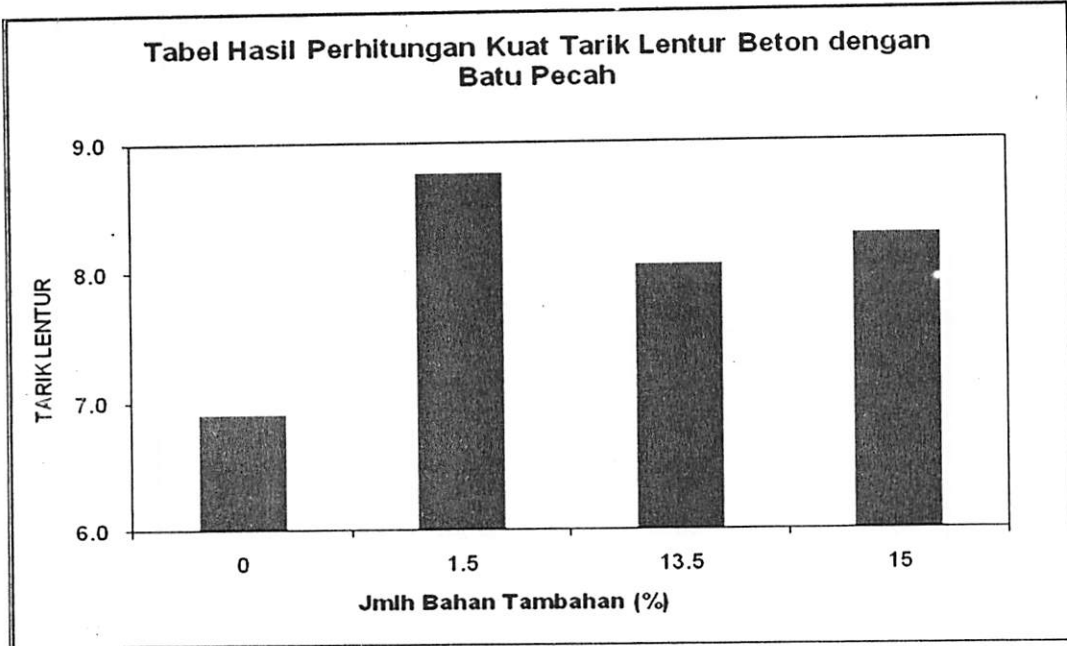
Keterangan : 0 % = tanpa bahan tambahan 13,5 % = fly ash
 1,5 % = silika fume 15 % = fly ash + silika fume

Grafik 5.10. Hubungan Antara Variasi Penambahan Bahan Tambahan Dengan Kuat Tarik Belah Beton

Pada grafik 5.10. di atas dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai kuat tarik belah akibat penambahan silika fume, fly ash dan silika fume+fly ash yang telah ditambahkan. Peningkatan kuat tarik belah untuk batu pecah dari penambahan fly ash menghasilkan peningkatan sebesar 17,2775%, untuk penambahan fly Ash+Silika fume menghasilkan peningkatan 20,2020% dan yang menghasilkan peningkatan maksimum pada mutu beton ialah silika fume sebesar 24,7619% yakni dari 3,7273MPa menjadi 4,9540MPa. Sedangkan peningkatan kuat tarik belah untuk limbah marmer 40% dari penambahan fly ash menghasilkan peningkatan sebesar 18,2796%, untuk penambahan fly Ash+Silika fume menghasilkan peningkatan 18,7166% dan yang menghasilkan peningkatan maksimum pada mutu beton ialah silika fume sebesar 23,2323% yakni dari 3,5858MPa menjadi 4,6709MPa. Ini dikarenakan benda uji yang dihasilkan lebih padat sehingga menghasilkan nilai kuat tekan lebih tinggi dari pada benda uji yang dihasilkan dengan penambahan bahan tambahan yang lainnya.

5.4.3. Perbandingan Kuat Tarik Lentur Antara Batu Pecah Dan

Limbah Marmer 40%



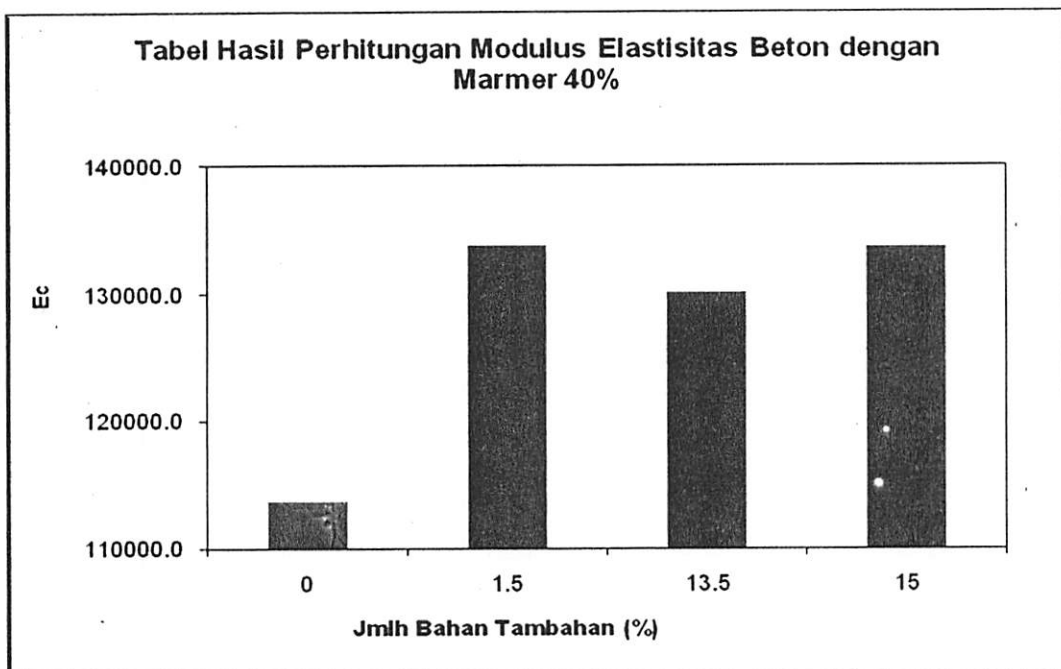
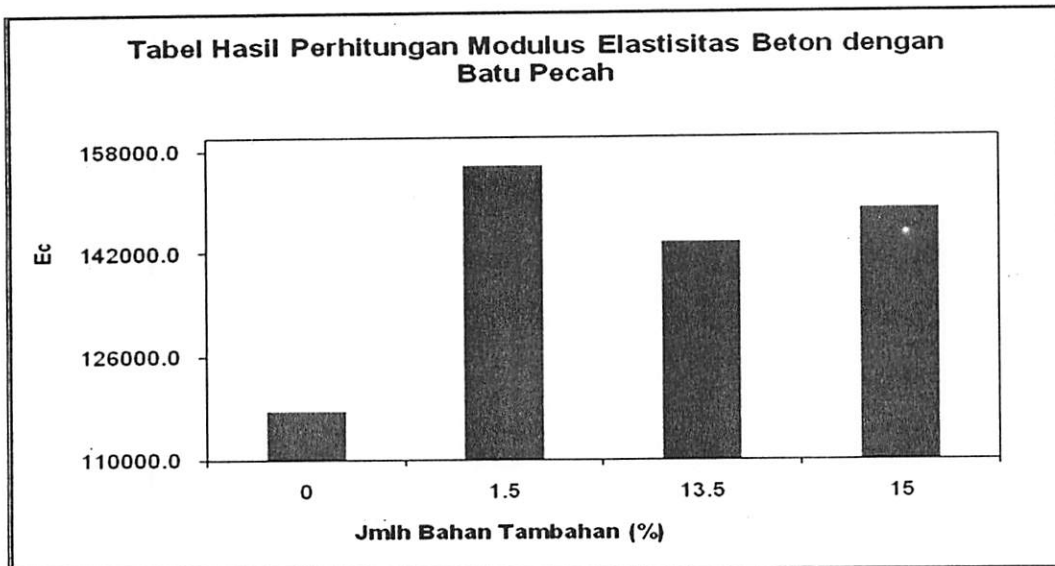
Keterangan : 0 % = tanpa bahan tambahan 13,5 % = fly ash
1,5 % = silika fume 15 % = fly ash + silika fume

Grafik 5.11. Hubungan Antara Variasi Penambahan Bahan Tambahan Dengan Kuat Tarik Lentur Beton

Pada grafik 5.11. di atas dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai kuat tarik lentur akibat penambahan silika fume, fly ash dan silika fume+fly ash yang telah ditambahkan. Peningkatan kuat tarik lentur untuk batu pecah dari penambahan fly ash menghasilkan peningkatan sebesar 14,1637%, untuk penambahan fly Ash+Silika fume menghasilkan peningkatan 16,5398% dan yang menghasilkan peningkatan maksimum pada mutu beton ialah silika fume sebesar 21,1765% yakni dari 6,9084MPa menjadi 8,7644MPa. Sedangkan peningkatan kuat tarik lentur untuk limbah marmer 40% dari penambahan fly ash menghasilkan peningkatan sebesar 14,0221%, untuk penambahan fly Ash+Silika fume menghasilkan peningkatan 16,4875% dan yang menghasilkan peningkatan maksimum pada mutu beton ialah silika fume sebesar 21,5488% yakni dari 6,6736MPa menjadi 8,5067MPa. Ini dikarenakan benda uji yang dihasilkan lebih padat sehingga menghasilkan nilai kuat tekan lebih tinggi dari pada benda uji yang dihasilkan dengan penambahan bahan tambahan yang lainnya.

5.4.4. Perbandingan Modulus Elastisitas Antara Batu Pecah Dan

Limbah Marmer 40%



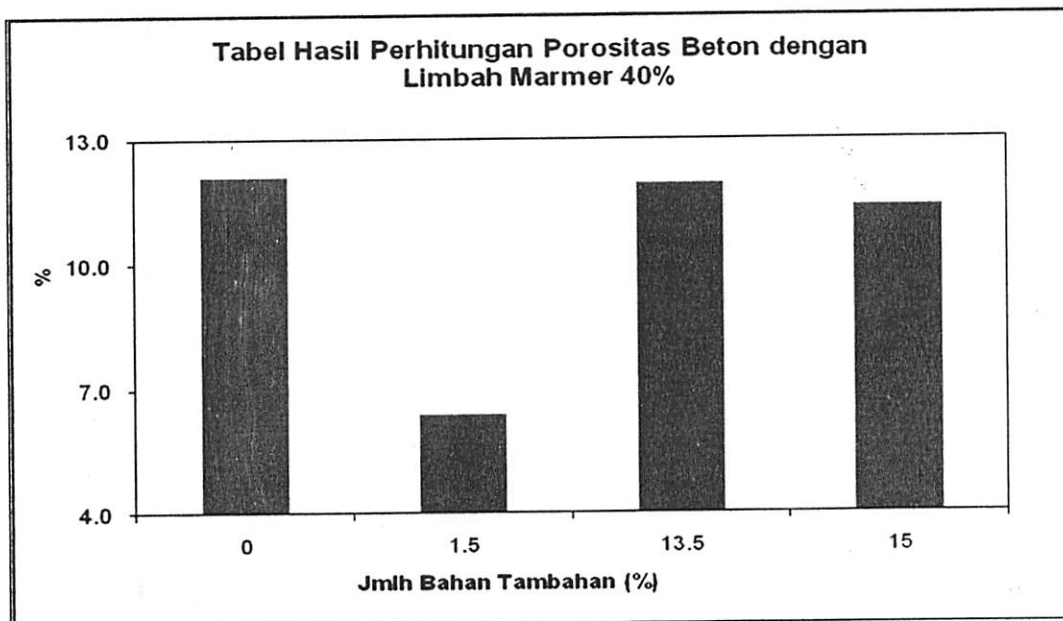
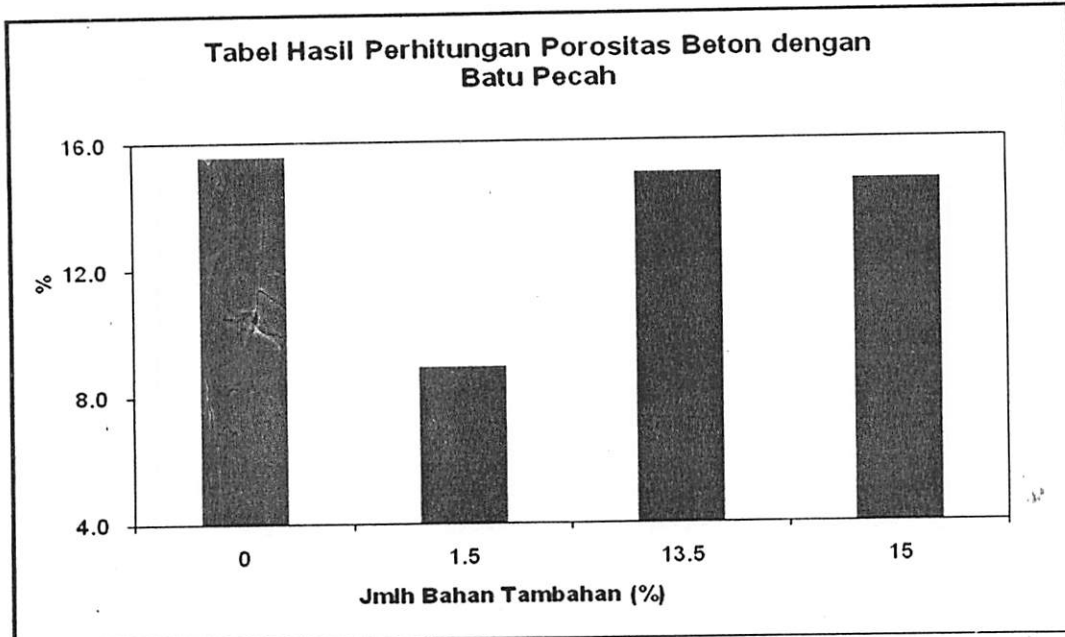
Keterangan : 0 % = tanpa bahan tambahan 13,5 % = fly ash
 1,5 % = silika fume 15 % = fly ash + silika fume

Grafik 5.12. Hubungan Antara Variasi Penambahan Bahan Tambahan Dengan Modulus Elastisitas Beton

Pada grafik 5.12. di atas dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai modulus elastisitas akibat penambahan silika fume, fly ash dan silika fume+fly ash yang telah ditambahkan. Peningkatan modulus elastisitas untuk batu pecah dari penambahan fly ash menghasilkan peningkatan sebesar 18,1417%, untuk penambahan fly Ash+Silika fume menghasilkan peningkatan 20,9962% dan yang menghasilkan peningkatan maksimum pada mutu beton ialah silika fume sebesar 24,5262% yakni dari 117417,6456MPa menjadi 155574,0936MPa. Sedangkan peningkatan modulus elastisitas untuk limbah marmer 40% dari penambahan fly ash menghasilkan peningkatan sebesar 12,6548%, untuk penambahan fly Ash+Silika fume menghasilkan peningkatan 14,9588% dan yang menghasilkan peningkatan maksimum pada mutu beton ialah silika fume sebesar 15,0014% yakni dari 113719,3287MPa menjadi 133789,7266MPa. Ini dikarenakan benda uji yang dihasilkan lebih padat sehingga menghasilkan nilai kuat tekan lebih tinggi dari pada benda uji yang dihasilkan dengan penambahan bahan tambahan yang lainnya.

5.4.5. Perbandingan Porositas Antara Batu Pecah Dan

Limbah Marmer 40%



Keterangan : 0 % = tanpa bahan tambahan 13,5 % = fly ash
 1,5 % = silika fume 15 % = fly ash + silika fume

Grafik 5.13. Hubungan Antara Variasi Penambahan Bahan Tambahan Dengan Porositas Beton

Pada grafik 5.13. di atas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai porositas akibat penambahan silika fume, fly ash dan silika fume+fly ash yang telah ditambahkan. Penurunan porositas untuk batu pecah dari penambahan fly ash menghasilkan penurunan sebesar 3,8190%, untuk penambahan fly Ash+Silika fume menghasilkan penurunan 5,6115% dan yang menghasilkan penurunan maksimum ialah silika fume sebesar 74,3468% yakni dari 15,5839MPa menjadi 8,9384MPa. Hal ini terjadi karena sifat fly ash kurang meningkatkan mutu beton yang disinyalir lebih banyaknya rongga sehingga daya resap terhadap air lebih banyak. Sedangkan penurunan porositas untuk limbah marmer 40% dari penambahan fly ash menghasilkan penurunan sebesar 1,4235%, untuk penambahan fly Ash+Silika fume menghasilkan penurunan 6,3433% dan yang menghasilkan penurunan maksimum pada mutu beton ialah silika fume sebesar 88,7417% yakni dari 12,1019MPa menjadi 6,4119MPa. Ini dikarenakan benda uji yang dihasilkan lebih padat sehingga pori-porinya kecil dari pada benda uji yang dihasilkan dengan penambahan bahan tambahan yang lainnya.

5.5. Workabilitas

Dalam pelaksanaan dilapangan kemudahan dalam pengerjaan sangat berpengaruh terhadap hasil mutu yang di tentukan. Semakin tinggi mutu yang digunakan maka semakin banyak kebutuhan akan semen yang akan berpengaruh pada pemakaian air. Karena kami merencanakan beton mutu tinggi yang penggunaan air sangat sedikit jadi untuk membantu mempermudah pengerjaan kami menggunakan plastilizer yang berfungsi untuk mempencner dan memperlambat proses pengeringan campuran. Pada penggunaan agregat kasar limbah marmer pengerjaan sedikit lebih mudah dikarenakan limbah marmer memilikim nilai kelecekan lebih besar dari pada batu pecah.

5.6. Analisa Regresi

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

Untuk menganalisis variasi penambahan bahan tambahan terhadap parameter-parameter yang diteliti, digunakan metode fungsi kuadratik (Sudjana, 2002; 338) sebagai regresi, dengan bentuk persamaan $\hat{Y} = a + bX + cX^2$.

Dengan persamaan perhitungannya sebagai berikut :

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

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

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

5.6.1. Analisa Regresi Batu Pecah

Sebagai contoh, di bawah ini diambil data kuat tekan batu pecah untuk diuji dengan regresi.

Tabel 5.67. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tekan

Tanpa Bahan Tambahan

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	59.4854	0	0	0	0	0	3538.5069
2	20	58.8229	400	8000	160000	1176.4586	23529.1720	3460.1371
3	40	58.3813	1600	64000	2560000	2335.2527	93410.1062	3408.3781
4	60	58.2047	3600	216000	12960000	3492.2803	209536.8153	3387.7837
5	80	57.9397	6400	512000	40960000	4635.1762	370814.0977	3357.0092
6	100	56.0849	10000	1000000	100000000	5608.4926	560849.2569	3145.5189
Total	300	348.9189	22000	1800000	156640000	17247.6603	1258139.4480	20297.3338

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari tabel 5.67. maka didapat persamaan :

$$348,9189 = 6a + 300b + 22000c$$

$$17247,6603 = 300a + 22000b + 1800000c$$

$$1258139,4480 = 22000a + 1800000b + 156640000c$$

Dari ketiga persamaan didapat :

$$a = 59,2567$$

$$b = -0,0049$$

$$c = -0,0002$$

Maka persamaannya adalah :

$$\hat{Y} = -0,0002x^2 - 0,0049x + 59,2567$$

Mencari koefisien determinasi (R^2) :

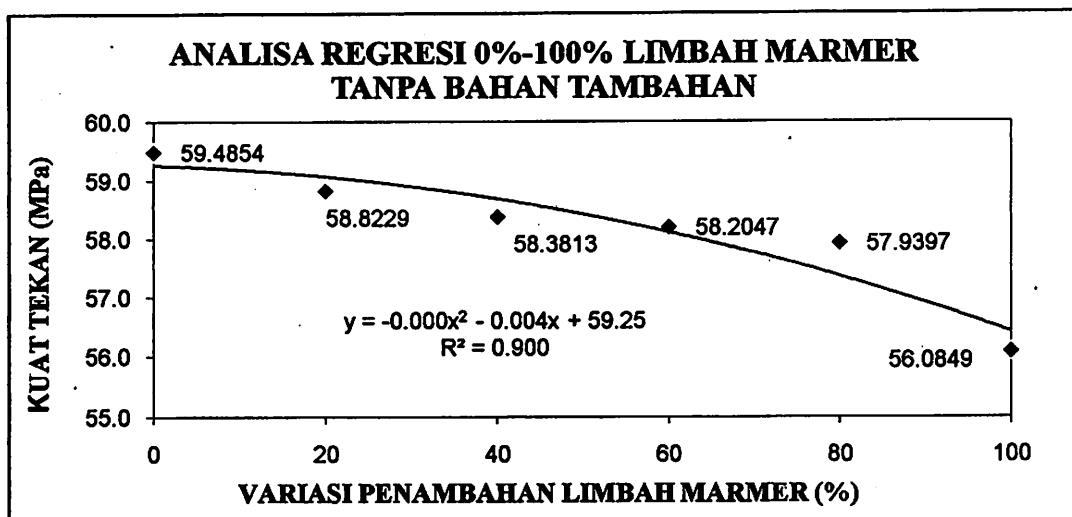
$$\begin{aligned} JK(b|a) &= \left(b \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left(c \left\{ \sum X^2Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) \\ &= \left(-0,0049 \left\{ 17247,6603 - \frac{300 \times 348,9189}{6} \right\} \right) + \left(-0,0002 \left\{ 1258139,4480 - \frac{22000 \times 348,9189}{6} \right\} \right) \\ &= 5,9455 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK(E) &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\ &= 20297,3338 - \frac{(348,9189)^2}{6} \\ &= 6,6012 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\ &= \frac{5,9455}{6,6012} \\ &= 0,9007 \end{aligned}$$

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan kuat tekan dengan penambahan bahan tambahan menghasilkan persamaan $y = -0,0002 x^2 - 0,0049 x + 59,2567$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9007. Hal ini berarti bahwa 90,07% perubahan nilai kuat tekan dipengaruhi oleh penambahan bahan tambahan sedangkan sisanya dipengaruhi oleh hal yang lain. Data hasil pengujian kemudian disajikan ke dalam grafik kuadrat.

Grafik 5.14. Analisa Regresi Kuat Tekan Tanpa Bahan Tambahan



Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya data disadur dari penelitian heru setiawan (03.21.093), ismanto (04.21.076), siddiq permana (05.21.053), mahrus habibullah (05.21.077), dan yoga christian parsudi, yang kemudian data keseluruhan yang menunjukkan hubungan antara variasi penambahan bahan tambahan terhadap sifat mekanis beton akan ditabelkan dan disajikan ke dalam grafik kuadrat.

Tabel 5.68. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tekan

Silika Fume 1,5%

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	64.2989	0	0	0	0	0	4134.3535
2	20	62.5325	400	8000	160000	1250.6497	25012.9936	3910.3116
3	40	61.5168	1600	64000	2560000	2460.6709	98426.8365	3784.3133
4	60	61.5168	3600	216000	12960000	3691.0064	221460.3822	3784.3133
5	80	59.7945	6400	512000	40960000	4783.5584	382684.6709	3575.3798
6	100	58.1163	10000	1000000	100000000	5811.6348	581163.4820	3377.5099
Total	300	367.7758	22000	1800000	156640000	17997.5202	1308748.3652	22566.1815

Sumber : Data Hasil Penelitian

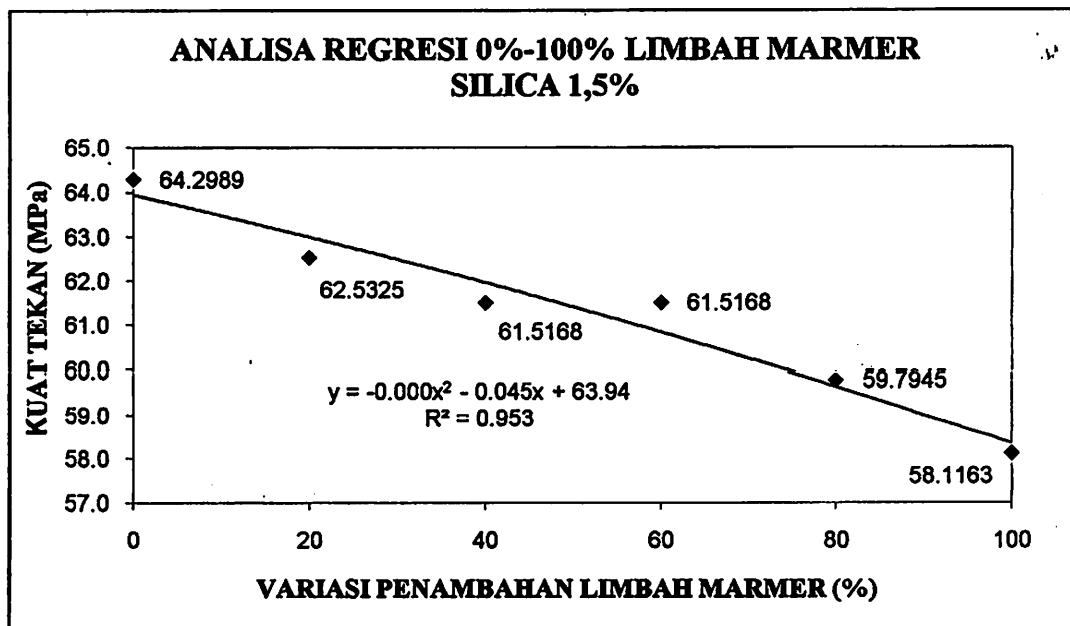
Didapat persamaan

$$\hat{Y} = -0,0001x^2 - 0,0045 x + 63,9488$$

Didapat koefisien determinasi (R²) :

$$R^2 = 0.9535$$

Grafik 5.15. Analisa Regresi Kuat Tekan Silika Fume 1,5%



Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.69. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tekan

Fly Ash 13,5%

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	59.9270	0	0	0	0	0	3591.2410
2	20	59.3970	400	8000	160000	1187.9406	23758.8110	3528.0069
3	40	58.9113	1600	64000	2560000	2356.4501	94258.0043	3470.5357
4	60	58.4696	3600	216000	12960000	3508.1783	210490.7006	3418.6987
5	80	58.1605	6400	512000	40960000	4652.8408	372227.2611	3382.6449
6	100	57.7189	10000	1000000	100000000	5771.8896	577188.9597	3331.4710
Total	300	352.5843	22000	1800000	156640000	17477.2994	1277923.7367	20722.5981

Sumber : Data Hasil Penelitian

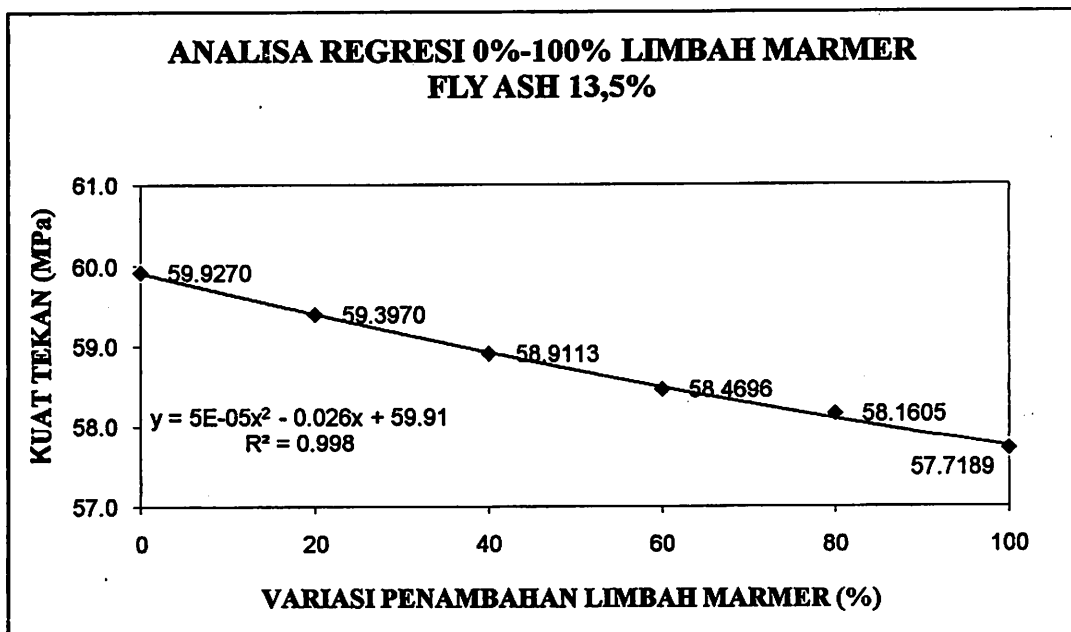
Didapat persamaan

$$\hat{Y} = 0,000051 x^2 - 0,0268 x + 59,9175$$

Didapat koefisien determinasi (R²) :

$$R^2 = 0.9984$$

Grafik 5.16. Analisa Regresi Kuat Tekan Fly Ash 13,5%



Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.70. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tekan

Silika Fume 1,5% dan Fly Ash 13,5%

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	60.6335	0	0	0	0	0	3676.4269
2	20	59.5295	400	8000	160000	1190.590234	23811.80467	3543.7628
3	40	58.9996	1600	64000	2560000	2359.983015	94399.32059	3480.9499
4	60	58.8229	3600	216000	12960000	3529.375796	211762.5478	3460.1371
5	80	58.6021	6400	512000	40960000	4688.169851	375053.5881	3434.2088
6	100	57.9397	10000	1000000	100000000	5793.970276	579397.0276	3357.0092
Total	300	354.5274	22000	1800000	156640000	17562.0892	1284424.2887	20952.4946

Sumber : Data Hasil Penelitian

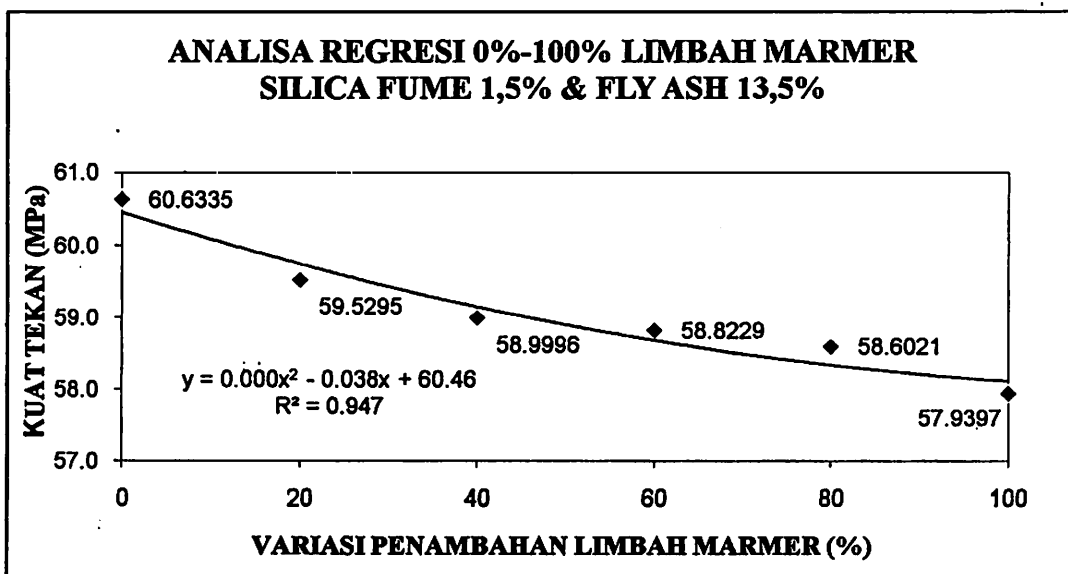
Didapat persamaan

$$\hat{Y} = -0,0002x^2 - 0,0388 x + 60,4664$$

Didapat koefisien determinasi (R²) :

$$R^2 = 0.9479$$

Grafik 5.17. Analisa Regresi Kuat Tekan Silika Fume 1,5% dan Fly Ash 13,5%



Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.71. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tarik Belah Tanpa Bahan Tambahan

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	3.7273	0	0	0	0	0	13.8927
2	20	3.7037	400	8000	160000	74.07407	1481.4815	13.7174
3	40	3.5858	1600	64000	2560000	143.4301	5737.2022	12.8576
4	60	3.5150	3600	216000	12960000	210.8988	12653.9278	12.3551
5	80	3.4914	6400	512000	40960000	279.3112	22344.8927	12.1898
6	100	3.4678	10000	1000000	100000000	346.7799	34677.9901	12.0256
Total	300	21.4909	22000	1800000	156640000	1054.4940	76895.4942	77.0383

Sumber : Data Hasil Penelitian

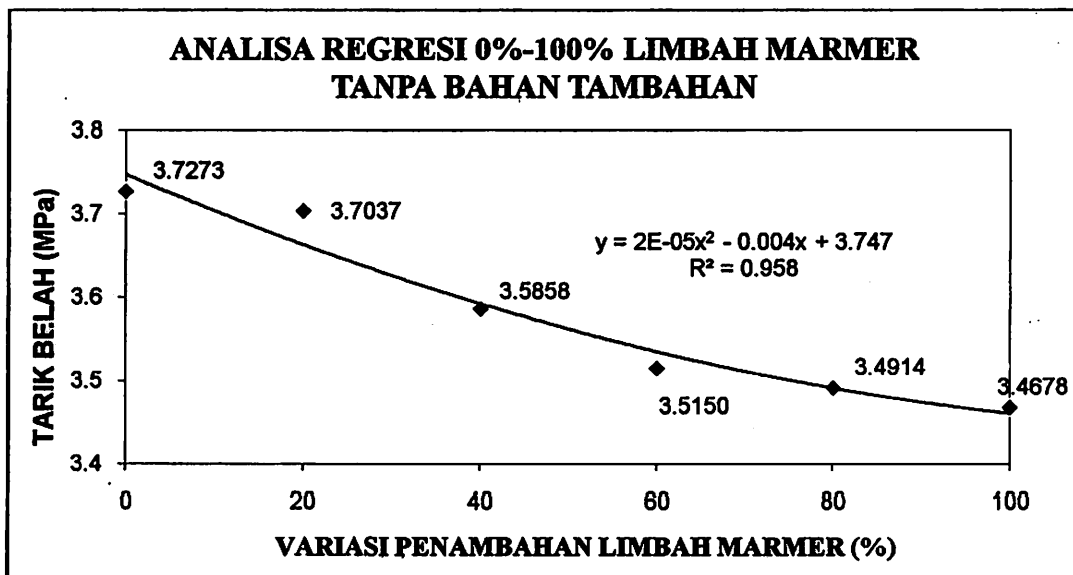
Didapat persamaan

$$\hat{Y} = 0,000017x^2 - 0,0045 x + 3,7475$$

Didapat koefisien determinasi (R²) :

$$R^2 = 0.9587$$

Grafik 5.18. Analisa Regresi Kuat Tarik Belah Tanpa Bahan Tambahan



Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.72. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tarik

Belah Silika Fume 1,5%

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	4.9540	0	0	0	0	0	24.5421
2	20	4.9304	400	8000	160000	98.6082	1972.1633	24.3089
3	40	4.6709	1600	64000	2560000	186.8365	7473.4607	21.8174
4	60	4.5294	3600	216000	12960000	271.7622	16305.7324	20.5152
5	80	4.4822	6400	512000	40960000	358.5751	28686.0108	20.0900
6	100	4.4586	10000	1000000	100000000	445.8599	44585.9873	19.8791
Total	300	28.0255	22000	1800000	156640000	1361.6419	99023.3546	131.1528

Sumber : Data Hasil Penelitian

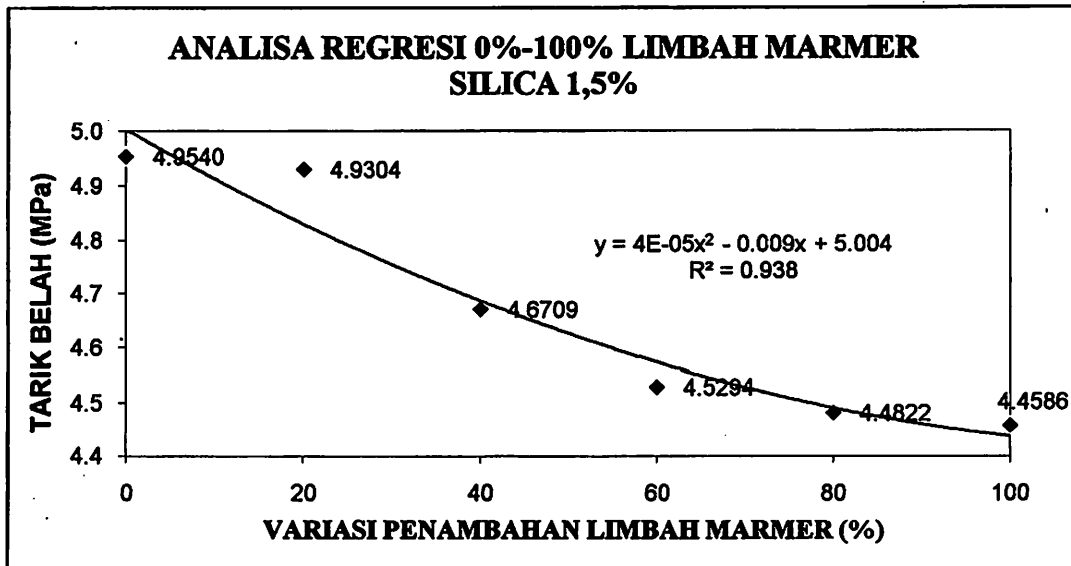
Didapat persamaan

$$\hat{Y} = -0,000038 x^2 - 0,0095 x + 5,0046$$

Didapat koefisien determinasi (R²) :

$$R^2 = 0.9387$$

Grafik 5.19. Analisa Regresi Kuat Tarik Belah Silika Fume 1,5%



Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.73. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tarik

Belah Fly Ash 13,5%

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	4.5058	0	0	0	0	0	20.3021
2	20	4.4350	400	8000	160000	88.7002	1774.0033	19.6693
3	40	4.3878	1600	64000	2560000	175.5131	7020.5237	19.2530
4	60	4.3171	3600	216000	12960000	259.0234	15541.4013	18.6370
5	80	4.2935	6400	512000	40960000	343.4772	27478.1788	18.4338
6	100	4.2935	10000	1000000	100000000	429.3465	42934.6544	18.4338
Total	300	26.2326	22000	1800000	156640000	1296.0604	94748.7615	114.7290

Sumber : Data Hasil Penelitian

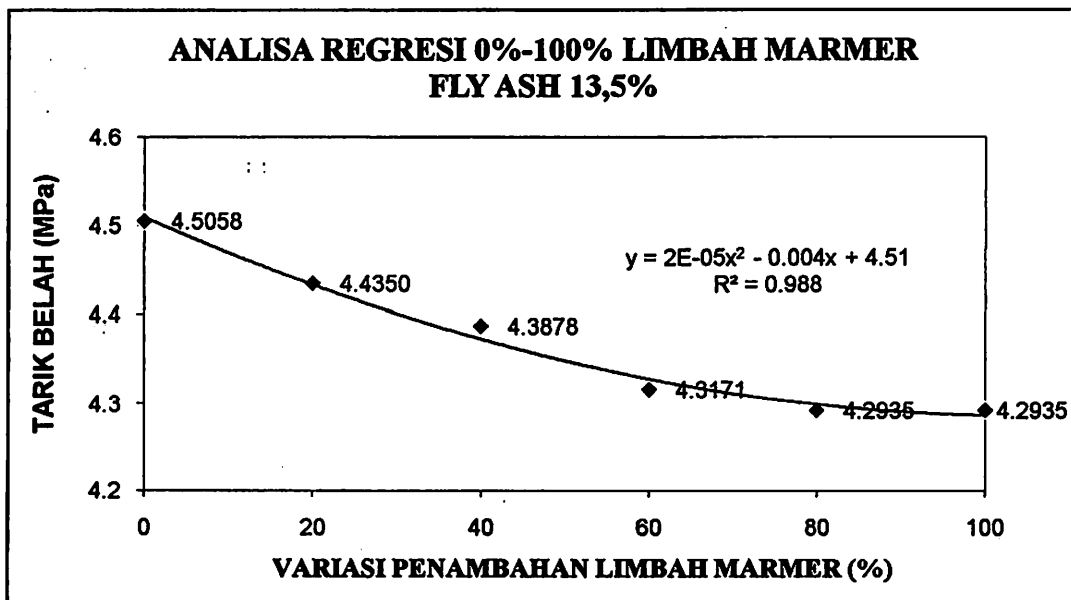
Didapat persamaan

$$\hat{Y} = 0,00002 x^2 - 0,0042 x + 4.51$$

Didapat koefisien determinasi (R²) :

$$R^2 = 0.9880$$

Grafik 5.20. Analisa Regresi Kuat Tarik Belah Fly Ash 13,5%



Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.74. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tarik

Belah Silika Fume 1,5% dan Fly Ash 13,5%

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	4.6709	0	0	0	0	0	21.8174
2	20	4.5058	400	8000	160000	90.1156	1802.3119	20.3021
3	40	4.4114	1600	64000	2560000	176.4567	7058.2685	19.4606
4	60	4.4114	3600	216000	12960000	264.6851	15881.1040	19.4606
5	80	4.3406	6400	512000	40960000	347.2517	27780.1368	18.8412
6	100	4.3171	10000	1000000	100000000	431.7056	43170.5591	18.6370
Total	300	26.6572	22000	1800000	156640000	1310.2147	95692.3803	118.5189

Sumber : Data Hasil Penelitian

Didapat persamaan

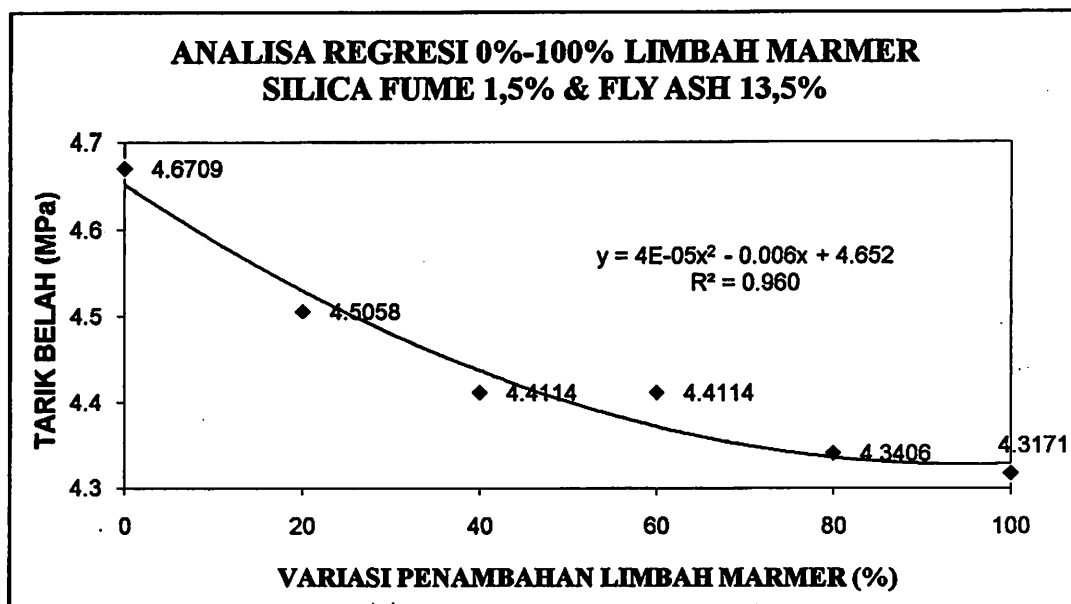
$$\hat{Y} = 0,000036 x^2 - 0,0068 x + 4.6524$$

Didapat koefisien determinasi (R²) :

$$R^2 = 0.9608$$

Grafik 5.21. Analisa Regresi Kuat Tarik Belah Silika Fume 1,5% dan

Fly Ash 13,5%



Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.75. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tarik

Lentur Tanpa Bahan Tambahan

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	6.9084	0	0	0	0	0	47.7266
2	20	6.7022	400	8000	160000	134.0444	2680.8889	44.9198
3	40	6.6736	1600	64000	2560000	266.9432	10677.7284	44.5367
4	60	6.6278	3600	216000	12960000	397.6652	23859.9111	43.9271
5	80	6.5304	6400	512000	40960000	522.4296	41794.3704	42.6457
6	100	6.3299	10000	1000000	100000000	632.9876	63298.7654	40.0673
Total	300	39.7722	22000	1800000	156640000	1954.0701	142311.6642	263.8232

Sumber : Data Hasil Penelitian

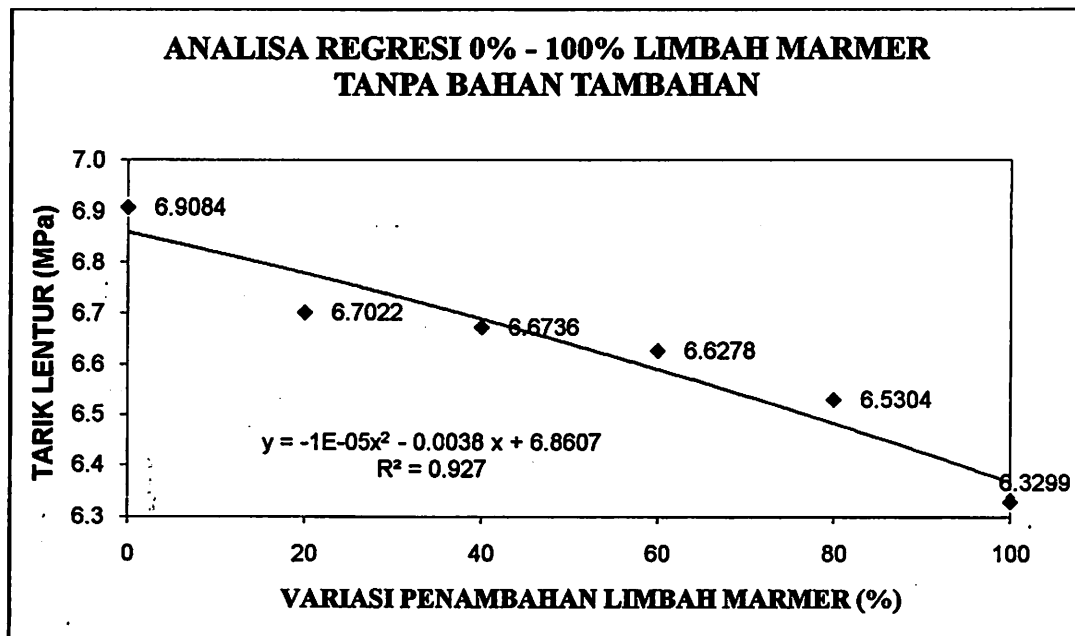
Didapat persamaan

$$\hat{Y} = -0,00001 x^2 - 0,0038 x + 6,8607$$

Didapat koefisien determinasi (R²) :

$$R^2 = 0.9270$$

Grafik 5.22. Analisa Regresi Kuat Tarik Lentur Tanpa Bahan Tambahan



Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.76. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tarik

Lentur Silika Fume 1,5%

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	8.7644	0	0	0	0	0	76.8155
2	20	8.6212	400	8000	160000	172.4247	3448.4938	74.3257
3	40	8.5067	1600	64000	2560000	340.2667	13610.6667	72.3634
4	60	8.4207	3600	216000	12960000	505.2444	30314.6667	70.9089
5	80	8.2489	6400	512000	40960000	659.9111	52792.8889	68.0442
6	100	8.2202	10000	1000000	100000000	822.0247	82202.4691	67.5725
Total	300	50.7822	22000	1800000	156640000	2499.8716	182369.1852	430.0301

Sumber : Data Hasil Penelitian

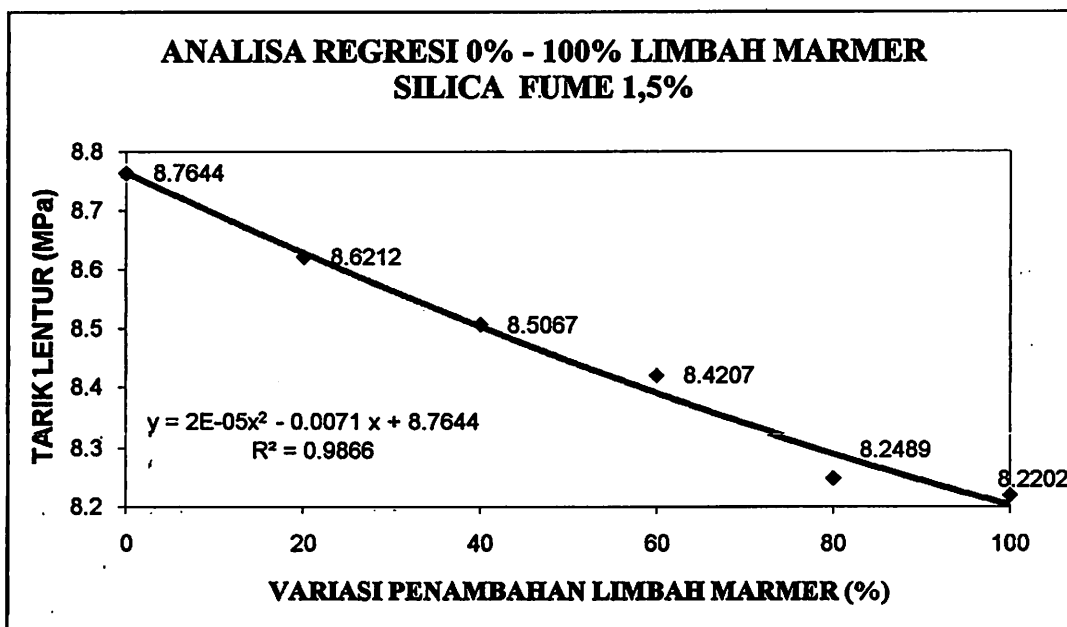
Didapat persamaan

$$\hat{Y} = 0,00002 x^2 - 0,0071 x + 8,7644$$

Didapat koefisien determinasi (R²) :

$$R^2 = 0.9866$$

Grafik 5.23. Analisa Regresi Kuat Tarik Lentur Silika Fume 1,5%



Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.77. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tarik

Lentur Fly Ash 13,5%

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	8.0484	0	0	0	0	0	64.7767
2	20	7.9625	400	8000	160000	159.2494	3184.9876	63.4009
3	40	7.7620	1600	64000	2560000	310.4790	12419.1605	60.2483
4	60	7.7104	3600	216000	12960000	462.6252	27757.5111	59.4506
5	80	7.7047	6400	512000	40960000	616.3753	49310.0247	59.3623
6	100	7.5328	10000	1000000	100000000	753.2839	75328.3951	56.7437
Total	300	46.7208	22000	1800000	156640000	2302.0128	168000.0790	363.9824

Sumber : Data Hasil Penelitian

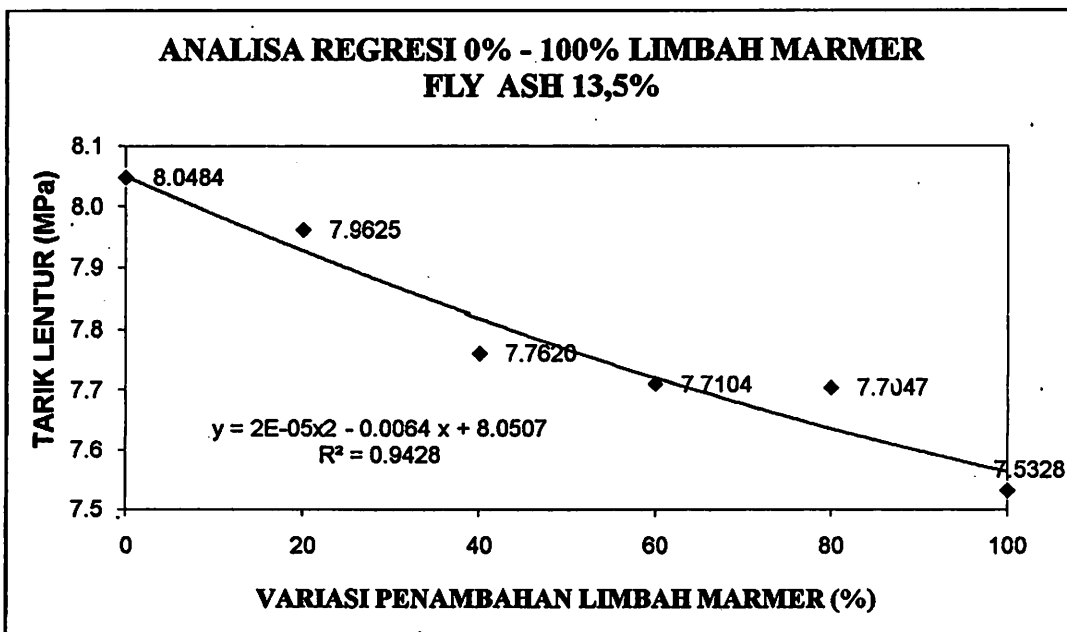
Didapat persamaan

$$\hat{Y} = 0,00002 x^2 - 0,0064 x + 8,0507$$

Didapat koefisien determinasi (R²) :

$$R^2 = 0.9428$$

Grafik 5.24. Analisa Regresi Kuat Tarik Lentur Fly Ash 13,5%



Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.78. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Kuat Tarik

Lentur Silika Fume 1,5% dan Fly Ash 13,5%

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	8.2775	0	0	0	0	0	68.5175
2	20	8.2202	400	8000	160000	164.4049	3288.0987	67.5725
3	40	7.9911	1600	64000	2560000	319.6444	12785.7778	63.8579
4	60	7.9338	3600	216000	12960000	476.0296	28561.7778	62.9456
5	80	7.9338	6400	512000	40960000	634.7062	50776.4938	62.9456
6	100	7.9052	10000	1000000	100000000	790.5185	79051.8519	62.4920
Total	300	48.2617	22000	1800000	156640000	2385.3037	174464	388.3310

Sumber : Data Hasil Penelitian

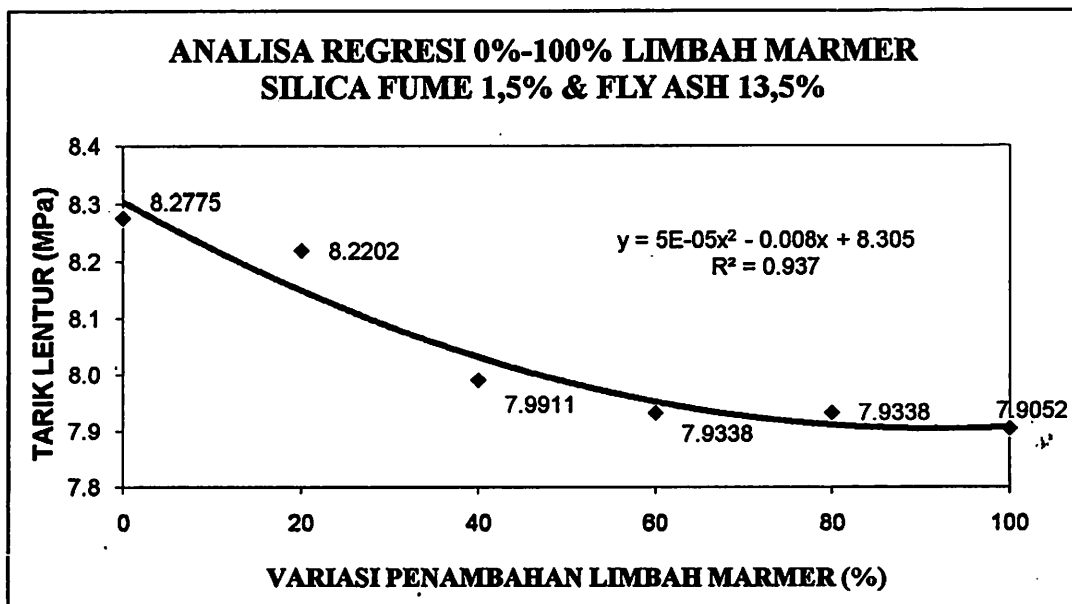
Didapat persamaan

$$\hat{Y} = 0,00005 x^2 - 0,0087 x + 8,3051$$

Didapat koefisien determinasi (R²) :

$$R^2 = 0.9370$$

Grafik 5.25. Analisa Regresi Kuat Tarik Lentur Silika Fume 1,5% dan Fly Ash 13,5%



Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.79. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Modulus

Elastisitas Tanpa Bahan Tambahan

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	117417.6456	0	0	0	0	0	13786903495.1453
2	20	117029.7088	400	8000	160000	2340594.176	46811883.53	13695952747.0783
3	40	113719.3287	1600	64000	2560000	4548773.148	181950925.9	12932085718.4240
4	60	113677.6809	3600	216000	12960000	6820660.855	409239651.3	12922615137.3377
5	80	113417.2270	6400	512000	40960000	9073378.16	725870252.8	12863467381.7414
6	100	110080.7625	10000	1000000	100000000	11008076.25	1100807625	12117774262.6302
Total	300	685342.3535	22000	1800000	156640000	33791482.5848	2464680338.1049	78318798742.3570

Sumber : Data Hasil Penelitian

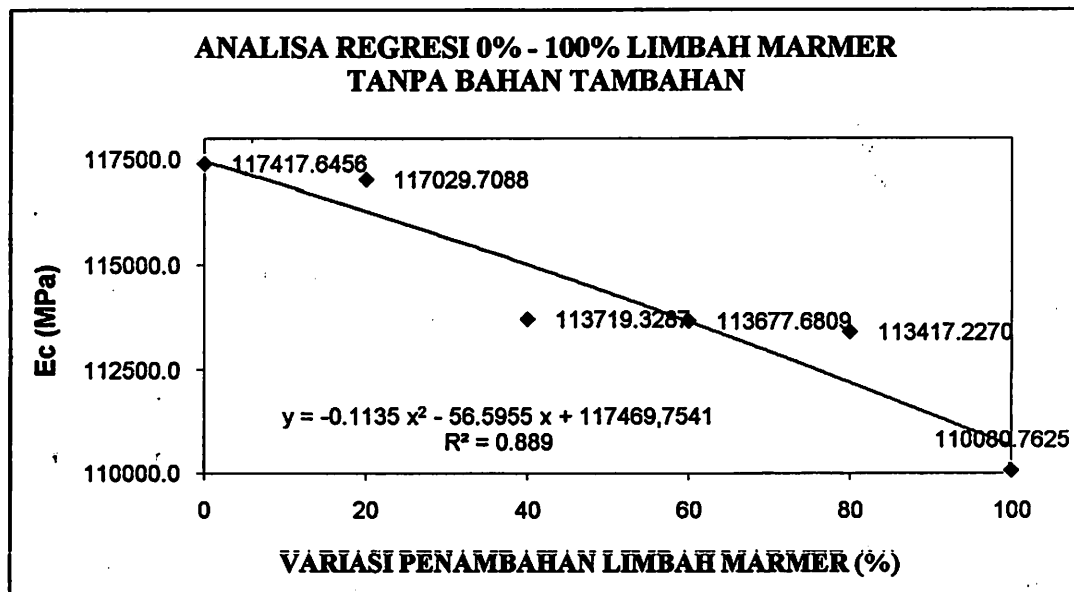
Didapat persamaan

$$\hat{Y} = -0,1135 x^2 - 56.5955 x + 117469.7541$$

Didapat koefisien determinasi (R²) :

$$R^2 = 0.8890$$

Grafik 5.26. Analisa Regresi Modulus Elastisitas Tanpa Bahan Tambahan



Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.80. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Modulus

Elastisitas Silika Fume 1,5%

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	155574.0936	0	0	0	0	0	24203298594.6680
2	20	140464.8109	400	8000	160000	2809296.217	56185924.35	19730363091.7310
3	40	133789.7266	1600	64000	2560000	5351589.066	214063562.6	17899690954.5322
4	60	133656.7258	3600	216000	12960000	8019403.547	481164212.8	17864120347.7840
5	80	130855.1927	6400	512000	40960000	10468415.41	837473233.1	17123081449.5578
6	100	130431.8638	10000	1000000	100000000	13043186.38	1304318638	17012471095.6032
Total	300	824772.4134	22000	1800000	156640000	39691890.6244	2893205570.9575	113833025533.8760

Sumber : Data Hasil Penelitian

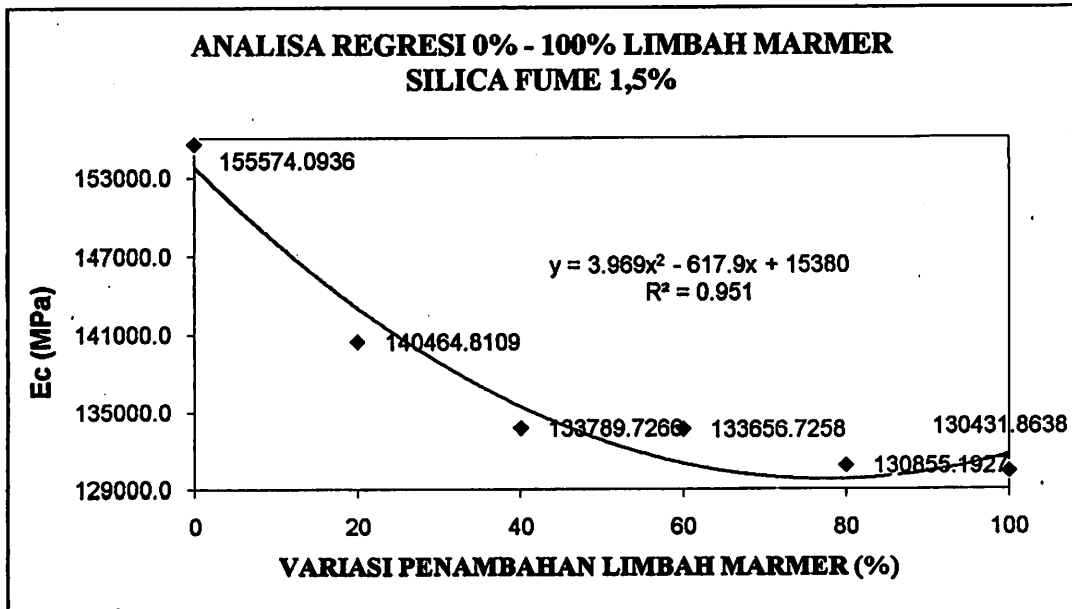
Didapat persamaan

$$\hat{Y} = 3,9698 x^2 - 617,9435 x + 153803,2343$$

Didapat koefisien determinasi (R²) :

$$R^2 = 0.9515$$

Grafik 5.27. Analisa Regresi Modulus Elastisitas Silika Fume 1,5%



Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.81. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Modulus

Elastisitas Fly Ash 13,5%

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	143440.1054	0	0	0	0	0	20575063850.8613
2	20	131969.7930	400	8000	160000	2639395.859	52787917.18	17416026251.3689
3	40	130195.2836	1600	64000	2560000	5207811.346	208312453.8	16950811883.1045
4	60	129847.1308	3600	216000	12960000	7790827.847	467449670.8	16860277370.7825
5	80	129270.1899	6400	512000	40960000	10341615.19	827329215.1	16710781985.0437
6	100	118899.3672	10000	1000000	100000000	11889936.72	1188993672	14137059524.0027
Total	300	783621.8699	22000	1800000	156640000	37869586.9611	2744872929.0184	102650020865.1640

Sumber : Data Hasil Penelitian

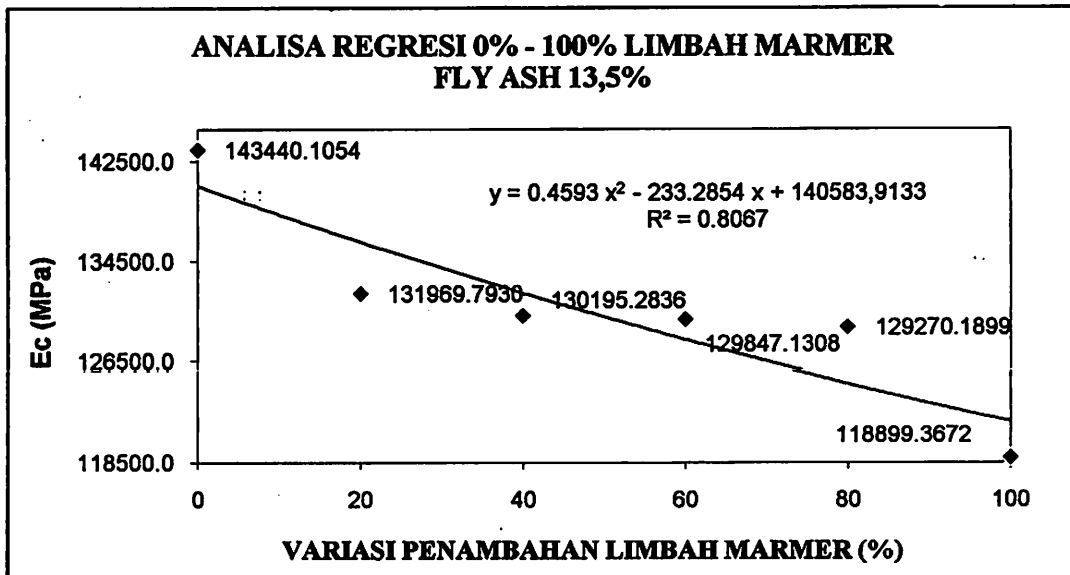
Didapat persamaan

$$\hat{Y} = 0,4593 x^2 - 233,2854 x + 140583,9133$$

Didapat koefisien determinasi (R²) :

$$R^2 = 0.8067$$

Grafik 5.28. Analisa Regresi Modulus Elastisitas Fly Ash 13,5%



Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.82. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Modulus

Elastisitas Silika Fume 1,5% dan Fly Ash 13,5%

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	148622.8742	0	0	0	0	0	22088758728.6366
2	20	134587.9697	400	8000	160000	2691759.393	53835187.87	18113921580.5260
3	40	133722.6319	1600	64000	2560000	5348905.278	213956211.1	17881742293.4238
4	60	133403.8954	3600	216000	12960000	8004233.725	480254023.5	17796599313.5733
5	80	130782.7102	6400	512000	40960000	10462616.81	837009345.2	17104117283.2266
6	100	122988.0975	10000	1000000	100000000	12298809.75	1229880975	15126072135.4922
Total	300	804108.1789	22000	1800000	156640000	38806324.9647	2814935743.0324	108111211334.8790

Sumber : Data Hasil Penelitian

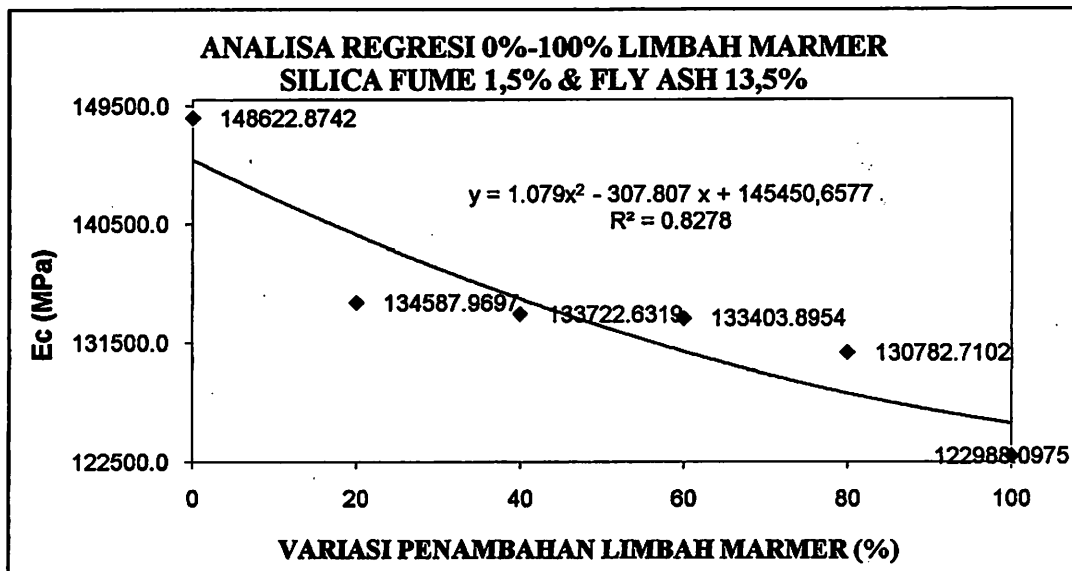
Didapat persamaan

$$\hat{Y} = 1,0794 x^2 - 307,8070 x + 145450,6577$$

Didapat koefisien determinasi (R²) :

$$R^2 = 0.8278$$

Grafik 5.29. Analisa Regresi Modulus Elastisitas Silika Fume 1,5% dan Fly Ash 13,5%



Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.83. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Porositas Tanpa Bahan Tambahan

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	15.5839	0	0	0	0	0	242.8568
2	20	12.1444	400	8000	160000	242.8875	4857.7495	147.4858
3	40	12.1019	1600	64000	2560000	484.0764	19363.0573	146.4562
4	60	11.9745	3600	216000	12960000	718.4714	43108.2803	143.3892
5	80	11.9108	6400	512000	40960000	952.8662	76229.2994	141.8678
6	100	11.6561	10000	1000000	100000000	1165.6051	116560.5096	135.8635
Total	300	75.3715	22000	1800000	156640000	3563.9066	260118.8960	957.9194

Sumber : Data Hasil Penelitian

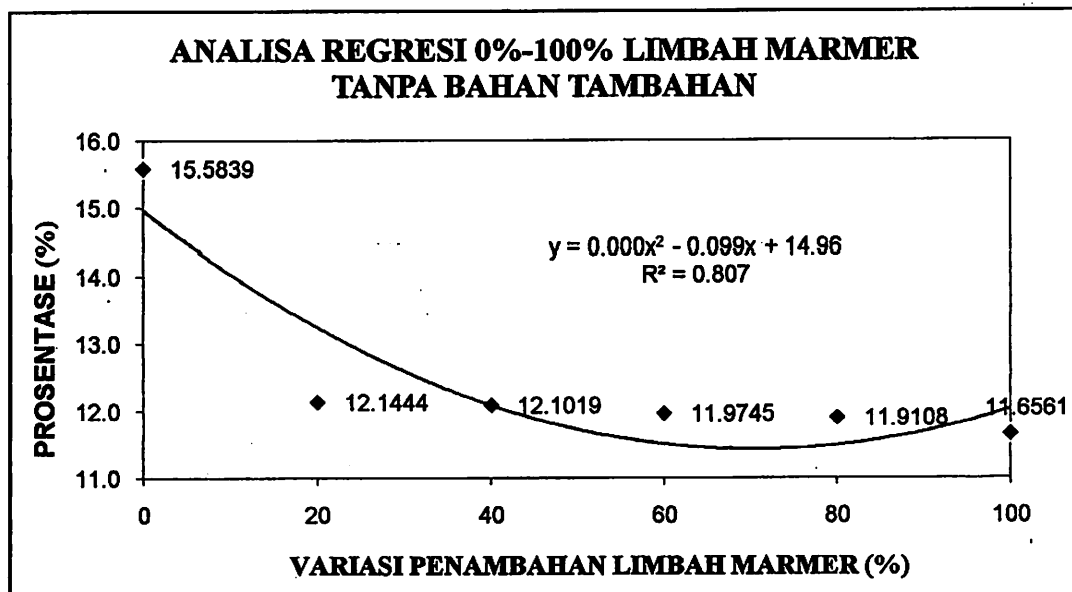
Didapat persamaan

$$\hat{Y} = 0,0007 x^2 - 0,0999 x + 14,9666$$

Didapat koefisien determinasi (R²) :

$$R^2 = 0.8076$$

Grafik 5.30. Analisa Regresi Porositas Tanpa Bahan Tambahan



Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.84. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Porositas

Silika Fume 1,5%

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	8.9384	0	0	0	0	0	79.8955
2	20	6.4756	400	8000	160000	129.5117	2590.2335	41.9332
3	40	6.4119	1600	64000	2560000	256.4756	10259.0234	41.1123
4	60	6.1783	3600	216000	12960000	370.7006	22242.0382	38.1719
5	80	6.1146	6400	512000	40960000	489.1720	39133.7580	37.3889
6	100	5.7749	10000	1000000	100000000	577.4947	57749.4692	33.3500
Total	300	39.8938	22000	1800000	156640000	1823.3546	131974.5223	271.8519

Sumber : Data Hasil Penelitian

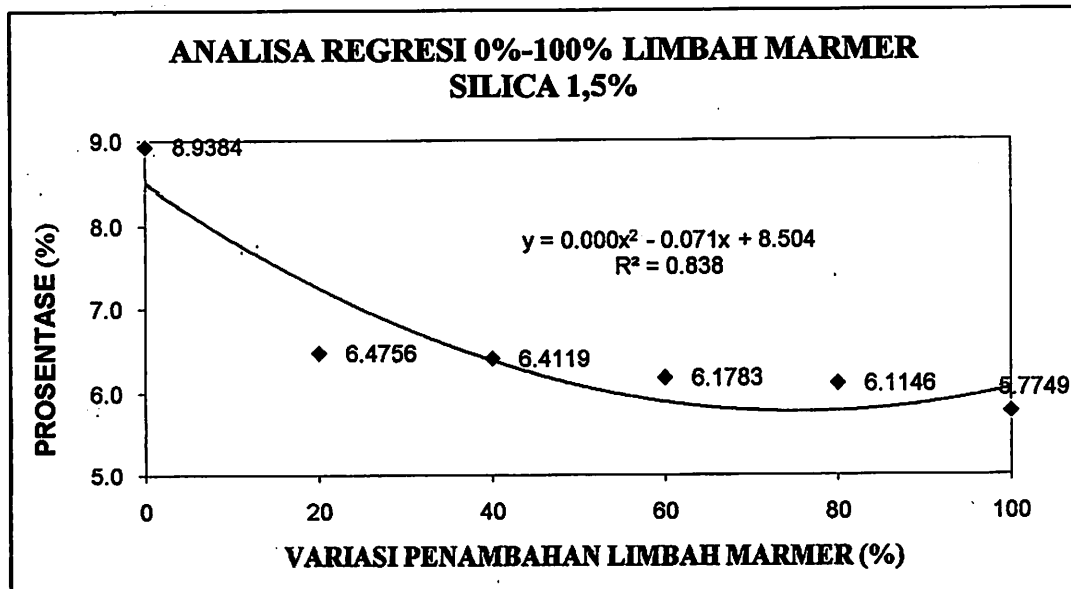
Didapat persamaan

$$\hat{Y} = 0,0005 x^2 - 0,0719 x + 8,5047$$

Didapat koefisien determinasi (R²) :

$$R^2 = 0.8388$$

Grafik 5.31. Analisa Regresi Porositas Silika Fume 1,5%



Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.85. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Porositas

Fly Ash 13,5%

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	15.0106	0	0	0	0	0	225.3186
2	20	11.9533	400	8000	160000	239.0658	4781.3163	142.8812
3	40	11.9321	1600	64000	2560000	477.2824	19091.2951	142.3740
4	60	11.7834	3600	216000	12960000	707.0064	42420.3822	138.8494
5	80	11.7622	6400	512000	40960000	940.9766	75278.1316	138.3495
6	100	11.6348	10000	1000000	100000000	1163.4819	116348.1953	135.3690
Total	300	74.0764	22000	1800000	156640000	3527.8132	257919.3206	923.1418

Sumber : Data Hasil Penelitian

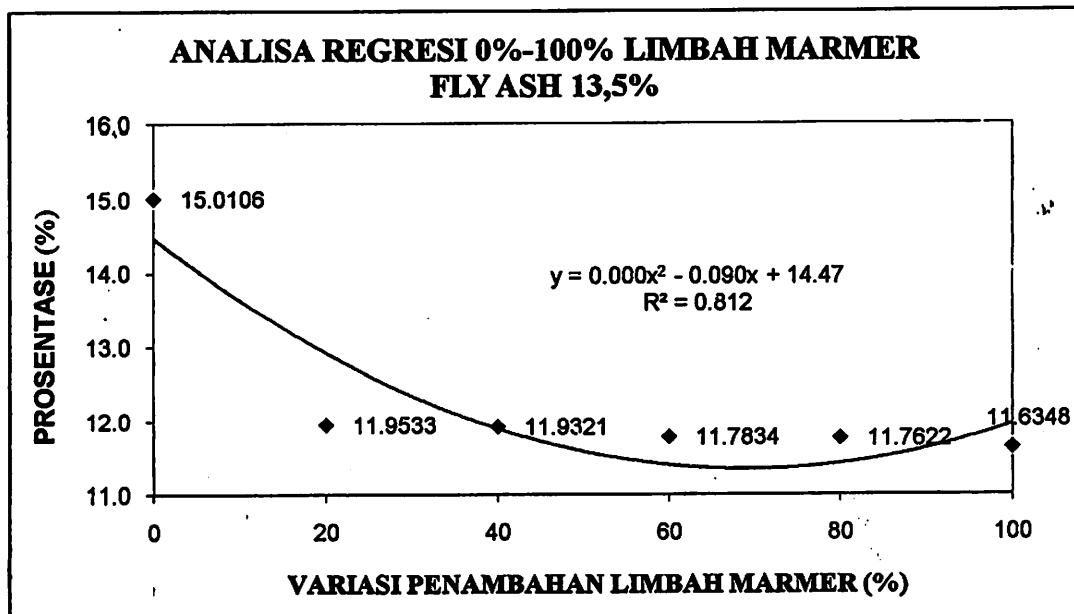
Didapat persamaan

$$\hat{Y} = 0,0007 x^2 - 0,0905 x + 14,4753$$

Didapat koefisien determinasi (R²) :

$$R^2 = 0.8127$$

Grafik 5.32. Analisa Regresi Porositas Fly Ash 13,5%



Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.86. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi Porositas

Silika Fume 1,5% dan Fly Ash 13,5%

No	X	Y	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y	Y ²
1	0	14.7558	0	0	0	0	0	217.7348
2	20	11.4225	400	8000	160000	228.4501	4569.0021	130.4736
3	40	11.3800	1600	64000	2560000	455.2017	18208.0679	129.5054
4	60	11.1465	3600	216000	12960000	668.7898	40127.3885	124.2444
5	80	11.1465	6400	512000	40960000	891.7197	71337.5796	124.2444
6	100	10.8705	10000	1000000	100000000	1087.0488	108704.8832	118.1675
Total	300	70.7219	22000	1800000	156640000	3331.2102	242946.9214	844.3701

Sumber : Data Hasil Penelitian

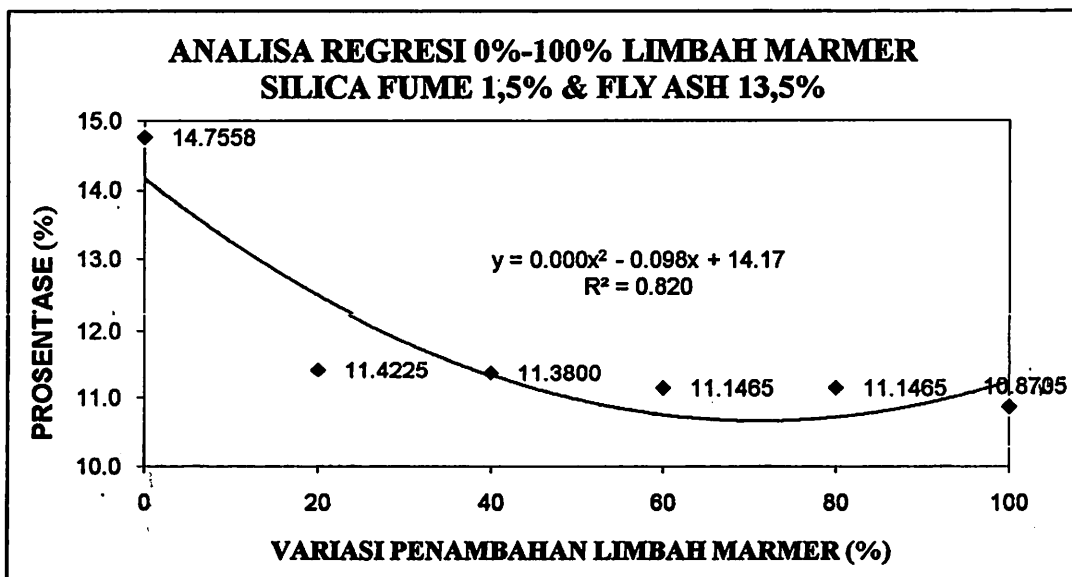
Didapat persamaan

$$\hat{Y} = 0,0007 x^2 - 0,0983 x + 14,1705$$

Didapat koefisien determinasi (R²) :

$$R^2 = 0.8207$$

Grafik 5.33. Analisa Regresi Porositas Silika Fume 1,5% dan Fly Ash 13,5%



Sumber : Data Hasil Penelitian

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

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

1. Dari hasil hipotesis penggunaan bahan tambahan silika fume dan fly ash berpengaruh untuk meningkatkan sifat mekanis beton dengan agregat kasar batu pecah. Peningkatan sifat mekanis beton yang paling besar yaitu dengan penambahan silika fume.
2. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan penggantian agregat kasar dengan limbah marmer pada umumnya sifat mekanis beton mengalami penurunan, tetapi untuk penambahan silika fume dan fly ash secara keseluruhan meningkatkan sifat mekanis beton. Jadi penambahan silika fume dan fly ash pada beton untuk penggantian agregat kasar dengan limbah marmer mampu meningkatkan sifat mekanis beton.

6.2. Saran

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

1. Untuk pengoptimalan penggunaan limbah marmer yang merupakan hasil metamorfosis dari batuan kapur yang bersifat asam dan memiliki nilai kelecekan tinggi, penulis berharap penelitian ini di lanjutkan dengan

membahas struktur kimiawi agar unsur yang bersifat asam menjadi netral dan bila digunakan pada beton dalam jangka panjang tidak membahayakan.

2. Penelitian ini dilakukan pada beton pengganti jumlah agregat kasar dengan limbah marmer untuk bahan tambahan silica 1.5% menunjukkan peningkatan yang paling besar, penulis mengharapkan penelitian selanjutnya lebih mendetail dalam membahas penambahan silica dalam campuran beton supaya dapat mencapai mutu yang optimum.
3. Untuk penelitian selanjutnya yang menggunakan agregat halus untuk diameter 20mm, dapat langsung melihat pada grafik penentuan prosentase yang ada pada bab IV. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan memperhatikan faktor cuaca karena berpengaruh terhadap kadar air pada material.
4. Penulis berharap adanya pembaharuan dan penambahan alat-alat laboratorium sehingga hasil yang di dapat lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, Syafei. 2005. *Teknologi Beton A-Z*, Jakarta, Yayasan John Hi-Tech Idetama.
- Andoyo. 2006. Pengaruh Penggunaan Abu Terbang (*Fly Ash*) terhadap Kuat Tekan dan Serapan Air pada Mortar, diakses Mortar <http://bimbinganbelajarku.wordpress.com/2008/10/05/pengaruh-penggunaan-abu-terbang-fly-ash-terhadap-kuat-tekan-dan-serapan-air-pada-mortar/>
- Anonim. 2002. Petunjuk Praktikum Beton. Laboratorium ITN Malang.
- Anonim, 2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (*SNI 03-2847-2002*) Dilengkapi Penjelasan (*S-2002*). Cetakan Pertama. Maret 2007.
- Atwi. 2005. Studi Penelitian Analisa Penggunaan Silika Fume Dan Terak Tembaga Pada Beton Mutu Tinggi. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Hidayat, Sutanto, Kaji Eksperimental Pengaruh Tambahan Bahan Silika Fume Pada Beton Mutu Tinggi Terhadap perilaku Mekanis Dengan Sistem Perawatan Moist Curing, diakses <http://inherent.itn.ac.id:81/web/Data%20LP2M/FTI/31.pdf>
- Makhbrury, Muhammad Ifni. 2002. Studi Penelitian Penggunaan Abu Tempurung Kelapa pada Campuran Beton Terhadap Sifat Mekanis Beton Murtu Tinggi ($f'c = 50$ MPa). Institut Teknologi Nasional Malang.
- Mulyono, Tri. 2004. *Teknologi Beton*, Yogyakarta. Andi.
- Santoso, Bing Faculty_of_Engineering_-_Merdeka_University_Malang (diagonal@teknik.unmer.ac.id), diakses : 2003-08-01, dengan 0 file file://localhost/C:/Documents%20and%20Settings/bali%20boy/My%20D

ocuments/bHN%20SKRIPSI/pyu/UNMER%20MALANG%20Central%
20Library%20-
%20WELCOME%20_%20Powered%20by%20GDL4.2.mht

Santoso, Retno Dwi dan Mustadjab Hary Kusnadi. 1992. Analisis Regresi.
Malang. Andi Offset Yogyakarta.

Subakti, Aman, 1995. *Teknologi Beton Dalam Praktek*. FTSP ITS, Surabaya.

Sudjana. 1996. Metode Statistika, Bandung, Tarsito.

Wihardi, Parung. 2006. Siswanto dan Dale, Pecahan Marmer Sebagai Pengganti
Parsial Agregat Kasar Self Compacting Concrete Fakultas Teknik Sipil
Universitas Hasanudin.



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

Lamp. Lap. No : -
Pekerjaan : Skripsi Penelitian
ITN Malang
Jl. Bend. Sigura-gura 2 Malang

Dihitung : TEAM PENELITIAN
Dikerjakan
Tanggal : 17/02/2010

BERAT ISI AGREGAT KASAR BATU PECAH

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	21610	21730	21750
B.	Berat tempat (gr)	7910	7910	7910
C.	Berat benda uji (gr)	13700	13820	13840
D.	Isi tempat (cm ³)	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.37	1.38	1.38
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.38		

PADAT		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	22540	22630	22750
B.	Berat tempat (gr)	7910	7910	7910
C.	Berat benda uji (gr)	14630	14720	14840
D.	Isi tempat (cm ³)	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.46	1.47	1.48
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.47		



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

Lamp. Lap. No :-
Pekerjaan : Skripsi Penelitian
 ITN Malang
 Jl. Bend. Sigura-gura 2 Malang

Dihitung : TEAM PENELITIAN
Dikerjakan
Tanggal : 17/02/2010

BERAT ISI AGREGAT KASAR BATU MARMER

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	21400	21340	21380
B.	Berat tempat (gr)	7910	7910	7910
C.	Berat benda uji (gr)	13490	13430	13470
D.	Isi tempat (cm ³)	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.35	1.34	1.35
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.35		

PADAT		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	22820	22970	22980
B.	Berat tempat (gr)	7910	7910	7910
C.	Berat benda uji (gr)	14910	15060	15070
D.	Isi tempat (cm ³)	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.49	1.51	1.51
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.50		



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

Lamp. Lap. No : -
Pekerjaan : Skripsi Penelitian
ITN Malang
Jl. Bend. Sigura-gura 2 Malang

Dihitung : TEAM PENELITIAN
Dikerjakan
Tanggal : 17/02/2010

BERAT ISI HALUS (PASIR)

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	8560	8540	8556
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	5010	4990	5006
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.67	1.66	1.67
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.67		

PADAT		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	8890	8890	8920
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	5340	5340	5370
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.78	1.78	1.79
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.78		



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

Lamp. Lap. No : -
Pekerjaan : Skripsi Penelitian
ITN Malang
Jl. Bend. Sigura-gura 2 Malang

Dihitung : TEAM PENELITIAN.
Dikerjakan
Tanggal : 17/02/2010

BERAT ISI SEMEN

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	6730	6720	6740
B.	Berat tempat (gr)	3570	3570	3570
C.	Berat benda uji (gr)	3160	3150	3170
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.05	1.05	1.06
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.05		

PADAT		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	7320	7330	7320
B.	Berat tempat (gr)	3570	3570	3570
C.	Berat benda uji (gr)	3750	3760	3750
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.25	1.25	1.25
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.25		



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

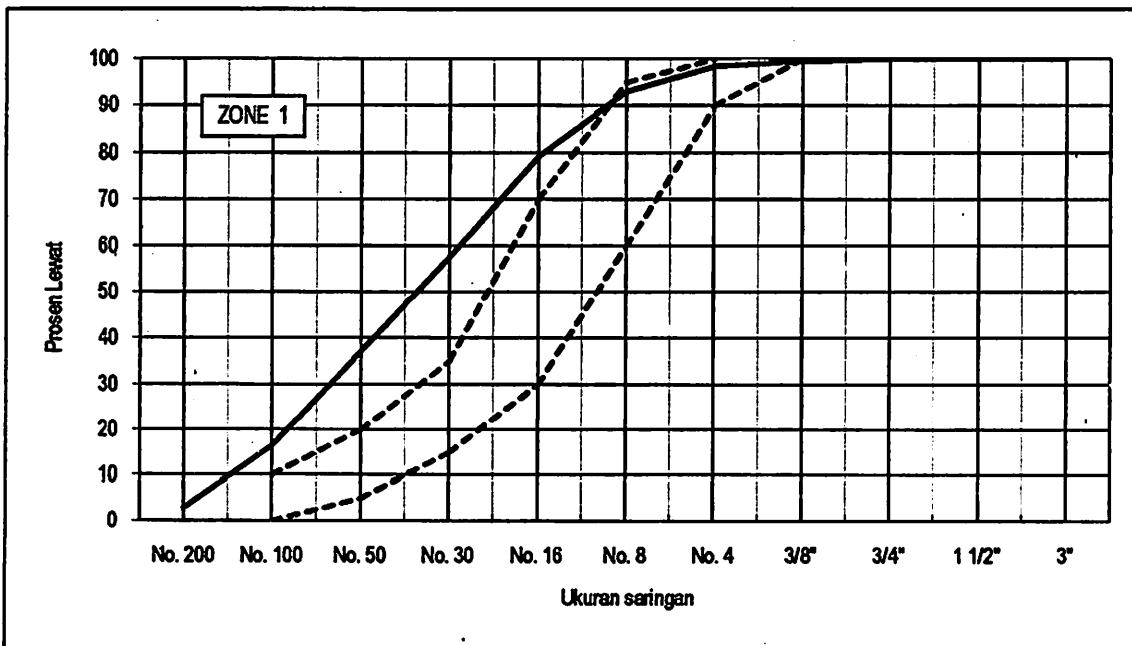
Lmp. Lap. No :-
Pekerjaan : Skripsi Penelitian
ITN Malang
Jl. Bend. Sigura-gura 2 Malang

Dihitung : TEAM PENELITIAN
Dikerjakan
Tanggal : 10/02/2010

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Berat contoh kering : 1500 gr

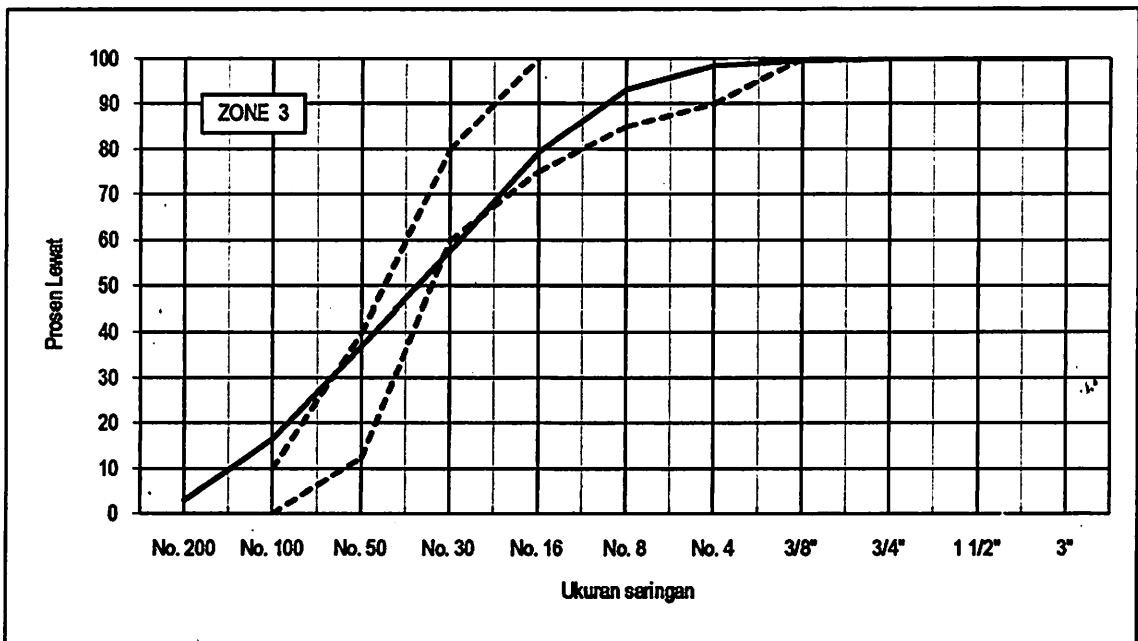
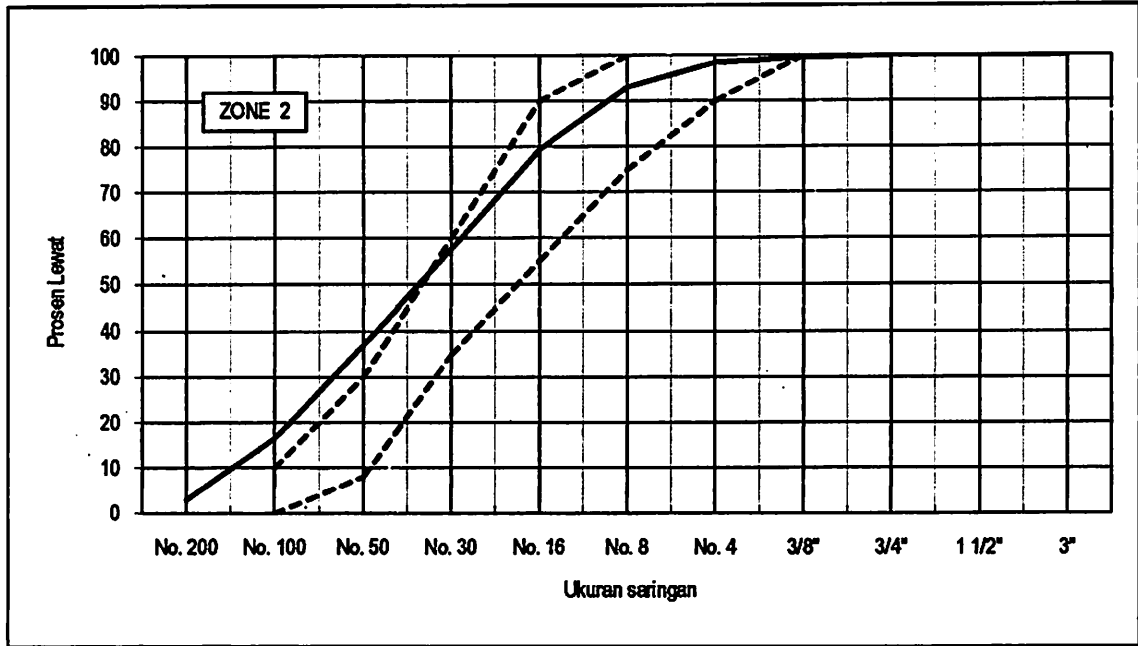
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76.2 mm (3")	0.00	0	0	100.000
38.1 mm (1 1/2")	0.00	0	0	100.000
19.1 mm (3/4")	0.00	0	0	100.000
9.6 mm (3/8")	5.80	0.387	0.387	99.613
4.75 mm (No. 4)	16.60	1.107	1.493	98.507
2.36 mm (No. 8)	81.40	5.427	6.920	93.080
1.18 mm (No. 16)	204.90	13.660	20.580	79.420
0.6 mm (No. 30)	326.60	21.773	42.353	57.647
0.3 mm (No. 50)	306.70	20.447	62.800	37.200
0.15 mm (No. 100)	310.70	20.713	83.513	16.487
0.075 mm (No. 200)	202.10	13.473	96.987	3.013
pan	45.20	3.013	100.000	0.000





**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





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

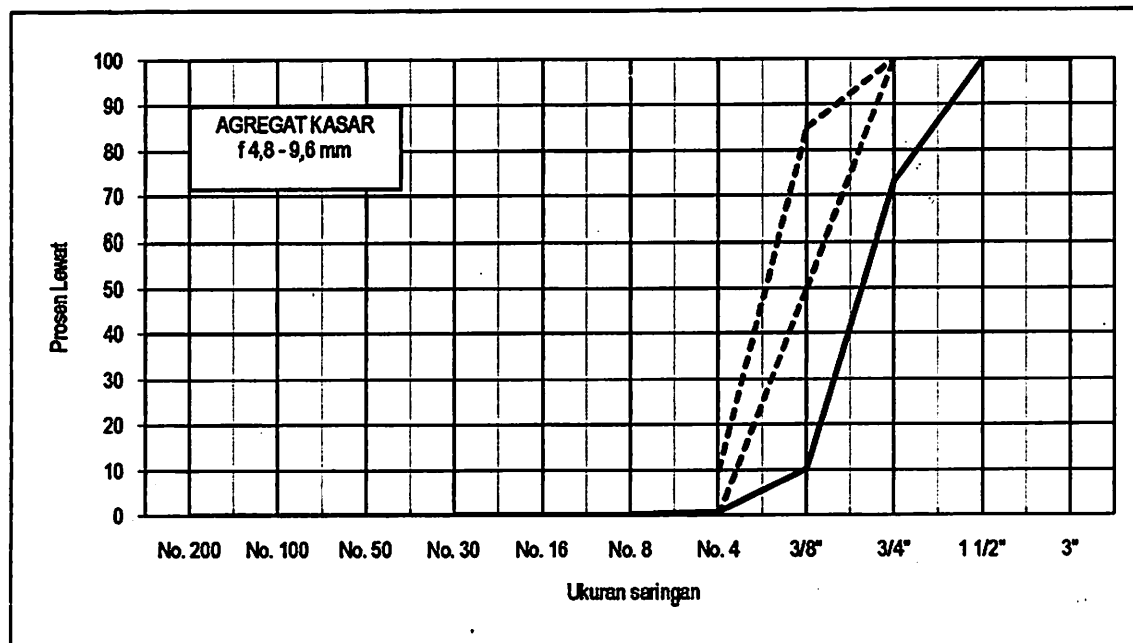
Lmp. Lap. No :-
Pekerjaan : Skripsi Penelitian
ITN Malang
Jl. Bend. Sigura-gura 2 Malang

Dihitung : TEAM PENELITIAN
Dikerjakan
Tanggal : 10/02/2010

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR (BATU PECAH)

Berat contoh kering : 20000 gr

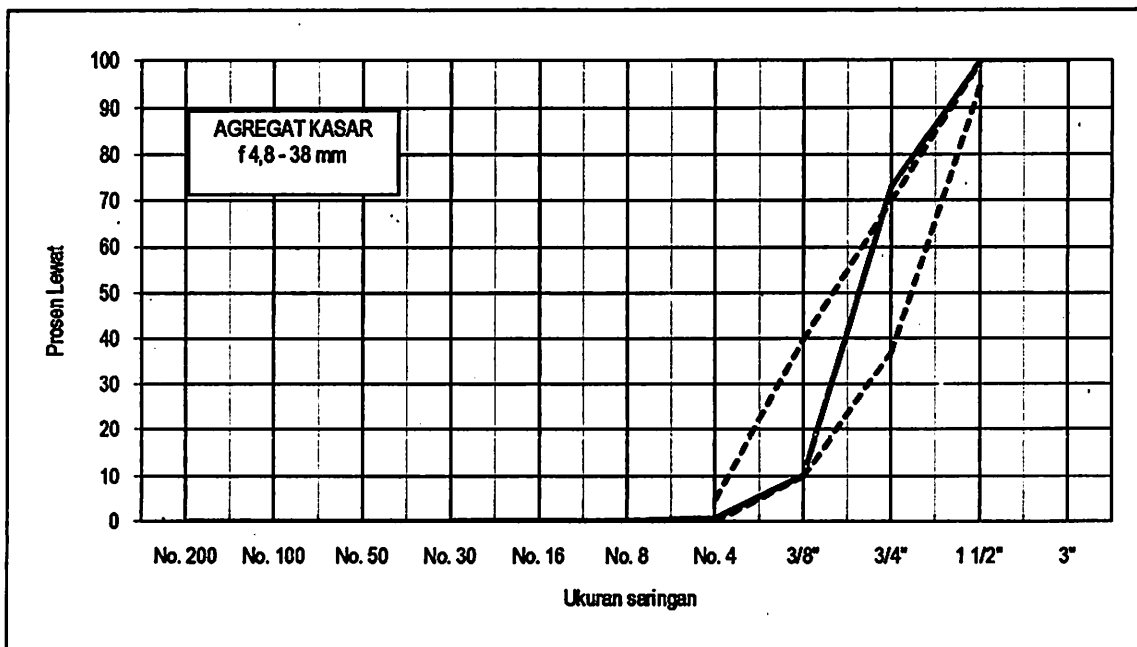
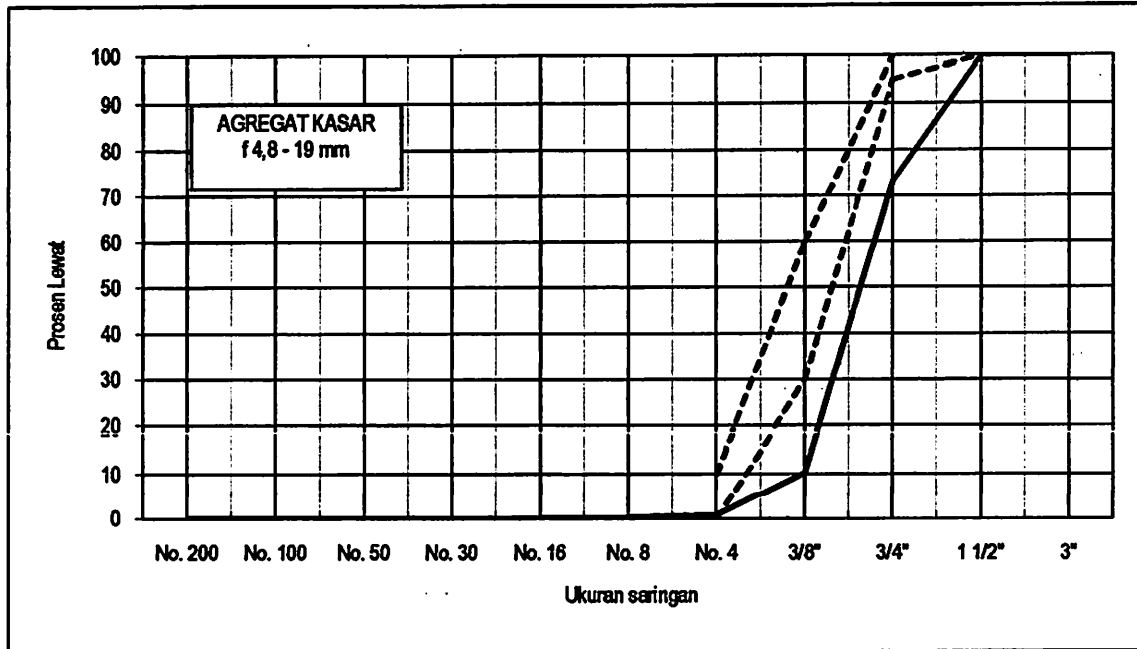
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76.2 mm (3")	0.00	0.00	0.00	100.00
38.1 mm (1 1/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.1 mm (3/4")	5370.00	26.85	26.85	73.15
9.6 mm (3/8")	12590.00	62.95	89.80	10.20
4.75 mm (No. 4)	1862.30	9.31	99.11	0.89
2.36 mm (No. 8)	112.60	0.56	99.67	0.33
1.18 mm (No. 16)	30.10	0.15	99.83	0.18
0.6 mm (No. 30)	8.90	0.04	99.87	0.13
0.3 mm (No. 50)	5.90	0.03	99.90	0.10
0.15 mm (No. 100)	7.80	0.04	99.94	0.06
0.075 mm (No. 200)	6.10	0.03	99.97	0.03
pan	6.30	0.03	100.00	0.00





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





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

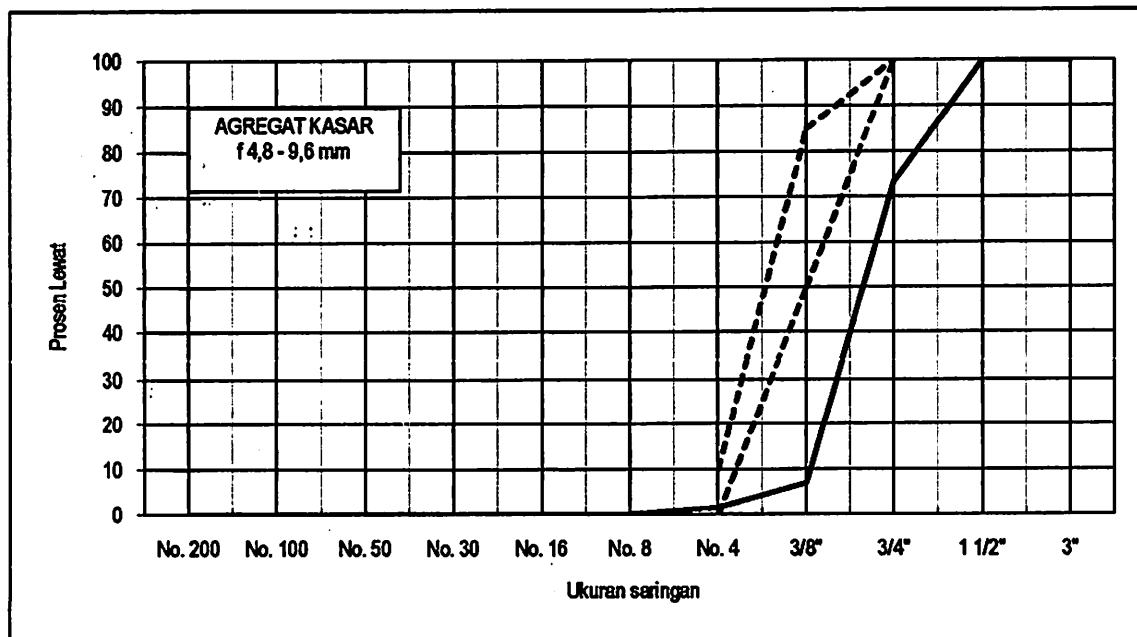
Lmp. Lap. No :-
Pekerjaan : Skripsi Penelitian
ITN Malang
Jl. Bend. Sigura-gura 2 Malang

Dihitung : TEAM PENELITIAN
Dikerjakan
Tanggal : 10/02/2010

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR (BATU MARMER)

Berat contoh kering : 20000 gr

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")	5310.00	26.55	26.55	73.45
9.6 mm (3/8")	13270.00	66.35	92.90	7.10
4.75 mm (No. 4)	1095.40	5.48	98.38	1.62
2.36 mm (No. 8)	290.50	1.45	99.83	0.17
1.18 mm (No. 16)	15.80	0.08	99.91	0.09
0.6 mm (No. 30)	5.30	0.03	99.94	0.07
0.3 mm (No. 50)	2.90	0.01	99.95	0.05
0.15 mm (No. 100)	2.70	0.01	99.96	0.04
0.075 mm (No. 200)	2.60	0.01	99.98	0.02
pan	4.80	0.02	100.00	0.00

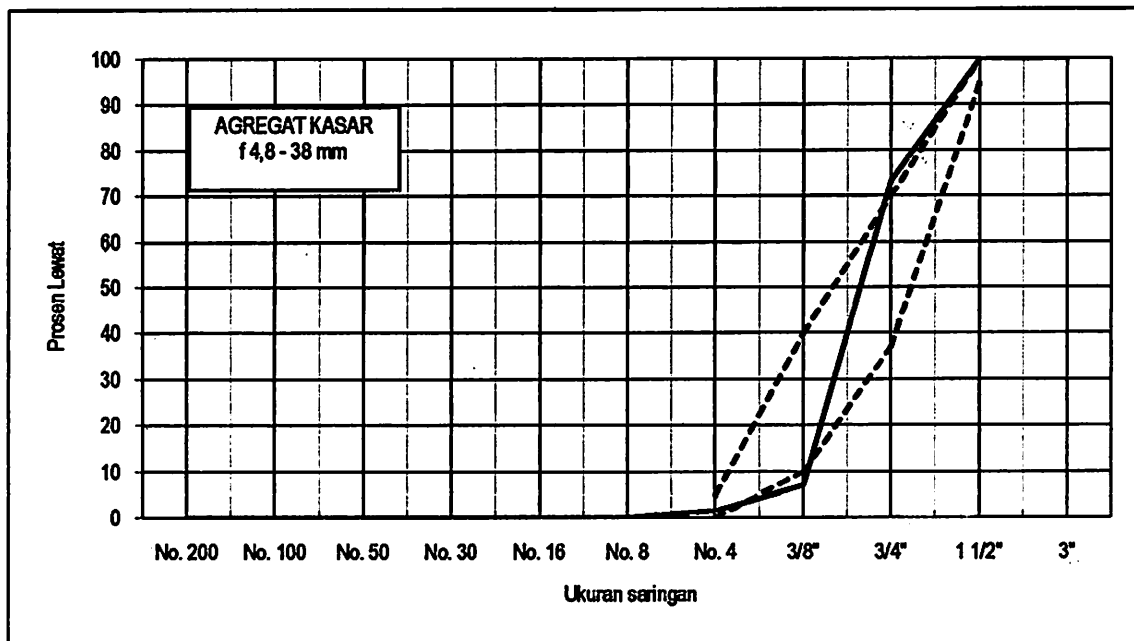
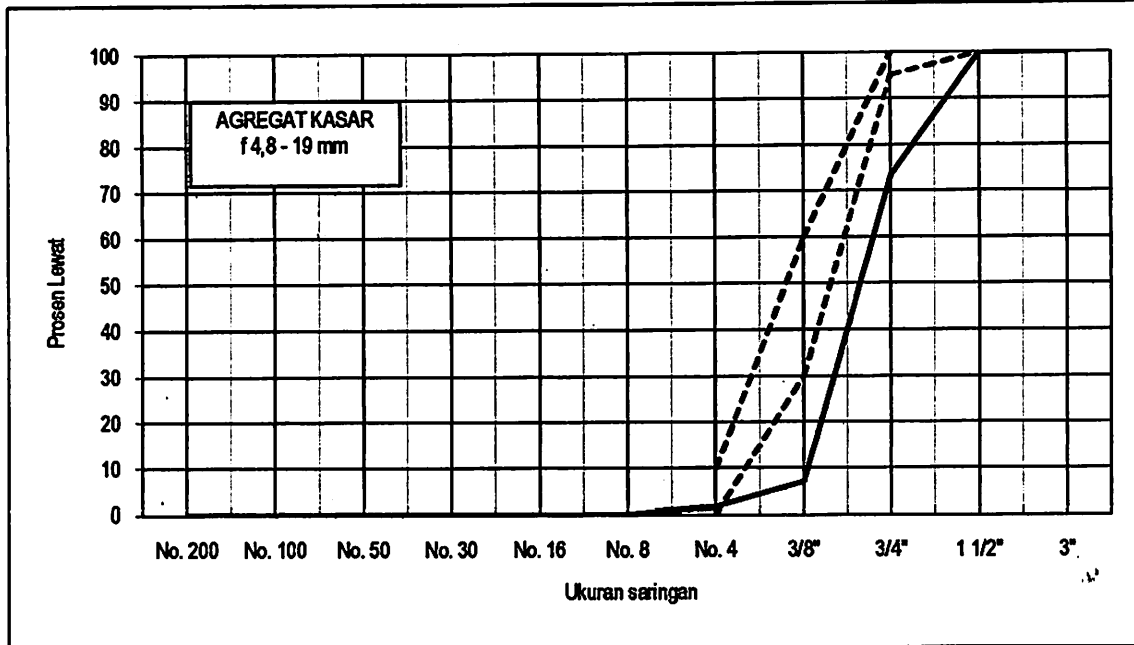




LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

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

(BATU MARMER)





**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

Lamp. Lap. No : -
Pekerjaan : Skripsi Penelitian
ITN Malang
Jl. Bend. Sigura-gura 2 Malang

Dihitung : TEAM PENELITIAN
Dikerjakan
Tanggal : 09/02/2010

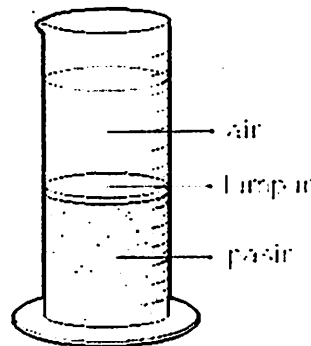
KADAR LUMPUR dan KADAR ZAT ORGANIK AGREGAT HALUS

Dari hasil pengujian kadar lumpur yang telah kami laksanakan, didapatkan hasil sebagai berikut :

V1 (tinggi pasir) = 400 ml

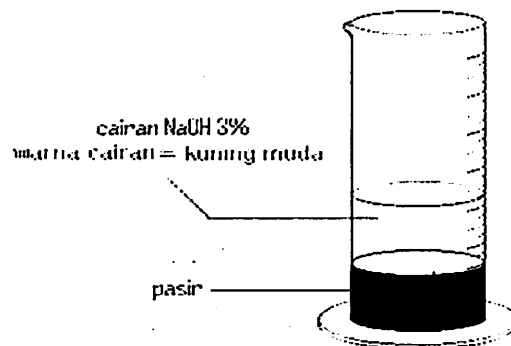
V2 (tinggi lumpur) = 2 ml

$$\begin{aligned} \text{Kadar lumpur} &= \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100 \% \\ &= 0.498\% \end{aligned}$$



beton, dikarenakan kadar lumpurnya < 5% (merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton).

bahan yang diperiksa mempunyai kandungan zat organik yang dapat menurunkan kekuatan beton sebesar 0 %.



Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pasir yang diperiksa memenuhi syarat untuk dipergunakan sebagai agregat halus untuk campuran beton.



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

Lamp. Lap. No : -
Pekerjaan : Skripsi Penelitian
ITN Malang
Jl. Bend. Sigura-gura 2 Malang

Dihitung : TEAM PENELITIAN
Dikerjakan
Tanggal : 10/02/2010

KADAR AIR AGREGAT KASAR (BATU PECAH)

AGREGAT KASAR		ASLI		SSD	
	Nomor test	I	II	I	II
A.	Berat tempat (gr)	2520	2640	2630	2530
B.	Berat tempat + contoh (gr)	22520	22640	7630	7530
C.	Berat tempat + contoh kering ov (gr)	21860	22010	7450	7360
D.	Kadar air = $\frac{B-C}{C-A} \times 100\%$ (%)	3.41	3.25	3.73	3.52
F.	Kadar air rata-rata (%)	3.33		3.63	

AGREGAT HALUS		ASLI		SSD	
	Nomor test	I	II	I	II
A.	Berat tempat (gr)	2590	2830	220.7	212.4
B.	Berat tempat + contoh (gr)	22590	22830	1720.7	1712.4
C.	Berat tempat + contoh kering ov (gr)	21810	21970	1662.80	1638.70
D.	Kadar air = $\frac{B-C}{C-A} \times 100\%$ (%)	4.06	4.49	4.01	5.17
F.	Kadar air rata-rata (%)	4.28		4.59	



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

Lamp. Lap. No : -
Pekerjaan : Skripsi Penelitian
ITN Malang
Jl. Bend. Sigura-gura 2 Malang

Dihitung : TEAM PENELITIAN
Dikerjakan
Tanggal : 10/02/2010

KADAR AIR AGREGAT KASAR (BATU MARMER)

AGREGAT KASAR		ASLI		SSD	
	Nomor test	I	II	I	II
A.	Berat tempat (gr)	2530	2400	2820	2580
B.	Berat tempat + contoh (gr)	22530	22400	7820	7580
C.	Berat tempat + contoh kering ov (gr)	22297	22210	7750	7520
D.	Kadar air = $\frac{B - C}{C - A} \times 100\%$ (%)	1.18	0.96	1.42	1.21
F.	Kadar air rata-rata (%)	1.07		1.32	

AGREGAT HALUS		ASLI		SSD	
	Nomor test	I	II	I	II
A.	Berat tempat (gr)	2590	2830	220.7	212.4
B.	Berat tempat + contoh (gr)	22590	22830	1720.7	1712.4
C.	Berat tempat + contoh kering ov (gr)	21810	21970	1662.80	1638.70
D.	Kadar air = $\frac{B - C}{C - A} \times 100\%$ (%)	4.06	4.49	4.01	5.17
F.	Kadar air rata-rata (%)	4.28		4.59	



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

Lamp.Lap. No : -
Pekerjaan : Skripsi Penelitian
ITN Malang
Jl. Bend. Sigura-gura 2 Malang

Dihitung : TEAM PENELITIAN
Dikerjakan
Tanggal : 09/02/2010

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR (BATU PECAH)

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	4826.8	4813	4819.9
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	5000	5000	5000
Berat contoh di dalam air	Ba	3080.3	3105.6	3092.95
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2.51	2.54	2.53
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2.60	2.64	2.62
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2.76	2.82	2.79
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	3.59	3.89	3.74



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

Lamp.Lap. No : -
Pekerjaan : Skripsi Penelitian
ITN-Malang
Jl. Bend. Sigura-gura 2 Malang

Dihitung : TEAM PENELITIAN
Dikerjakan
Tanggal : 09/02/2010

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR (BATU MARMER)

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	4918.1	4919.2	4918.65
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	5000	5000	5000
Berat contoh di dalam air	Ba	3050.3	3104.9	3077.6
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2.52	2.60	2.56
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2.56	2.64	2.60
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2.63	2.71	2.67
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	1.67	1.64	1.65



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

Lamp. Surat / Lap. N :-

Pekerjaan

: Skripsi Penelitian

ITN Malang

Jl. Bend. Sigura-gura 2 Malang

Dihitung : TEAM PENELITIAN

Dikerjakan

Tanggal : 09/02/2010

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	494.60	494.90	494.75
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500.00	500.00	500.00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	677.30	666.20	671.75
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	991.10	976.90	984.00
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{(B + Bj - Bt)}$	2.66	2.61	2.64
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{(B + Bj - Bt)}$	2.69	2.64	2.66
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$	2.74	2.69	2.71
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100 \%$	1.09	1.03	1.06



**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

Lamp. Lap. No : -
Pekerjaan : Skripsi Penelitian
ITN Malang
Jl. Bend. Sigura-gura 2 Malang

Dihitung : TEAM PENELITIAN
Dikerjakan
Tanggal : 17/02/2010

**PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT
dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)**

AASHTO T 96 - 77

BATU PECAH

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah	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")	2500			
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	2500			
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")				
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")				
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No. 4)		3074		
4.75 mm (No. 4)	2.38 mm (No. 8)				
Jumlah berat		5000	4037		
Berat tertahan saringan no 12			963		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan saringan No.12 (& No.4)	4037		gram
	Keausan : $\frac{a-b}{a} \times 100 \%$	19.26		%



**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

Lamp. Lap. No
Pekerjaan

:-
: Skripsi Penelitian
ITN Malang
Jl. Bend. Sigura-gura 2 Malang

Dihitung TEAM PENELITIAN
Dikerjakan
Tanggal : 17/02/2010

**PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT (BATU MARMER)
dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)**

AASHTO T 96 - 77

BATU MARMER

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah	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")	2500			
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	2500			
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")				
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")				
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No. 4)		3386.9		
4.75 mm (No. 4)	2.38 mm (No. 8)				
Jumlah berat		5000	3924		
Berat tertahan saringan no 12			537.1		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan saringan No.12 (& No.4)	3924		gram
	Keausan : $\frac{a-b}{a} \times 100 \%$	21.52		%



**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

Perancangan campuran beton dengan metode British 1986 untuk mutu f'c 60 (Batu Pecah)

No.	Sebutan	Referensi Perhitungan	Nilai
Penerapan variabel perencanaan			
1.	Kekuatan tekan karakteristik	Disyaratkan (pada 28 hari)	60.000 MPa
2.	Deviasi standar	Tabel 1	6.000 MPa
3.	Margin kekuatan	2,33 [2] - 3,5	10.480 MPa
4.	Kekuatan tekan rencana	[1] + [3]	70.480 MPa
5.	Jenis semen yang digunakan	Disyaratkan	Semen Gresik
6.	Jenis agregat kasar	Dipecah / tidak dipecah *)	Dipecah
	Jenis agregat halus	Dipecah / tidak dipecah *)	Tidak dipecah
7.	Faktor air semen (W/C)	Gambar 13 (W/C)	0.300
8.	Faktor air semen maksimum	Tabel 12 (W/C)	0.450
9.	Faktor air semen yang digunakan pada perencanaan	Terkecil antara [7] dan [8] (W/C)	0.300
10.	Slump yang direncanakan	Disyaratkan (tabel 9)	10 - 30 mm
11.	Ukuran agregat maksimum	Tabel 5	20.000 mm
12.	Kadar air bebas	Tabel 11	160.000 kg/m ³
13.	Jumlah semen	[12] / [9]	533.333 kg/m ³
14.	Jumlah semen minimum	Tabel 12	400.000 kg/m ³
15.	Jumlah semen yang digunakan pada perencanaan	Terbesar antara [13] dan [14]	533.333 kg/m ³
16.	Proporsi agregat halus	Gambar 14	36.250 %
17.	Proporsi agregat kasar	100% - [16]	63.750 %
18.	Berat jenis agregat halus (SSD)	Tabel pemeriksaan	2.663
19.	Berat jenis agregat kasar (SSD)	Tabel pemeriksaan	2.622
20.	Berat jenis agregat gabungan	$([16][18]+[17][19])/100$	2.637
21.	Berat jenis beton basah	Gambar 15	2435.000 m ³
22.	Total jumlah agregat	[21]-[12]-[15]	1741.667 kg/m ³
23.	Jumlah agregat halus	[16][22]/100	631.354 kg/m ³
24.	Jumlah agregat kasar	[17][22]/100	1110.313 kg/m ³



**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

Lanjutan perancangan campuran beton dengan metode British 1986 (Batu Pecah)

No.	Sebutan	Referensi Perhitungan	Nilai
Menentukan komposisi campuran beton kondisi lapangan			
25.	Kadar air agregat halus (asli)	Tabel pemeriksaan	4.276 %
26.	Kadar air agregat kasar (asli)	Tabel pemeriksaan	3.333 %
27.	Kadar air SSD agregat halus	Tabel pemeriksaan	4.591 %
28.	Kadar air SSD agregat kasar	Tabel pemeriksaan	3.627 %
29.	Kelebihan air dalam agregat halus	$[23]*((([27]-[25])/100-[25]))$	2.080 kg/m ³
30.	Kelebihan air dalam agregat kasar	$[24]*((([28]-[26])/100-[26]))$	3.383 kg/m ³
31.	Jumlah agregat halus	$(100+[25])/((100+[27])*[23])$	629.451 kg/m ³
32.	Jumlah agregat kasar	$(100+[26])/((100+[28])*[24])$	1107.157 kg/m ³
33.	Jumlah air	$[12]+[29]+[30]$	165.463 kg/m ³

Komposisi akhir campuran beton kondisi lapangan					
	Jumlah	Semen (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Air (kg)
1.	Per m ³	533.33	629.45	1107.16	165.46
2.	Perbandingan berat	1	1.18	2.08	0.31

LAMPIRAN



BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Pada hari SABTU tanggal 09-01-2010 telah dilaksanakan Seminar Proposal Skripsi Jurusan Teknik Sipil Jenjang Strata – 1 untuk mahasiswa :

Nama : MAHRUS HABIBULLAH

NIM : 05.21.077

Judul : STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH MARMER (40%) SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR DENGAN BAHAN TAMBAHAN FLY ASH DAN SILIKA FUME UNTUK BETON MUTU TINGGI

Judul tersebut layak / tidak layak^{*)} dijadikan materi Skripsi dengan nilai _____

Dosen Pembahas :

No.	Nama	Tanda Tangan
1	Bambang W	1
2	Eri Andrian C, MT	2
3	Togi	3
4	Sudirman Ir.MS	4

Dosen Pembimbing :

1. Ir. Bambang Wedyantaji, MT
2. Ir. A. Agus Santosa, MT

Malang, _____

Ketua Jurusan Teknik Sipil S-1

Ir. H. Hirijanto, MT.

NIP. Y. 1018800182



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN -108/I.TA/1/2009
Lampiran : -
Perihal : **Bimbingan Skripsi**

18 Februari 2010

Kepada Yth : **Bapak. Ir. Bambang Wedyantadi, MT.**
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Di -

MALANG.

Dengan Hormat,

Bersama ini kami beritahukan, bahwa sesuai dengan kesediaan Saudara/i. atas permohonan dari Mahasiswa :

Nama : **Mahrus Habibullah.**

NIM : **05.21.077.**

Jurusan : **Teknik Sipil (S-1)**

Untuk dapat membimbing Skripsi dan mendampingi Seminar Skripsi dengan judul :

" Studi penelitian pemanfaatan limbah marmer (40 %) sebagai pengganti agregat kasar dengan bahan tambahan flyash dan silica fume untuk beton mutu tinggi "

Maka dengan ini kami menugaskan Saudara sebagai dosen pembimbing Skripsi.

Waktu penyelesaian Skripsi tersebut selama 6 (Enam) bulan terhitung mulai tanggal : 18-02-2010 s/d 17-08-2010. Apabila melebihi batas waktu yang telah ditentukan tetapi belum selesai, maka Mahasiswa yang bersangkutan wajib memperpanjang masa bimbingannya.

Demikian atas perhatiannya kami disampaikan banyak terima kasih.

Ketua Jurusan Teknik Sipil (S-1)
Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan



Tembusan Kepada Yth :
1. Wakil Dekan I FTSP.
2. Arsip



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN-108/I.TA/1/2009
Lampiran : -
Perihal : Bimbingan Skripsi

18 Februari 2010

Kepada Yth : **Bapak. Ir. A. Agus Santoso, MT.**
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Di -

MALANG.

Dengan Hormat,

Bersama ini kami beritahukan, bahwa sesuai dengan kesediaan Saudara/i. atas permohonan dari Mahasiswa :

Nama : **Mahrus Habibullah.**
NIM : **05.21.077.**
Jurusan : Teknik Sipil (S-1)

Untuk dapat membimbing Skripsi dan mendampingi Seminar Skripsi dengan judul :

" Studi penelitian pemanfaatan limbah marmer (40 %) sebagai pengganti agregat kasar dengan bahan tambahan flyash dan silica fume untuk beton mutu tinggi "

Maka dengan ini kami menugaskan Saudara sebagai dosen pembimbing Skripsi.

Waktu penyelesaian Skripsi tersebut selama 6 (Enam) bulan terhitung mulai tanggal : 18-02-2010 s/d 18-08-2010. Apabila melebihi batas waktu yang telah ditentukan tetapi belum selesai, maka Mahasiswa yang bersangkutan wajib memperpanjang masa bimbingannya.

Demikian atas perhatiannya kami disampaikan banyak terima kasih.

Ketua Jurusan Teknik Sipil (S-1)
Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan
Institut Teknologi Nasional Malang

I. H. Hariyanto, MT
NIP. 1. 101 8800182

Tembusan Kepada Yth :

1. Wakil Dekan I FTSP.
2. Arsip



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

NAMA : MAHRUS HABIBULLAH
NIM : 05.21.077
DOSEN PEMBIMBING : Ir. BAMBANG WEDYANTADJI, MT.
JUDUL :

“STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH MARMER (40 %)
SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR DENGAN BAHAN
TAMBAHAN FLY ASH DAN SILIKA FUME UNTUK BETON MUTU
TINGGI”

No	Tanggal	Keterangan	T. Tangan
1	30-7-2010	Analisa kuat tekan Beton - Uji pengelasan 1/4 kelas - Pembahasan gabungan antara $H_{pucal} = 1/4 + 25\%$	
2	2-8-2010	MIX Design. & Analisa kuat tekan Beton	
3	3-8-2010	Analisa Statistika Campuran	
4	5-8-2010	Buat Kesimpulan - Susun layout	
5	6-8-2010	dan penyempurnaan	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

NAMA : MAHRUS HABIBULLAH

NIM : 05.21.077

DOSEN PEMBIMBING : Ir. A. AGUS SANTOSA, MT.

JUDUL :

“STUDI PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH MARMER (40 %) SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR DENGAN BAHAN TAMBAHAN FLY ASH DAN SILIKA FUME UNTUK BETON MUTU TINGGI”

No	Tanggal	Keterangan	T. Tangan
1	08/08 '10	- Berhasil x sempurna Rumusan masalah, tujuan penelitian x kesimpulan.	
2	11/08 '10	- Dec bin seminar	



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

SEMINAR HASIL SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG PENELITIAN

Nama : MAHRUS HABIBULLAH
 NIM : 05.21.077
 Hari / tanggal : SABTU / 14-08-2010

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi :

berbagi guru abstrak
 diperbaiki

16/8/10


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

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, _____ 2010
 Dosen Pembahas

Malang, _____ 2010
 Dosen Pembahas

(_____)

()



FORM REVISI / PERBAIKAN
BIDANG PENELITIAN

Nama : Mahmud Habibullah
NIM : 05.21.077
Hari / tanggal : Selasa 24-08-2010

Perbaiki materi Skripsi meliputi :

- Perbaiki kutipan dan daftar pustaka.
- penulisan kutipan harus mengacu & daftar pustaka.

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, 3/09 - 2010
Dosen Penguji

Malang, 24-08 - 2010
Dosen Penguji



FORM REVISI / PERBAIKAN
BIDANG PENELITIAN

Nama : MAHRUS HABIBULAH
NIM : 0521.077
Hari / tanggal : Selasa, 24-08-2010

Perbaiki materi Skripsi meliputi :

- Judul ! Uraian persetujuan
- Uraian literatur : semen
silika fume
Ayash.
- Sifat fisik
- Sifat mekanis
- cek tabel interval kepercayaan

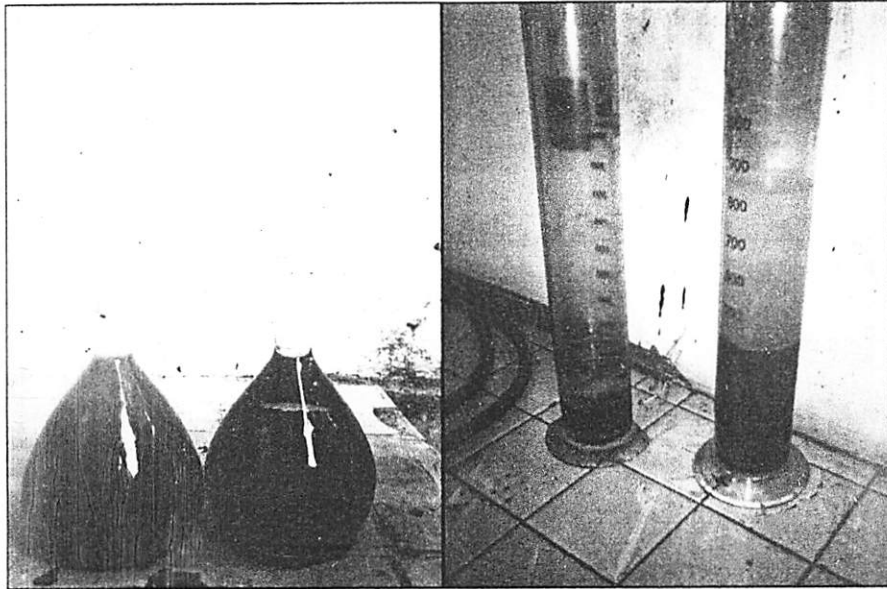
Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikutkan Yudisium.

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

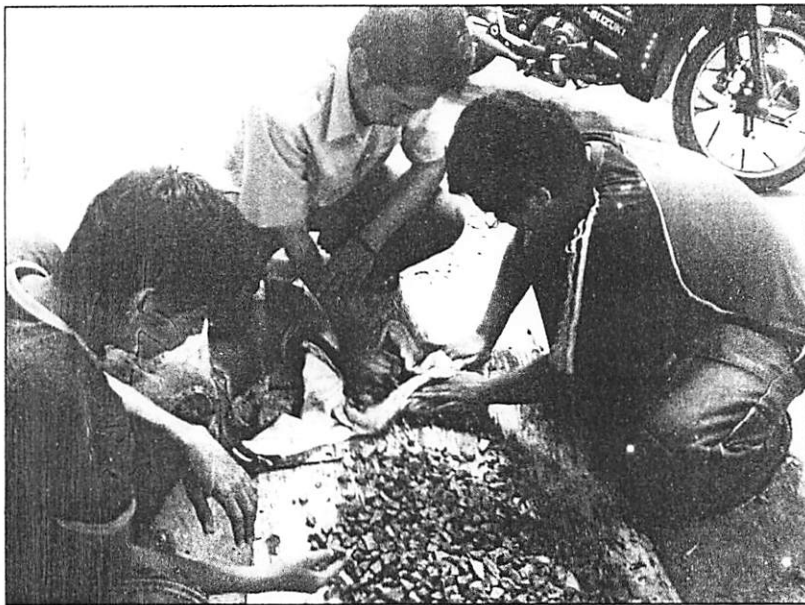
Malang, 02-09- 2010
Dosen Penguji

Malang, 24-08- 2010
Dosen Penguji

(Ir. Eding Iskol, MT)



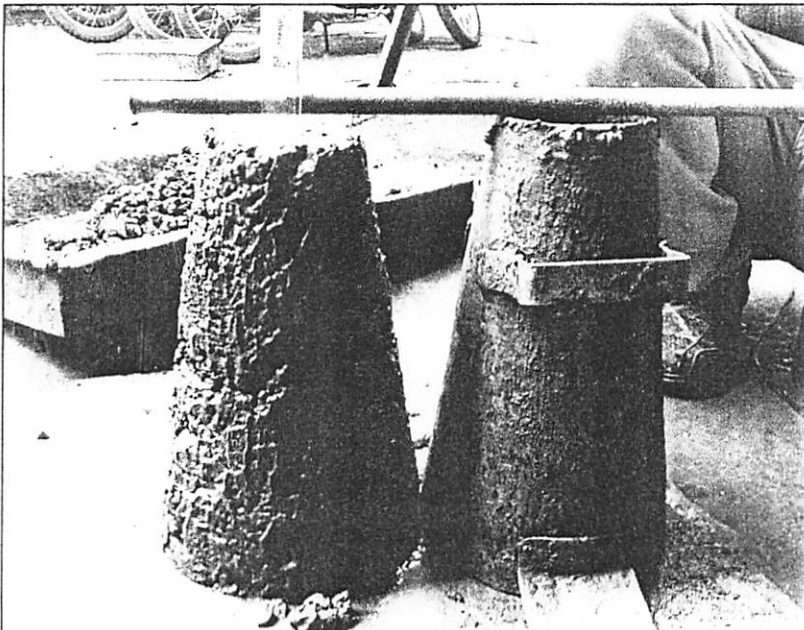
Pemeriksaan Zat Organik Dan Kadar Lumpur Agregat Halus



Limbah Marmer Yang Digunakan Sebagai Pengganti Agregat Kasar



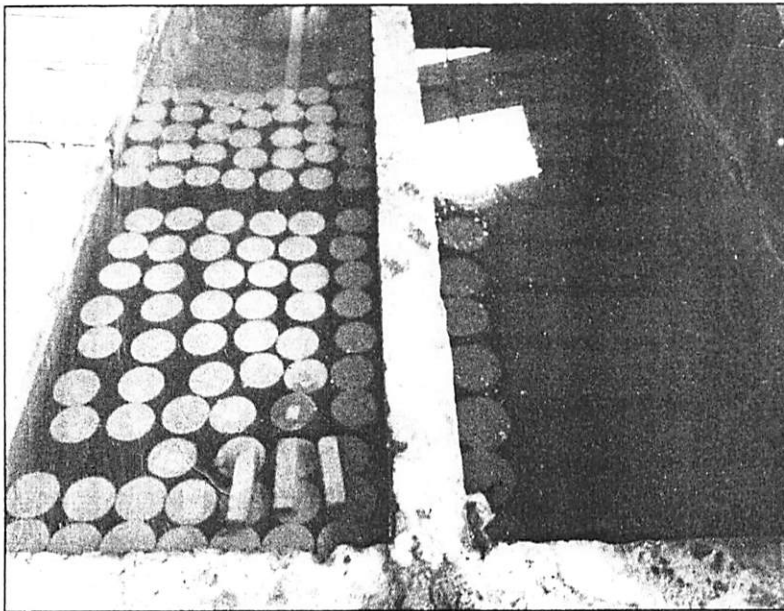
Pencampuran Material



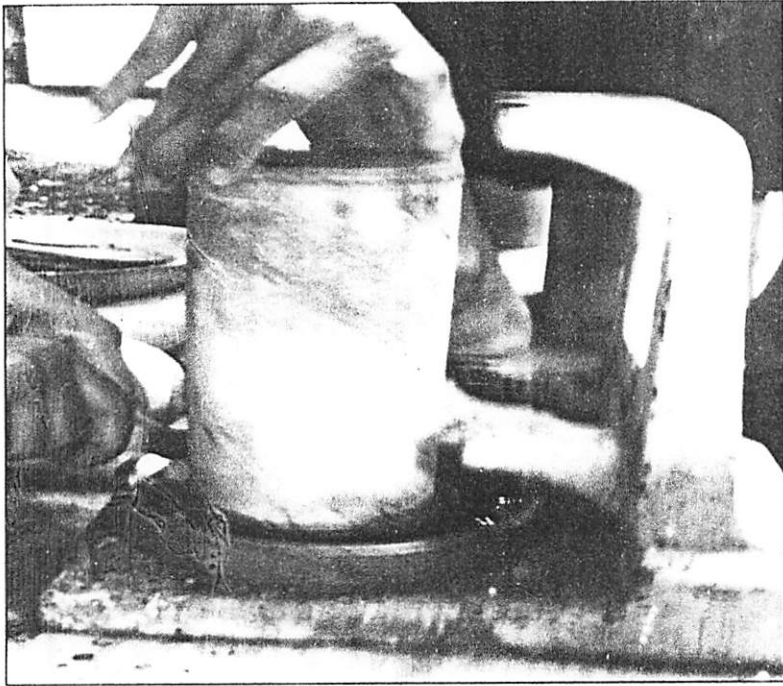
Uji Slump



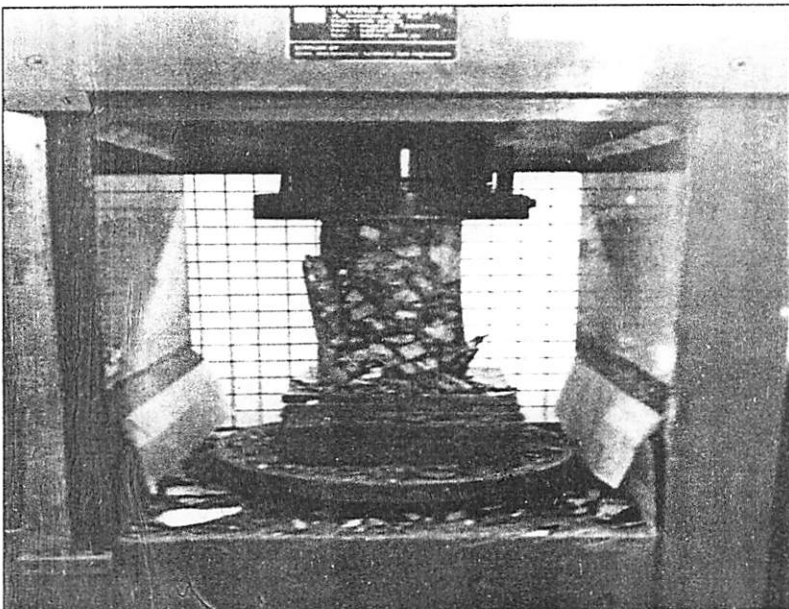
Pencetakan Benda Uji



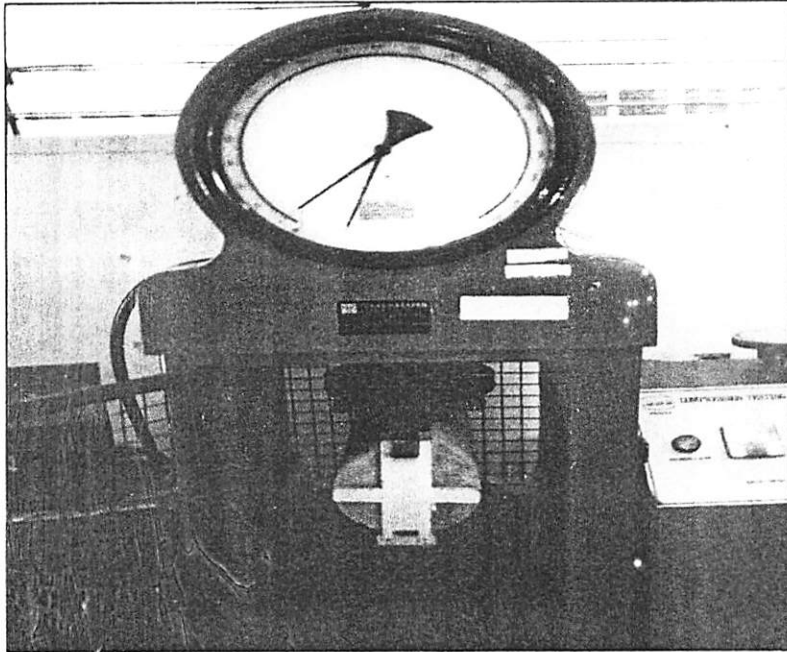
Perawatan Benda Uji Dengan Metode Moist Curing



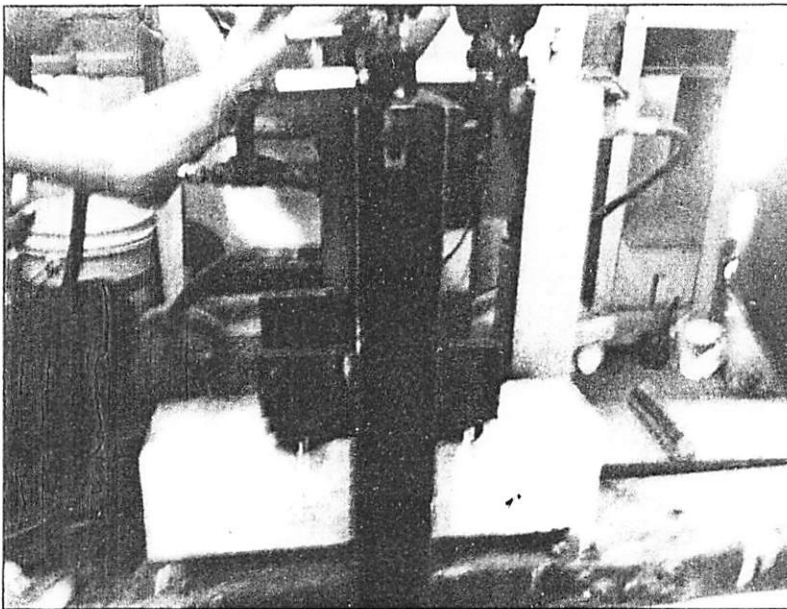
Capping Permukaan Benda Uji



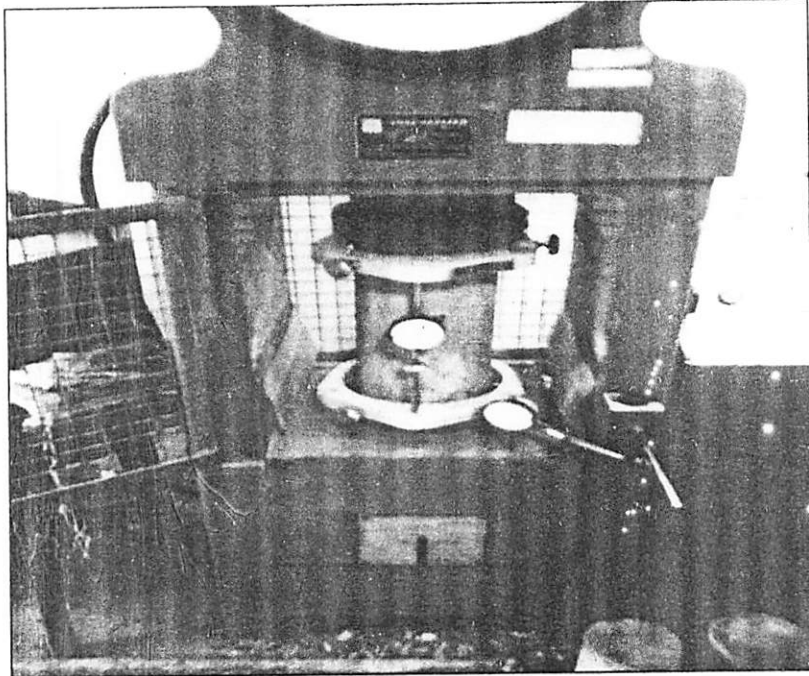
Pengujian Kuat Tekan



Pengujian Kuat Tarik Belah



Pengujian Kuat Tarik Lentur



Pengujian Modulus Elastisitas