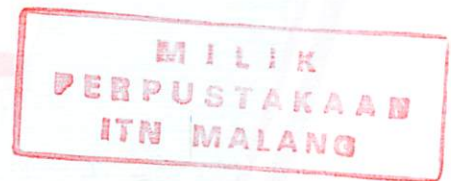


SKRIPSI

STUDI PENELITIAN PENGARUH PEMANFAATAN BAHAN TAMBAHAN GULA PASIR (VARIASI 0,22% - 0,24%) TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN SIFAT FISIS PADA MUTU BETON 25 MPa



Disusun oleh :

**RAINA TRI YULIANI
06.21.062**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2011**

SECRET

MANAS KATA-SAMASAT BUNNASEM KATLAKAT KOUTE
(K'OS, O - K'ET, O BANNAY) KEGAT ALID MANNEMAT
AGAY BERT TATE MAE OMAMEN TATE SWAMEN
K'OM SE KOTEE UTUM

SECRET

SECRET

SECRET

SECRET

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**“STUDI PENELITIAN PENGARUH PEMANFAATAN BAHAN
TAMBAHAN GULA PASIR (VARIASI 0,22% - 0,24 %) TERHADAP
SIFAT MEKANIS DAN SIFAT FISIS PADA MUTU BETON 25 MPA”**

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

Disusun Oleh :

RAINA TRI YULIANI

(0621062)

Menyetujui

Pembimbing I



(Ir. Bambang Wedyantadji, MT.)

NIP. Y. 101 8500093

Pembimbing II



(Ir. Togi H. Nainggolan, MS.)

NIP. Y. 101 8300052

Mengetahui

Ketua Prodi Teknik Sipil S-1



(Ir. H. Hirijanto, MT.)

NIP. Y. 101 8800182

LEMBAR PENGESAHAN

**“STUDI PENELITIAN PENGARUH PEMANFAATAN BAHAN
TAMBAHAN GULA PASIR (VARIASI 0,22% - 0,24 %) TERHADAP
SIFAT MEKANIS DAN SIFAT FISIS PADA MUTU BETON 25 MPA”**

SKRIPSI

Dipertahankan Di Hadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi
Jenjang Strata Satu (S-1)
Pada Hari : Kamis
Tanggal : 25 Agustus 2011
Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

RAINA TRI YULIANI
(0621062)

Disahkan Oleh :

Ketua



(Ir. H. Hirijanto, MT.)

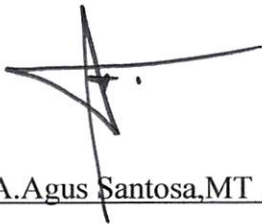
Sekretaris



(Lila Ayu Ratna W, ST. MT.)

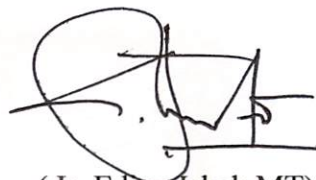
Anggota Penguji :

Penguji I



(Ir. A. Agus Santosa, MT.)

Penguji II



(Ir. Eding Iskak, MT.)

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

2011

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Raina Tri Yuliani
NIM : 0621062
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya dengan judul :

**STUDI PENELITIAN PENGARUH PEMANFAATAN BAHAN
TAMBAHAN GULA PASIR (VARIASI 0,22% - 0,24 %) TERHADAP
SIFAT MEKANIS DAN SIFAT FISIS PADA MUTU BETON 25 MPA**

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

Malang, 5 September 2011

Yang Membuat Pernyataan



(Raina Tri Yuliani)

ABSTRAKSI

RAINA TRI YULIANI, 0621062, 2011, STUDI PENELITIAN PENGARUH PEMANFAATAN BAHAN TAMBAHAN GULA PASIR (VARIASI 0,22% - 0,24%) TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN SIFAT FISIS PADA MUTU BETON 25 MPA. Dosen Pembimbing I : Ir. Bambang Wedyantadji, MT., Dosen Pembimbing II : Ir. Togi H. Nainggolan, MS.

Beton merupakan salah satu bahan utama yang sering digunakan dalam konstruksi bangunan karena memiliki kelebihan daripada bahan lainya dengan fungsi yang sama. Hal ini dapat dilihat pada banyaknya penggunaan konstruksi beton yang ada di seluruh Indonesia. Berbagai penelitian dan percobaan di bidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton, teknologi bahan dan teknik-teknik pelaksanaan serta mengatasi kendala-kendala yang sering terjadi pada pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Salah satu cara untuk meningkatkan sifat mekanis dan sifat fisis beton adalah memberikan bahan tambahan yaitu gula pasir. Penggunaan bahan tambahan gula pasir dimaksudkan untuk menghasilkan campuran beton yang mudah dalam pengerjaannya dan juga memiliki kekuatan awal yang tinggi.

Dalam skripsi ini akan diteliti besar pengaruh penambahan gula pasir variasi 0,22%-0,24% terhadap sifat mekanis (kuat tekan, kuat tekan belah, kuat tarik lentur dan modulus elastisitas) dan fisis (porositas dan workability) beton mutu 25 MPa dan juga untuk meneliti nilai maksimal yang diperoleh dari penambahan gula pasir tersebut. Untuk mix design digunakan metode DOE. Dengan jumlah sampel untuk kuat tekan sebanyak 16 buah silinder (10 x 20 cm), kuat tarik belah sebanyak 3 buah silinder (15 x 30 cm), kuat tarik lentur sebanyak 3 buah balok (16 x 4 x 4 cm), modulus elastisitas sebanyak 4 buah silinder (15 x 20 cm) dan porositas sebanyak 4 buah silinder (10 x 20 cm) untuk masing-masing variasi.

Dari hasil pengujian hipotesis dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh penambahan gula pasir terhadap sifat mekanis dan fisis beton. Nilai maksimum yang dicapai dari penambahan gula pasir variasi 0,22% - 0,24% yaitu untuk kuat tekan sebesar 38,497 MPa, kuat tarik belah sebesar 2,575 MPa, kuat tarik lentur sebesar 5,692 MPa, modulus elastisitas sebesar 6357,944 MPa, porositas sebesar 9,784% dan workability sebesar 0,937. Ini dikarenakan gula pasir sebagai additive retarder menghasilkan beton yang sturktur dan teksturnya lebih padat dan merata sehingga dapat meningkatkan kekuatan dan kinerja beton. Penambahan gula pasir mencapai nilai maksimal pada variasi 0,22%, lebih dari itu beton mengalami penurunan nilai kekuatan namun tetap di atas kekuatan beton normal.

Kata Kunci : Beton, Sifat Mekanis, Sifat Fisis, Gula pasir

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, kasih karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "*Studi Penelitian Pengaruh Pemanfaatan Bahan Tambahan Gula Pasir (Variasi 0,22% - 0,24%) Terhadap Sifat Mekanis dan Sifat Fisis Pada Mutu Beton 25 MPa*"

Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah mendorong dan membimbing penulis, baik tenaga, ide-ide maupun pemikiran. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Agus Santosa,. MT. selaku dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
2. Bapak Ir. H. Hirijanto,. MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil S-1.
3. Ibu Lila Ayu Ratna Winanda, MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil S-1.
4. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, MT. selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Ir. Togi H. Nainggolan, MT. selaku Dosen Pembimbing II.
6. Yang tercinta dan yang sangat saya hormati kedua orang tua beserta keluarga besar saya yang selalu memberikan semangat, doa, bantuan dan dukungannya dalam penyusunan skripsi ini.
7. Teman – teman sipil 2006 yang telah memberikan banyak saran, masukan, doa, dukungan dan bantuannya.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik saran yang membangun dari berbagai pihak sangat penulis harapkan demi perbaikan-perbaikan ke depan. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta yang membutuhkan.

Malang, Agustus 2011

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN	
ABSTRAKSI	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GAMBAR	
BAB I	PENDAHULUAN
1.1.	Latar Belakang 1
1.2.	Rumusan Masalah 3
1.3.	Tujuan Penelitian 3
1.4.	Manfaat Penelitian 4
1.5.	Ruang Lingkup Bahasan 4
1.6.	Batasan Penelitian 4
1.7.	Hipotesis 5
1.8.	Analisa Varian 6
BAB II	LANDASAN TEORI
2.1.	Mortar 7
2.1.1.	Jenis Mortar 7
2.2.	Pengertian Beton 8
2.3.	Bahan-Bahan Penyusun Beton 9
2.4.	Mix Design (Metode DOE) 15
2.5.	Perawatan Beton 15
2.6.	Sifat-Sifat Beton 16
2.7.	Penelitian Terdahulu 22
2.8.	Interval Kepercayaan 23
2.9.	Analisa Hipotesis 25
2.8.1.	Analisa Varian Satu Arah 25
2.8.2.	Analisa Varian Dua Arah 26
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN
3.1.	Tempat Dan Waktu Penelitian 29
3.2.	Metode Penelitian 29
3.3.	Peralatan Dan Bahan 29
3.3.1.	Peralatan 29
3.3.2.	Bahan 30
3.4.	Populasi Dan Sampel 31
3.5.	Rancangan Penelitian 32
3.6.	Pengujian Material 32
3.6.1.	Pemeriksaan Berat Isi 32
3.6.2.	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat 35
3.6.3.	Pemeriksaan Bahan Lewat Saringan No.200 37
3.6.4.	Pemeriksaan Kotoran Organik 39

3.6.5.	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	41
3.6.6.	Pemeriksaan Kadar Air Agregat	42
3.6.7.	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.....	43
3.6.8.	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	45
3.6.9.	Pengujian Keausan Agregat	46
3.7.	Pelaksanaan Uji Mortar	48
3.7.1.	Persiapan Pembuatan Campuran	48
3.7.2.	Perawatan Benda Uji Mortar	51
3.7.3.	Pengujian Kuat Tekan, Tarik Aksial dan Lentur	51
3.8.	Pembuatan Beton	53
3.8.1.	Pelaksanaan Campuran (Pengecoran)	53
3.8.2.	Uji Slump Beton	54
3.8.3.	Pengujian Workability	56
3.8.4.	Pembuatan dan Persiapan Benda Uji	57
3.8.5.	Pengujian Kuat Tekan, Tarik Belah dan Tarik Lentur Beton	60
3.8.6.	Pengujian Porositas	67
3.8.7.	Pengujian Modulus Elastisitas	68
3.9.	Bagan Alir Proses Penelitian	70
BAB IV	DATA PENELITIAN	
4.1.	Pengujian Material	72
4.1.1.	Pemeriksaan Berat Isi	72
4.1.2.	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat	73
4.1.3.	Pemeriksaan Bahan Lewat Saringan No.200	75
4.1.4.	Pemeriksaan Kotoran Organik	76
4.1.5.	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus	77
4.1.6.	Pemeriksaan Kadar Air Agregat	78
4.1.7.	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	79
4.1.8.	Pengujian Keausan Agregat	81
4.2.	Mix Design Dengan Motode DOE	83
4.3.	Perhitungan Kebutuhan Bahan	93
BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
5.1.	Data Hasil Pengujian Mortar	95
5.1.1.	Pengujian Kuat Tekan Mortar	95
5.1.2.	Pengujian Kuat Tarik Aksial Mortar	99
5.1.3.	Pengujian Kuat Tarik Lentur Mortar	101
5.2.	Pengujian Interval Kepercayaan	104
5.2.1.	Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tekan	104
5.2.2.	Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tarik Aksial	106
5.2.3.	Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tarik Lentur	108
5.3.	Pengujian Hipotesis	111
5.3.1.	Pengujian Hipotesis Kuat Tekan Mortar	111
5.3.2.	Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Aksial Mortar	113
5.3.3.	Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Lentur Mortar	116

5.4. Analisa Regresi	119
5.4.1. Analisa Regresi Kuat Tekan Mortar	119
5.4.2. Analisa Regresi Kuat Tarik Aksial Mortar	123
5.4.3. Analisa Regresi Kuat Tarik Lentur Mortar	126
5.5. Nilai Optimum Variasi Campuran	129
5.5.1. Variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%	129
5.5.2. Variasi 0% – 0,24%	130
5.6. Data Hasil Pengujian Beton	132
5.6.1. Hasil Pengujian Kuat Tekan	132
5.6.2. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah	143
5.6.3. Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur	145
5.6.4. Hasil Pengujian Modulus Elastisitas	149
5.6.5. Hasil Pengujian Porositas	153
5.6.6. Hasil Pengujian Workabilitas Beton	155
5.7. Pengujian Interval Kepercayaan	157
5.7.1. Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tekan	157
5.7.2. Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah	160
5.7.3. Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tarik Lentur	162
5.7.4. Pengujian Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas	165
5.7.5. Pengujian Interval Kepercayaan Porositas	167
5.7.6. Pengujian Interval Kepercayaan Workability	169
5.8. Pengujian Hipotesis	171
5.8.1. Pengujian Hipotesis Kuat Tekan	171
5.8.2. Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Belah	175
5.8.3. Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Lentur	178
5.8.4. Pengujian Hipotesis Modulus Elastisitas	181
5.8.5. Pengujian Hipotesis Porositas	185
5.8.6. Pengujian Hipotesis Workability	188
5.9. Analisa Regresi	191
5.9.1. Analisa Regresi Kuat	191
5.9.2. Analisa Regresi Kuat Tarik Belah	195
5.9.3. Analisa Regresi Kuat Tarik Lentur	197
5.9.4. Analisa Regresi Modulus Elastisitas	199
5.9.5. Analisa Regresi Porositas	201
5.9.6. Analisa Regresi Workability	203
5.10. Nilai Optimum Variasi Campuran	205
5.10.1. Variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%	205
5.10.2. Variasi 0% – 0,24%	206
5.11. Pembahasan	208
BAB VI PENUTUP	
6.1. Kesimpulan	213
6.2. Saran	213
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Variasi Benda Uji	31
Tabel 3.2.	Berat Minimum Untuk Ukuran Maksimum	38
Tabel 3.3.	Warna Standart	41
Tabel 3.4.	Kebutuhan Total Bahan dan Variasi Gula Pasir Untuk Campuran Mortar Per Variasi	49
Tabel 4.1.	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar	73
Tabel 4.2.	Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus	73
Tabel 4.3.	Analisa Saringan Agregat Halus	74
Tabel 4.4.	Analisa Saringan Agregat Kasar	74
Tabel 4.5.	Bahan Lolos Saringan No.200	76
Tabel 4.6.	Pengelompokkan Warna Uji Kadar	77
Tabel 4.7.	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar	79
Tabel 4.8.	Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	79
Tabel 4.9.	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	80
Tabel 4.10.	Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	81
Tabel 4.11.	Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar	82
Tabel 4.12.	Deviasi Standar Berdasarkan Isi Pekerjaan	83
Tabel 4.13.	Perkiraan Kuat Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen	85
Tabel 4.14.	Jumlah Semen Minimum Untuk Kondisi Terekspos	86
Tabel 4.15.	Nilai Slump Yang Disyaratkan	86
Tabel 4.16.	Perkiraan Jumlah Air Bebas Yang Diperlukan	87
Tabel 4.17.	Kebutuhan Total Bahan Untuk Setiap Kali Pencampuran	94
Tabel 5.1.	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar 0%	97
Tabel 5.2.	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar 0,22%.....	97
Tabel 5.3.	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar 0,23%	98
Tabel 5.4.	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar 0,24%	98
Tabel 5.5.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Aksial Mortar 0%	100
Tabel 5.6.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Aksial Mortar 0,22%	100
Tabel 5.7.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Aksial Mortar 0,23%	100
Tabel 5.8.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Aksial Mortar 0,24%	100
Tabel 5.9.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Mortar 0%	103
Tabel 5.10.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Mortar 0,22%	103
Tabel 5.11.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Mortar 0,23%	103
Tabel 5.12.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Mortar 0,24%	103
Tabel 5.13.	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar	104
Tabel 5.14.	Interval Kepercayaan Kuat Tekan Mortar	106
Tabel 5.15.	Data Kuat Tekan Setelah Pengujian Interval Kepercayaan	106
Tabel 5.16.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Aksial Mortar	106
Tabel 5.17.	Interval Kepercayaan Kuat Tarik Aksial	108
Tabel 5.18.	Data Kuat Tarik Aksial Setelah Pengujian Interval Kepercayaan	108
Tabel 5.19.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Mortar	108

Tabel 5.20.	Interval Kepercayaan Kuat Tarik Lentur.....	110
Tabel 5.21.	Data Kuat Tarik Lentur Setelah Pengujian Interval Kepercayaan	110
Tabel 5.22.	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar Setelah Penyortiran	111
Tabel 5.23.	Analisa Varian Untuk Kuat Tekan Mortar	112
Tabel 5.24.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Aksial Setelah Penyortiran	113
Tabel 5.25.	Analisa Varian Untuk Kuat Tarik Aksial Mortar.....	115
Tabel 5.26.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Setelah Penyortiran	116
Tabel 5.27.	Analisa Varian Untuk Kuat Tarik Lentur	117
Tabel 5.28.	Nilai Regresi Untuk Kuat Tekan Mortar	119
Tabel 5.29.	Nilai Regresi Untuk Kuat Tarik Aksial Mortar.....	123
Tabel 5.30.	Nilai Regresi Untuk Kuat Tarik Lentur Mortar	126
Tabel 5.31.	Variasi dan Nilai Optimum Mortar (Untuk Variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%)	130
Tabel 5.32.	Variasi Dominan Mortar (Untuk Variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%)	130
Tabel 5.33.	Variasi dan Nilai Optimum Mortar (Untuk Variasi 0%-0,24%)	131
Tabel 5.34.	Variasi Dominan Mortar (Untuk Variasi 0%-0,24%)	131
Tabel 5.35.	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi 0%	135
Tabel 5.36.	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi 0,22%	137
Tabel 5.37.	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi 0,23%	139
Tabel 5.38.	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi 0,24%	141
Tabel 5.39.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi 0%	144
Tabel 5.40.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi 0,22%	144
Tabel 5.41.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi 0,23%	144
Tabel 5.42.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi 0,24%	144
Tabel 5.43.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Variasi 0%	148
Tabel 5.44.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Variasi 0,22%	148
Tabel 5.45.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Variasi 0,23%	148
Tabel 5.46.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Variasi 0,24%	148
Tabel 5.47.	Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0%	151
Tabel 5.48.	Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0,22%	151
Tabel 5.49.	Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0,23%	152
Tabel 5.50.	Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0,24%	152
Tabel 5.51.	Data Hasil Pengujian Porositas Variasi 0%	154
Tabel 5.52.	Data Hasil Pengujian Porositas Variasi 0,22%	154
Tabel 5.53.	Data Hasil Pengujian Porositas Variasi 0,23%	154
Tabel 5.54.	Data Hasil Pengujian Porositas Variasi 0,24%	154
Tabel 5.55.	Data Hasil Pengujian Workabilitas Variasi 0%	156
Tabel 5.56.	Data Hasil Pengujian Workabilitas Variasi 0,22%	156
Tabel 5.57.	Data Hasil Pengujian Workabilitas Variasi 0,23%	156

Tabel 5.58.	Data Hasil Pengujian Workabilitas Variasi 0,24%	156
Tabel 5.59.	Data Pengujian Kuat Tekan Beton	157
Tabel 5.60.	Interval Kepercayaan Kuat Tekan	159
Tabel 5.61.	Data Kuat Tekan Setelah Pengujian Interval Kepercayaan	159
Tabel 5.62.	Data Pengujian Kuat Tarik Belah	160
Tabel 5.63.	Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah	161
Tabel 5.64.	Data Kuat Tarik Belah Setelah Pengujian Interval Kepercayaan	161
Tabel 5.65.	Data Pengujian Kuat Tarik Lentur	162
Tabel 5.66.	Interval Kepercayaan Kuat Tarik Lentur	163
Tabel 5.67.	Data Kuat Tarik Lentur Setelah Pengujian Interval Kepercayaan	163
Tabel 5.68.	Data Pengujian Modulus Elastisitas	165
Tabel 5.69.	Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas	166
Tabel 5.70.	Data Modulus Elastisitas Setelah Pengujian Interval Kepercayaan	166
Tabel 5.71.	Data Pengujian Porositas	167
Tabel 5.72.	Interval Kepercayaan Porositas	168
Tabel 5.73.	Data Porositas Setelah Pengujian Interval Kepercayaan	168
Tabel 5.74.	Data Pengujian Workabilitas	169
Tabel 5.75.	Interval Kepercayaan Workabilitas	170
Tabel 5.76.	Data Workabilitas Setelah Pengujian Interval Kepercayaan	170
Tabel 5.77.	Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Setelah Penyortiran	172
Tabel 5.78.	Analisa Varian Untuk Kuat Tekan	174
Tabel 5.79.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Setelah Penyortiran	175
Tabel 5.80.	Analisa Varian Untuk Kuat Tarik Belah	177
Tabel 5.81.	Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Setelah Penyortiran	178
Tabel 5.82.	Analisa Varian Untuk Kuat Tarik Lentur	179
Tabel 5.83.	Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Setelah Penyortiran	182
Tabel 5.84.	Analisa Varian Untuk Modulus Elastisitas	184
Tabel 5.85.	Data Hasil Pengujian Porositas Setelah Penyortiran	185
Tabel 5.86.	Analisa Varian Untuk Porositas	186
Tabel 5.87.	Data Hasil Pengujian Workabilitas Setelah Penyortiran	188
Tabel 5.88.	Analisa Varian Untuk Workabilitas	189
Tabel 5.89.	Nilai Regresi Untuk Kuat Tekan	191
Tabel 5.90.	Nilai Regresi Untuk Kuat Tarik Belah	195
Tabel 5.91.	Nilai Regresi Untuk Kuat Tarik Lentur	197
Tabel 5.92.	Nilai Regresi Untuk Modulus Elastisitas	199
Tabel 5.93.	Nilai Regresi Untuk Porositas	201
Tabel 5.94.	Nilai Regresi Untuk Workabilitas	203
Tabel 5.95.	Variasi dan Nilai Maksimum Beton (Untuk Variasi 0%;0,22%;0,23%;0,24%)	206
Tabel 5.96.	Variasi Dominan Beton (Untuk Variasi 0%;0,22%;0,23%;0,24%)	206
Tabel 5.97.	Variasi dan Nilai Maksimum Beton	

	(Untuk Variasi 0%-0,24%)	207
Tabel 5.98.	Variasi Dominan Beton	
	(Untuk Variasi 0%;0,22%;0,23%;0,24%)	207

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Ilustrasi Kuat Tekan Silinder Beton	19
Gambar 2.2.	Ilustrasi Kuat Tarik Belah Beton	20
Gambar 2.3.	Ilustrasi Kuat Tarik Lentur Beton	21
Gambar 2.4.	Ilustrasi Modulus Elastisitas Beton	22
Gambar 3.1.	Peralatan Slump Test	30
Gambar 3.2.	Peralatan Pemeriksaan Berat Volume Agregat	33
Gambar 3.3.	Peralatan Analisa Saringan Agregat.....	36
Gambar 3.4.	Peralatan pemeriksaan Bahan Lolos Saringan No.200	38
Gambar 3.5.	Perlatan Pemeriksaan Kadar Air Agregat	42
Gambar 3.6.	Peralatan Pemeriksaan Mortar	49
Gambar 3.7.	Pengujian Slump	54
Gambar 3.8.	Pengujian Workability	57
Gambar 3.9.	Alat Uji Kuat Tekan	60
Gambar 3.10.	Pengujian Kuat tekan Beton	61
Gambar 3.11.	Pengujian Kuat Tarik Belah Beton	63
Gambar 3.12.	Pengujian Kuat Tarik Lentur I	64
Gambar 3.13.	Pengujian Kuat Tarik Lentur II	65
Gambar 3.14.	Pengujian Kuat Tarik Lentur Keruntuhan Di Luar Tengah Bentang	66
Gambar 3.15.	Pengujian Porositas Beton	67
Gambar 3.16.	Pengujian Modulus Elastisitas Beton	69
Gambar 3.17.	Bagan Alir Proses Penelitian	70
Gambar 4.1.	Batas Gradasi Untuk Agregat Kasar 4,8-38mm	75
Gambar 4.2.	Batas Gradasi Zona 2 Untuk Agregat Halus	75
Gambar 4.3.	Gelas Ukur	77
Gambar 4.4.	Hubungan Kekuatan Tekan Dengan w/c	85
Gambar 4.5.	Penentuan Prosentase Agregat Halus Untuk Diameter Maksimum 20 mm	88
Gambar 4.6.	Perkiraan Berat Jenis Beton Segar	90
Gambar 5.1.	Kuat Tekan Mortar	95
Gambar 5.2.	Kuat Tarik Aksial Mortar	99
Gambar 5.3.	Kuat Tarik Lentur Mortar	101
Grafik 5.1.	Analisa Regresi Kuat Tekan Mortar Variasi 0%; 0,16%-0,24%	122
Grafik 5.2.	Analisa Regresi Kuat Tekan Mortar Variasi 0%; 0,22%-0,24%	122
Grafik 5.3.	Analisa Regresi Kuat Tarik Aksial Mortar Variasi 0%; 0,16%-0,24%	125
Grafik 5.4.	Analisa Regresi Kuat Tarik Aksial Mortar Variasi 0%; 0,22%-0,24%	125
Grafik 5.5.	Analisa Regresi Kuat Tarik Lentur Mortar Variasi 0%; 0,16%-0,24%	128
Grafik 5.6.	Analisa Regresi Kuat Tarik Lentur Mortar	

	Variasi 0%; 0,22%-0,24%	128
Gambar 5.4.	Kuat Tekan Beton	132
Grafik 5.7.	Kuat Tekan Beton Variasi 0%	136
Grafik 5.8.	Kuat Tekan Beton Variasi 0,22%	138
Grafik 5.9.	Kuat Tekan Beton Variasi 0,23%	140
Grafik 5.10.	Kuat Tekan Beton Variasi 0,24%	142
Gambar 5.5.	Kuat Tarik Belah Beton	143
Gambar 5.6.	Kuat Tarik Lentur Beton Benda Uji I	145
Gambar 5.7.	Kuat Tarik Lentur Beton Benda Uji II	146
Gambar 5.8.	Modulus Eastisitas Beton	149
Grafik 5.11.	Analisa Regresi Kuat Tekan Beton Variasi 0%; 0,16%-0,24%	194
Grafik 5.12.	Analisa Regresi Kuat Tekan Beton Variasi 0%; 0,22%-0,24%	194
Grafik 5.13.	Analisa Regresi Kuat Tarik Belah Beton Variasi 0%; 0,16%-0,24%	196
Grafik 5.14.	Analisa Regresi Kuat Tarik Belah Beton Variasi 0%; 0,22%-0,24%	196
Grafik 5.15.	Analisa Regresi Kuat Tarik Lentur Beton Variasi 0%; 0,16%-0,24%	198
Grafik 5.16.	Analisa Regresi Kuat Tarik Lentur Beton Variasi 0%; 0,22%-0,24%	198
Grafik 5.17.	Analisa Regresi Modulus Elastisitas Beton Variasi 0%; 0,16%-0,24%	200
Grafik 5.18.	Analisa Regresi Modulus Elastisitas Beton Variasi 0%; 0,22%-0,24%	200
Grafik 5.19.	Analisa Regresi Posositas Beton Variasi 0%; 0,16%-0,24%	202
Grafik 5.20.	Analisa Regresi Posositas Beton Variasi 0%; 0,22%-0,24%	202
Grafik 5.21.	Analisa Regresi Workability Beton Variasi 0%; 0,16%-0,24%	204
Grafik 5.22.	Analisa Regresi Workability Beton Variasi 0%; 0,22%-0,24%	204
Grafik 5.23.	Porositas Beton Variasi 0%; 0,16%-0,24%	208
Grafik 5.24.	Workability Beon Variasi 0%; 0,16%-0,24%	208
Grafik 5.25.	Kuat Tekan Beton Variasi 0%; 0,16%-0,24%	209
Grafik 5.26.	Kuat Tarik Belah Beton Variasi 0%; 0,16%-0,24%	209
Grafik 5.27.	Kuat Tarik Lentur Beton Variasi 0%; 0,16%-0,24%	210
Grafik 5.28.	Modulus Elastisitas Beton Variasi 0%; 0,16%-0,24%	210

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan di bidang konstruksi dari masa ke masa semakin pesat mengikuti perkembangan zaman, dimana kebutuhan manusia selalu meningkat, baik itu kebutuhan manusia akan sarana tempat tinggal maupun sarana jalan, antara lain gedung bertingkat, perumahan, jembatan, jalan raya, tower dan sebagainya.

Salah satu material yang sering digunakan sebagai bahan utama dalam konstruksi bangunan tersebut adalah beton. Beton cenderung menjadi pilihan unggulan karena memiliki kelebihan-kelebihan dibandingkan material lain, antara lain dapat dibentuk dengan mudah sesuai dengan bentuk konstruksi yang diinginkan, harga yang ekonomis, mampu memikul beban yang berat, tahan terhadap temperatur tinggi, tahan terhadap pengorotan, serta biaya perawatan yang murah. Dari sifat yang dimiliki beton itulah yang menjadikan beton sebagai bahan alternatif untuk dikembangkan baik bentuk fisik maupun metode pelaksanaannya.

Namun pada praktek di lapangan, sering kali praktisi dituntut untuk mendapatkan campuran beton yang tidak hanya mudah dikerjakan (*workability*), tetapi juga mempunyai kekuatan awal yang tinggi. Akan tetapi pada pelaksanaannya tuntutan tersebut sulit untuk dicapai. Untuk itu dalam

proses pembuatan beton harus memperhatikan sifat dan karakteristik dari beton itu sendiri.

Salah satu upaya pemecahan masalah-masalah tersebut yaitu dengan menggunakan bahan tambahan atau admixture. Bahan tambah biasanya dimaksudkan untuk mengubah perilaku beton pada saat pelaksanaan atau untuk meningkatkan kinerja beton pada saat pelaksanaan. Penggunaan admixture itu sendiri harus efektif sehingga dapat diperoleh campuran beton dengan mutu yang sama atau bila memungkinkan lebih tinggi daripada mutu beton normal.

Adapun bahan tambahan yang biasa digunakan untuk meningkatkan kelebihan-kelebihan pada beton adalah fly ash, super plasticizer, silica dan lain-lain. Dalam penelitian ini, digunakan bahan tambahan gula pasir. Berdasarkan referensi yang ada, bahan tambahan kimia yang berbahan dasar gula memiliki fungsi sebagai water reducer (pengurang air) dan retarder (memperlambat pengikatan). Selain itu beberapa senyawa kimia dari komposisi bahan mineral pembantu seperti fly ash, silika fume dan superplastizer terdapat juga pada komposisi gula diantaranya SiO_2 dan CaO . Dan dari penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh dari penggunaan bahan tambahan tersebut terhadap sifat beton baik sifat mekanik maupun sifat fisiknya.

Berdasarkan uraian di atas dilakukan suatu penelitian dengan judul Studi Penelitian Pengaruh Pemanfaatan Bahan Tambahan Gula Pasir

(Variasi Kadar 0,22% - 0,24%) Terhadap Sifat Mekanis dan Sifat Fisis Beton Pada Mutu 25 MPa.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang dipaparkan, maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti antara lain :

1. Adakah pengaruh penambahan gula pasir dengan variasi 0,22 %-0,24% terhadap sifat fisis dan mekanis beton pada mutu 25 Mpa ?
2. Berapa nilai maksimal yang dicapai dari penambahan gula pasir variasi 0,22% - 0,24% ?
3. Berapa nilai optimum yang diperoleh dari penambahan gula pasir variasi 0,16%- 0,24% ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan gula pasir dengan variasi 0,22% - 0,24% terhadap sifat fisis dan mekanis beton pada mutu 25 Mpa.
2. Untuk mengetahui nilai maksimum dari penambahan gula pasir variasi 0,22% - 0,24%.
3. Untuk mengetahui nilai optimum dari penambahan gula pasir variasi 0,16% - 0,24%.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan gula pasir terhadap sifat fisis dan mekanis beton.
2. Untuk mengetahui nilai maksimal yang dicapai dari penambahan gula pasir variasi 0,22%-0,24%.
3. Untuk mengetahui nilai optimum yang dicapai dari penambahan gula pasir variasi 0,16%-0,24%.

1.5. Ruang Lingkup Bahasan

Ruang lingkup bahasan yang ditinjau adalah :

1. Besar pengaruh penambahan gula pasir terhadap sifat mekanis dan sifat fisis beton.
2. Besar nilai maksimum yang diperoleh dari penambahan gula pasir variasi 0,22% - 0,24%
3. Besar nilai optimum yang diperoleh dari penambahan gula pasir variasi 0,16% - 0,24%

1.6. Batasan Penelitian

Untuk membatasi penelitian dan memberikan langkah-langkah sistematis, maka penelitian dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

- Agregat halus yang digunakan adalah pasir Lumajang.
- Agregat kasar digunakan batu ukuran 5 – 10 mm.

- Bahan tambahan yang digunakan adalah gula pasir.
- Variasi gula pasir 0,22% - 0,24%
- Untuk variasi gula pasir 0,16% - 0,18% diperoleh dari data Ajeng Cahyanita dan variasi gula pasir 0,19% - 0,21% diperoleh dari data Suraya Noviashri.
- Skala penelitian disesuaikan dengan persyaratan dan ketentuan laboratorium.
- Analisa kekuatan beton karakteristik ($f'c$) adalah hasil percobaan.
- Pemeriksaan agregat yang dilakukan adalah :
 1. Berat isi.
 2. Analisa saringan agregat halus dan kasar.
 3. Berat jenis dan penyerapan agregat halus.
 4. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar.
 5. Keausan agregat.
- Perencanaan campuran beton dengan metode DOE (Departemen Of Environment).

1.7. Hipotesis

Hipotesis adalah dugaan sementara dari suatu persoalan yang diajukan secara ilmiah dimana jawaban tersebut dapat dibuktikan kebenarannya.

Pada penelitian ini digunakan hipotesis alternatif (H_a), sehingga rumusan hipotesisnya adalah :

“Terdapat pengaruh penggunaan bahan tambahan gula pasir pada pencampuran beton mutu 25 MPa baik secara fisis maupun mekanis”

Sedangkan hipotesis statistiknya dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$H_a = H_b \neq H_{t_1} \neq H_{t_2} \neq H_{t_3}$$

$$H_0 = H_b = H_{t_1} = H_{t_2} = H_{t_3}$$

Dimana :

H_b = Campuran beton normal (variasi gula pasir 0%)

H_{t_1} = Campuran beton dengan bahan tambahan gula pasir variasi 0,22%

H_{t_2} = Campuran beton dengan bahan tambahan gula pasir variasi 0,23%

H_{t_3} = Campuran beton dengan bahan tambahan gula pasir variasi 0,24%

1.8. Analisa Varian

Dari hasil pengujian data yang diperoleh nantinya akan 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.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Mortar

Mortar adalah bahan bangunan berbahan dasar semen yang digunakan sebagai perekat untuk membuat struktur beton . Mortar terdiri dari agregat halus , bahan pengikat dan air diaduk sampai homogen. Mortar sering digunakan sebagai bahan plesteran , pekerjaan pasangan dan banyak pekerjaan lainnya .

Menurut Tjokrodimulyo (1996) mortar sering kali disebut mortel atau spesi ,yaitu adukan yang terdiri dari pasir ,bahan perekat dan air . Bahan perekat berupa tanah liat ,kapur maupun semen portland.

2.1.1. Jenis Mortar

Tjokrodimulyo (1996) membagi mortar berdasarkan jenis bahan ikatnya menjadi empat jenis ,yaitu :

- Mortar lumpur

Mortar lumpur dibuat dari campuran pasir, tanah liat / lumpur dan air. Mortar ini biasanya dipakai sebagai bahan tembok atau bahab tungku api didesa

- Mortar kapur

Mortar kapur dibuat dari campuran pasir, kapur dan air. Mortar ini biasa dipakai untuk pembuatan tembok bata.

- Mortar semen

Mortar semen dibuat dari campuran pasir, semen portland dan air dalam perbandingan campuran yang tepat. Perbandingan antara volume semen dan volume pasir berkisar 1:2 dan 1:6 atau lebih besar. Mortar ini kekuatannya lebih besar dari pada mortar sebelumnya, oleh karena itu biasa dipakai untuk tembok, pilar, kolom atau bagian lain yang menahan beban. Karena mortar ini rapat air maka dipakai juga untuk bagian luar dan yang berada didalam tanah.

- **Mortar khusus**

Mortar khusus dibuat dengan menambahkan bahan khusus pada mortar kapur dan mortar semen dengan tujuan tertentu. Mortar ringan diperoleh dengan menambahkan asbestos fibers, jute fibers (serat rami), butir kayu, serbuk gergajian kayu dan sebagainya. Mortar ini digunakan untuk bahan isolasi panas atau peredam suara. Selain itu juga ada mortar tahan api, diperoleh dengan menambahkan bubuk bata api, diperoleh dengan menambahkan bubuk bata-api dengan aluminous cement, dengan perbandingan satu aluminous cement dan dua bubuk bata-api. Mortar ini biasanya dipakai untuk tungku api dan sebagainya.

2.2. Pengertian Beton

Beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (portland cement), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (admixture atau additive).

Parameter-parameter yang paling mempengaruhi kekuatan beton adalah : a). Kualitas semen, b). Proporsi semen terhadap campuran, c).

Kekuatan dan kebersihan agregat, d). Interaksi atau adhesi antara pasta semen dan agregat, e). Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton, f). Penempatan yang benar, penyelesaian dan pemadatan beton, g). Perawatan beton, dan h). Kandungan klorida tidak melebihi 0,15% dalam beton yang diekspos dan 1% bagi beton yang tidak diekspos (Nawy, 1985:24).

Kelebihan beton :

- a. Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi
- b. Mampu memikul beban yang berat
- c. Tahan terhadap temperatur yang tinggi
- d. Biaya pemeliharaan yang kecil

Kekurangan beton

- a. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah
- b. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi
- c. Berat
- d. Daya pantul suara yang besar

2.3. Bahan-Bahan Penyusun Beton

a. Semen

Semen merupakan bahan campuran yang secara kimiawi aktif setelah berhubungan dengan air. Agregat tidak memainkan peranan yang penting dalam reaksi kimia tersebut, tetapi berfungsi sebagai bahan pengisi mineral yang dapat mencegah perubahan-perubahan volume beton setelah pengadukan selesai dan memperbaiki keawetan beton yang dihasilkan. Pada

umumnya, beton mengandung rongga udara sekitar 1%-2%, pasta semen (semen dan air) sekitar 25%-40%, dan agregat (agregat halus dan kasar) sekitar 60%-75%.

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar yang jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras (concrete).

b. Air

Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih, tidak boleh mengandung minyak, asam, zat organis atau bahan lainnya yang dapat merusak beton atau tulangan. Sebaiknya dipakai air tawar yang dapat diminum. Pada dasarnya jumlah air yang dibutuhkan untuk proses hidrasi adalah sekitar 25% dari berat semen. Kekuatan beton akan turun jika air yang ditambahkan ke dalam campuran semakin banyak. Karena itu penambahan air harus dilakukan sedikit demi sedikit sampai nilai maksimum yang tercantum dalam rencana tercapai. Adapun syarat pemilihan air untuk bahan campuran beton adalah :

1. Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.

2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam aluminium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali ketentuan berikut terpenuhi:
 - a. Pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.
 - b. Hasil pengujian pada umur 7 dan 28 hari pada kubus uji mortar yang dibuat dari adukan dengan air yang tidak dapat diminum harus mempunyai kekuatan sekurang-kurangnya sama dengan 90% dari kekuatan benda uji yang dibuat dengan air yang dapat diminum. Perbandingan uji kekuatan tersebut harus dilakukan pada adukan serupa, terkecuali pada air pencampur, yang dibuat dan diuji sesuai dengan "Metode uji tekan untuk mortar semen hidrolis (menggunakan spesimen kubus dengan ukuran sisi 50 mm)" (ASTM C 109, SNI 03-2847-2002, hal: 15)

c. Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5.0 mm. (SNI 03-2847-2002 : 4). Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang

melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur 5% maka agregat halus dicuci. Agregat halus juga tidak boleh mengandung bahan-bahan organik yang terlalu banyak.

d. Agregat Kasar (Kerikil dan Batu Pecah)

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi 'alami' dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. (SNI 03-2847-2002, hal: 4). Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering) yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton seperti zat-zat yang reaktif alkali.

e. Bahan Tambahan

Bahan tambahan (zat additive atau zat admixture) adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah mengubah sifat-sifat beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu atau untuk menghemat biaya. Selain itu juga dapat digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk kemudahan pengerjaan, penghematan atau tujuan lain seperti untuk penghematan energi. Manfaat dari penggunaan tambahan ini perlu dibuktikan dengan menggunakan bahan

agregat dan jenis semen yang sama dengan bahan tambahan yang akan dipakai, dalam hal ini bahan tambahan harus memenuhi ketentuan dari SNI.

Adapun syarat-syarat bahan tambahan menurut SNI-03-2847-2002 hal. 18 adalah:

1. Bahan tambahan yang digunakan pada beton harus mendapat persetujuan terlebih dahulu dari pengawas lapangan.
2. Untuk keseluruhan pekerjaan, bahan tambahan yang digunakan harus mampu secara konsisten menghasilkan komposisi dan kinerja yang sama dengan yang dihasilkan oleh produk yang digunakan dalam menentukan proporsi campuran beton
3. Kalsium klorida atau bahan tambahan yang mengandung klorida tidak boleh digunakan pada beton prategang, pada beton dengan aluminium tertana, atau pada beton yang dicor dengan menggunakan bekisting baja galvanis.
4. Bahan tambahan pembentuk gelembung udara harus memenuhi SNI 03-2496-1991, Spesifikasi bahan tambahan pembentuk gelembung untuk beton.
5. Bahan tambahan pengurang air, penghambat reaksi hidrasi beton, pemercepat reaksi hidrasi beton, gabungan pengurang air dan penghambat reaksi hidrasi beton dan gabungan pengurang air dan pemercepat reaksi beton harus memenuhi “Spesifikasi bahan tambahan kimiawi untuk beton” (ASTM C 494) atau “Spesifikasi

bahan tambahan kimiawi untuk menghasilkan beton dengan kelecakan yang tinggi” (ASTM C 1017).

6. Abu terbang atau bahan pozzolan lainnya yang digunakan sebagai bahan tambahan harus memenuhi “spesifikasi untuk abu terbang dan pozzolan almi murni atau terkalsinasi untuk digunakan sebagai bahan tambahan mineral pada beton semen portland” (ASTM C 618).
7. Kerak tungku pijar yang diperhalus yang digunakan sebagai bahan tambahan harus memenuhi “Spesifikasi untuk kerak tungku pijar yang diperhalus untuk digunakan pada beton dan mortar” (ASTM C 989).
8. Bahan tambahan yang digunakan pada beton yang mengandung semen ekspansif (ASTM C 845) harus cocok dengan semen yang digunakan tersebut dan menghasilkan pengaruh yang tidak merugikan.
9. Silica fume yang digunakan sebagai bahan tambahan harus sesuai dengan “Spesifikasi untuk silica fume untuk digunakan pada beton dan mortar semen-hidrolis” (ASTM C 1240).

Dalam penelitian ini sebagai bahan tambahan digunakan gula pasir. Gula berasal dari batang tebu yang yang diperas dengan mesin pemeras (mesin press) dipabrik gula. Sesudah itu, nira atau air perasan tebu tersebut disaring, dimasak dan diputihkan sehingga menjadi gula pasir. Dari proses pembuatan tebu tersebut akan dihasilkan gula 5%, ampas tebu 90 % dan sisanya berupa tetes (molase) dan air. Beberapa senyawa kimia dari

komposisi bahan mineral pembantu seperti fly ash, silika fume dan superplastizer terdapat juga pada komposisi gula diantaranya SiO_2 dan CaO .

2.4. Mix Design (Metode DOE)

Perencanaan adukan (*Mix Design*) beton dimaksudkan untuk mendapatkan beton yang sebaik-baiknya, yang antara lain dapat diuraikan sebagai berikut :

- a) Kuat tekannya tinggi.
- b) Mudah dikerjakan.
- c) Tahan lama (awet).
- d) Murah.
- e) Tahan aus.

Di Indonesia cara ini dikenal dengan cara DOE (*department Environment*). Perancangan dengan cara DOE ini dipakai sebagai standart perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum di Indonesia, dan dibuat dalam buku peraturan standart SNI 03-2834-1993 dengan judul bukunya : "*Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*". Dalam perencanaan ini digunakan tabel-tabel dan grafik-grafik.

2.5. Perawatan Beton

Perawatan beton adalah suatu pekerjaan menjaga agar permukaan beton tetap segar dan lembab, sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras. Kelembaban permukaan beton itu harus dijaga untuk

menjamin proses hidrasi semen (reaksi semen dan pasir) berlangsung secara sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan, beton menjadi kurang kuat dan juga timbul retak-retak. Selain itu, kelembaban tadi juga menambah beton lebih tahan cuaca dan lebih kedap air. Adapun beberapa cara perawatan beton ialah :

- a. Menaruh beton segar di dalam ruangan lembab.
- b. Menaruh beton segar di atas genangan air.
- c. Menaruh beton segar di dalam air.
- d. Menyelimuti permukaan beton dengan karung basah.
- e. Menggenangi permukaan beton dengan air.
- f. Menyirami permukaan beton setiap saat secara terus-menerus.

Cara a, b dan c dilakukan terhadap contoh beton yang berbentuk kubus atau silinder. Adapun cara d, e dan f dilakukan untuk beton segar yang dituang di lapangan / di proyek.

2.6. Sifat-Sifat Beton

1. Sifat Fisis

Yang termasuk dari sifat fisis beton adalah :

a. Kemudahan Pengerjaan (Workability)

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

b. Segregation (Pemisahan Kerikil)

Kecendrungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan segregasi. Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil yang pada akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton.

c. Bleeding

Kecenderungan air untuk naik ke permukaan pada beton yang baru dipadatkan dinamakan bleeding. Air yang naik ini secara kapilaritas membawa semen dan butir-butir halus pasir, yang pada saat beton mengeras nantinya akan membentuk selaput (lightance).

d. Porositas

Hubungan Porositas dengan kekedapan dan keawetan beton sangatlah erat, karena beton dapat diperoleh dengan beton yang berporositas minimum (*Aman 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 (Vp)

$$\text{Volume Pori Terbuka} = \frac{W_{RAH} - W_A}{A_j \text{AIR}}$$

- Perhitungan Porositas

$$\text{Porositas} = \frac{V_p}{V_{\text{total}}} \times 100\%$$

Keterangan :

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 : 1 ml = 1cm³)

2. Sifat Mekanis

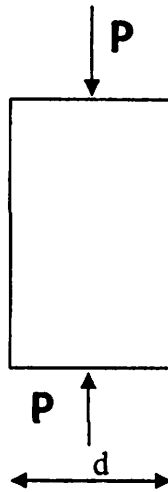
a. Kuat Tekan

Nilai kuat tekan beton sangat identik dengan mutu beton yang diinginkan. Kuat tekan beton diambil berdasarkan kuat tekan pada umur 28 hari, karena nilai kuat tekan pada umur sebelum 28 hari banyak dipengaruhi oleh jalannya proses reaksi C₃S dan C₂S 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 tekan beton yang dicapai.

Rumus yang digunakan dalam pengujian kuat tekan beton ini adalah :

$$f_c = \frac{P}{A.Fu} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \rightarrow \text{(SK-SNI-M-14)}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2$$



Gambar 2.1. Ilustrasi Kuat Tekan Karakteristik Silinder Beton

Keterangan :

$f'c$ = kuat tekan beton (kg/cm^2)

P = beban maksimal (kg)

A = luas penampang benda uji (cm^2)

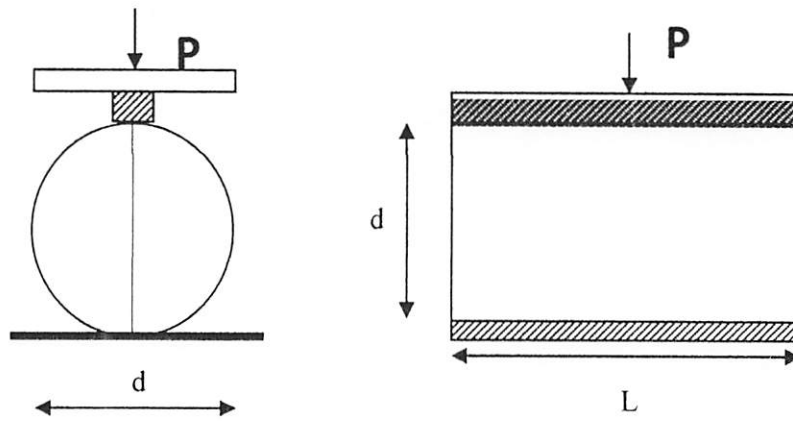
F_u = faktor umur (terlampir)

Nilai yang dihasilkan tidak boleh kurang dari $f'c + 0.82s$. s adalah standar defiasi.

b. Kuat Tarik Belah

Kuat Tarik Belah dihitung dengan persamaan :

$$\sigma_t = \frac{2.P}{\pi.L.d}$$



Gambar 2.2. Ilustrasi Kuat Tarik Belah Beton

Keterangan :

σ = Kuat Tarik Belah (kg/cm^2)

P = Beban maksimum (kg)

L = Panjang benda uji (cm)

d = Diameter (cm)

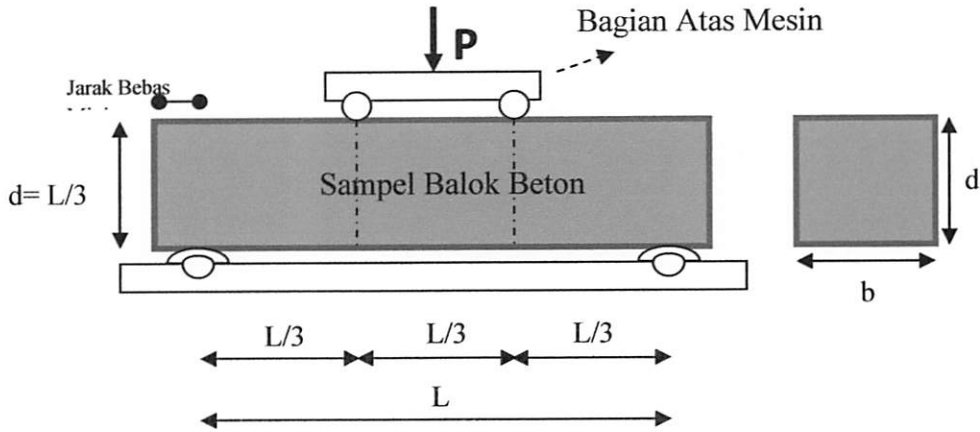
c. Kuat Lentur

Jika keruntuhan terjadi di bagian tengah bentang, maka kuat lentur beton dihitung dengan persamaan :

$$f_r = \frac{P.L}{b.d^2}$$

Jika keruntuhan terjadi pada bagian tarik di luar tengah bentang, maka kuat lentur beton dihitung dengan persamaan :

$$f_r = \frac{3.P.a}{b.d^2}$$



Gambar 2.3. Ilustrasi Kuat Tarik Lentur Beton

Keterangan :

f_r = kekuatan tarik lentur (kg/cm²)

P = beban maksimum (kg)

L = panjang maksimum benda uji (cm)

b = lebar benda uji (cm)

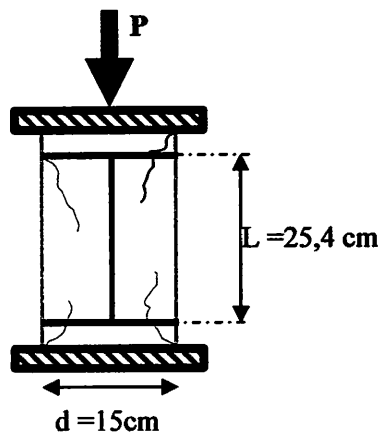
d = tinggi benda uji (cm)

d. Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

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



Gambar 2.4. Ilustrasi Modulus Elastisitas Beton

Keterangan :

E_c = Modulus Elastisitas (kg/cm^2)

ε = regangan

L = tinggi benda uji (cm)

ΔL = perubahan tinggi benda uji (cm)

2.7. Penelitian Terdahulu

1. Dian Rifany K, Iman Satyarno dan Kardiono Tjokrodinuljo (2008)

Dalam penelitian yang berjudul "PENGUNAAN GULA PASIR LOKAL SEBAGAI PLASTICIZER PADA ADUKAN MORTAR UNTUK PEMBUATAN CONBLOCK" disimpulkan bahwa kebutuhan bahan adukan mortar 1 m^3 sebagai bahan pembuatan bata beton untuk lantai (conblock) dengan bahan tambahan 0,2 % gula pasir dengan variasi volume adukan 1:2, 1:4 dan 1:6 dalam proses pembuatannya mengalami pengurangan semen rata – rata kurang dari 3 %. Dan kuat tekannya mengalami penurunan sebesar 2,5 % pada volume adukan 1:2, 10 % pada volume adukan 1:4, 11 % pada

volume adukan 1:6, tetapi hasil kuat tekan tersebut masih memenuhi syarat mutu conblock SII 0819-83 klas I dan II.

2. Didit Suranto, ST

Dalam penelitiannya yang berjudul "APLIKASI STANDARD PROCTOR PADA BETON RCC (ROLLER COMPACTED CONCRETE) DENGAN ADDITIVE (GULA PASIR)" disimpulkan bahwa hasil penelitian beton RCC ditambah additive gula pasir dengan alat pemadat standard proctor menunjukkan peningkatan kepadatan dari jumlah variasi tumbukan 3 x 56 menghasilkan kuat tekan dan kuat tarik belah yang tinggi serta makin padat (berat), didasarkan variasi umur tertentu (1 hari, 7 hari dan 28 hari). Gula pasir memberikan efek memperlambat ikatan pada awal umur beton. Gula pasir pada ikatan beton pada umur 7 hari dapat meningkatkan kuat tekan yang cukup besar. Kuat tarik belah beton silinder lebih kecil dari pada kuat tekan beton silinder, yaitu antara 9-11% dari kuat tekan beton silinder.

2.8. Interval Kepercayaan

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 akan dibuang, sehingga tertinggal data-data yang valid yang siap untuk diuji statistik (Sudjana,1982).

Untuk menguji suatu data dengan interval kepercayaan, maka diambil sekelompok data lalu dihitung secara statistik untuk menentukan titik taksiran. Adapun langkah-langkah untuk menentukan titik taksiran sebagai berikut :

1. Nilai Rata-Rata Simpangan

$$\bar{X} = \frac{(\sum X_{i\text{Total}})}{N}$$

2. Nilai Varian

$$S^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}$$

3. Nilai Simpangan Baku

$$S = \sqrt{S^2}$$

4. Nilai Batas Bawah Dan Batas Atas (Interval)

$$\text{Batas Bawah} = \bar{X} - (t_{0,975} \times \frac{S}{N^{1/2}})$$

$$\text{Batas Atas} = \bar{X} + (t_{0,975} \times \frac{S}{N^{1/2}})$$

Keterangan :

tp = Nilai t didapat dari daftar distribusi student (daftar G)

p = $\frac{1}{2}(1 + \gamma)$

γ = Koefisien kepercayaan

dk = $n - 1$

n = Jumlah sampel

Setelah diperoleh nilai batas bawah dan batas atas, maka data yang ada digolongkan sesuai dengan batasan tersebut dan tersebut dapat disimpulkan apakah data tersebut dapat diterima atau ditolak.

2.9. Analisa Hipotesis

Ada dua bentuk hipotesis yaitu :

1. Hipotesis nol (H_0) adalah hipotesis yang menyatakan tidak adanya perbedaan antara dua varian atau lebih.
2. Hipotesis alternatif (H_a) adalah hipotesis yang menyatakan adanya perbedaan antara dua varian atau lebih.

Untuk menguji suatu hipotesis apakah H_0 diterima dan H_a ditolak atau sebaliknya, maka data-data yang ada diuji menggunakan analisa varian.

Ada dua macam analisa varian, yaitu :

2.9.1. Analisa Varian Satu Arah

Analisa varian satu arah adalah sebuah cara untuk menguji hipotesis guna mendapatkan suatu nilai kebenaran yang diperoleh dengan menghitung secara statistik suatu data atau F_{hitung} yang dibandingkan dengan nilai F_{tabel} sebagai pembanding. Adapun langkah-langkah analisa varian satu arah sebagai berikut :

1. Jumlah Kuadrat Total (JK Total).

$$JK \text{ Total} = \sum X_{Total}^2 - \frac{(\sum X_{Total})^2}{N}$$

2. Jumlah Kuadrat Antar Kelompok (JK Antara).

$$JK \text{ Antara} = \sum \left[\frac{(\sum X_1)^2}{n_1} + \frac{(\sum X_2)^2}{n_2} + \dots + \frac{(\sum X_m)^2}{n_m} \right] - \frac{(\sum X_{Total})^2}{N}$$

3. Jumlah Kuadrat Dalam Kelompok (JK Dalam).

$$JK \text{ Dalam} = JK_{Total} - JK_{Antara}$$

4. Mean Kuadrat Antar Kelompok (MK Antara).

$$MK \text{ Antara} = \frac{JK_{Antara}}{m - 1}$$

5. Mean Kuadrat Dalam Kelompok (MK Dalam).

$$MK \text{ Dalam} = \frac{JK_{Dalam}}{N - m}$$

6. Mencari F_{hitung} .

$$F_{hitung} = \frac{MK_{Antara}}{MK_{Dalam}}$$

Dimana :

N = Jumlah seluruh anggota sampel.

m = Jumlah kelompok sampel

2.9.2. Analisa Varian Dua Arah

Analisa varian dua arah adalah sebuah cara untuk menguji suatu hipotesis yang dipengaruhi oleh beberapa faktor guna mendapatkan suatu nilai kebenaran yang diperoleh dengan menghitung secara statistik suatu data atau F_{hitung} yang dibandingkan dengan nilai F_{tabel} sebagai pembanding.

Adapun langkah-langkah analisa varian dua arah sebagai berikut :

1. Mencari nilai jumlah kuadrat total (JK total).

$$JK \text{ total} = \sum X_{Total}^2 - \frac{(\sum X_{Total})^2}{N}$$

2. Mencari nilai jumlah kuadrat kolom (JK kolom).

$$JK \text{ kolom} = \sum \left[\frac{(\sum X_1)^2}{n_1} + \frac{(\sum X_2)^2}{n_2} + \dots + \frac{(\sum X_m)^2}{n_m} \right] - \frac{(\sum X_{Total})^2}{N}$$

3. Mencari nilai jumlah kuadrat baris (JK baris)

$$JK \text{ baris} = \sum \left[\frac{(\sum X_1)^2}{n_1} + \frac{(\sum X_2)^2}{n_2} + \dots + \frac{(\sum X_m)^2}{n_m} \right] - \frac{(\sum X_{Total})^2}{N}$$

4. Mencarai nilai jumlah kuadrat bagian (JK bagian)

$$JK \text{ bagian} = \sum \left[\frac{(\sum X_1)^2}{n_1} + \frac{(\sum X_2)^2}{n_2} + \dots + \frac{(\sum X_m)^2}{n_m} \right] - \frac{(\sum X_{Total})^2}{N}$$

5. Mencari nilai jumlah kuadrat interaksi (JK interaksi)

$$JK \text{ interaksi} = JK \text{ bagian} - (JK \text{ kolom} + JK \text{ baris})$$

6. Mencari nilai jumlah kuadrat dalam (JK dalam)

$$JK \text{ dalam} = JK \text{ total} - (JK \text{ kolom} + JK \text{ baris} + JK \text{ interaksi})$$

7. Mencari nilai mean kuadrat (MK kolom)

$$MK \text{ kolom} = \frac{JK_{kolom}}{dk_{kolom}}$$

8. Mencari nilai mean kuadrat antar baris (MK baris)

$$MK \text{ baris} = \frac{JK_{baris}}{dk_{baris}}$$

9. Mencari nilai mean kuadrat antar interaksi (MK interaksi)

$$MK \text{ interaksi} = \frac{JK_{Interaksi}}{dk_{Interaksi}}$$

10. Mencari nilai mean kuadrat antar dalam (MK dalam)

$$MK_{\text{dalam}} = \frac{JK_{\text{dalam}}}{dk_{\text{dalam}}}$$

Dimana : $dk_{\text{kolom}} = k - 1$, $k = \text{jumlah kolom}$

$dk_{\text{baris}} = b - 1$, $b = \text{jumlah baris}$

$dk_{\text{interaksi}} = dk_{\text{kolom}} \times dk_{\text{baris}}$

$dk_{\text{dalam}} = (N - k \times b)$, $N = \text{jumlah sampel}$

$dk_{\text{total}} = N - 1$

11. Mencari nilai Fhitung

$$F_{\text{hitung kolom}} = \frac{MK_{\text{kolom}}}{MK_{\text{dalam}}}$$

$$F_{\text{hitung baris}} = \frac{MK_{\text{baris}}}{MK_{\text{dalam}}}$$

$$F_{\text{hitung interaksi}} = \frac{MK_{\text{interaksi}}}{MK_{\text{dalam}}}$$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dan pengujian seluruhnya dilakukan di Laboratorium Struktur dan Jalan Raya Institut Teknologi Nasional Malang mulai dari percobaan bahan dasar sampai pada pelaksanaan pengecoran, pembuatan benda uji, perawatan dan pengetesan.

3.2. Metode Penelitian

1. Studi Literatur, merupakan referensi sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian serta sebagai bahan kajian terhadap teori-teori yang ada.
2. Studi eksperimen, bertujuan untuk mendapatkan data-data pengujian yang akan dianalisis lebih lanjut.

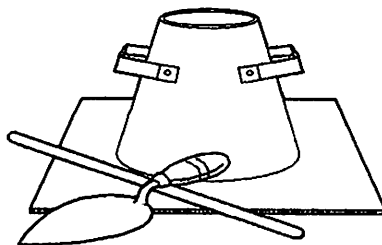
3.3. Peralatan dan Bahan

3.3.1. Peralatan

Peralatan yang digunakan antara lain:

- a. Mesin pencampur beton (*concrete mixer*), dengan kapasitas 0,15 m³.
- b. Tongkat pemadat, dengan ukuran diameter 16 mm dan panjang 0.6 m.
Digunakan untuk memadatkan adukan beton di dalam cetakan, sehingga didapatkan beton yang padat dan tidak keropos.

- c. Kerucut Abrahams, terbuat dari pelat baja berbentuk kerucut berlubang dengan diameter lubang atas 10 cm dan diameter lubang bawah 20 cm serta tinggi 30 cm. Alat ini dilengkapi dengan alas plat baja dan tongkat baja diameter 16 mm, panjang 60 cm sebagai alat pemadat. Kerucut Abrams digunakan untuk pengujian nilai slump dari suatu adukan beton saat pengecoran.



Gambar 3.1. Peralatan Slump Test

- d. Cetakan silinder dari plat baja dengan diameter 10cm dan tinggi 20cm.
e. Cetakan silinder dari plat baja dengan diameter 15cm dan tinggi 30cm.
f. Cetakan balok berukuran lebar 15 cm, tinggi 15 cm dan panjang 60cm.
g. Cetakan benda uji mortar.
h. Alat uji tekan beton.
i. Seperangkat saringan dan timbangan.
j. Bak air untuk perendaman perawatan beton (moist curing)

3.3.2. Bahan

- a. Semen yang digunakan adalah semen portland Cement Composite (PCC) yang diproduksi PT. Semen Gresik.
b. Agregat halus (pasir) digunakan adalah pasir Lumajang.
c. Agregat kasar (kerikil) ukuran 5 – 10 mm.

- d. Air yang digunakan adalah air yang berasal dari PDAM kota Malang.
- e. Bahan tambahan gula pasir dari pabrik gula kebun agung.

3.4. Populasi dan Sampel

Total benda uji yang digunakan sebanyak ± 164 benda uji dengan variasi bentuk, ukuran dan bahan tambahan yang terdiri dari beton dan mortar. Benda uji yang mewakili dari populasi tersebut adalah sampel. Adapun variasi dari bentuk, ukuran dan bahan tambahan gula pasir dapat dibagi sebagai berikut :

Tabel 3.1. Variasi Benda Uji

No	Variasi (%)	Jenis Pengujian		Ukuran Sample (cm)	Jumlah Benda Uji (buah)
1	0	Beton	Kuat Tekan	Cylinder (10x20)	15 + 1
			Kuat Tarik Belah	Cylinder (15x30)	3
			Kuat Tarik Lentur	Balok (15x15x60)	3
			Modulus Elastisitas	Cylinder (15x30)	4
			Porositas	Cylinder (10x20)	3 + 1
		Mortar	Kuat Tekan	Kubus (5x5x5)	9
			Kuat Tarik	Benda Uji Briquette	3
Kuat Tarik Lentur	Balok (4x4x16)		3		
2	0,22	Beton	Kuat Tekan	Cylinder (10x20)	15 + 1
			Kuat Tarik Belah	Cylinder (15x30)	3
			Kuat Tarik Lentur	Balok (15x15x60)	3
			Modulus Elastisitas	Cylinder (15x30)	4
			Porositas	Cylinder (10x20)	3 + 1
		Mortar	Kuat Tekan	Kubus (5x5x5)	9
			Kuat Tarik	Benda Uji Briquette	3
			Kuat Tarik Lentur	Balok (4x4x16)	3

No	Variasi (%)	Jenis Pengujian		Ukuran Sample (cm)	Jumlah Benda Uji (buah)
3	0,23	Beton	Kuat Tekan	Cylinder (10x20)	15 + 1
			Kuat Tarik Belah	Cylinder (15x30)	3
			Kuat Tarik Lentur	Balok (15x15x60)	3
			Modulus Elastisitas	Cylinder (15x30)	4
			Porositas	Cylinder (10x20)	3 + 1
		Mortar	Kuat Tekan	Kubus (5x5x5)	9
			Kuat Tarik	Benda Uji Briquette	3
			Kuat Tarik Lentur	Balok (4x4x16)	3
4	0,24	Beton	Kuat Tekan	Cylinder (10x20)	15 + 1
			Kuat Tarik Belah	Cylinder (15x30)	3
			Kuat Tarik Lentur	Balok (15x15x60)	3
			Modulus Elastisitas	Cylinder (15x30)	4
			Porositas	Cylinder (10x20)	3 + 1
		Mortar	Kuat Tekan	Kubus (5x5x5)	9
			Kuat Tarik	Benda Uji Briquette	3
			Kuat Tarik Lentur	Balok (4x4x16)	3

3.5. Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini, perancangan campuran beton dengan menggunakan “*The British Mix Design Method*” atau di Indonesia dikenal dengan metode DOE (Departmen Of Environment) dengan mutu beton rencana ($f'c$) = 25 Mpa.

3.6. Pengujian Material

3.6.1. Pemeriksaan Berat Isi

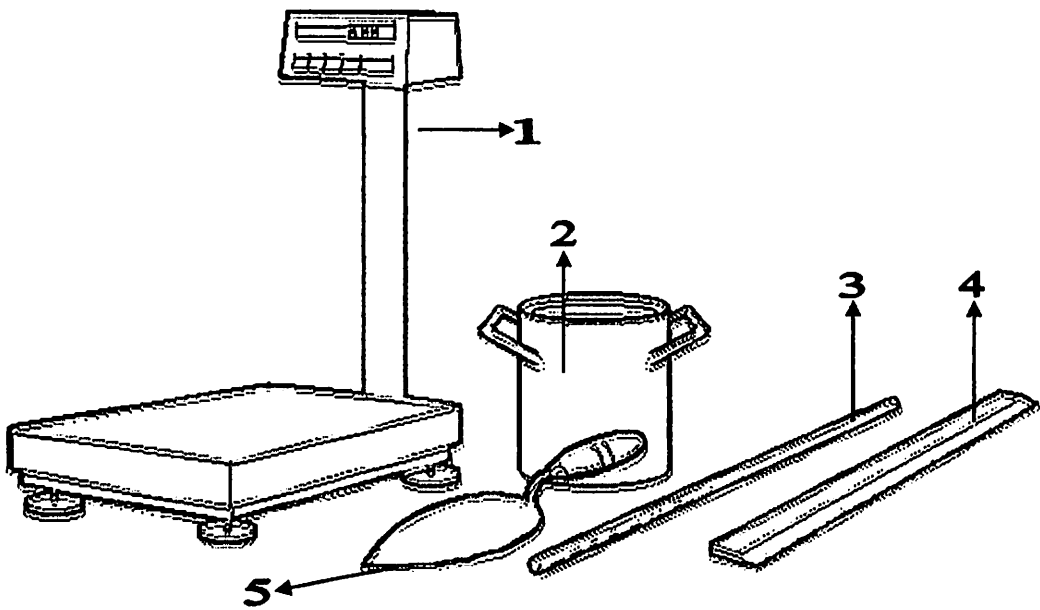
A. Tujuan

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

B. Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh.
- Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan $110 \pm 5^\circ \text{C}$.
- Tongkat pemadat diameter 15 mm, panjang 60 cm, yang ujungnya bulat dan terbuat dari baja tahan karat.
- Mistar perata.
- Sekop.
- Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pemegang sesuai kebutuhan.



Gambar 3.2. Peralatan pemeriksaan berat volume agregat

Keterangan :

1. Timbangan
2. Wadah Baja Berbentuk Silinder

3. Sekop
4. Tongkat Pemasat
5. Mistar Perata

C. Bahan

Bahan yang digunakan adalah agregat kasar, agregat halus dan semen Gresik Tipe I.

D. Prosedur Pemeriksaan

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

1. Berat isi lepas :

- Timbang dan catatlah berat wadah (W1).
- Masukkan benda uji dengan hati – hati agar tidak terjadi pemisahan butir – butir dari ketinggian 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh.
- Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
- Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji (W2).
- Hitunglah berat benda uji ($W3 = W2 - W1$).

2. Berat isi padat :

- 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 ($W3 = W2 - W1$).

3.6.2. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat

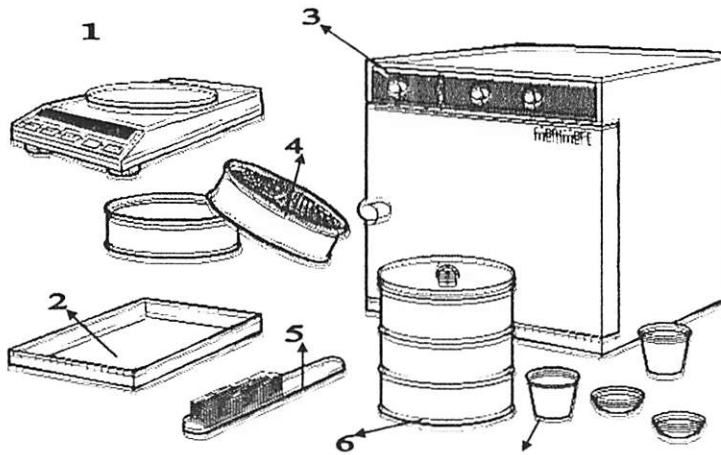
A. Tujuan

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

Peralatan yang digunakan sebagai berikut :

- Timbangan dengan ketelitian 0,2 % dari berat contoh.
- Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan $110 \pm 5^\circ \text{C}$.
- Alat pemisah contoh (*sample splitter*).
- Alat pengatur saringan (*shieve shaker*).
- Talam.
- Kuas, sikat kuningan dan sendok.
- Seperangkat saringan.



Gambar 3.3. Peralatan Analisa Saringan Agregat

Keterangan :

1. Timbangan
2. Oven
3. Saringan
4. Talam
5. Sikat
6. Seperangkat Saringan
7. Alat Pemisah Contoh

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 Penelitian

- Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hingga mencapai berat tetap.

- 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.

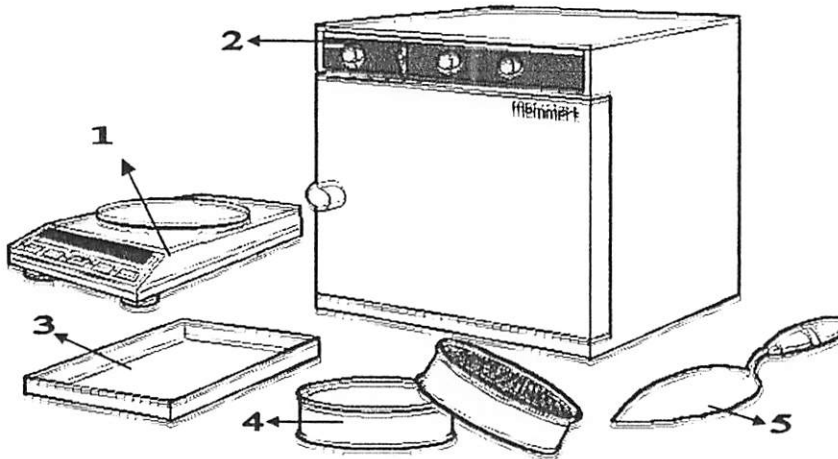
3.6.3. Pemeriksaan Bahan Lewat Saringan No. 200

A. Tujuan

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan jumlah bahan yang terdapat dalam agregat yang lolos saringan No. 200 dengan cara pencucian.

B. Peralatan

1. Saringan No. 16 dan No. 200.
2. Wadah pencuci benda uji dengan kapasitas yang cukup besar sehingga pada waktu diguncang-guncangkan benda uji / air pencuci tidak tumpah.
3. Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
4. Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari berat benda uji.
5. Talam berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat.
6. Sekop.



Gambar 3.4. Peralatan pemeriksaan bahan lolos saringan No. 200

- Keterangan :
- | | |
|--------------|-------------|
| 1. Timbangan | 4. Saringan |
| 2. Oven | 5. Sekop |
| 3. Talam | |

C. Bahan-Bahan

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

Tabel 3.2. Berat Minimum Untuk Ukuran Maksimum

Ukuran maksimum			Berat minimum
2,36	mm	No. 8	100 gram
1,18	mm	No. 4	500 gram
9,50	mm	3/8 "	2000 gram
19,10	mm	3/4 "	2500 gram
38,10	mm	1 1/2 "	5000 gram

Sumber : Pedoman Praktikum

D. Langkah-Langkah

1. Memasukkan contoh agregat yang beratnya 1,25 kali berat minimum benda uji ke dalam talam. Dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga mencapai berat tetap.
2. Memasukkan benda uji agregat ke dalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
3. Mengguncang-guncangkan wadah dan tuangkan air cucian ke dalam susunan saringan No. 16 dan No. 200.
4. Memasukkan air pencuci baru, dan ulangilah pekerjaan di atas sampai air pencuci jernih.
5. Memasukkan kembali semua bahan yang tertahan saringan No. 16 dan No. 200 dalam wadah; kemudian memasukkan seluruh bahan tersebut ke dalam talam yang telah diketahui beratnya (W_2). Meringkan dalam oven, dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ hingga mencapai berat tetap.
6. Setelah kering menimbang dan mencatat beratnya (W_3).
7. Menghitung berat bahan kering tersebut ($W_4 = W_3 - W_2$).

3.6.4. Pemeriksaan Kotoran Organik

A. Tujuan

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

B. Peralatan

Peralatan yang digunakan sebagai berikut :

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

C. Bahan

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

D. Prosedur Penelitian

- Contoh benda uji dimasukkan ke dalam botol.
- Tambahkan senyawa NaOH 3%. Setelah dikocok, total volume menjadi kira – kira $\frac{3}{4}$ volume botol.
- Botol ditutup rapat, kemudian dikocok kembali. Diamkan botol selama 24 jam.
- Setelah 24 jam, bandingkan warna cairan yang terlihat dengan warna standar No.3 (lebih tua atau lebih muda).
- Larutan NaOH 3% diperoleh dari campuran 3 bagian larutan berat NaOH dalam 97 bagian berat air suling.
- Bila warna cairan contoh lebih tua dari warna standar No.3 berarti kandungan bahan organik melebihi toleransi (pasir terlalu kotor).

Tabel 3.3 Warna Standart

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

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton

3.6.5. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

A. Tujuan

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

- Gelas ukur.
- Alat pengaduk.

C. Bahan

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

D. Prosedur Penelitian

- Contoh benda uji dimasukkan ke dalam gelas ukur.
- Tambahkan air pada gelas ukur guna melarutkan lumpur.
- Gelas dikocok untuk mencuci pasir dari lumpur.

- Simpan gelas pada tempat yang datar dan biarkan lumpur mengendap setelah 24 jam.
- Ukur tinggi pasir (V1) dan tinggi lumpur (V2).

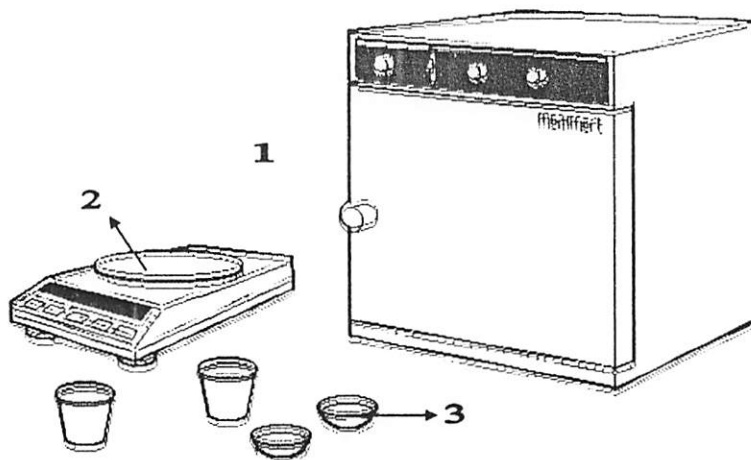
3.6.6. Pemeriksaan Kadar Air Agregat

A. Tujuan

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.

B. Peralatan

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



Gambar 3.5. Peralatan Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Keterangan : 1. Timbangan 4. Saringan

2. Oven

5. Sekop

3. Talam

C. Bahan

Berat minimum contoh agregat tergantung pada ukuran maksimum agregat tersebut.

D. Prosedur Penelitian

- 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 ($W_5 = W_4 - W_1$).

3.6.7. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

A. Tujuan

Menentukan "*bulk and 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 Penelitian

- Benda uji direndam selama 24 jam.
- Benda uji dikeringmukakan (kondisi SSD) dengan menggunakan handuk pada butiran agregat.
- Timbang contoh, hitung berat contoh kondisi SSD (Bj).
- Contoh benda uji dimasukkan ke dalam keranjang dan direndam kembali di dalam air. Temperatur air dijaga ($73,4 \pm 3^\circ \text{F}$). Setelah didinginkan, contoh ditimbang. Hitung berat contoh kondisi kering (Bk).

3.6.8. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

A. Tujuan

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 gram 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.

C. Bahan

Berat contoh agregat disiapkan sebanyak 1000 gram. Contoh diperoleh dari bahan yang diproses melalui alat pemisah atau cara perempatan.

D. Prosedur Penelitian

- Agregat halus yang jenuh air dikeringkan sampai diperoleh kondisi dengan indikasi contoh tercurah dengan baik.
- Sebagian dari contoh dimasukkan pada "metal sand cone mold". Benda uji dipadatkan dengan tongkat pemadat (tamper). Jumlah tumbukan 25 kali. Kondisi SSD contoh diperoleh jika cetakan diangkat, butiran – butiran pasir longsor / runtuh.

- Contoh agregat halus seberat 500 gram dimasukkan ke dalam piknometer. Isilah piknometer tadi dengan air sampai 90% penuh. Bebaskan gelembung – gelembung udara dengan cara menggoyangkan piknometer tersebut. Rendamlah piknometer dengan suhu air ($73,4 \pm 3^\circ$)F.
- selama 24 jam.
- Pisahkan contoh benda uji dengan piknometer dan keringkan pada suhu (213 ± 230)° F. Langkah ini harus diselesaikan dalam waktu 24 jam.
- Timbanglah berat piknometer yang berisi air sesuai dengan kapasitas kalibrasi pada temperatur ($73,4 \pm 3^\circ$)F, dengan ketelitian 0,1 gram.

3.6.9. Pengujian Keausan Agregat (Abrasi Test) Dengan Alat Los Angeles

A. Tujuan

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan ketahanan agregat kasar yang lebih kecil dari 37,5 mm ($1 \frac{1}{2}$ ") terhadap keausan dengan menggunakan alat Los Angeles.

B. 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").

- Bola – bola baja dengan diameter rata – rata 4,68 cm (1 7/8") dan berat masing – masing antara 400 gram sampai 440 gram.
- Saringan mulai ukuran 37,5 mm (1 1/2 ") sampai 2,38 mm (No.8).
- Timbangan dengan kapasitas 5000gram dan dengan ketelitian 1 gram.
- Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu, memanasi sampai $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

C. 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 jumlah bola yang dipakai.

D. Prosedur Penelitian

- 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.40 dan 1,7mm (No.12). Butiran yang lebih besar dari 1,7 mm (tertahan di kedua saringan tersebut) dicuci bersih,

kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu $110 \pm 5^\circ\text{C}$ sampai berat menjadi tetap. Kemudian timbang dengan ketelitian 5 gram.

3.7. Pelaksanaan Uji Mortar

3.7.1. Persiapan Pembuatan Campuran

A. Tujuan

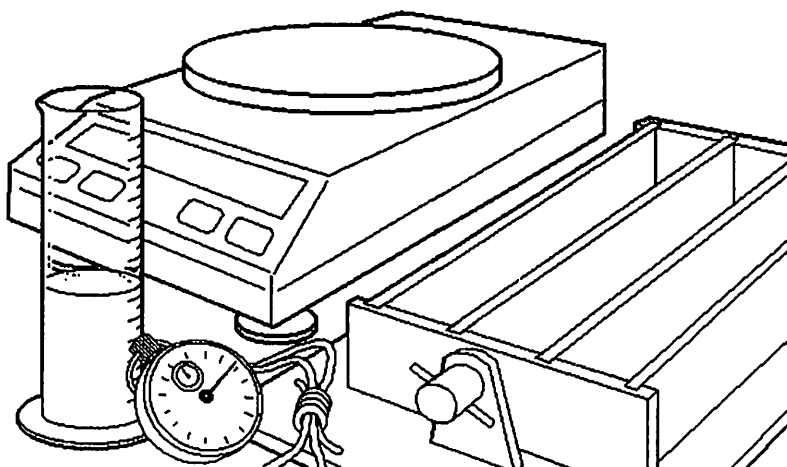
Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan :

1. Kekuatan tekan mortar semen portland dengan contoh benda uji berbentuk kubus berukuran (5 x 5 x 5) cm.
2. Kekuatan tarik aksial mortar semen portland dengan contoh benda uji Briquette
3. Kekuatan lentur tarik mortar semen portland dengan benda uji (40 x 40 x 160) mm

B. Peralatan

1. Neraca, kapasitas 5000 gram dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh.
2. Gelas ukur, dengan ketelitian 2 ml. Alat pengaduk, (ASTM C.305-65). Gambar no. 2 PA – 0103-76.
3. Sendok perata dan pengukur leleh.
4. Meja leleh (flow table, ASTM C.230-68).
5. Mesin tekan dengan ketelitian pembacaan 1%
6. Pasir.
7. Semen
8. Air suling $\pm 500 \text{ cm}^3$.

9. Cetakan Briquette
10. Kubus mortar (5 x 5 x 5) cm.
11. Balok mortar (4 x 4 x 16) cm
12. Alat pemadat
13. Mesin Flexure – Tensile Testing.



Gambar 3.6. Peralatan Pemeriksaan Mortar

C. Variasi Campuran Mortar

Untuk kebutuhan Bahan dan Variasi gula pasir dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.4. Kebutuhan Total Bahan dan Variasi Gula Pasir Untuk Campuran Mortar Per Variasi

Kadar Gula (%)	Kebutuhan Bahan (gr)			
	Semen	Pasir	Air	Gula Pasir
0	1400	3850	420	-
0,22	1400	3850	420	3,08
0,23	1400	3850	420	3,22
0,24	1400	3850	420	3,36

Sumber : Pedoman Praktikum

D. Benda Uji

1. Kubus mortar berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm.
2. Briquette mortar.
3. Balok mortar (4 x 4 x 16) cm.

E. Prosedur Pelaksanaan

1. Masukkan air pencampur berupa air suling sebanyak 30 % dari berat semen ke dalam wadah alat pengaduk.
2. Timbanglah 500 gram semen dan Pasir sebanyak 1375 gram masukkan ke dalam wadah, kemudian diaduk.
3. Lakukan percobaan leleh dengan mengisikan mortar ke dalam cincin yang terletak di atas meja leleh, cincin diisi dalam 2 lapis, setiap lapis dipadatkan dengan menumbuk sebanyak 20 kali. Ratakan permukaan mortar dengan sendok perata, angkatlah cincin dan getarkan meja leleh sebanyak 25 kali selama 15 detik.
4. Ukurlah diameter leleh, sekurang-kurangnya pada 4 tempat dan ambil harga rata-rata. (diameter leleh harus antara 100 – 115% dari diameter semula).
5. Apabila diameter leleh yang disyaratkan belum didapat, ulanglah pekerjaan dari a sampai c dengan mengubah kadar air.
6. Setelah diameter leleh yang disyaratkan didapat, cetaklah mortar dengan cetakan kubus 5 x 5 x 5 cm; cetakan diisi dalam 2 lapisan dimana setiap lapisan dipadatkan dengan penumbuk sebanyak 32

kali dalam 4 putaran . Keseluruhan waktu yang digunakan untuk mencetak tidak boleh lebih dari 2 menit.

7. Ratakan permukaan mortar dengan sendok perata kemudian diamkan selama 24 jam.
8. Bukalah cetakan dan diamkan diudara bebas selama 24 jam, kemudian rendamlah mortar dalam air bersih kemudian periksalah kekuatan tekan mortar pada Mesin Tekan pada umur 28 hari . Demikian juga kekuatan tarik aksial dan tarik lentur diperiksa dengan menggunakan mesin Flexure – Tensile Testing.

3.7.2. Perawatan Benda Uji Mortar

Langkah – langkah perawatan benda uji mortar adalah sebagai berikut :

1. Setelah pelepasan cetakan, benda uji diberi tanda sesuai dengan kelompok identitas masing – masing, lalu direndam dalam bak perendaman, yang bertujuan untuk menghindari retak rambut.
2. Benda uji diletakkan dalam bak perendaman selama 7 hari, dan diangkat lalu dikeringkan di tempat yg tidak lembab selama 21 hari.

3.7.3. Pengujian Kuat Tekan, Tarik Aksial Dan Lentur Mortar

A. Tujuan

Tujuan Pelaksanaan pengujian ini adalah menentukan kekuatan tekan, tarik aksial dan lentur mortar yang dibuat dan dirawat (cured) di laboratorium.

B. Peralatan

1. Mesin penguji tekan hidrolis dengan kapasitas sesuai dengan kebutuhan
2. Mesin Flexure – Tensile Testing

C. Pengujian

1. Kuat Tekan Mortar :

- Ambillah benda uji dari tempat perawatan
- Timbang dan catatlah berat benda uji
- Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentries
- Jalankan mesin uji tekan.
- 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.

2. Kekuatan Tarik Aksial dan Lentur Mortar :

- Ambillah benda uji dari tempat perawatan
- Timbang dan catatlah berat benda uji
- Letakkan benda uji pada mesin lentur secara sentries
- 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

3.8. Pembuatan Beton

3.8.1. Pelaksanaan Campuran (Pengecoran)

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

- a. Persiapkan bahan campuran sesuai dengan rencana berat 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. Untuk campuran benda uji dengan bahan tambah gula, gula dilarutkan terlebih dulu dengan air baru kemudian dimasukkan ke dalam campuran. Kadar gula pasir yang ditambahkan pada adukan beton yaitu 0,22%, 0,23% dan 0,24% dari berat semen yang digunakan dalam adukan.
- g. Tuangkan sebanyak $\frac{1}{3}$ jumlah air ke dalam wadah dan lakukan pencampuran sampai terlihat konsistensi adukan yang merata.

- h. Tambahkan 1/3 jumlah air ke dalam wadah dan ulangi proses untuk mendapatkan konsistensi adukan.
- i. Lakukan pemeriksaan slump.
- j. Apabila nilai slump sudah mencapai nilai rencana, lakukan pembuatan benda uji beton.
- k. Buatlah benda uji silinder atau balok sesuai dengan petunjuk jumlah benda uji yang ditetapkan.

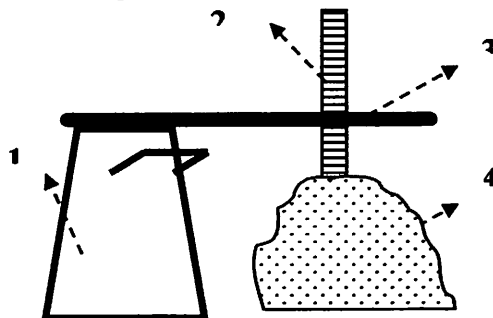
3.8.2. Uji Slump Beton

A. Tujuan

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

B. Peralatan

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



Gambar 3.7. Pengujian Slump

Keterangan :

1. Krucut Abraham
2. Penggaris
3. Besi Penumbuk
4. Sampel Campuran Beton

C. Prosedur Pelaksanaan

- Cetakan dan pelat dibasahi dengan kain basah.
- Letakkan cetakan di atas pelat.
- Isilah cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam 3 lapis. Tiap lapis kira-kira $\frac{1}{3}$ isi cetakan. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Tongkat pemadat harus masuk tepat sampai bagian bawah tiap-tiap lapisan. Pada lapisan pertama, penusukan bagian tepi dilakukan dengan tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan dinding cetakan.
- 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.
- Cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas.
- Balikkan cetakan dan letakkan di samping benda uji.
- Ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata dari benda uji.

3.8.3. Pengujian Workability

A. Tujuan

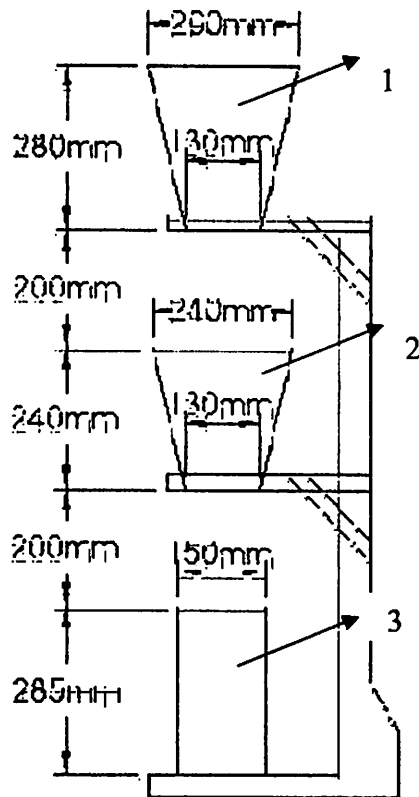
Tujuan pengujian workability ini adalah untuk mengetahui kelecakan (kemudahan dalam pengerjaan) campuran beton segar/basah.

B. Peralatan

- Satu set alat compacting factor test
- Sendok campuran
- Ember
- Timbangan

C. Prosedur Pekerjaan

- Setelah campuran beton diuji slump, campuran tersebut diletakan kedalam silinder yang paling atas.
- Dasar-dasar silinder dibuka sehingga campuran beton jatuh ke silinder yang kedua.
- Dasar silinder kedua dilepas lagi, sehingga campuran beton jatuh ke silinder yang paling bawah.
- Campuran dalam silinder tersebut diratakan, kemudan ditimbang.
- Campuran kemudian dipadatkan (bila perlu ditambahkan campuran lagi), lalu ditimbang lagi.



Keterangan :

1. Corong (260/130)
2. Corong (240/130)
3. Silinder (150 x 285)

Gambar 3.8. Pengujian Workability Beton

3.8.4. Pembuatan Dan Persiapan Benda uji

A. Tujuan

Tujuan dari tahap pelaksanaan ini merupakan inti dari penelitian secara keseluruhan yaitu membuat benda uji beton dengan penambahan bahan tambahan gula pasir untuk diperiksa pengaruhnya terhadap sifat mekanis dan fisis beton pada mutu beton 25 Mpa.

B. Peralatan

- Cetakan silinder, diameter 10 cm dan tinggi 20 cm (digunakan untuk pengujian tekan dan pengujian porositas)

- Cetakan silinder, diameter 15 cm dan tinggi 30 cm (digunakan untuk pengujian tarik belah dan modulus Elastisitas)
- Cetakan balok (15 x 15 x 60) cm (digunakan untuk pengujian lentur)
- Tongkat pemadat baja karat, diameter 16 mm, panjang 60 cm dengan ujung dibulatkan.
- Bak pengaduk beton kedap air atau mesin pengaduk (molen / mixer)
- Timbangan dengan ketelitian 0,3 % dari berat contoh.
- Mesin uji tekan dengan kapasitas sesuai dengan kebutuhan.
- Mesin uji lentur balok beton.
- Peralatan tambahan : ember, sekop, sendok perata dan talam.

C. Prosedur Pelaksanaan

1. 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 cetakan.
2. 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.
3. Padatkan adukan dalam cetakan, sampai permukaan adukan beton mengkilap.
4. 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, ketukan 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.

5. Setelah 24 jam, bukalah cetakan dan keluarkan benda uji

D. Perawatan Benda uji

Langkah – langkah perawatan benda uji beton normal

1. Setelah pelepasan benda uji, diamkan selama 24 jam pada tempat yang terlindungi. Ini bertujuan agar tidak terjadi penguapan yang berlebihan akibat sinar matahari maupun penambahan air akibat hujan. Kemudian benda uji diberi tanda sesuai dengan kelompok identitas masing – masing. Untuk benda uji dengan bahan tambah gula pasir setelah dilepas dari cetakan diamkan selama 2 x 24 jam. Karena berdasarkan pengalaman pada waktu penelitian bila tidak didiamkan selama 2 hari beton akan hancur pada saat direndam.
2. Benda uji diletakkan dalam bak perendaman selama 7 hari. Kemudian diangkat dan ditutup dengan karung goni. Sehari sebelum diuji karung goni dilepas. Kemudian beton diuji pada umur 28 hari.

E. Persiapan Pengujian.

- Ambillah benda uji yang akan ditentukan kekuatannya dari bak perendaman kemudian bersihkan dari kotoran yang menempel dengan kain yang lembab.
- Tentukan berat dan ukuran benda uji.
- Pemeriksaan kekuatan beton dilakukan pada umur 28 hari.

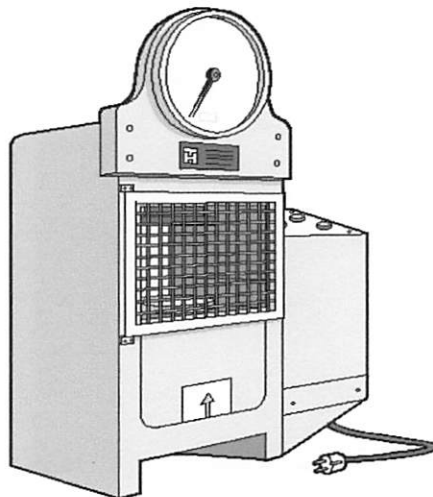
3.8.5. Pengujian Kuat Tekan, Tarik Belah Dan Tarik Lentur Beton.

A. Tujuan

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

B. Peralatan

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

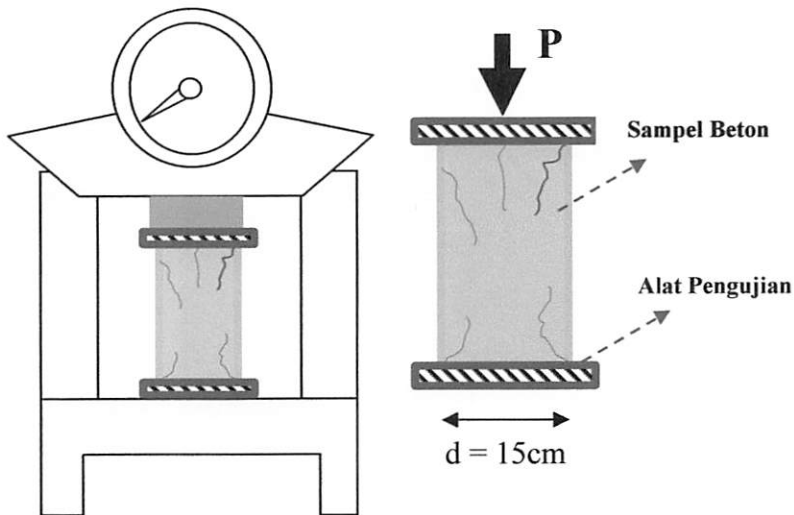


Gambar 3.9. Alat Uji kuat Tekan

C. Pengujian

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.



Gambar 3.10. Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat Tekan beton dihitung dengan persamaan :

$$f_c = \frac{P}{A \cdot F_u} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \rightarrow \text{(SK-SNI-M-14)}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi d^2$$

Keterangan :

f_c = kuat tekan beton (kg/cm²)

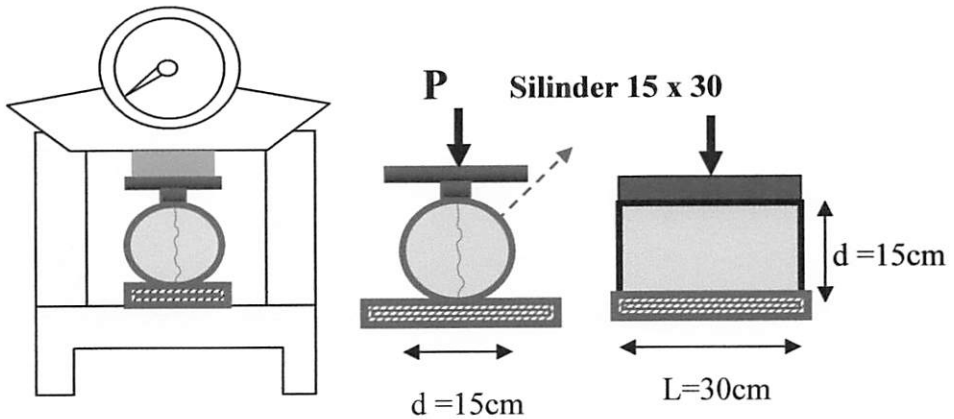
P = beban maksimal (kg)

A = luas penampang benda uji (cm²)

F_u = faktor umur (terlampir)

Kuat Tarik Belah :

- Ambillah benda uji dari tempat perawatan
- Timbang dan catatlah berat benda uji
- Pasang benda uji pada pemegang benda uji belah secara secara sentris, kemudian letakkan benda uji beserta pemegangnya pada mesin tekan secara sentris.
- Jalankan mesin uji tekan. Tekanan harus dinaikkan berangsur-angsur dengan kenaikan berkisar antara 4 kg/cm² s/d 6 kg/cm² per detik.
- Lakukan pembebanan sampai benda uji terbelah dan catatlah beban maksimum yang terjadi pada saat benda uji terbelah.
- Lakukan langkah-langkah di atas sesuai dengan jumlah benda uji yang akan diperiksa.



Gambar 3.11. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Kuat Tarik Belah dihitung dengan persamaan :

$$\sigma_t = \frac{2.P}{\pi.L.d}$$

Keterangan :

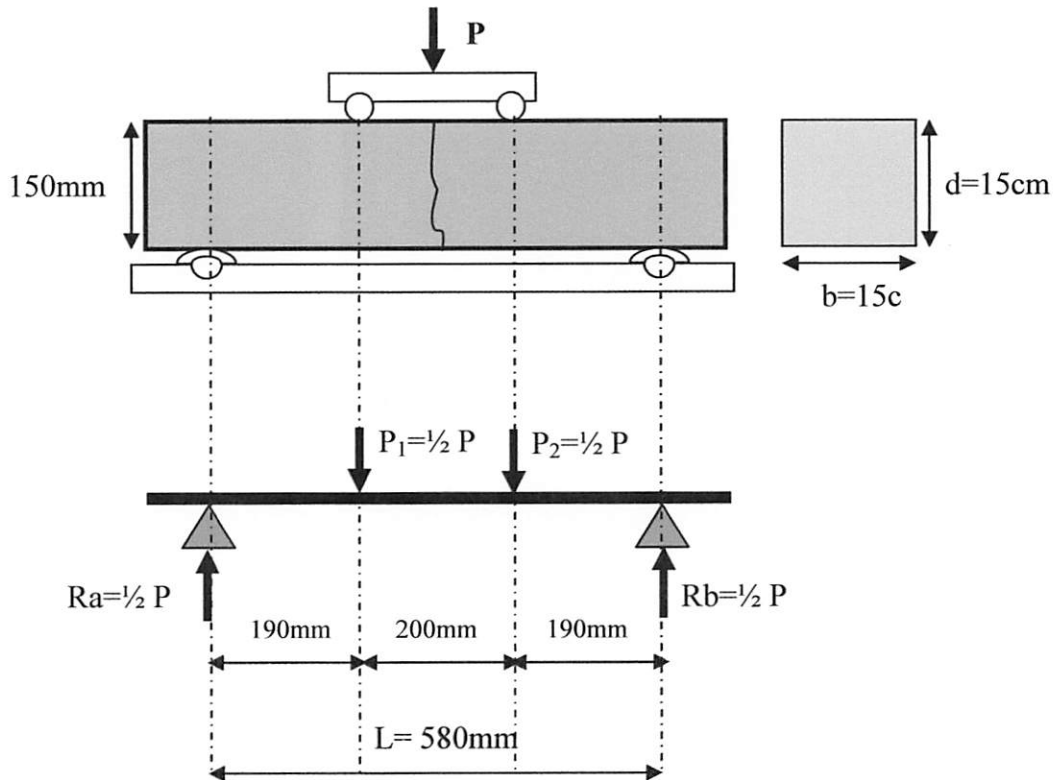
- σ_t = Kuat Tarik Belah (kg/cm^2)
- P = Beban maksimum (kg)
- L = Panjang benda uji (cm)
- d = Diameter (cm)

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.

1. Kuat tarik lentur untuk $L=580$ mm dan keruntuhan di tengah bentang



Gambar 3.12. Pengujian Kuat Tarik Lentur I

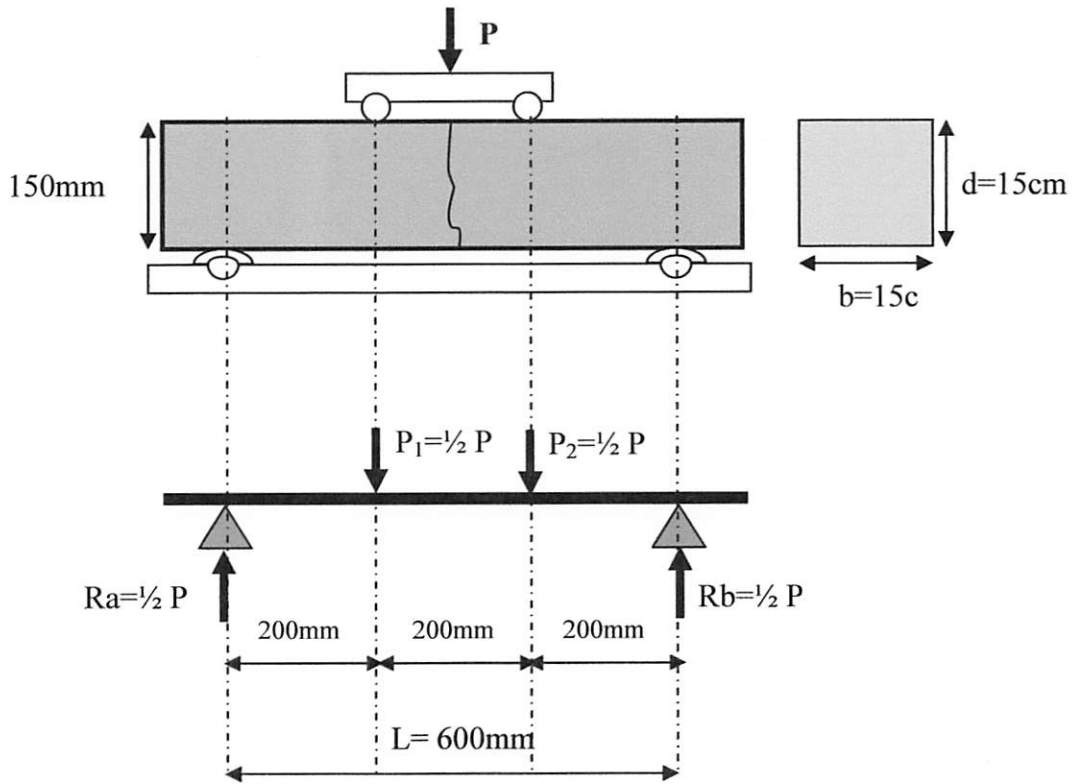
Kuat tarik lentur dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Maksimum} &= R_a \times 290 - P_1 \times 100 \\
 &= \frac{1}{2} P \times 290 - \frac{1}{2} P \times 100 \\
 &= 95P
 \end{aligned}$$

$$\text{Kuat Tarik Lentur (fr)} = \frac{M}{W} = \frac{95P}{\frac{1}{6} b \times d^2}$$

$$\text{fr} = \frac{570P}{b \times d^2}$$

2. Kuat tarik lentur untuk $L=600$ mm dan keruntuhan di tengah bentang



Gambar 3.13. Pengujian Kuat Tarik Lentur II

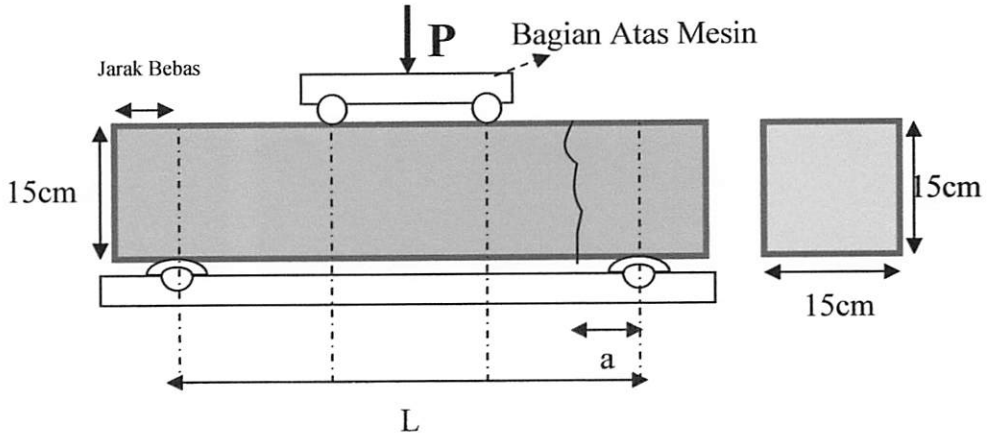
Kuat tarik lentur dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Maksimum} &= R_a \times 300 - P_1 \times 100 \\
 &= \frac{1}{2} P \times 300 - \frac{1}{2} P \times 100 \\
 &= 100P
 \end{aligned}$$

$$\text{Kuat tarik lentur (fr)} = \frac{M}{W} = \frac{100P}{\frac{1}{6} b \times d^2}$$

$$fr = \frac{600P}{b \times d^2}$$

3. Kuat tarik lentur untuk keruntuhan di luar tengah bentang



Gambar 3.14. Pengujian Kuat Tarik Lentur Keruntuhan Di Luar Tengah Bentang

Kuat tarik lentur dihitung dengan persamaan :

$$M = \frac{1}{2} P \times a$$

$$Fr = \frac{M}{W} = \frac{\frac{1}{2} P \times a}{\frac{1}{6} b \times d^2}$$

$$Fr = \frac{3P \times a}{b \times d^2}$$

Keterangan :

fr = kekuatan tarik lentur (kg/cm²)

P = beban maksimum (kg)

L = panjang maksimum benda uji (cm)

b = lebar benda uji (cm)

d = tinggi benda uji (cm)

M = momen maksimum (kgcm)

3.8.6. Pengujian Porositas

A. Tujuan

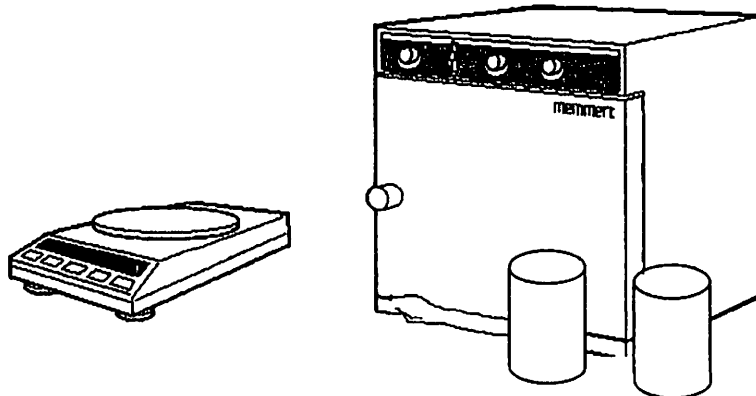
Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa banyak rongga kosong didalam beton (porositas).

B. Peralatan

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

C. Pelaksanaan

- Benda uji yang telah mencapai umur tertentu, direndam dalam bak perendam selama 24 jam.
- Benda uji dari perendaman kemudian dilab dengan kain dan ditimbang serta dicatat beratnya.
- Selanjutnya benda uji dimasukkan ke oven dengan suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ selama 24 jam.
- Benda uji kering oven ditimbang dan dicatat beratnya.



Gambar 3.15. Pengujian Porositas Beton

Porositas dihitung dengan persamaan

- Perhitungan Volume Pori Terbuka (V_p)

$$\text{Volume Pori Terbuka} = \frac{W_{\text{SSD}} - W_a}{\rho_{\text{air}}}$$

- Perhitungan Porositas

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

Keterangan :

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

W_a = berat benda uji keadaan kering oven

ρ_{air} = berat jenis air 1 gr/ml

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

3.8.7. 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 alat pengukur deformasi bentuk (pengukur ΔL) yang diletakkan menempel secara magnetis pada uji kuat tekan.

$$E_c = \frac{f_c}{\varepsilon} \gg \varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Keterangan :

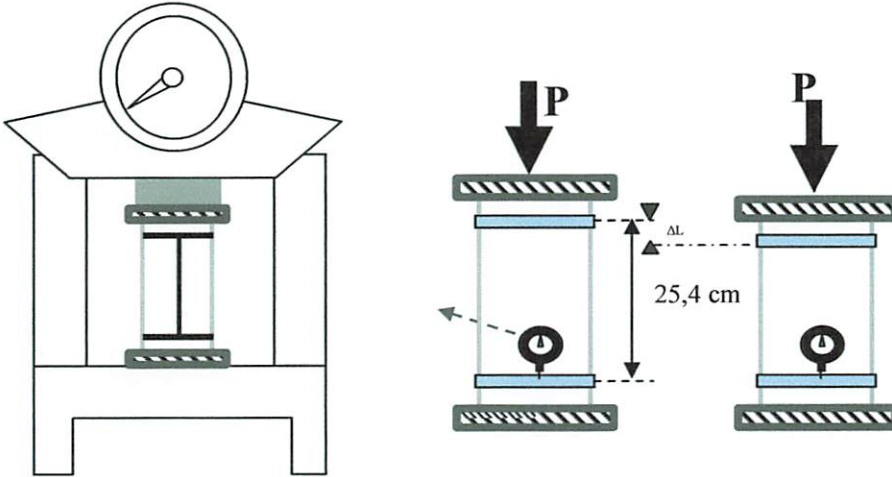
E_c = Modulus Elastisitas (kg/cm^2)

ε = regangan

ε = regangan

L = tinggi benda uji (cm)

ΔL = perubahan tinggi benda uji (cm)

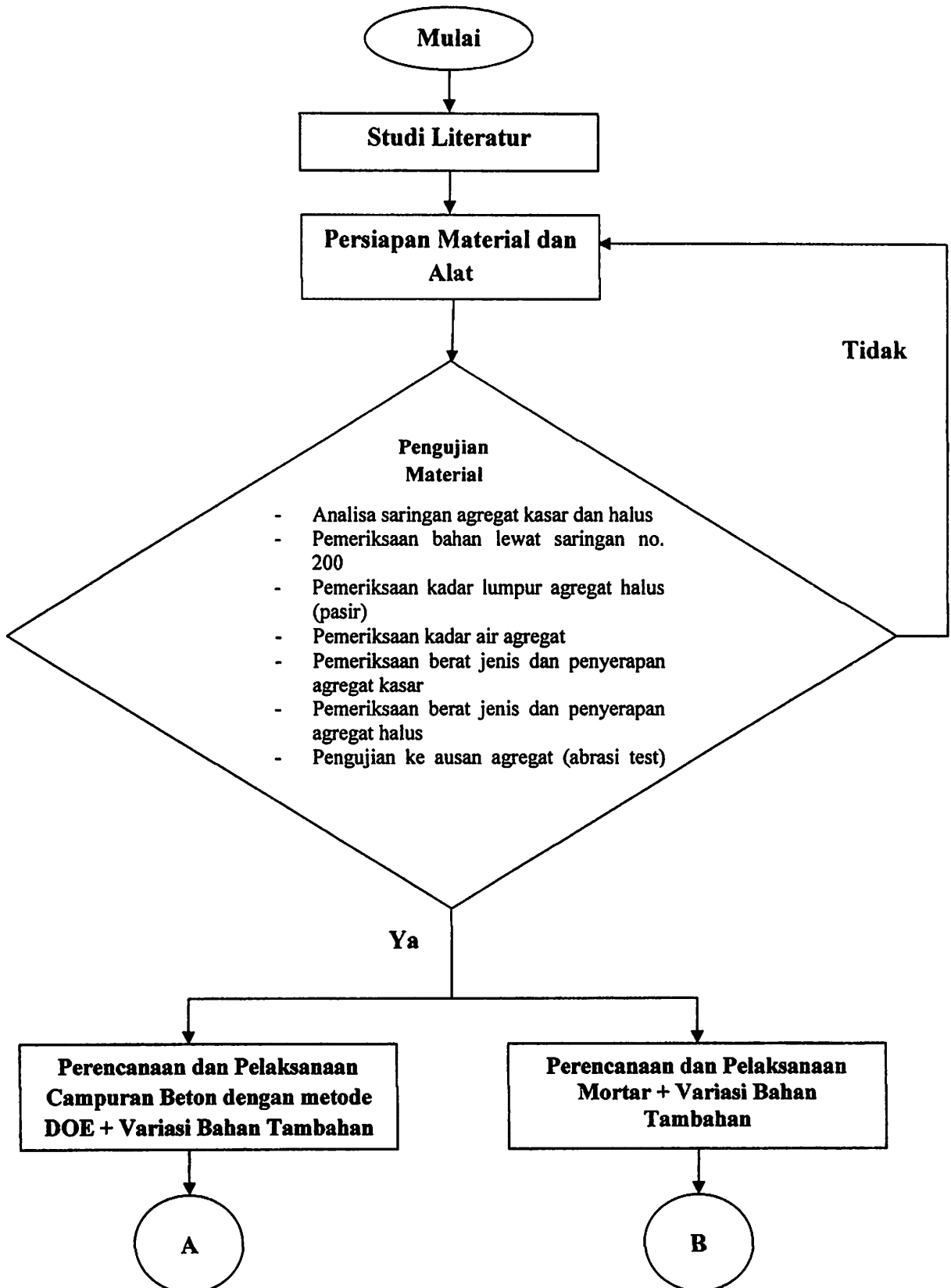


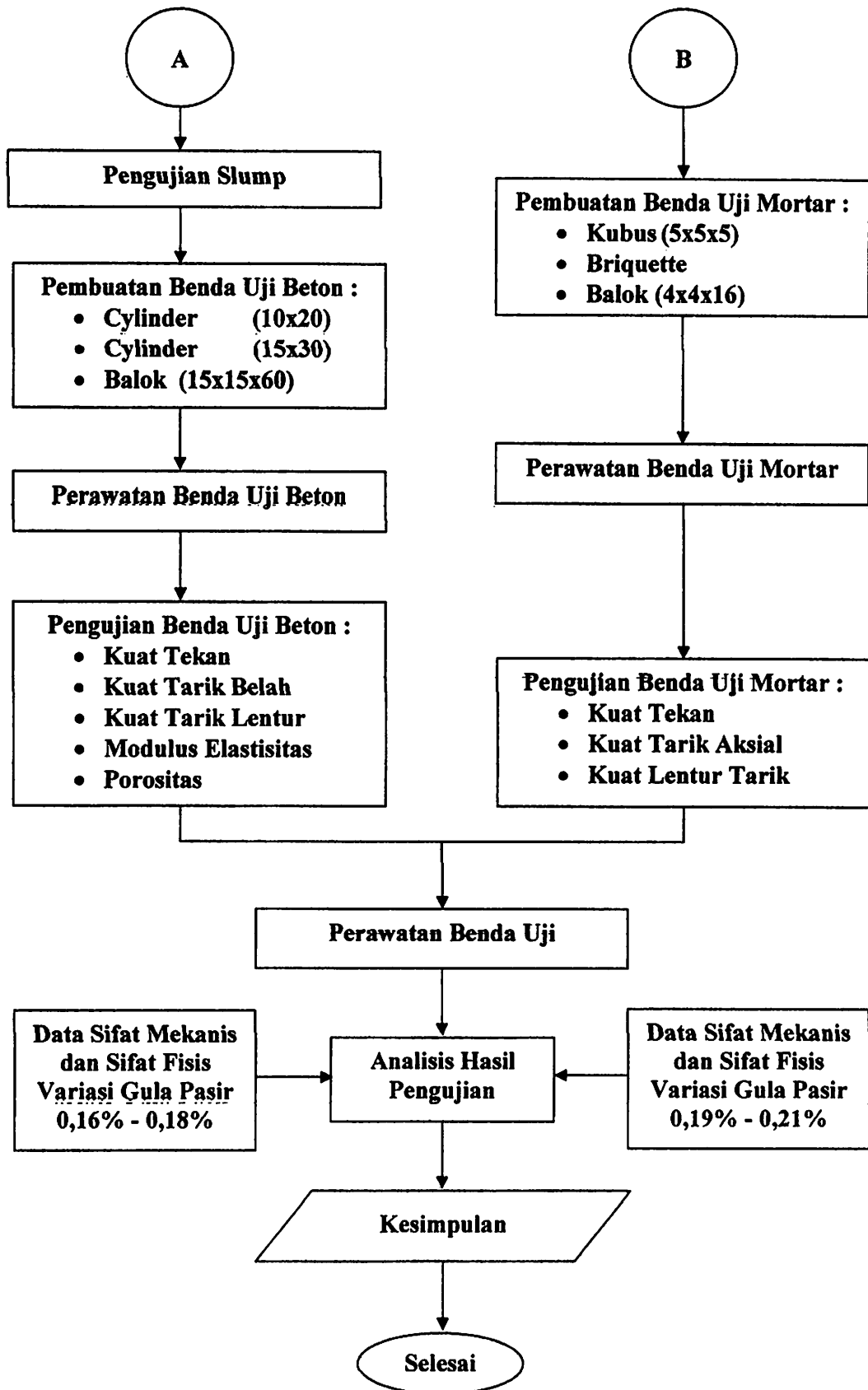
Gambar 3.16. Pengujian Modulus Elastisitas Beton

C. Pelaksanaan.

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

3.9. Bagan Alir Proses Penelitian





BAB IV

PELAKSANAAN PENELITIAN

4.1. Pengujian Material

4.1.1. Pemeriksaan Berat Isi

Dari Penelitian yang dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut :

Contoh Perhitungan Agregat Halus (Lepas/Gembur)

Berat Tempat + Benda Uji (gr) :

I = 7450 II = 7460 III = 7480

Berat Tempat (gr) :

I = 3560 II = 3560 III = 3560

Berat Benda Uji (gr) :

I = 3890 II = 3900 III = 3920

Cara Perhitungan

Isi Tempat (cm³) :

I = 3000 II = 3000 III = 3000

Berat Isi Benda (gr/cm³):

$$I = \frac{3890}{3000} = 1,2967 \quad II = \frac{3900}{3000} = 1,300 \quad III = \frac{3920}{3000} = 1,3067$$

Berat Isi Benda Uji rata – rata (gr/cm³):

$$= (1,2967+1,300+1,3067)/3 = 1.301133$$

Perhitungan selanjutnya dapat ditabelkan....

- Prosentase kumulatif yang tertahan = $5.99 + 10.21 = 16.20$ dst.
- Prosentase kumulatif yang lewat = $100 - 5.99 = 94.02$ dst.

Perhitungan Selanjutnya dapat di lihat di tabel.....

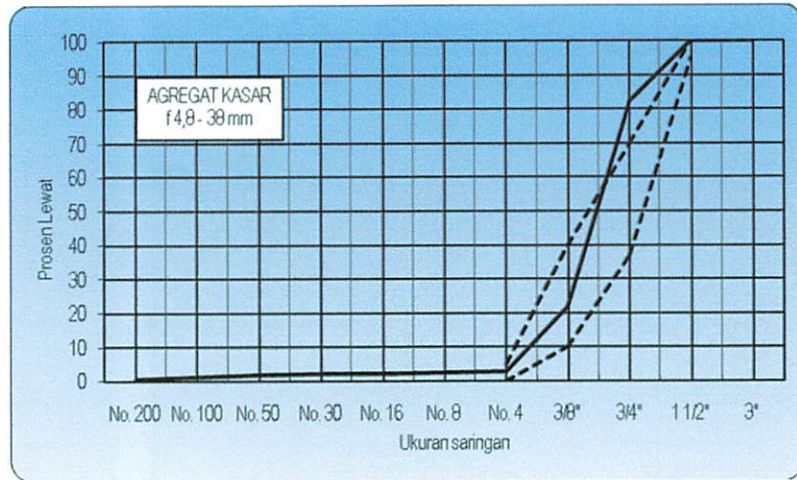
Tabel 4.3. Analisa Saringan Agregat Halus

Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76.2 mm (3")	0.00	0.00	0.00	100.00
38.1 mm (1 1/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.1 mm (3/4")	0.00	0.00	0.00	100.00
9.6 mm (3/8 ")	0.00	0.00	0.00	100.00
4.75 mm (no. 4)	239.40	5.99	5.99	94.02
2.36 mm (no. 8)	408.50	10.21	16.20	83.80
1.18 mm (no. 16)	613.00	15.33	31.52	68.48
0.6 mm (no. 30)	756.10	18.90	50.43	49.58
0.3 mm (no. 50)	845.00	21.13	71.55	28.45
0.15 mm (no. 100)	835.90	20.90	92.45	7.55
0.075 mm (no. 200)	135.70	3.39	95.84	4.16
Pan	59.20	1.48	97.32	2.68

Tabel 4.4. Analisa Saringan Agregat Kasar

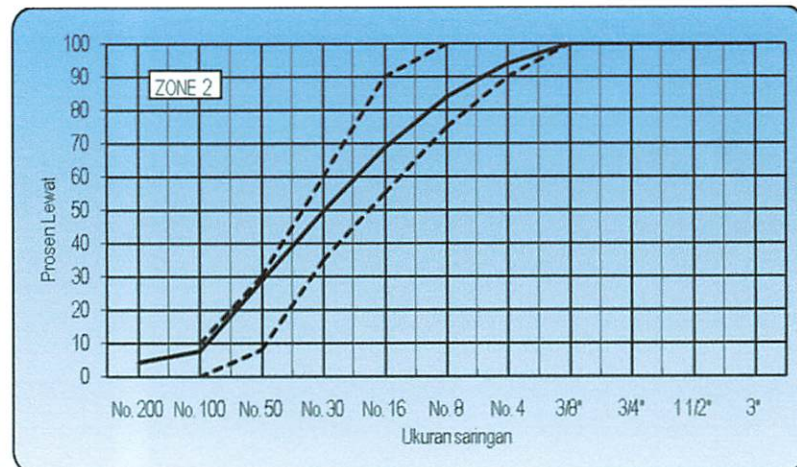
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76.2 mm (3")	0.00	0.00	0.00	100.00
38.1 mm (1 1/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.1 mm (3/4")	3.73	17.47	17.47	82.53
9.6 mm (3/8 ")	12.98	60.80	78.27	21.73
4.75 mm (no. 4)	4.02	18.83	97.10	2.90
2.36 mm (no. 8)	0.12	0.57	97.67	2.33
1.18 mm (no. 16)	0.04	0.17	97.84	2.16
0.6 mm (no. 30)	0.03	0.15	97.99	2.01
0.3 mm (no. 50)	0.06	0.26	98.25	1.75
0.15 mm (no. 100)	0.12	0.58	98.83	1.17
0.075 mm (no. 200)	0.15	0.69	99.52	0.48
Pan	0.09	0.44	99.96	0.04

- Agregat kasar (batu pecah)



Gambar 4.1. Batas Gradasi untuk Agregat Kasar 4,8-38 mm

- Agregat halus (pasir)



Gambar 4.2. Batas Gradasi Zona 2 untuk Agregat Halus

4.1.3. Pemeriksaan Bahan Lewat Saringan No. 200

Contoh Perhitungan Jumlah Bahan Lolos saringan No 200

$$\text{Jumlah berat lewat saringan No.200} = \frac{W_1 - W_4}{W_1} \times 100\%$$

Dimana : W1 = berat benda uji semula (gram)

W4 = berat benda uji tertahan saringan No.200 (gram)

Diketahui :

- Berat benda uji kering (W_1) = 625 gr
- Setelah disaring di dapat data :

Berat talam (W_2) = 178.10 gr

Berat benda uji kering oven + talam (W_3) = 802.8 gr

Berat benda uji tertahan saringan No.200 (W_4)

= 802.8 – 178.10

= 624.7 gr

Jumlah bahan lewat saringan No.200 dalam %

$$\frac{W_1 - W_4}{W_1} \times 100\% = 1.6 \%$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam tabel.

Tabel 4.5. Bahan Lolos Saringan No.200

Berat benda uji kering	(W1)	(gram)	625
Data benda setelah disaring dengan air, kemudian dikeringkan dengan oven			
Berat benda uji kering oven + talam	(W3)	(gram)	802.8
Berat talam	(W2)	(gram)	178.10
Berat benda uji tertahan saringan no.200	(W4)	(gram)	624.7
Jumlah bahan lewat saringan no. 200			0.0048%

Sumber : Data Penelitian

Jadi bahan yang lolos saringan No.200 = 0.0048 % < 5 %, berarti pasir tersebut layak digunakan untuk bahan konstruksi.

4.1.4. Pemeriksaan Kotoran Organik

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pengelompokan warna pada tabel berikut.

Tabel 4.6. Pengelompokan Warna Uji Kadar

Warna	Penurunan Kekuatan
Bening	0%
Kuning Muda	0-5%
Kuning Tua	5-10%
Coklat Muda	10-15%
Coklat Tua	15-20%
Coklat Merah	20-25%
Hitam	25-30%

Sumber : Data Penelitian

Dari penelitian yang dilakukan di laboratorium diperoleh hasil bahwa pengujian zat organik agregat halus didapatkan warna **bening**, yang berarti bahwa bahan yang diperiksa mempunyai kandungan zat organik yang dapat menurunkan kekuatan beton sebesar 0%.

4.1.5. Pemeriksaan Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus

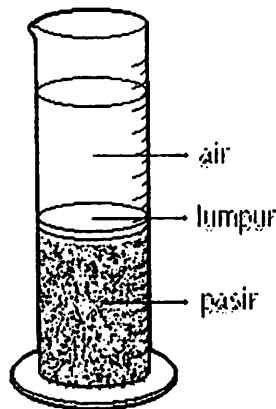
Dari Penelitian yang di lakukan di dapatkan hsil sebagai berikut :

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

Dimana :

V_1 = tinggi pasir = 470 ml

V_2 = tinggi lumpur = 3 ml



Gambar 4.3. Gelas Ukur

$$\text{Kadar Lumpur} : \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% = \frac{3}{470 + 3} \times 100\% = 0.634\%$$

Sesuai hasil perhitungan didapat kadar lumpur = 0.634% < 5 %
berarti kandungan lumpurnya sangat rendah, sehingga dapat langsung digunakan untuk pembuatan beton tanpa harus dicuci terlebih dahulu.

4.1.6. Pemeriksaan Kadar Air Agregat

Dari Penelitian yang di lakukan di dapatkan hasil sebagai berikut :

Contoh perhitungan kadar air agregat kasar :

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

Dimana :

W3 = berat contoh semula (gram)

W5 = berat contoh kering (gram)

Berat tempat (gr)	: I = 2390	II = 2390
Berat tempat + contoh (gr)	: I = 23980	II = 24600
Berat tempat + contoh kering oven (gr)	: I = 23320	II = 23740
Kadar air agregat (%)	: I = $\frac{23980 - 23320}{23320 - 2390} \times 100\% = 3.15\%$	
	: II = $\frac{24600 - 23740}{23740 - 2390} \times 100\% = 4.03\%$	
Kadar air rata-rata (%)	: = (3.15+4.03) / 2	
	= 3.590 %	

Hasil berikutnya dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4.7. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

AGREGAT KASAR		ASLI		SSD	
	Nomor test	A	B	A	B
A.	Berat tempat (gr)	2390	2390	2390	2390
B.	Berat tempat + contoh (gr)	23980	24600	7390	7390
C.	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	23320	23740	7166	7158
D.	Kadar air (%)	3,15	4,03	4,69	4,87
F.	Kadar air rata-rata (%)	3,59		4,78	

Tabel 4.8. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

AGREGAT HALUS		ASLI		SSD	
	Nomor test	A	B	A	B
A.	Berat tempat (gr)	2530	2520	172,3	166,7
B.	Berat tempat + contoh (gr)	18610	18590	672,3	666,7
C.	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	17280	17140	668,70	661,00
D.	Kadar air (%)	9,02	9,92	0,73	1,15
F.	Kadar air rata-rata (%)	9,47		0,94	

Sumber : Data hasil Penelitian

Dari perhitungan diatas didapat :

1. Kadar air agregat kasar :

➤ Kadar air asli = 3.590 %

➤ Kadar air SSD = 4.780 %

2. Kadar air agregat halus :

➤ Kadar air asli = 9.470 %

➤ Kadar air SSD = 0.940 %

4.1.7. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

• Berat jenis (*bulk*)
$$= \frac{Bk}{Bj - Ba}$$

• Berat jenis kering permukaan jenuh
$$= \frac{Bj}{Bj - Ba}$$

- 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

B_k = berat contoh kering oven

B_a = berat contoh di dalam air

Contoh perhitungan :

- Berat jenis (Bulk) : $\frac{4776.3}{5000 - 3071.9} = 2.48$
- Berat jenis kering permukaan jenuh : $\frac{5000}{5000 - 3071.9} = 2.59$
- Berat jenis semu : $\frac{4776.3}{4776.3 - 3071.9} = 2.81$
- Penyerapan (absorpsi) : $\frac{5000 - 4776.3}{4776.3} \times 100\% = 4.77$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan.

Tabel 4.9. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Batu

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B_k	4776,3	4768,6	4772,45
Berat contoh kering permukaan jenuh	B_j	5000	5000	5000
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B_a	3071,9	3072,7	3072,3
Berat Jenis (bulk)	$\frac{\bar{B}_k}{\bar{B}_j - \bar{B}_a}$	2,48	2,47	2,48
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{\bar{B}_j}{\bar{B}_j - \bar{B}_a}$	2,59	2,59	2,59
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{\bar{B}_k}{\bar{B}_k - \bar{B}_a}$	2,80	2,81	2,81
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{\bar{B}_j - \bar{B}_k}{\bar{B}_k} \times 100$	4,68	4,85	4,77

Sumber : Data hasil Penelitian

Tabel 4.10. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	496,40	494,30	495,35
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500,00	500,00	500,00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	676,60	663,80	670,20
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	989,50	978,50	984,00
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{(B + B_j - B_t)}$	2,65	2,67	2,66
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{(B + B_j - B_t)}$	2,67	2,70	2,69
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2,71	2,75	2,73
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_i - B_k}{B_k} \times 100\%$	0,73	1,15	0,94

Sumber : Data hasil Penelitian

Dari hasil percobaan dan analisa, maka dapat disimpulkan :

1. Agregat Kasar

- Berat jenis (Bulk) rata-rata adalah = 2.48
- Berat jenis permukaan jenuh rata-rata = 2.59
- Berat jenis semu (Apparent) rata-rata = 2.81
- Penyerapan (Absorpsi) rata-rata = 4.77

2. Agregat Halus

- Berat jenis (Bulk) rata-rata adalah = 2.66
- Berat jenis permukaan jenuh rata-rata = 2.69
- Berat jenis semu (Apparent) rata-rata = 2.73
- Penyerapan (Absorpsi) rata-rata = 0.94

4.1.8. Pengujian Keausan Agregat (Abrasi Test)

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

Dimana :

a = berat benda uji semula (gram)

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

Di dapat berat benda uji semula (a) = 5002.2 gram

Berat benda uji tertahan No. 12 (b) = 3633.9 gram

$$\begin{aligned} \text{Maka didapat nilai keausan Los Angeles} &= \frac{a - b}{a} \times 100 \% \\ &= 27.35 \% \end{aligned}$$

Dari penelitian yang dilakukan diperoleh nilai keausan agregat kasar yang lebih kecil dari 37,5 mm (1 ½ ") adalah 27,35%.

Tabel 4.11. Pemeriksaan Keausan agregat Kasar

Gradasi pemeriksaan				B (fraksi 10 - 20 mm)	
Saringan				I	
Lolos		tertahan		Berat sebelum	Berat sesudah
76,20	mm (3")	63,50	mm (2,5")		
63,50	mm (2,5")	50,80	mm (2")		
50,80	mm (2")	37,50	mm (1,5")		
37,50	mm (1,5")	25,40	mm (1")		
25,40	mm (1")	19,00	mm (3/4")		
19,00	mm (3/4")	12,50	mm (1/2")	2501,4	
12,50	mm (1/2")	9,50	mm (3/8")	2500,8	
9,50	mm (3/8")	6,30	mm (1/4")		
6,30	mm (1/4")	4,75	mm (No. 4)		2847,3
4,75	mm (No. 4)	2,38	mm (No. 8)		
Jumlah berat				5002,2	786,6
Berat tertahan saringan no 12					3633,9
A	Berat benda uji semula				5002,2
B	Berat benda uji tertahan saringan No.12 (& No.4)				3633,9
	Keausan :				27,35

Sumber : Data hasil Penelitian

4.2. Mix Design Dengan Metode DOE

Perencanaan campuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode DOE (Department of Environment). Perencanaan ini dipakai sebagai standart perencanaan oleh Departemen Pekerjaan Umum dan dimuat dalam buku SNI 03-2834-1993 dengan judul bukunya “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal” adapun tahapan – tahapan pencampurannya dapat kami bahas satu – persatu sebagai berikut :

Langkah 1 : Menentukan kekuatan tekan karakteristik ($f'c$)

Penentuan kuat tekan karakteristik beton ($f'c$) diperoleh dari permintaan atau keperluan, disini kita rencanakan 25 MPa.

Langkah 2 : Menentukan deviasi standart (S)

Deviasi standart didapatkan sesuai volume pekerjaan dan rencana hasil keluaran campuran pada tabel 4.9. Disini kami ambil dengan isi pekerjaan kecil dan rencana keluaran baik, maka didapat nilai $S = 6$ MPa

Tabel 4.12. Deviasi Standar Berdasarkan Isi Pekerjaan

Isi Pekerjaan		Deviasi Standart (kg/cm^2)		
Sebutan	Jumlah Beton (m^3)	Baik Sekali	Baik	Dapat Diterima
Kecil	< 1000	$45 < S < 55$	$55 < S < 65$	$65 < S < 85$
Sedang	1000 – 3000	$35 < S < 45$	$45 < S < 55$	$55 < S < 75$
Besar	> 3000	$25 < S < 35$	$35 < S < 45$	$45 < S < 65$

Sumber : Pedoman Praktikum Beton

Catatan : Dalam pengambilan S seharusnya lebih mengacu pada pengalaman laboratorium, guna mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Langkah 3 : Menentukan margin kekuatan

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Ps. 7.3.1.1 margin didasarkan atas probabilitas dari 1 dalam 100 bahwa rata – rata dari 3 uji berturut – turut bisa berada di bawah kuat tekan perlu ($f'c$) atau berdasarkan probabilitas yang serupa di mana uji individu bisa lebih besar dari 3,5 Mpa di bawah kuat tekan perlu ($f'c$). Margin yang digunakan adalah yang nilainya paling besar diantara dua persamaan tersebut.

$$M1 = 1,34 \cdot S \text{ atau } M2 = 2,33 \cdot S - 3,5$$

$$M1 = 1,34 \cdot (6) = 8,04 \text{ Mpa} \text{ atau } M2 = 2,33 \cdot (6) - 3,5 = 10,48 \text{ Mpa}$$

Langkah 4 : Kekuatan tekan rencana

$$f'_{cr} = f'c + M$$

$$f'_{cr} = 25 + 10,48$$

$$f'_{cr} = 35,48 \text{ Mpa}$$

Langkah 5 : Jenis semen yang digunakan

Jenis semen yang digunakan adalah semen Gresik Tipe I

Langkah 6 : Jenis Agregat

Agregat kasar diperoleh dari batu pecahan maka dianggap dipecah.

Agregat halus diperoleh dari alam yaitu tanpa pecahan dianggap alami.

Langkah 7 : Menentukan faktor air semen

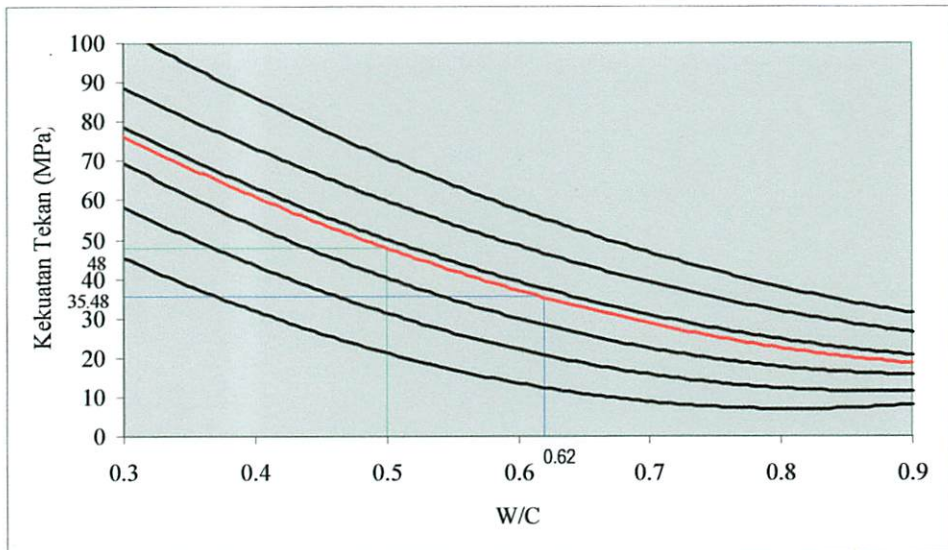
Dari tabel 4.2 diketahui untuk agregat kasar batu pecah (kerikil) dan semen tipe I, kekuatan tekan umur 28 hari yang diharapkan dengan faktor air semen 0,50 adalah 48 Mpa.

Tabel 4.13. Perkiraan kuat 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 Tipe V	Tak dipecah	22	31	43	50
	Dipecah	27	36	48	55
Tipe III	Tidak dipecah	29	37	49	55
	Dipecah	34	43	54	60

Sumber : SNI 03-2834-1993

Dengan menggunakan grafik 4.3 tarik garis vertikal ke atas dari $w/c = 0,5$ hingga memotong kekuatan tekan 48 Mpa, pertemuan titik kemudian digambar garis merah. Kemudian dari titik kekuatan tekan beton rata – rata sebesar 35,48 Mpa ditarik garis datar hingga memotong garis merah kemudian tarik garis ke bawah maka diperoleh w/c 0,62.



Gambar 4.4. Hubungan kekuatan tekan dengan w/c

Langkah 8 : Menentukan faktor air semen maksimum

Faktor air semen maksimum didapat dari tabel 4.11. Dari tabel tersebut didapat faktor air semen maksimum adalah 0,65.

Tabel 4.14. 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 Beton

Langkah 9 : Menentukan faktor air semen yang digunakan

Faktor air semen yang digunakan adalah nilai terkecil yang didapat dari langkah 7 dan 8 yaitu 0,62.

Langkah 10 : Menentukan slump

Slump yang direncanakan 25 – 100 mm, dalam tabel 4.12 dikategorikan sedang (tingkat kemudahan pelaksanaan).

Tabel 4.15. Nilai Slump yang disyaratkan sesuai dengan penggunaan beton

Tingkat Kemudahan Pelaksanaan	Slump	Penggunaan Beton Cocok Untuk
Sangat rendah	0 – 25	Jalan yang digetar dengan mesin penggetar otomatis, dalam kasus tertentu dapat pula digunakan mesin penggetar tangan
Rendah	25- 50	Jalan yang digetarkan dengan mesin penggetar tangan, dalam kasus umum beton dapat dipadatkan secara manual baik memakai agregat bulat atau tak beraturan
Sedang	25 – 100	Plat lantai yang dipadatkan dengan menggunakan agregat batu pecah. Beton bertulang normal yang dipadatkan secara manual dan penampang beton bertulang yang digetar
Tinggi	100 - 175	Penampang beton dengan tulangan rapat

Sumber : Pedoman Praktikum Beton

Langkah 11 : Ukuran Agregat Maksimum

Ukuran agregat maksimum ditetapkan 20 mm

Langkah 12 : Menentukan kadar air bebas

Kadar air bebas didapat dengan menggunakan tabel 4.13. Dari tabel tersebut untuk ukuran agregat 20 mm dan jenis agregat kasar dipecah dengan slump 60 – 180 mm didapat 195, sedangkan pasir dengan jenis agregat alami didapat 225, sehingga nilai kadar air bebas dapat ditentukan dengan rumus:

$$\frac{2}{3}W_f + \frac{1}{3}W_C \rightarrow \frac{2}{3}.225 + \frac{1}{3}.195 = 215 \text{ kg/m}^3$$

Tabel 4.16. 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	Tidak dipecah	150	180	205	225
	Dipecah	180	205	230	250
20	Tidak dipecah	135	160	180	195
	Dipecah	170	190	210	225
40	Tidak dipecah	115	140	160	175
	Dipecah	155	175	190	205

Langkah 13 : Menentukan jumlah semen

Nilai jumlah semen dapat dilihat dari langkah 9 dan langkah 12 yaitu :

$$\frac{\text{kadarairbebas}}{\text{faktorairsemenyangdigunakan}} = \frac{215}{0,620} = 346,77 \text{ kg/m}^3$$

Langkah 14 : Menentukan jumlah semen minimum

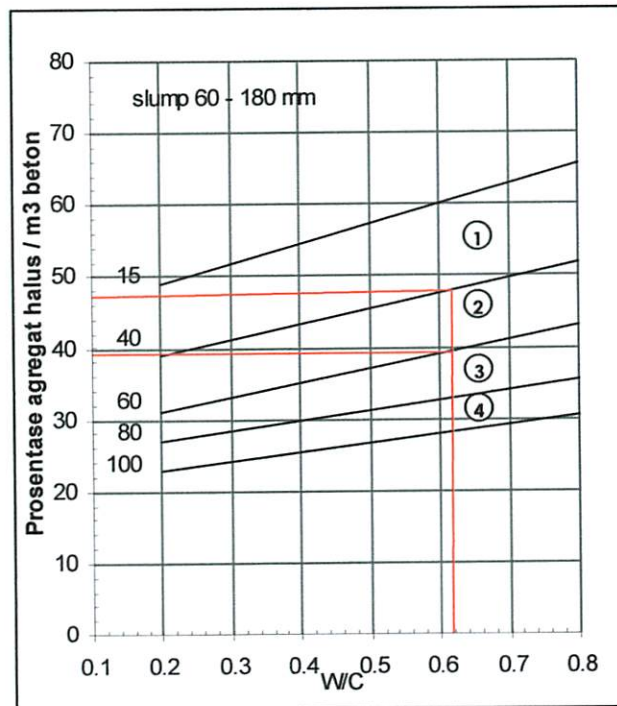
Jumlah semen minimum diperoleh dari tabel 4.3 yaitu 275 kg/m^3 . Karena tidak ada $f'c$ 25 MPa pada table 4.6 maka diambil nilai terdekat yaitu $f'c$ 30 MPa.

Langkah 15 : Menentukan jumlah semen yang digunakan

Jumlah semen yang digunakan dalam perencanaan adalah jumlah semen maksimum yaitu $346,77 \text{ kg/m}^3$

Langkah 16 : Menentukan proporsi agregat halus

Proporsi agregat halus dapat dilihat pada grafik 4.4 dan rata – rata dari zone agregat halus tersebut dengan ukuran agregat kasar maksimum 20 mm dan zone pasir zone 2, maka :



Gambar 4.5. Penentuan prosentase agregat halus untuk diameter maksimum 20 mm

$$\text{Proporsi agregat halus} = \frac{48 + 39,9}{2} = 43,95 \%$$

Langkah 17 : Menentukan proporsi agregat kasar

$$100\% - \text{proporsi agregat halus} = 100\% - 43.95\% = 56,05\%$$

Langkah 18 : Berat jenis agregat halus (SSD)

Dari hasil pemeriksaan didapat 2,69

Langkah 19 Berat jenis agregat kasar (SSD)

Dari hasil pemeriksaan didapat 2,59

Langkah 20 : Menentukan berat jenis agregat gabungan

Berat jenis agregat gabungan artinya gabungan agregat halus dan agregat kasar dengan demikian perhitungannya :

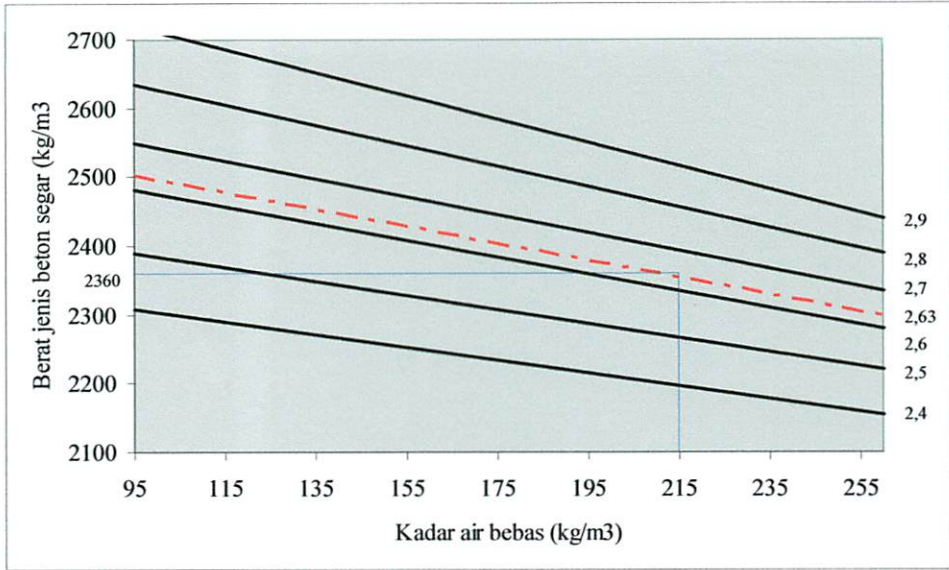
$$\frac{[(prop.Pasir \times Bj.Pasir) + (prop.Kerikil \times Bj.Kerikil)]}{100}$$

Maka

$$\frac{(43,95 \times 2,69) + (56,05 \times 2,59)}{100} = 2,63$$

Langkah 21 : Menentukan berat jenis beton basah

Berat jenis beton basah diperoleh dari grafik 4.5 dengan cara membuat garis baru (garis merah) yang sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan yaitu 2,63. Setelah itu tarik garis vertikal ke bawah sesuai kadar air bebas yaitu 215. Setelah diperoleh garis yang baru tadi tarik garis horisontal dan akan diperoleh berat jenis beton basah yaitu 2360 kg/m³.



Gambar 4.6. Perkiraan berat jenis beton segar

Langkah 22 : Total jumlah agregat

Bj beton basah – kadar air bebas – jumlah semen rencana

Maka

$$2360 - 215 - 346,77 = 1798,23 \text{ kg/m}^3$$

Langkah 23 : Menentukan jumlah agregat halus

Menentukan jumlah agregat halus digunakan rumus :

$$\frac{[(prop.agregathalus \times totaljumlahagregat)]}{100}$$

$$\frac{43,95 \times 1798,23}{100} = 790,32 \text{ kg/m}^3$$

Langkah 24 : Menentukan jumlah agregat kasar

Menentukan jumlah agregat kasar digunakan rumus :

$$\frac{[(prop.agregatkasar \times totaljumlahagregat)]}{100}$$

$$\frac{56,05 \times 1798,23}{100} = 1007,91 \text{ kg/m}^3$$

Langkah 25 : Kadar air agregat halus

Dari hasil pemeriksaan didapat 9,47 %

Langkah 26 : Kadar air agregat kasar

Dari hasil pemeriksaan didapat 3,59 %

Langkah 27 : Absorpsi (penyerapan) agregat halus

Dari hasil pemeriksaan didapat 0,94 %

Langkah 28 : Absorpsi (penyerapan) agregat kasar

Dari hasil pemeriksaan didapat 4,47 %

Langkah 29 : Menentukan kelebihan air dalam agregat halus

Menentukan kelebihan air dalam agregat halus digunakan rumus :

$$\frac{(\text{kadarair} - \text{absorpsi}) \times \text{jumlahagregat}}{100}$$

Maka kelebihan air dalam agregat halus adalah :

$$\frac{(9,47 - 0,94) \times 790,32}{100} = 67,41 \text{ kg/m}^3$$

Langkah 30 : Menentukan kelebihan air dalam agregat kasar

Kelebihan air dalam agregat kasar adalah :

$$\frac{(3,59 - 4,77) \times 1007,91}{100} = -11,89 \text{ kg/m}^3$$

Langkah 31 : Menentukan jumlah agregat halus

Jumlah agregat dihitung dengan rumus :

Jumlah agregat + kelebihan air dalam agregat

Maka jumlah agregat halus yang dibutuhkan untuk kondisi lapangan adalah :

$$790,32 + 67,41 = 857,73 \text{ kg/m}^3$$

Langkah 32 : Menentukan jumlah agregat kasar

Jumlah agregat kasar yang dibutuhkan untuk kondisi lapangan adalah :

$$1007,91 - 11,89 = 996,02 \text{ kg/m}^3$$

Langkah 33 Menentukan jumlah air

Jumlah air dihitung dengan rumus :

Kadar air bebas - Σ Kelebihan air dalam agregat

Maka jumlah air yang diperlukan untuk kondisi lapangan adalah :

$$215 - 67,41 - (-11,89) = 159,48 \text{ kg/m}^3$$

Langkah 34 : Menentukan komposisi akhir campuran beton kondisi lapangan

Dari perhitungan sebelumnya telah didapat jumlah per m^3 yaitu :

Semen : 346,77 kg/m^3

Agregat halus : 857,73 kg/m^3

Agregat kasar : 996,02 kg/m^3

Air : 159,48 kg/m^3

4.3. Perhitungan Kebutuhan Bahan

Dalam pekerjaan pembuatan benda uji berdasarkan pada kapasitas alat pencampuran atau molen yaitu $0,03 \text{ m}^3$, maka untuk membuat benda uji sebanyak 120 buah dengan silinder 10×20 sebanyak 80 buah, silinder 15×30 sebanyak 28 buah, balok $15 \times 15 \times 60$ sebanyak 12 buah, yang dilakukan secara bertahap, sehingga volume pekerjaan untuk setiap kali pencampuran :

a. Perhitungan volume silinder $d \times t = 10 \times 20$

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

Keterangan :

1,2 = nilai faktor kehilangan

n = jumlah benda uji

b. Perhitungan volume silinder $d \times t = 15 \times 30$

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

Keterangan :

1,2 = nilai faktor kehilangan

n = jumlah benda uji

c. Perhitungan volume balok $p \times l \times t = 15 \times 15 \times 30$

$$\begin{aligned} &= (p \times l \times t) \times (n \times 1,2) \\ &= (60 \times 15 \times 15) \times (1 \times 1,2) \end{aligned}$$

$$= 0,01620 \text{ m}^3$$

Keterangan :

1,2 = nilai faktor kehilangan

n = jumlah benda uji

Untuk kebutuhan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 4.17. Kebutuhan Total Bahan Untuk Setiap Kali
Pencampuran Agregat Kasar Batu Pecah**

Kadar Gula (%)	Kebutuhan Bahan (kg)				
	Semen	Pasir	Kerikil	Air	Gula
0	45,35	112,10	130,22	20,86	-
0,22	45,35	112,10	130,22	20,86	0,0997
0,23	45,35	112,10	130,22	20,86	0,1043
0,24	45,35	112,10	130,22	20,86	0,1088

Sumber : Data hasil Penelitian

BAB V

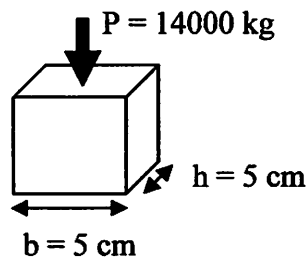
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Data Hasil Pengujian Mortar

5.1.1. Pengujian Kuat Tekan Mortar

Untuk pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada benda uji kubus kecil yang berdimensi 5x5x5 cm pada umur 28 hari. Sebagai penjelasan dari analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan data kuat tekan mortar tanpa bahan tambahan sedangkan untuk keseluruhan tiap perlakuan ada pada tabel 5.1, tabel 5.2, tabel 5.3 dan tabel 5.4.

Perhitungan Kuat Tekan Mortar



Gambar 5.1. Kuat Tekan Mortar

$$\text{Volume} = s \times s \times s = 5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 5\text{cm} = 125 \text{ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Isi} &= \frac{\text{Berat}}{\text{Volume}} \\ &= \frac{278,3\text{gram}}{125\text{cm}^3} \\ &= 2,23 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Luas Permukaan} = s \times s = 5 \times 5 = 25 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{\text{Beban}}{\text{Luas Permukaan}}$$

$$= \frac{1400 \text{ kg}}{25 \text{ cm}^2}$$

$$= 560 \text{ kg/cm}^2$$

Selanjutnya disajikan tabel hasil perhitungan kuat tekan mortar dan untuk variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%.

Tabel 5.1. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar 0 %

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Berat (gram)	Berat isi (gr/cm ³)	Luas permukaan cm ²	Beban (kg)	Kuat tekan mortar (kg/cm ²)
1	1-Oct-10	29-Oct-10	28	278.3	2.23	25	14000	560
2	1-Oct-10	29-Oct-10	28	289.8	2.32	25	9500	380
3	1-Oct-10	29-Oct-10	28	285	2.28	25	9000	360
4	1-Oct-10	29-Oct-10	28	282.9	2.26	25	9500	380
5	1-Oct-10	29-Oct-10	28	276.4	2.21	25	8500	340
6	1-Oct-10	29-Oct-10	28	279.5	2.24	25	9500	380
7	1-Oct-10	29-Oct-10	28	270	2.16	25	9000	360
8	1-Oct-10	29-Oct-10	28	281.8	2.25	25	8500	340
9	1-Oct-10	29-Oct-10	28	279.9	2.24	25	9500	380

Tabel 5.2. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar 0,22%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Berat (gram)	Berat isi (gr/cm ³)	Luas permukaan cm ²	Beban (kg)	Kuat tekan mortar (kg/cm ²)
1	15-Oct-10	12-Nov-10	28	285.3	2.28	25	12500	500
2	15-Oct-10	12-Nov-10	28	296.8	2.37	25	12500	500
3	15-Oct-10	12-Nov-10	28	292	2.34	25	12000	480
4	15-Oct-10	12-Nov-10	28	289.9	2.32	25	5500	220
5	15-Oct-10	12-Nov-10	28	286.4	2.29	25	12500	500
6	15-Oct-10	12-Nov-10	28	286.5	2.29	25	13000	520
7	15-Oct-10	12-Nov-10	28	278	2.22	25	12500	500
8	15-Oct-10	12-Nov-10	28	290.8	2.33	25	12000	480
9	15-Oct-10	12-Nov-10	28	286.9	2.30	25	11500	460

Tabel 5.3. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar 0,23%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Berat (gram)	Berat isi (gr/cm ³)	Luas permukaan (cm ²)	Beban (kg)	Kuat tekan mortar (kg/cm ²)
1	15-Oct-10	12-Nov-10	28	285.3	2.28	25	12500	500
2	15-Oct-10	12-Nov-10	28	296.8	2.37	25	12000	480
3	15-Oct-10	12-Nov-10	28	292	2.34	25	6000	240
4	15-Oct-10	12-Nov-10	28	289.9	2.32	25	12000	480
5	15-Oct-10	12-Nov-10	28	286.4	2.29	25	12500	500
6	15-Oct-10	12-Nov-10	28	286.5	2.29	25	12500	500
7	15-Oct-10	12-Nov-10	28	278	2.22	25	12500	500
8	15-Oct-10	12-Nov-10	28	290.8	2.33	25	11500	460
9	15-Oct-10	12-Nov-10	28	286.9	2.30	25	12000	480

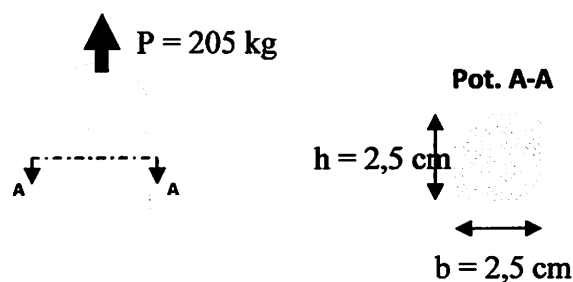
Tabel 5.4. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar 0,24%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Berat (gram)	Berat isi (gr/cm ³)	Luas permukaan cm ²	Beban (kg)	Kuat tekan mortar (kg/cm ²)
1	15-Oct-10	12-Nov-10	28	285.3	2.28	25	12000	480
2	15-Oct-10	12-Nov-10	28	296.8	2.37	25	10500	420
3	15-Oct-10	12-Nov-10	28	292	2.34	25	12500	500
4	15-Oct-10	12-Nov-10	28	289.9	2.32	25	11500	460
5	15-Oct-10	12-Nov-10	28	286.4	2.29	25	12000	480
6	15-Oct-10	12-Nov-10	28	286.5	2.29	25	12500	500
7	15-Oct-10	12-Nov-10	28	278	2.22	25	12500	500
8	15-Oct-10	12-Nov-10	28	290.8	2.33	25	6000	240
9	15-Oct-10	12-Nov-10	28	286.9	2.30	25	11500	460

5.1.2. Pengujian Kuat Tarik Aksial Mortar

Untuk pengujian tarik aksial mortar dilakukan pada benda uji berbentuk angka delapan pada umur 28 hari. Sebagai penjelasan dari analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan data kuat tarik aksial mortar tanpa bahan tambahan sedangkan untuk keseluruhan tiap perlakuan ada pada tabel 5.5, tabel 5.6, tabel 5.7 dan tabel 5.8.

- Perhitungan Kuat Tarik Aksial Mortar



Gambar 5.2. Kuat Tarik Aksial Mortar

$$\text{Volume} = 75 \text{ cm}^3$$

$$\text{Berat Isi} = \frac{\text{Berat}}{\text{Volume}} = \frac{149,6 \text{ gram}}{75 \text{ cm}^3}$$

$$= 1,99 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Luas Penampang Patah} = 2,5 \text{ cm} \times 2,5 \text{ cm} = 6,25 \text{ cm}^2$$

$$\text{Kuat Tekan} = \frac{\text{Beban}}{\text{Luas Penampang Patah}}$$

$$= \frac{205 \text{ kg}}{6,25 \text{ cm}^2}$$

$$= 32,80 \text{ kg/cm}^2$$

Selanjutnya disajikan tabel hasil perhitungan kuat tarik aksial mortar untuk variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%.

Tabel 5.5. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Aksial Mortar 0%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Berat (gram)	Berat isi (gr/cm ³)	Luas penampang patah (cm ²)	Beban (kg)	Kuat Tarik (kg/cm ²)
1	29-Sep-10	26-Okt-10	28	149,6	1,99	2,5x2,5=6,25	205	32,80
2	29-Sep-10	26-Okt-10	28	144,5	1,93	2,62x2,5=6,55	195	29,77
3	29-Sep-10	26-Okt-10	28	148,4	1,98	2,52x2,5=6,3	205	32,54

Tabel 5.6. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Aksial Mortar 0,22%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Berat (gram)	Berat isi (gr/cm ³)	Luas penampang patah (cm ²)	Beban (kg)	Kuat Tarik (kg/cm ²)
1	15-Okt-10	12-Nop-10	28	145	1,97	2,54x2,46=6,25	240	38,40
2	15-Okt-10	12-Nop-10	28	146,8	1,99	2,54x2,5=6,35	225	35,43
3	15-Okt-10	12-Nop-10	28	147,9	1,96	2,52x2,5=6,3	235	37,30

Tabel 5.7. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Aksial Mortar 0,23%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Berat (gram)	Berat isi (gr/cm ³)	Luas penampang patah (cm ²)	Beban (kg)	Kuat Tarik (kg/cm ²)
1	15-Okt-10	12-Nop-10	28	145	1,91	2,56x2,48=6,35	240	37,80
2	15-Okt-10	12-Nop-10	28	148	1,95	2,52x2,5=6,3	225	35,71
3	15-Okt-10	12-Nop-10	28	148,3	1,99	2,52x2,5=6,35	235	37,01

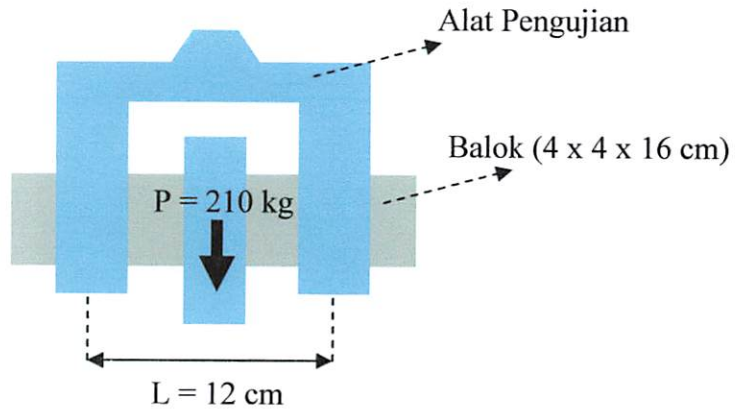
Tabel 5.8. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Aksial Mortar 0,24%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Berat (gram)	Berat isi (gr/cm ³)	Luas penampang patah (cm ²)	Beban (kg)	Kuat Tarik (kg/cm ²)
1	15-Okt-10	12-Nop-10	28	147,7	1,94	2,5x2,5=6,25	230	36,80
2	15-Okt-10	12-Nop-10	28	146	1,96	2,53x2,49=6,3	225	35,71
3	15-Okt-10	12-Nop-10	28	148,4	1,98	2,52x2,5=6,3	230	36,51

5.1.3. Pengujian Kuat Tarik Lentur Mortar

Untuk pengujian kuat Tarik Lentur mortar dilakukan pada benda uji berbentuk balok kecil dengan dimensi 4 x 4 x 16 cm pada umur 28 hari. Sebagai penjelasan dari analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan data kuat lentur mortar tanpa bahan tambahan sedangkan untuk keseluruhan tiap perlakuan ada dalam tabel 5.9, tabel 5.10, tabel 5.11 dan tabel 5.12.

- Perhitungan Kuat Tarik Lentur Mortar



Gambar 5.3. Kuat Tarik Lentur Mortar

Diketahui :

$$P = 210 \text{ kg}$$

$$L = \text{Panjang bentang / panjang tumpuan alat} = 12 \text{ cm}$$

$$b = 4 \text{ cm}$$

$$h = 4 \text{ cm}$$

$$\text{Volume} = 16 \times 4 \times 4 = 256 \text{ cm}^3$$

$$\text{Berat Isi} = \frac{\text{Berat}}{\text{Volume}}$$

$$= \frac{581,7 \text{ gram}}{256 \text{ cm}^3}$$

$$= 2,27 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Momen Tahanan} = \frac{1}{6} \times b \times h^2$$

$$= \frac{1}{6} \times 4 \times 4^2$$

$$= 10,67 \text{ cm}^3$$

$$\text{Momen Maksimum} = \frac{1}{4} \times \text{beban} \times \text{panjang bentang}$$

$$= \frac{1}{4} \times 210 \times 12$$

$$= 630 \text{ kgcm}$$

$$\text{Kuat Lentur} = \frac{\text{MomenMaksimum}}{\text{MomenTahanan}}$$

$$= \frac{630 \text{ kgcm}}{10,67 \text{ cm}^3}$$

$$= 59.04 \text{ kg/cm}^2$$

Selanjutnya disajikan tabel hasil perhitungan kuat tarik lentur mortar untuk variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%.

Tabel 5.9. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Mortar 0%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Berat (gram)	Berat isi (gr/cm ³)	Beban (kg)	Momen Tahanan (cm ³)	Momen Maksimum (kgcm)	Kuat Lentur Tarik (kg/cm ²)
1	29-Sep-10	26-Oct-10	28	581.7	2.27	210	10.67	630	59.04
2	29-Sep-10	26-Oct-10	28	577.9	2.26	210	10.67	630	59.04
3	29-Sep-10	26-Oct-10	28	578.3	2.26	185	10.67	555	52.02

Tabel 5.10. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Mortar 0,22%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Berat (gram)	Berat isi (gr/cm ³)	Beban (kg)	Momen Tahanan (cm ³)	Momen Maksimum (kgcm)	Kuat Lentur Tarik (kg/cm ²)
1	15-Oct-10	12-Nov-10	28	567.9	2.27	235	10.67	705	66.07
2	15-Oct-10	12-Nov-10	28	578.1	2.27	250	10.67	750	70.29
3	15-Oct-10	12-Nov-10	28	569.3	2.26	245	10.67	735	68.88

Tabel 5.11. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Mortar 0,23%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Berat (gram)	Berat isi (gr/cm ³)	Beban (kg)	Momen Tahanan (cm ³)	Momen Maksimum (kgcm)	Kuat Lentur Tarik (kg/cm ²)
1	15-Oct-10	12-Nov-10	28	569.1	2.27	230	10.67	690	64.67
2	15-Oct-10	12-Nov-10	28	572.3	2.28	240	10.67	720	67.48
3	15-Oct-10	12-Nov-10	28	568.3	2.27	255	10.67	765	71.70

Tabel 5.12. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Mortar 0,24%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Berat (gram)	Berat isi (gr/cm ³)	Beban (kg)	Momen Tahanan (cm ³)	Momen Maksimum (kgcm)	Kuat Lentur Tarik (kg/cm ²)
1	15-Oct-10	12-Nov-10	28	577.3	2.27	240	10.67	720	67.48
2	15-Oct-10	12-Nov-10	28	574.6	2.29	240	10.67	720	67.48
3	15-Oct-10	12-Nov-10	28	572.8	2.26	242	10.67	726	68.04

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 didapatkan (*Sudjana, 1982*).

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

5.2.1. Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tekan

Di bawah ini disajikan data dan perhitungan pengujian interval kepercayaan untuk kuat tekan dengan variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%.

Tabel 5.13. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar

No.	Kuat Tekan (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 0,22%	Variasi 0,23%	Variasi 0,24%
1	560	500	500	480
2	380	500	480	420
3	360	480	240	500
4	380	220	480	460
5	340	500	500	480
6	380	520	500	500
7	360	500	500	500
8	340	480	460	240
9	380	460	480	460

Dari data hasil penelitian pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

$$X = \frac{\text{Jumlah Kuat Tekan}}{n}$$

$$= \frac{560 + 380 + \dots + 380}{9}$$

$$= 386,67 \text{ Kg/cm}^2$$

$$s = \sqrt{\frac{[(560-386,67)^2 + \dots + (380-386,67)^2]}{9-1}}$$

$$= 67,082$$

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

$$dk = n - 1 = 9 - 1 = 8$$

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

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi / simpangan baku

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaan adalah :

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

$$= 386,67 - \left(2,145 \times \frac{67,082}{\sqrt{9}} \right) < \mu < 386,67 + \left(2,145 \times \frac{67,082}{\sqrt{9}} \right)$$

$$= 338,703 < \mu < 434,630$$

Dengan cara yang sama kita dapat mencari interval kepercayaan untuk variasi 0,22%, 0,23% dan 0,24%, yang selanjutnya akan disajikan pada tabel 5.64.

Tabel 5.14. Interval Kepercayaan Kuat Tekan Mortar

Variasi (%)	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
0	386.67	67.082	0.975	8	2.145	338.703	$< \mu <$	434.630
0,22	462.22	92.436	0.975	8	2.145	396.130	$< \mu <$	528.314
0,23	460	83.666	0.975	8	2.145	400.179	$< \mu <$	519.821
0,24	448.89	82.529	0.975	8	2.145	389.880	$< \mu <$	507.897

Sesuai dengan jarak interval kepercayaan pada tabel 5.14, maka data setiap variasi yang memenuhi syarat interval kepercayaan kami sajikan dalam tabel 5.15.

Tabel 5.15. Data Kuat Tekan Setelah Pengujian Interval Kepercayaan

No.	Kuat Tekan (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 0,22%	Variasi 0,23%	Variasi 0,24%
1	-	500	500	480
2	380	500	480	420
3	360	480	-	500
4	380	-	480	460
5	340	500	500	480
6	380	520	500	500
7	360	500	500	500
8	340	480	460	-
9	380	460	480	460

5.2.2. Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tarik Aksial Mortar

Di bawah ini disajikan data dan perhitungan pengujian interval kepercayaan untuk kuat tarik aksial dengan variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%.

Tabel 5.16. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Aksial Mortar

No.	Kuat Tarik Aksial Mortar (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 0,22%	Variasi 0,23%	Variasi 0,24%
1	32.80	38.40	37.80	36.80
2	29.77	35.43	35.71	35.71
3	32.54	37.30	37.01	36.51

Dari data hasil penelitian pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

$$\begin{aligned} X &= \frac{\text{Jumlah Kuat Tarik Aksial}}{n} \\ &= \frac{32,80 + 29,77 + 32,54}{3} \\ &= 31,70 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= \sqrt{\frac{[(32,80 - 31,70)^2 + (29,77 - 31,70)^2 + (32,54 - 31,70)^2]}{3 - 1}} \\ &= 1,6787 \end{aligned}$$

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

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

$$t_{0,975} = 4,303$$

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi / simpangan baku

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaan adalah :

$$\begin{aligned} &= X - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < X + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\ &= 31,70 - \left(4,303 x \frac{1,6787}{\sqrt{3}} \right) < \mu < 31,70 + \left(4,303 x \frac{1,6787}{\sqrt{3}} \right) \\ &= 27.533 < \mu < 35.874 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama kita dapat mencari interval kepercayaan untuk variasi 0,22%, 0,23% dan 0,24% yang selanjutnya akan disajikan pada tabel 5.75.

Tabel 5.17. Interval Kepercayaan Kuat Tarik Aksial

Variasi (%)	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
0	31.70	1.6787	0,975	2	4,303	27.533	$< \mu <$	35.874
0,22	37.04	1.5000	0,975	2	4,303	33.318	$< \mu <$	40.772
0,23	36.84	1.0507	0,975	2	4,303	34.229	$< \mu <$	39.449
0,24	36.34	0.5618	0,975	2	4,303	34.945	$< \mu <$	37.737

Sesuai dengan jarak interval kepercayaan pada tabel 5.17. maka data setiap variasi yang memenuhi syarat interval kepercayaan kami sajikan dalam tabel 5.18.

Tabel 5.18. Data Kuat Tarik Aksial Setelah Pengujian Interval Kepercayaan

No.	Kuat Tarik Aksial Mortar (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 0,22%	Variasi 0,23%	Variasi 0,24%
1	32.80	38.40	37.80	36.80
2	29.77	35.43	35.71	35.71
3	32.54	37.30	37.01	36.51

5.2.3. Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tarik Lentur Mortar

Di bawah ini disajikan data dan perhitungan pengujian interval kepercayaan untuk kuat Tarik Lentur mortar dengan variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%.

Tabel 5.19. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Mortar

No.	Kuat Tarik Lentur (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 0,22%	Variasi 0,23%	Variasi 0,24%
1	59.04	66.07	64.67	67.48
2	59.04	70.29	67.48	67.48
3	52.01	68.88	71.70	68.04

Dari data hasil penelitian pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

$$X = \frac{\text{Jumlah Kuat Tarik Lentur}}{n}$$

$$= \frac{59,04 + 59,04 + 52,01}{3}$$

$$= 56,701 \text{ Kg/cm}^2$$

$$s = \sqrt{\frac{[(59,04 - 56,701)^2 + (59,04 - 56,701)^2 + (52,01 - 56,701)^2]}{3 - 1}}$$

$$= 4,058$$

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

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

$$t_{0,975} = 4,303$$

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi / simpangan baku

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaan adalah :

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

$$= 56,701 - \left(4,303 \times \frac{4,058}{\sqrt{3}} \right) < \mu < 56,701 + \left(4,303 \times \frac{4,058}{\sqrt{3}} \right)$$

$$= 46,619 < \mu < 66,783$$

Dengan cara yang sama kita dapat mencari interval kepercayaan untuk variasi 0,22%, 0,23% dan 0,24% yang selanjutnya akan disajikan pada tabel

5.20.

Tabel 5.20. Interval Kepercayaan Kuat Tarik Lentur

Variasi (%)	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
0	56.70	4.303	0,975	2	4,303	46.619	$< \mu <$	66.783
0,22	68.42	2.147	0,975	2	4,303	63.081	$< \mu <$	73.751
0,23	67.95	3.538	0,975	2	4,303	59.158	$< \mu <$	76.737
0,24	67.67	0.325	0,975	2	4,303	66.859	$< \mu <$	68.473

Sesuai dengan jarak interval kepercayaan pada tabel 5.20, maka data setiap variasi yang memenuhi syarat interval kepercayaan kami sajikan dalam tabel 5.21.

Tabel 5.21. Data Kuat Tarik Lentur Setelah Pengujian Interval Kepercayaan

No.	Kuat Tarik Lentur (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 0,22%	Variasi 0,23%	Variasi 0,24%
1	59.04	66.07	64.67	67.48
2	59.04	70.29	67.48	67.48
3	52.01	68.88	71.70	68.04

5.3. Pengujian Hipotesis

5.3.1. Pengujian Hipotesis Kuat Tekan Mortar

Untuk menguji hipotesis penelitian pada Bab I , maka dilakukan uji analisa varian satu arah untuk melihat apakah ada perbedaan nilai sifat mekanis mortar yang ditimbulkan oleh variasi penambahan gula pasir.

Tabel 5.22. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Mortar Setelah Penyortiran

No	Variasi 0 %		Variasi 0,22 %		Variasi 0,23 %		Variasi 0,24%		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	-	-	500	250000	500	250000	480	230400	14560
2	380	144400	500	250000	480	230400	420	176400	
3	360	129600	480	230400	-	-	500	250000	
4	380	144400	-	-	480	230400	460	211600	
5	340	115600	500	250000	500	250000	480	230400	
6	380	144400	520	270400	500	250000	500	250000	
7	360	129600	500	250000	500	250000	500	250000	
8	340	115600	480	230400	460	211600	-	-	
9	380	144400	460	211600	480	230400	460	211600	
ΣY	2920		3940		3900		3800		14560
ΣY ²	1068000		1942800		1902800		1810400		6724000
n	8		8		8		8		32

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned} \sum Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 \\ &= 1068000 + 1942800 + 1902800 + 1810400 \\ &= 6724000 \end{aligned}$$

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

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

$$= \frac{14560^2}{32}$$

$$= 6624800$$

- Jumlah kuadrat –kuadrat (JK) antar perlakuan :

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

$$= \left(\frac{1068000^2}{8} + \frac{1942800^2}{8} + \frac{1902800^2}{8} + \frac{1810400^2}{8} \right) - 6624800$$

$$= 87700$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

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

$$= 6724000 - 6624800 - 87700$$

$$= 11500$$

- 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 5.23. Analisa Varian Untuk Kuat Tekan Mortar

Sumber Variasi	Dk	JK	MK
Rata-rata	1	6624800	6624800
Antar Perlakuan	3	87700	29233.33333
Dalam Perlakuan	28	11500	410.7142857
Jumlah	32		

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

$$F \text{ hitung} = \frac{29233.333}{410.714} = 71,177$$

Dalam tabel I pada buku Metode Statistika (Sudjana,2002;496), nilai $F_{\text{tabel}} (0,05 ; 3 ; 12) = 2,9$. Jadi nilai $F \text{ hitung} = 71,177 > F_{\text{tabel}} = 2,9$. Dengan demikian H_a diterima dan H_o ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi gula pasir terhadap nilai kuat tekan mortar.

5.3.2. Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Aksial Mortar

Untuk menguji hipotesis penelitian pada Bab I , maka dilakukan uji analisa varian satu arah untuk melihat apakah ada perbedaan nilai sifat mekanis mortar yang ditimbulkan oleh variasi penambahan gula pasir.

Tabel 5.24. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Aksial Mortar Setelah Penyortiran

No	Variasi 0 %		Variasi 0,22 %		Variasi 0,23 %		Variasi 0,24%		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	32.80	1075.84	38.40	1474.56	37.80	1428.48	36.80	1354.24	
2	29.77	886.31	35.43	1255.50	35.71	1275.51	35.71	1275.51	
3	32.54	1058.83	37.30	1391.41	37.01	1369.58	36.51	1332.83	
SY	95.11		111.13		110.52		109.02		425.78
SY ²	3020.98		4121.47		4073.58		3962.58		15178.61
n	3		3		3		3		12

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned} \sum Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 \\ &= 3020.98 + 4121.47 + 4073.58 + 3962.58 \end{aligned}$$

$$= 15178.61$$

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

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

$$= (\sum Y)^2 / n \text{ total}$$

$$= \frac{425.78^2}{12}$$

$$= 15107.738$$

- Jumlah kuadrat –kuadrat (JK) antar perlakuan :

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

$$= \left(\frac{3020.98^2}{3} + \frac{4121.47^2}{3} + \frac{4073.58^2}{3} + \frac{3962.58^2}{3} \right) - 15107.738$$

$$= 57.895$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

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

$$= 15178.61 - 15107.738 - 57.895$$

$$= 12.976$$

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 5.25. Analisa Varian Untuk Kuat Tarik Aksial Mortar

Sumber Variasi	Dk	JK	MK
Rata-rata	1	15107.73819	15107.73819
Antar Perlakuan	3	57.89553889	19.29851296
Dalam Perlakuan	8	12.97555976	1.62194497
Jumlah	12		

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

$$F \text{ hitung} = \frac{19.298}{1.622} = 11.898$$

Dalam tabel I pada buku Metode Statistika (Sudjana,2002;496), nilai F *tabel* (0,05 ; 3 ; 12) = 3.49. Jadi nilai F hitung = 11.898 > F tabel = 3.49. Dengan demikian Ha diterima dan Ho ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi gula pasir terhadap nilai kuat tarik aksial mortar.

5.3.3. Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Lentur Mortar

Untuk menguji hipotesis penelitian pada Bab I , maka dilakukan uji analisa varian satu arah untuk melihat apakah ada perbedaan nilai sifat mekanis mortar yang ditimbulkan oleh variasi penambahan gula pasir.

Tabel 5.26. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Mortar Setelah Penyortiran

No	Variasi 0 %		Variasi 0,22 %		Variasi 0,23 %		Variasi 0,24%		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	59.04	3486.20	66.07	4365.65	64.67	4181.86	67.48	4553.40	
2	59.04	3486.20	70.29	4940.76	67.48	4553.40	67.48	4553.40	
3	52.01	2705.56	68.88	4745.11	71.70	5140.37	68.04	4629.61	
SY	170.10		205.25		203.84		203.00		782.19
SY ²	9677.96		14051.52		13875.63		13736.42		51341.52
n	3		3		3		3		12

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned} \sum Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 \\ &= 9677,96 + 14051,52 + 13875,63 + 13736,42 \\ &= 51341,52 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \\ &= (\sum Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{782,19^2}{12} \\ &= 50985,499 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat –kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}
 P_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} - R_y \\
 &= \left(\frac{9677,96^2}{3} + \frac{14051,52^2}{3} + \frac{13875,63^2}{3} + \frac{13736,42^2}{3} \right) - 50985,499 \\
 &= 288,619
 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}
 E_y &= \sum Y^2 - R_y - P_y \\
 &= 51341,52 - 50985,499 - 288,619 \\
 &= 67.405
 \end{aligned}$$

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 5.27. Analisa Varian Untuk Kuat Tarik Lentur Mortar

Sumber Variasi	Dk	JK	MK
Rata-rata	1	50985.4992	50985.4992
Antar Perlakuan	3	288.6193894	96.20646313
Dalam Perlakuan	8	67.40513084	8.425641354
Jumlah	12		

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

$$F \text{ hitung} = \frac{96.2064}{8.4256} = 11,418$$

Dalam tabel I pada buku Metode Statistika (Sudjana,2002;496), nilai *F tabel* (0,05 ; 3 ; 12) = 3.49. Jadi nilai *F hitung* = 11.418 > *F tabel* = 3.49. Dengan demikian *H_a* diterima dan *H_o* ditolak, yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi gula pasir terhadap nilai kuat tarik lentur mortar.

5.4. 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. Selanjutnya data diambil dari penelitian Ajeng Cahyanita dan Suraya Novi Ashri.

Untuk menganalisis variasi penambahan bahan tambahan terhadap parameter-parameter yang diteliti, digunakan metode fungsi kuadratik (polinier) (*sudjana, 2002;338*) sebagai regresi, dengan bentuk persamaan $Y = a + bx + cx^2$.

Dengan persamaan perhitungannya sebagai berikut :

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

$$\Sigma xY = a \Sigma x + b \Sigma x^2 + c \Sigma x^3$$

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

5.4.1. Analisa Regresi Kuat Tekan Mortar

Tabel 5.28. Nilai Regresi Untuk Kuat Tekan Mortar

No	x	y	x ²	x ³	x ⁴	xy	x ² y	y ²
1	0	365.0	0.000	0.000	0.0000	0	0	133225.00
2	0.16	477.5	0.026	0.004	0.0007	76.4	12.224	228006.25
3	0.17	475.0	0.029	0.005	0.0008	80.75	13.7275	225625.00
4	0.18	480.0	0.032	0.006	0.0010	86.4	15.552	230400.00
5	0.19	505.0	0.036	0.007	0.0013	95.95	18.2305	255025.00
6	0.20	515.0	0.040	0.008	0.0016	103	20.6	265225.00
7	0.21	505.0	0.044	0.009	0.0019	106.05	22.2705	255025.00
8	0.22	492.5	0.048	0.011	0.0023	108.35	23.837	242556.25
9	0.23	487.5	0.053	0.012	0.0028	112.125	25.7888	237656.25
10	0.24	475.0	0.058	0.014	0.0033	114	27.36	225625.00
Total	1.8	4777.5	0.366	0.0756	0.0158	883.025	179.59	2298368.75

Dari Tabel 5.28, maka di dapat persamaan :

$$\begin{aligned} 4778 &= 10a & + 1,8b & + 0,366c \\ 883,025 &= 1,8a & + 0,366b & + 0,0756c \\ 179,59 &= 0,366a & + 0,0756b & + 0,0158c \end{aligned}$$

Dari ketiga persamaan didapat :

$$a = 363,6$$

$$b = 1244$$

$$c = -3002$$

Maka didapat persamaan :

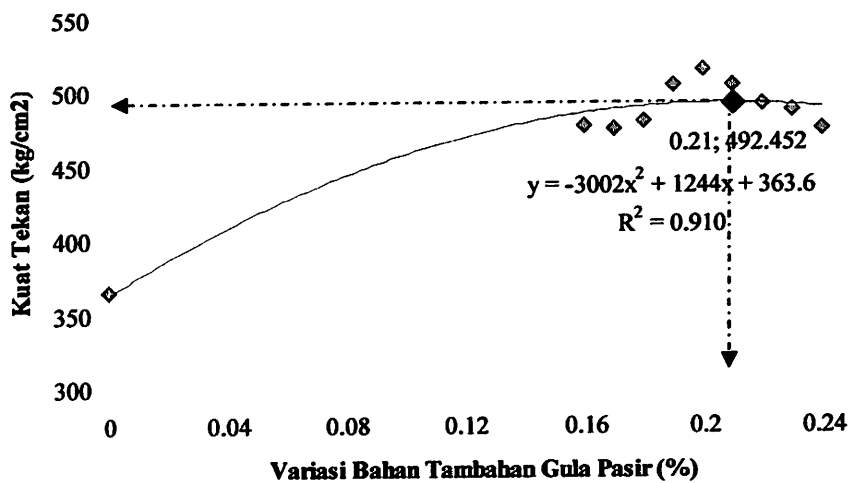
$$y = -3002x^2 + 1244x + 363,6$$

$$\begin{aligned} JK(b|a) &= \left\{ b \left(\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n} \right) \right\} + \left\{ c \left(\sum x^2 y - \frac{(\sum x^2)(\sum y)}{n} \right) \right\} \\ &= \left\{ 1244,2 \left(883,025 - \frac{1,8 \times 4778}{10} \right) \right\} + \left\{ -3002,4 \left(179,59 - \frac{0,366 \times 4778}{10} \right) \right\} \\ &= 14494,582 \end{aligned}$$

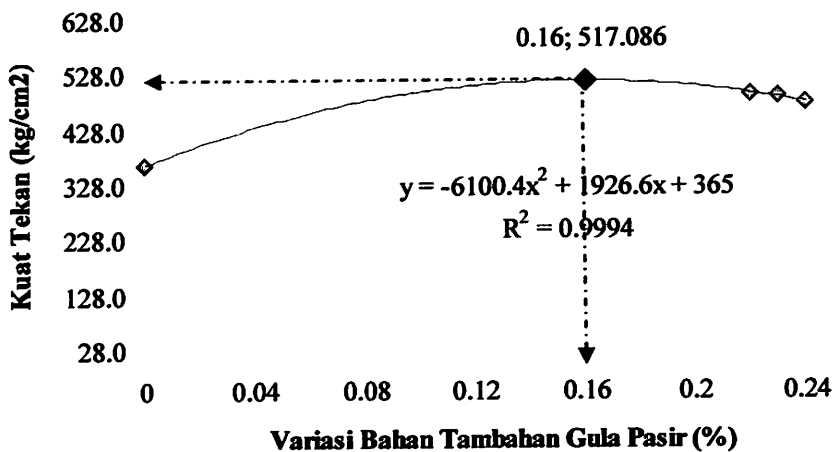
$$\begin{aligned} JK(E) &= \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \\ &= 2298368,75 - \frac{(4778)^2}{10} \\ &= 15918,125 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\ &= \frac{14441,021}{15440,35} \\ &= 0,910 \end{aligned}$$

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan x dan y dalam hal ini adalah *kuat tekan* sebagai variabel terikat dengan penambahan *variasi bahan tambahan* gula pasir dari variasi 0% sampai 0,24% sebagai variabel terikat, untuk kuat tekan menghasilkan persamaan $y = -3002x^2 + 1244x + 363,67$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,910. Hal ini berarti 91% perubahan pada nilai kuat tekan dipengaruhi oleh penambahan bahan tambahan gula pasir sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Data hasil pengujian kemudian disajikan ke dalam grafik kuadratik polinier.



Grafik 5.1. Analisa Regresi Kuat Tekan Mortar Variasi 0%; 0,16% - 0,24%



Grafik 5.2. Analisa Regresi Kuat Tekan Mortar Variasi 0%; 0,22%; 0,23%; 0,24%

5.4.2. Analisa Regresi Kuat Tarik Aksial Mortar

Tabel 5.29. Nilai Regresi Untuk Kuat Tarik Aksial Mortar

No	x	y	x ²	x ³	x ⁴	xy	x ² y	y ²
1	0	31.704	0.000	0.000	0.0000	0	0	1005.116
2	0.16	36.161	0.026	0.004	0.0007	5.786	0.926	1307.616
3	0.17	36.185	0.029	0.005	0.0008	6.151	1.046	1309.354
4	0.18	36.310	0.032	0.006	0.0010	6.536	1.176	1318.416
5	0.19	37.170	0.036	0.007	0.0013	7.062	1.342	1381.609
6	0.2	37.800	0.040	0.008	0.0016	7.560	1.512	1428.840
7	0.21	37.140	0.044	0.009	0.0019	7.799	1.638	1379.380
8	0.22	37.045	0.048	0.011	0.0023	8.150	1.793	1372.332
9	0.23	36.839	0.053	0.012	0.0028	8.473	1.949	1357.112
10	0.24	36.341	0.058	0.014	0.0033	8.722	2.093	1320.668
Total	1.8	362.695	0.366	0.0756	0.0158	66.239	13.475	13180.443

Dari Tabel 5.29, maka di dapat persamaan :

$$\begin{aligned}
 362,695 &= 10a & + 1,8b & + 0,366c \\
 66,239 &= 1,8a & + 0,366b & + 0,0756c \\
 13,475 &= 0,366a & + 0,0756b & + 0,0158c
 \end{aligned}$$

Dari ketiga persamaan didapat :

$$a = 31,65$$

$$b = 46,63$$

$$c = -103,3$$

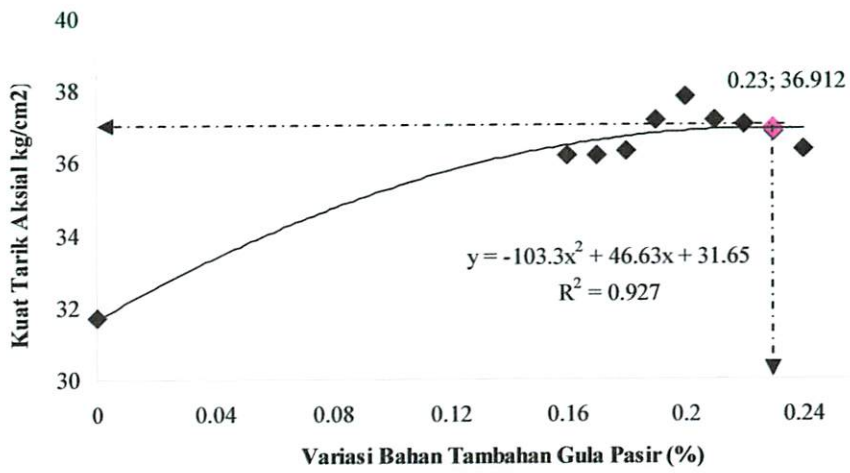
Maka didapat persamaan :

$$y = -103,3x^2 + 46,63x + 31,65$$

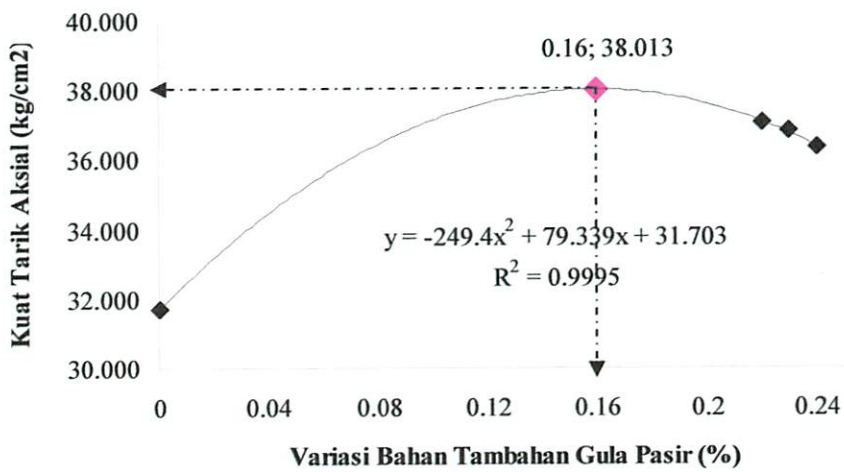
$$\begin{aligned}
 JK(b|a) &= \left\{ b \left(\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n} \right) \right\} + \left\{ c \left(\sum x^2 y - \frac{(\sum x^2)(\sum y)}{n} \right) \right\} \\
 &= \left\{ 46,63 \left(66,239 - \frac{1,8 \times 362,695}{10} \right) \right\} + \left\{ -103,3 \left(13,475 - \frac{0,366 \times 362,695}{10} \right) \right\} \\
 &= 23,84313
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
JK(E) &= \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \\
&= 13180.426 - \frac{(362,694)^2}{10} \\
&= 25,71032 \\
R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\
&= \frac{23,84313}{25,71032} \\
&= 0,927
\end{aligned}$$

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan x dan y dalam hal ini adalah *kuat tarik aksial* sebagai variabel terikat dengan penambahan *variasi bahan tambahan gula pasir* dari variasi 0% sampai 0,24% sebagai variabel terikat, untuk kuat tarik aksial menghasilkan persamaan $y = -103,3x^2 + 46,63x + 31,65$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9274. Hal ini berarti 92,74% perubahan pada nilai kuat tarik aksial dipengaruhi oleh penambahan bahan tambahan gula pasir sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Data hasil pengujian kemudian disajikan ke dalam grafik kuadratik polinier.



Grafik 5.3. Analisa Regresi Kuat Tarik Aksial Mortar Variasi 0%; 0,16% - 0,24%



Grafik 5.4. Analisa Regresi Kuat Tarik Aksial Mortar Variasi 0%;0,22%;0,23%;0,24%

5.4.3. Analisa Regresi Untuk Kuat Tarik Lentur Mortar

Tabel 5.30. Nilai Regresi Untuk Kuat Tarik Lentur Mortar

No	x	y	x ²	x ³	x ⁴	xy	x ² y	y ²
1	0	56.701	0.000	0.000	0.0000	0	0	3215.003
2	0.16	67.291	0.026	0.004	0.0007	10.767	1.723	4528.079
3	0.17	67.479	0.029	0.005	0.0008	11.471	1.950	4553.415
4	0.18	67.854	0.032	0.006	0.0010	12.214	2.198	4604.165
5	0.19	68.510	0.036	0.007	0.0013	13.017	2.473	4693.620
6	0.2	69.353	0.040	0.008	0.0016	13.871	2.774	4809.839
7	0.21	68.416	0.044	0.009	0.0019	14.367	3.017	4680.749
8	0.22	68.416	0.048	0.011	0.0023	15.052	3.311	4680.749
9	0.23	67.948	0.053	0.012	0.0028	15.628	3.594	4616.931
10	0.24	67.666	0.058	0.014	0.0033	16.240	3.898	4578.688
Total	1.8	669.634	0.366	0.0756	0.0158	122.626	24.939	44961.238

Dari Tabel 5.30, maka di dapat persamaan :

$$669,634 = 10a + 1,8b + 0,366c$$

$$122,626 = 1,8a + 0,366b + 0,0756c$$

$$24,939 = 0,366a + 0,0756b + 0,0158c$$

Dari ketiga persamaan didapat :

$$a = 56,65$$

$$b = 111,2$$

$$c = -265,5$$

Maka didapat persamaan :

$$y = -265,5x^2 + 111,2x + 56,65$$

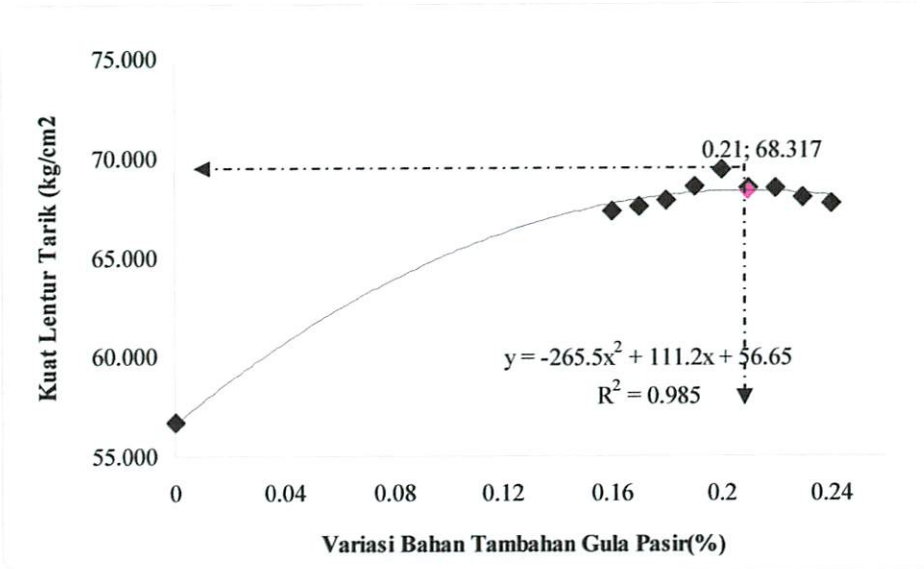
$$JK(b|a) = \left\{ b \left(\Sigma xy - \frac{(\Sigma x)(\Sigma y)}{n} \right) \right\} + \left\{ c \left(\Sigma x^2 y - \frac{(\Sigma x^2)(\Sigma y)}{n} \right) \right\}$$

$$= \left\{ 111,25 \left(122,626 - \frac{1,8 \times 669,635}{10} \right) \right\} + \left\{ -265,49 \left(24,939 - \frac{0,366 \times 669,635}{10} \right) \right\}$$

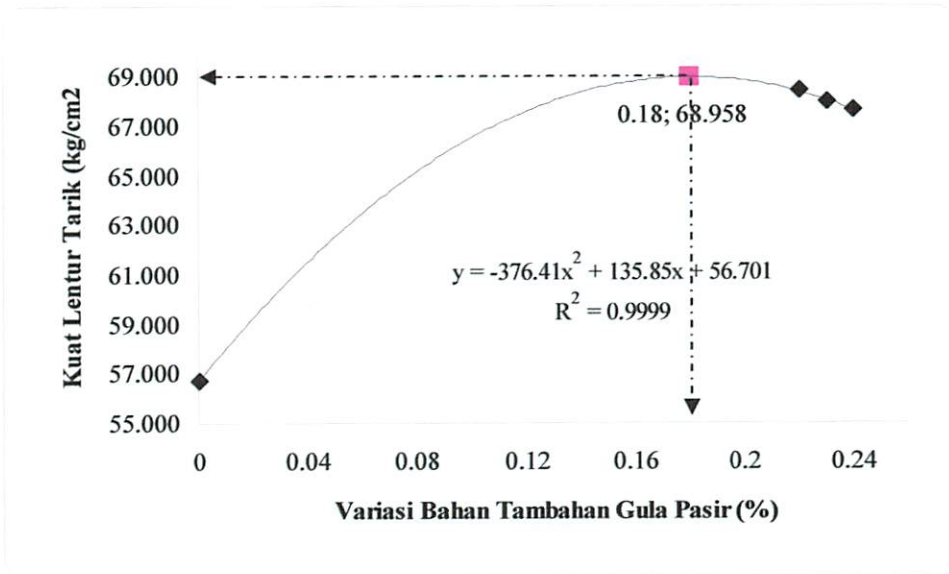
$$= 118,623$$

$$\begin{aligned}
JK(E) &= \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \\
&= 44961,369 - \frac{(669,635)^2}{10} \\
&= 120,466 \\
R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\
&= \frac{118,623}{120,466} \\
&= 0,985
\end{aligned}$$

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan x dan y dalam hal ini adalah *kuat tarik lentur* sebagai variabel terikat dengan penambahan *variasi bahan tambahan* gula pasir dari variasi 0% sampai 0,24% sebagai variabel terikat, untuk kuat tarik lentur menghasilkan persamaan $y = -265,5x^2 + 111,2x + 56,65$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,985. Hal ini berarti 98,50% perubahan pada nilai kuat tarik lentur dipengaruhi oleh penambahan bahan tambahan gula pasir sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Data hasil pengujian kemudian disajikan ke dalam grafik kuadratik polinier.



Grafik 5.5. Analisa Regresi Kuat Tarik Lentur Mortar Variasi 0%; 0,16% - 0,24%



Grafik 5.6. Analisa Regresi Kuat Tarik Lentur Mortar Variasi 0%; 0,22%; 0,23%; 0,24%

5.5. Nilai Optimum Variasi Campuran

5.5.1. Variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%

Nilai optimum variasi campuran adalah suatu nilai x yang menghasilkan nilai y maksimum dari grafik parabola polinier yang didapat dari regresi. Adapun cara mendapatkan nilai optimum adalah dengan mencari nilai defrensial atau menurunkan persamaan polinier kuadrat dimana $Y = 0$.

Sebagai contoh perhitungan, akan dicari nilai kuat tekan optimum dari variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%.

- Persamaan Kuat Tekan Mortar :

$$Y = -6100,4x^2 + 1926,6x + 365$$

- Defrensial / Penurunan Persamaan :

$$\frac{Dy}{Dx} = 2(-6100,4)x + 1926,6 = 0$$

$$-12200,8x + 1926,6 = 0$$

$$x = \frac{-1926,6}{-12200,8}$$

$$x = 0,16$$

- Kuat Tekan Optimum, variasi $x = 0,16$

$$Y = -6100,4(0,16)^2 + 1926,6(0,16) + 365$$

$$Y = 517,086$$

Maka didapat nilai kuat tekan mortar untuk variasi 0,16% sebesar 517,086 kg/cm². Sebagai variasi acuan dipakai variasi optimum dari kuat tekan mortar sebesar 0,16 %.

Untuk perhitungan selanjutnya akan ditabelkan.

Tabel 5.31. Variasi dan Nilai Optimum Mortar
(Untuk Variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%)

No	Keterangan	Variasi Optimum (%)	Nilai Optimum (kg/cm ²)
1	Kuat Tekan	0,16	517,086
2	Kuat Tarik Aksial	0,16	38,013
3	Kuat Tarik Lentur	0,18	68,958

Tabel 5.32. Variasi Dominan Mortar
(Untuk Variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%)

No	Keterangan	Variasi Optimum (%)	Nilai Optimum (kg/cm ²)
1	Kuat Tekan	0,16	517,086
2	Kuat Tarik Aksial		38,013
3	Kuat Tarik Lentur		68,801

5.5.2. Variasi 0%; 0,16% - 0,24%

Sebagai contoh perhitungan, akan dicari nilai kuat tekan optimum dari variasi 0%; 0,16% - 0,24%.

- Persamaan Kuat Tekan Mortar :

$$y = -3002x^2 + 1244x + 363,6$$

Defrensial / Penurunan Persamaan :

$$\frac{Dy}{Dx} = 2(-3002)x + 1244 = 0$$

$$-6004x + 1244 = 0$$

$$x = \frac{-1244}{-6004}$$

$$x = 0,21$$

- Kuat Tekan Optimum, variasi $x = 0,21$

$$Y = -3002(0,21)^2 + 1244(0,21) + 363,6$$

$$Y = 492,452$$

Maka didapat nilai kuat tekan mortar untuk variasi 0,21% sebesar 492,452 kg/cm² dan digunakan sebagai variasi acuan.

Untuk perhitungan selanjutnya pada tabel berikut:

Tabel 5.33. Variasi dan Nilai Optimum Mortar
(Untuk Variasi 0%;0,16% – 0,24%)

No	Keterangan	Variasi Optimum (%)	Nilai Optimum (kg/cm ²)
1	Kuat Tekan	0,21	492,452
2	Kuat Tarik Aksial	0,23	36,912
3	Kuat Tarik Lentur	0,21	68,310

Tabel 5.34. Variasi Dominan Mortar
(Untuk Variasi 0%;0,16% – 0,24%)

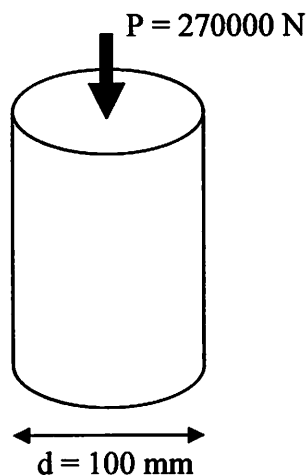
No	Keterangan	Variasi Optimum (%)	Nilai Optimum (kg/cm ²)
1	Kuat Tekan	0,21	492,452
2	Kuat Tarik Aksial		36,876
3	Kuat Tarik Lentur		68,310

5.6. Data Hasil Pengujian Beton

5.6.1. Data Pengujian Kuat Tekan

Untuk pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji silinder kecil yang berdimensi 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 pada tabel 5.35, tabel 5.36, tabel 5.37 dan tabel 5.38.

- Perhitungan Tegangan Tekan Beton



Gambar 5.4. Kuat Tekan Beton

$$\begin{aligned} - \text{ Tegangan Hancur 28 hari} &= \frac{P}{A} \times F_u \times F_b \\ &= \frac{270000}{0,25 \cdot 3,14 \cdot 100^2} \times 1 \times 1,04 \\ &= 35,77 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dimana :

P = Beban maksimum (N)

A = Luas permukaan benda uji (mm^2)

Fu = Faktor umur 28 hari = 1

Fb = Faktor Bentuk

(konversi silinder 100 x 200 \rightarrow 150 x 300) = 1,04

- Analisa perhitungan kuat tekan beton karakteristik 28 hari

- Kuat tekan rata – rata

$$\begin{aligned}f'_{cr} &= \frac{\sum_1^n f'c'i}{n} \\ &= \frac{537,89}{15} \text{ Mpa} \\ &= 35,86 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- Standart Deviasi

$$\begin{aligned}s &= \sqrt{\frac{\sum_1^n (f'c - f'cr)^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(35,77 - 35,86)^2 + (34,45 - 35,86)^2 + \dots + (35,77 - 35,86)^2}{15-1}} \\ &= 5,263 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}s &= 5,263 \times 1,16 \\ &= 6,105 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

- Kuat Tekan karakteristik beton

$$\begin{aligned}f'_{cr} &= f'c + 1,34.s \\ f'c &= f'_{cr} - 1,34.s \\ &= 35,86 - (1,34 \times 6,105)\end{aligned}$$

$$= 27,678 \text{ Mpa} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 1})$$

$$f'_{cr} = f'_c + (2,33.s - 3,5)$$

$$f'_c = f'_{cr} - (2,33 \times 6,105 + 3,5)$$

$$= 35,86 - (2,33 \times 6,05 + 3,5)$$

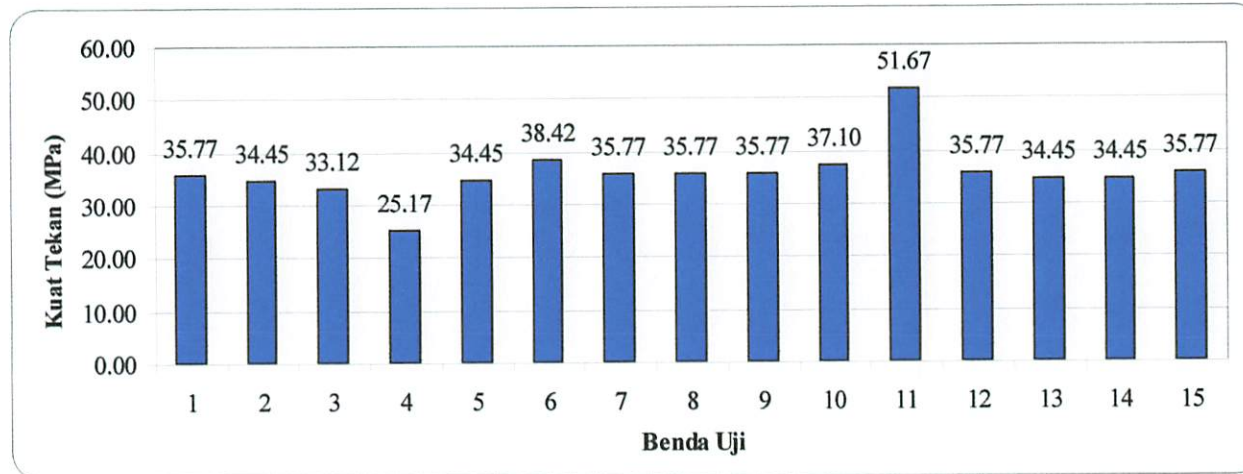
$$= 25,134 \text{ Mpa} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2})$$

Untuk kuat tekan karakteristik beton dipakai nilai yang terkecil yaitu 27,678 Mpa. Selanjutnya disajikan tabel hasil perhitungan tegangan hancur beton dan tahanan tekan karakteristik beton untuk variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%.

Tabel 5.35. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi 0 %

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk benda uji	Berat (kg)	Tekanan hancur (N)	Teg. Hancur riil (MPa)	Teg. Hancur 28 hari (MPa)	fcr (MPa)	(fc-fcr) ² (MPa)	s (MPa)	fc (MPa)
1	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.94	270000	34.39	35.77	35.86	0.008	6.105	25.134
2	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.90	260000	33.12	34.45		1.997		
3	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.88	250000	31.85	33.12		7.497		
4	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.95	190000	24.20	25.17		114.213		
5	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.94	260000	33.12	34.45		1.997		
6	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.83	290000	36.94	38.42		6.561		
7	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.90	270000	34.39	35.77		0.008		
8	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.91	270000	34.39	35.77		0.008		
9	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.89	270000	34.39	35.77		0.008		
10	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.98	280000	35.67	37.10		1.529		
11	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.83	390000	49.68	51.67		249.949		
12	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	4.09	270000	34.39	35.77		0.008		
13	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.79	260000	33.12	34.45		1.997		
14	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.94	260000	33.12	34.45		1.997		
15	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.96	270000	34.39	35.77		0.008		
Total								537.89		387.783		

Sumber : Data Hasil Penelitian

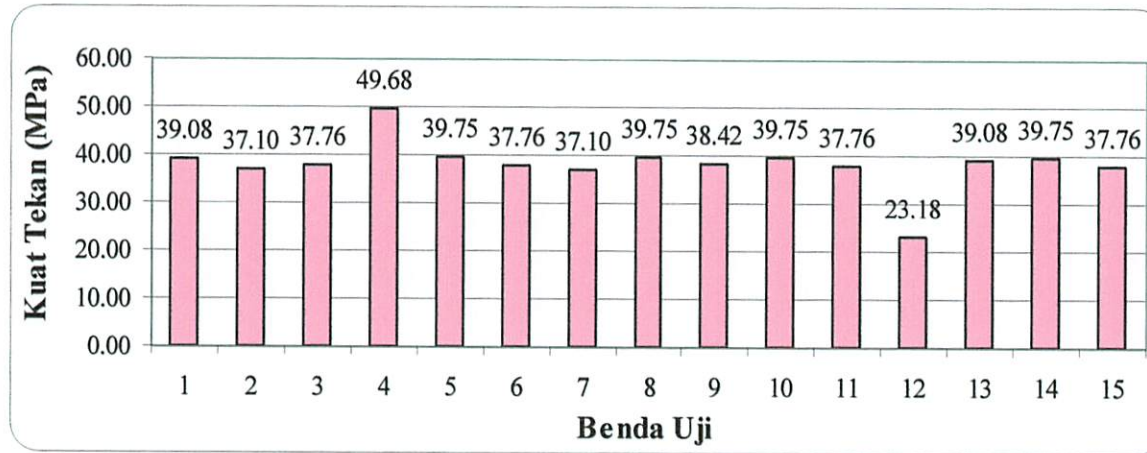


Grafik.5.7.Kuat Tekan Beton Variasi 0%

Tabel 5.36. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi 0,22%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk benda uji	Berat (kg)	Tekanan hancur (KN)	Teg. Hancur riil (MPa)	Teg. Hancur 28 hari (MPa)	f _{cr} (MPa)	(f _c -f _{cr}) ² (MPa)	s (MPa)	f _c (MPa)
1	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.78	295000	37.58	39.08	38.24	0.704	5.977	27.818
2	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.91	280000	35.67	37.10		1.318		
3	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.78	285000	36.31	37.76		0.236		
4	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.80	375000	47.77	49.68		130.823		
5	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.83	300000	38.22	39.75		2.254		
6	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.89	285000	36.31	37.76		0.236		
7	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.93	280000	35.67	37.10		1.318		
8	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	4.02	300000	38.22	39.75		2.254		
9	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.86	290000	36.94	38.42		0.031		
10	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.70	300000	38.22	39.75		2.254		
11	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.61	285000	36.31	37.76		0.236		
12	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.85	175000	22.29	23.18		226.774		
13	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.77	295000	37.58	39.08		0.704		
14	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.82	300000	38.22	39.75		2.254		
15	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.77	285000	36.31	37.76		0.236		
Total								573.66		371.635		

Sumber : Data Hasil Penelitian

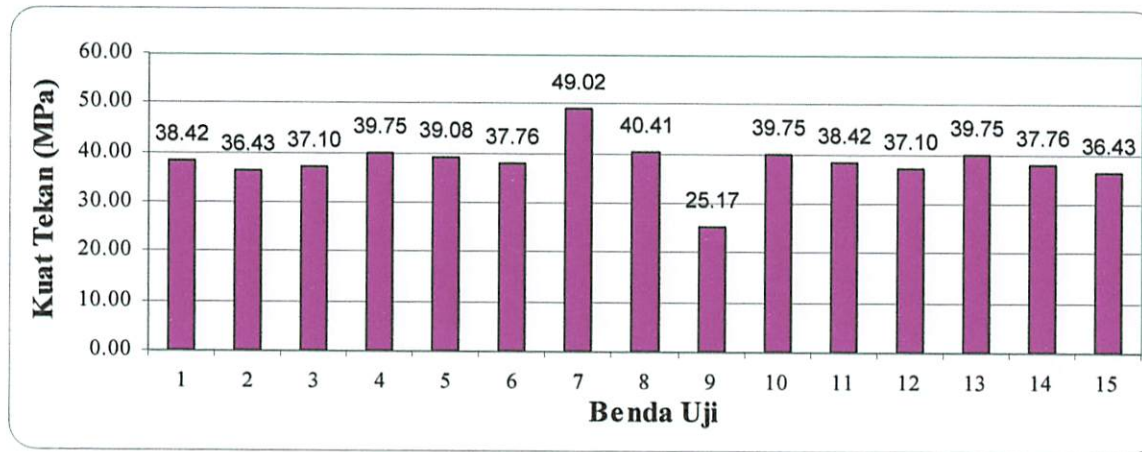


Grafik.5.8. Kuat Tekan Beton Variasi 0,22%

Tabel 5.37. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi 0,23%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk benda uji	Berat (kg)	Tekanan hancur (N)	Teg. Hancur riil (MPa)	Teg. Hancur 28 hari (MPa)	f _{cr} (MPa)	(f _c -f _{cr}) ² (MPa)	s (MPa)	f _c (MPa)
1	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.89	290000	36.94	38.42	38.16	0.070	5.447	28.963
2	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.86	275000	35.03	36.43		2.966		
3	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.75	280000	35.67	37.10		1.123		
4	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.75	300000	38.22	39.75		2.527		
5	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.89	295000	37.58	39.08		0.860		
6	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.87	285000	36.31	37.76		0.158		
7	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.79	370000	47.13	49.02		118.020		
8	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.86	305000	38.85	40.41		5.073		
9	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.68	190000	24.20	25.17		168.570		
10	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.79	300000	38.22	39.75		2.527		
11	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.84	290000	36.94	38.42		0.070		
12	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.91	280000	35.67	37.10		1.123		
13	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.66	300000	38.22	39.75		2.527		
14	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.78	285000	36.31	37.76		0.158		
15	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.65	275000	35.03	36.43		2.966		
Total								572.33		308.740		

Sumber : Data Hasil Perhitungan

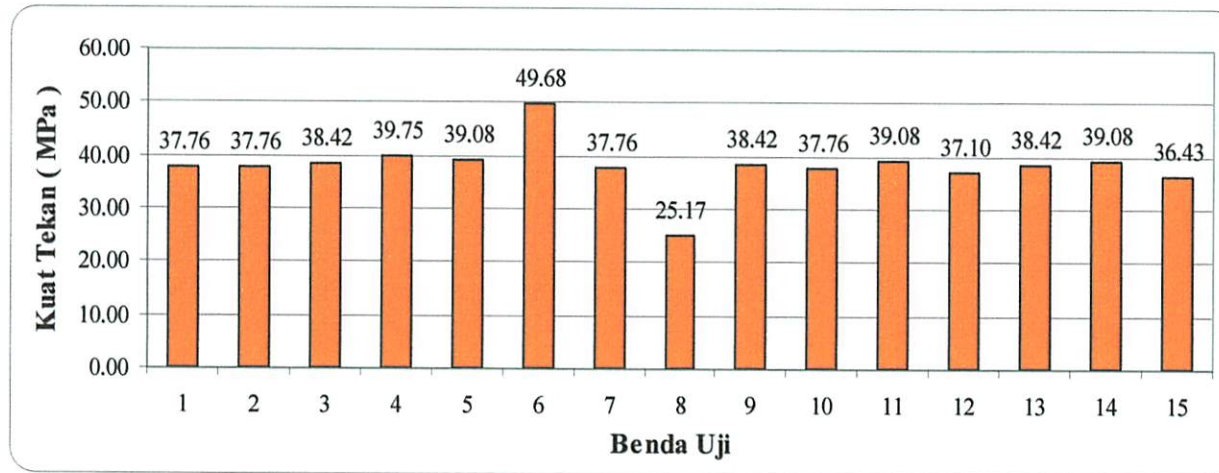


Grafik.5.9. Kuat Tekan Beton Variasi 0,23%

Tabel 5.38. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Variasi 0,24%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk benda uji	Berat (kg)	Tekanan hancur (N)	Teg. Hancur riil (MPa)	Teg. Hancur 28 hari (MPa)	f _{cr} (MPa)	(f _c -f _{cr}) ² (MPa)	s (MPa)	f _c (MPa)
1	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.99	280000	35.67	37.10	38.07	0.944	5.479	28.801
2	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.91	285000	36.31	37.76		0.096		
3	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.84	290000	36.94	38.42		0.125		
4	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.76	300000	38.22	39.75		2.816		
5	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.83	295000	37.58	39.08		1.032		
6	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.83	375000	47.77	49.68		134.895		
7	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.69	285000	36.31	37.76		0.096		
8	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.85	190000	24.20	25.17		166.284		
9	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.72	290000	36.94	38.42		0.125		
10	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.82	285000	36.31	37.76		0.096		
11	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.84	295000	37.58	39.08		1.032		
12	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.93	280000	35.67	37.10		0.944		
13	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.83	290000	36.94	38.42		0.125		
14	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.90	295000	37.58	39.08		1.032		
15	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3.88	275000	35.03	36.43		2.670		
Total								571.01		312.309		

Sumber : Data Hasil Penelitian

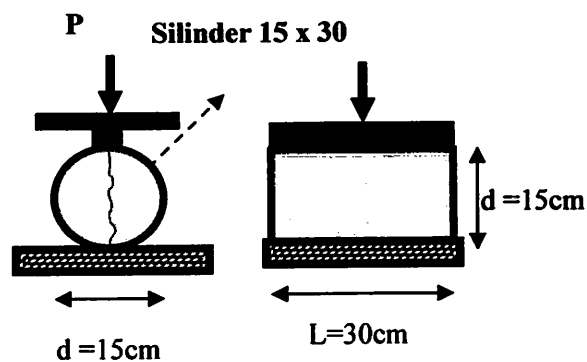


Grafik.5.10. Kuat Tekan Beton Variasi 0,24%

5.6.2. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Untuk pengujian tarik belah beton dilakukan pada benda uji silinder 150 x 300 mm pada umur 28 hari. Berikut contoh perhitungan dengan menggunakan data kuat Tarik Belah dengan perlakuan tanpa bahan tambahan, sedangkan untuk perhitungan lainnya pada tabel 5.39, tabel 5.40, tabel 5.41 dan tabel 5.42 .

- Perhitungan Kuat Tarik Belah Beton



Gambar 5.5. Kuat Tarik Belah Beton

$$\begin{aligned}\text{Kuat Tarik Belah} &= \frac{2 \times P}{3,14 \times d \times L} \\ &= \frac{2 \times 135000}{3,14 \times 150 \times 300} \\ &= 1,91 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Dimana :

P = Beban maksimum (N)

d = Diameter benda uji (mm)

L = Panjang benda uji (mm)

Selanjutnya hasil perhitungan kuat Tarik Belah untuk variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24% disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 5.39. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi 0,0%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk benda uji	Berat (kg)	Tekanan P (N)	Tarik Belah (MPa)	Tarik Belah Rata2 (MPa)
1	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.69	135000	1.91	1.93
2	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.67	145000	2.05	
3	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.68	130000	1.84	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.40. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi 0,22%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk benda uji	Berat (kg)	Tekanan P (N)	Tarik Belah (MPa)	Tarik Belah Rata2 (MPa)
1	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.87	180000	2.55	2.571
2	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.80	185000	2.62	
3	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.68	180000	2.55	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.41. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi 0,23%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk benda uji	Berat (kg)	Tekanan P (N)	Tarik Belah (MPa)	Tarik Belah Rata2 (MPa)
1	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.57	180000	2.55	2.548
2	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.48	185000	2.62	
3	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.56	175000	2.48	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.42 Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Variasi 0,24%

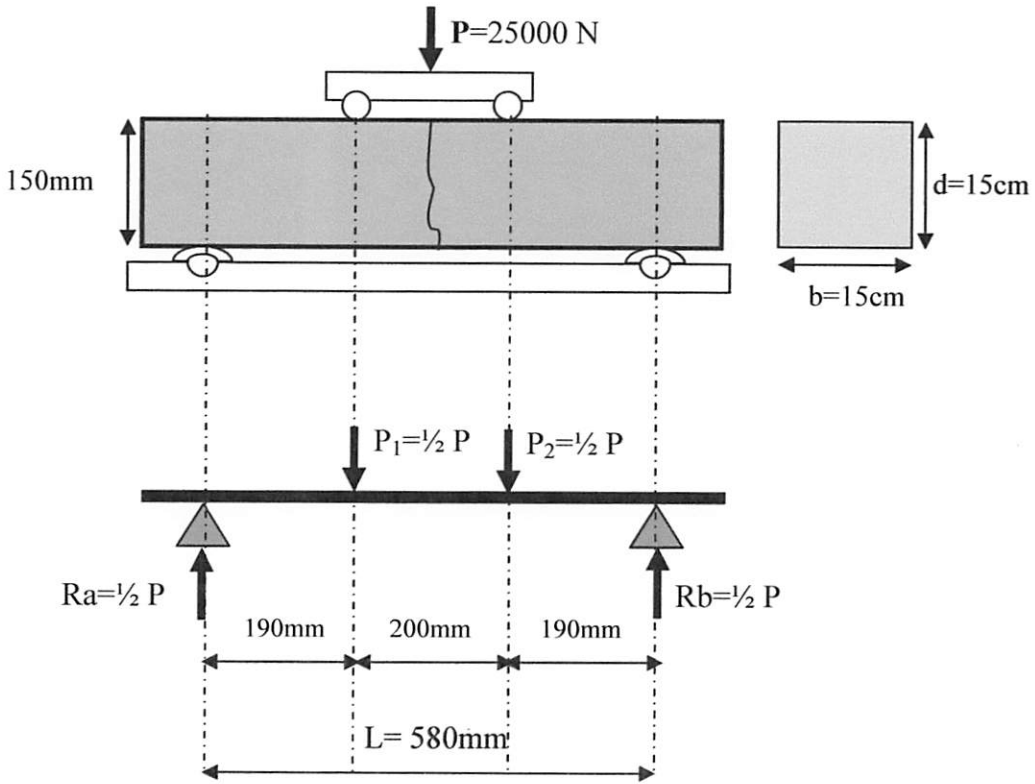
No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk benda uji	Berat (kg)	Tekanan P (N)	Tarik Belah (MPa)	Tarik Belah Rata2 (MPa)
1	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.78	175000	2.48	2.501
2	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.63	180000	2.55	
3	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.77	175000	2.48	

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.6.3. Hasil pengujian Tarik Lentur Beton

Untuk pengujian tarik lentur beton ini dilakukan pada benda uji balok 150x150x600 mm (cetakan besi) dan balok 150x150x620 mm (cetakan kayu) pada umur 28 hari. Sebagai penjelasan dari analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan data tarik lentur beton dengan perlakuan tanpa bahan tambahan, sedangkan untuk perhitungan keseluruhan terdapat pada tabel 5.43, tabel 5.44, tabel 5.45 dan tabel 5.46.

- Contoh Perhitungan Kuat Tarik Lentur Beton Benda Uji I

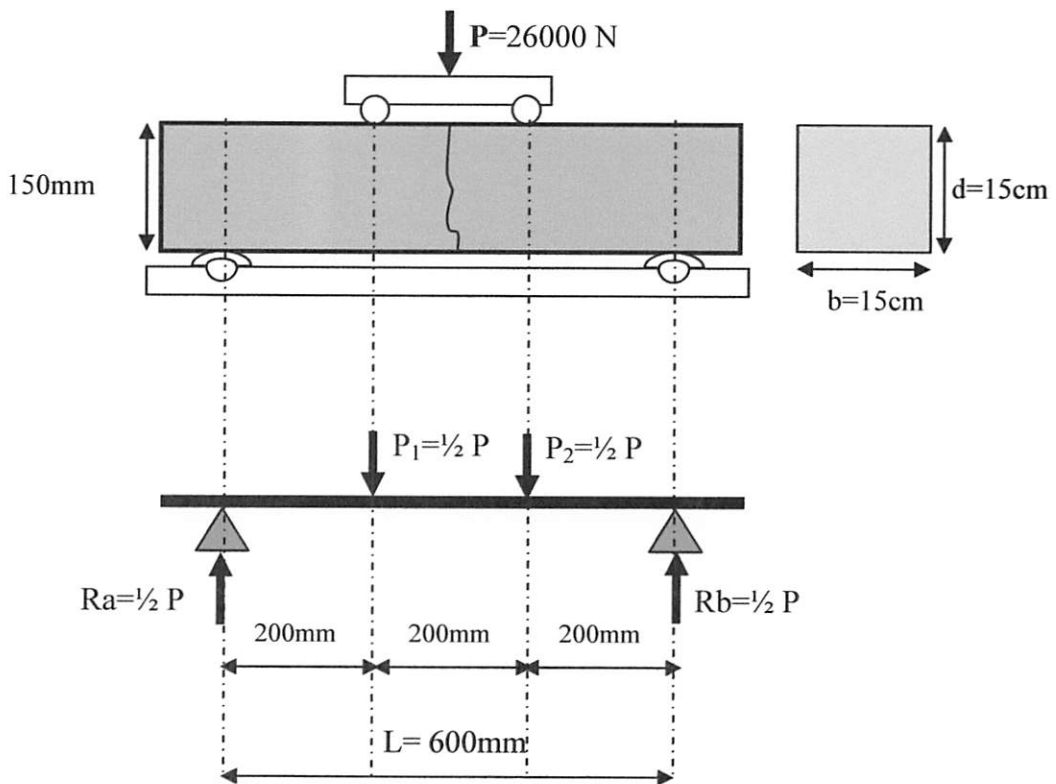


Gambar 5.6. Kuat Tarik Lentur Beton benda uji I

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Maksimum} &= R_a \times 290 - P_1 \times 100 \\
 &= \frac{1}{2} P \times 290 - \frac{1}{2} P \times 100 \\
 &= 95P
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Tarik Lentur (fr)} &= \frac{M}{W} = \frac{95P}{\frac{1}{6}b \times d^2} = \frac{570P}{b \times d^2} \\
 &= \frac{570 \times 25000}{150 \times 150^2} \\
 &= 4,22 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Contoh Perhitungan Kuat Tarik Lentur Beton Benda Uji II



Gambar 5.7. Kuat Tarik Lentur Beton benda uji II

$$\begin{aligned}\text{Kuat Tarik Lentur (fr)} &= \frac{P \times L}{b \times d^2} \\ &= \frac{26000 \times 600}{150 \times 150^2} \\ &= 4,62 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Dimana :

P = Beban Maksimum (N)

L = Panjang bentang (mm)

b = Lebar Balok (mm)

d = tinggi balok (mm)

Selanjutnya hasil perhitungan kuat tarik lentur untuk variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24% disajikan dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 5.43. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Variasi 0,0%

No	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Jenis Keruntuhan	L (mm)	Berat (kg)	Tekanan P (N)	Tarik Lentur (MPa)	Tarik Lentur Rata2(MPa)
1	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Tengah	580	35.53	25000	4.22	4.43
2	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Tengah	600	32.74	26000	4.62	
3	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Tengah	600	33.04	25000	4.44	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.44. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Variasi 0,22%

No	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Jenis Keruntuhan	L (mm)	Berat (kg)	Tekanan P (N)	Tarik Lentur (MPa)	Tarik Lentur Rata2(MPa)
1	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Tengah	600	31.63	32000	5.69	5.68
2	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Tengah	600	33.30	33000	5.87	
3	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Tengah	580	32.56	32500	5.49	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.45. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Variasi 0,23%

No	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Jenis Keruntuhan	L (mm)	Berat (kg)	Tekanan P (N)	Tarik Lentur (MPa)	Tarik Lentur Rata2(MPa)
1	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Tengah	580	33.63	32500	5.49	5.65
2	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Tengah	600	33.14	32000	5.69	
3	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Tengah	600	33.54	32500	5.78	

Sumber : Data Hasil Penelitian

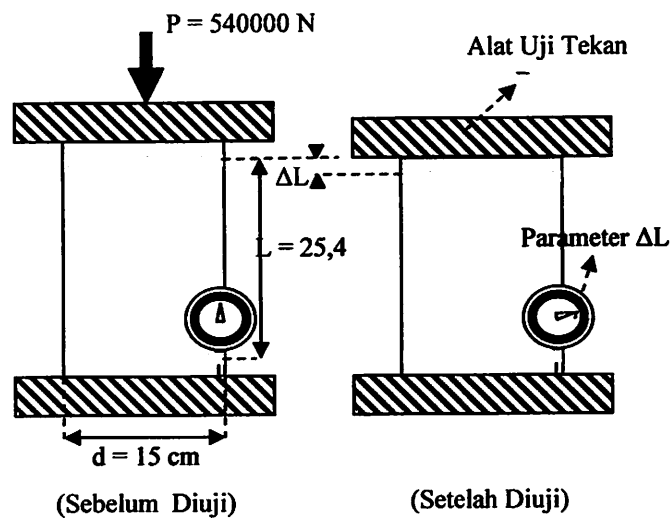
Tabel 5.46. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Variasi 0,24%

No	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Jenis Keruntuhan	L (mm)	Berat (kg)	Tekanan P (N)	Tarik Lentur (MPa)	Tarik Lentur Rata2 (MPa)
1	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Tengah	580	33.38	31000	5.24	5.57
2	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Tengah	600	33.80	32500	5.78	
3	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Tengah	600	32.97	32000	5.69	

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.6.4. Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas Beton

Untuk pengujian Modulus Elastisitas Beton ini dilakukan pada benda uji silinder 150 x 300 mm pada umur 28 hari. Sebagai penjelasan dari analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan data modulus elastisitas beton dengan perlakuan tanpa bahan tambahan. Sedangkan untuk perhitungan keseluruhan terdapat pada tabel 5.47, tabel 5.48 tabel 5.49 dan tabel 5.50.



Gambar 5.8. Modulus Elastisitas Beton

- Perhitungan Regangan Beton (ϵ)

$$\begin{aligned}\text{Regangan Beton } (\epsilon) &= \frac{\Delta L}{L} \\ &= \frac{1,3\text{mm}}{254\text{mm}} \\ &= 0,005118\end{aligned}$$

- Perhitungan Kuat Tekan Beton (f'_c)

$$\text{Kuat Tekan Beton } (f'_c) = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{540000}{0,25 \times 3,14 \times 150^2}$$

$$= 30,57 \text{ Mpa}$$

- Perhitungan Modulus Elastisitas Beton (E_c)

$$\text{Modulus Elastisitas Beton } (E_c) = \frac{f'_c}{\varepsilon}$$

$$= \frac{30,57 \text{ MPa}}{0,005118}$$

$$= 5973,54 \text{ Mpa}$$

- Perhitungan Modulus Elastisitas Teoritis

$$\text{Modulus Elastisitas Teoritis } (E_t) = 4700 \times \sqrt{f'_c}$$

$$= 4700 \times \sqrt{30,57}$$

$$= 25987,75 \text{ Mpa}$$

Dimana : ε = Regangan

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 5.47. Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0,0%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk benda uji	Berat (kg)	P (N)	L (mm)	ΔL (mm)	e	f _c (MPa)	E _c (MPa)	E _{teoritis} (MPa)	E _c Rata2 (MPa)
1	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.58	540000	254	1.3	0.005	30.57	5973.54	25987.75	6047.29
2	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.79	520000	254	1.2	0.005	29.44	6231.66	25501.95	
3	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.67	520000	254	1.2	0.005	29.44	6231.66	25501.95	
4	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.66	520000	254	1.3	0.005	29.44	5752.30	25501.95	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.48. Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0,22%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk benda uji	Berat (kg)	P (N)	L (mm)	ΔL (mm)	e	f _c (MPa)	E _c (MPa)	E _{teoritis} (MPa)	E _c Rata2 (MPa)
1	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.98	565000	254	1.30	0.005	31.99	6250.10	371570.46	6353.53
2	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.75	560000	254	1.25	0.005	31.71	6442.58	377248.60	
3	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.55	570000	254	1.30	0.005	32.27	6305.41	373210.95	
4	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.48	580000	254	1.30	0.005	32.84	6416.03	376470.50	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.49. Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0,23%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk benda uji	Berat (kg)	P (N)	L (mm)	ΔL (mm)	e	f _c (MPa)	E _c (MPa)	E _{teoritis} (MPa)	E _c Rata (MPa)
1	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.65	550000	254	1.25	0.0049	31.14	6327.53	373865.14	6345.87
2	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.67	560000	254	1.30	0.0051	31.71	6194.78	369922.69	
3	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.58	545000	254	1.25	0.0049	30.86	6270.01	372161.87	
4	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.61	550000	254	1.20	0.0047	31.14	6591.18	381574.51	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.50. Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Variasi 0,24%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk benda uji	Berat (kg)	P (N)	L (mm)	ΔL (mm)	e	f _c (MPa)	E _c (MPa)	E _{teoritis} (MPa)	E _c Rata (MPa)
1	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	13.08	530000	254	1.20	0.005	30.01	6351.50	25746.00	6346.70
2	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.97	540000	254	1.20	0.005	30.57	6471.34	25987.75	
3	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.86	540000	254	1.25	0.005	30.57	6212.48	25987.75	
4	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 15 x 30	12.76	530000	254	1.20	0.005	30.01	6351.50	25746.00	

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.6.5. Hasil Pengujian Porositas Beton

Untuk pengujian Porositas beton ini dilakukan pada benda uji silinder 100 x 200 mm pada umur 28 hari. 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 dengan perlakuan tanpa bahan tambahan, sedangkan untuk perhitungan lainnya terdapat pada tabel 5.51, tabel 5.52, tabel 5.53 dan tabel 5.54.

- Perhitungan Volume Pori Terbuka (V_p)

$$\begin{aligned}\text{Volume Pori Terbuka} &= \frac{W_{ssd} - W_a}{B_{\text{jair}}} \\ &= \frac{4020\text{gr} - 3830\text{gr}}{1\text{gr/ml}} \\ &= 190\text{ ml}\end{aligned}$$

- Perhitungan Porositas

$$\begin{aligned}\text{Porositas} &= \frac{V_p}{V_{\text{benda uji}}} \times 100\% \\ &= \frac{190}{3,14 \times 20 \times 5^2} \times 100\% \\ &= 12,10\%\end{aligned}$$

Dimana : W_{ssd} = Berat benda uji keadaan SSD (gr)

W_a = Berat benda uji keadaan kering oven (gr)

$B_{\text{j air}}$ = Berat jenis air 1 gr/ml

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

Tabel 5.51. Data Hasil Pengujian Porositas Variasi 0,0%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk benda uji	Wssd (gr)	Wa (gr)	Porositas (%)	Porositas Rata2(%)
1	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	4020	3830	12.10	11.89
2	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3900	3720	11.46	
3	18-Oct-10	15-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	4030	3840	12.10	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.52. Data Hasil Pengujian Porositas Variasi 0,22%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk benda uji	Wssd (gr)	Wa (gr)	Porositas (%)	Porositas Rata2 (%)
1	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3430	3275	9.87	9.75
2	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3860	3705	9.87	
3	29-Oct-10	26-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3630	3481	9.49	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.53. Data Hasil Pengujian Porositas Variasi 0,23%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk benda uji	Wssd (gr)	Wa (gr)	Porositas (%)	Porositas Rata2 (%)
1	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3890	3740	9.55	9.83
2	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3790	3645	9.24	
3	30-Oct-10	27-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3573	3405	10.70	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.54. Data Hasil Pengujian Porositas Variasi 0,24%

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Bentuk benda uji	Wssd (gr)	Wa (gr)	Porositas (%)	Porositas Rata2 (%)
1	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3670	3517	9.75	10.02
2	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3483	3326	10.00	
3	1-Nov-10	29-Nov-10	28	Silinder 10 x 20	3675	3513	10.32	

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.6.6. Hasil Pengujian Workabilitas Beton

Pengujian workabilitas ini dilakukan dengan 2 cara, yaitu uji slump dengan krucut abraham dan uji faktor kepadatan. Setiap campuran beton basah setiap variasinya diuji sebanyak 3 kali.

Method compacting factor tes ini berdasarkan British Standar 1881, yang diringkas dalam jurnal International Center for Aggregates Research, sebagai penjelasan dari analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan data pengujian workabilitas sebagai penjelasan dari analisa tersebut dibuat contoh perhitungan dengan menggunakan data workabilitas dengan perlakuan tanpa bahan tambahan, sedangkan untuk keseluruhan tiap perlakuan lainnya dibuat dalam bentuk tabel.

- Perhitungan Faktor Kepadatan (Compacting Factor)

$$WF = \frac{W_{jatuh}}{W_{padat}}$$

$$WF = \frac{21,02}{23,35}$$

$$WF = 0,9$$

Untuk perhitungan selanjutnya ditabelkan.

Tabel 5.55. Data Hasil Pengujian Workabilitas Variasi 0%

No.	Tanggal buat	Nlai Slump(mm)	W jatuh (kg)	W padat (kg)	Workability	Workability Rata2
1	18-Oct-10	75.00	21.02	23.35	0.900	0.900
2			21.01	23.36	0.899	
3			21.04	23.34	0.901	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.56. Data Hasil Pengujian Workabilitas Variasi 0.22%

No.	Tanggal buat	Nlai Slump(mm)	W jatuh (kg)	W padat (kg)	Workability	Workability Rata2
1	18-Oct-10	87.00	22.36	23.55	0.949	0.936
2			22.21	23.71	0.937	
3			21.75	23.59	0.922	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.57. Data Hasil Pengujian Workabilitas Variasi 0.23%

No.	Tanggal buat	Nlai Slump(mm)	W jatuh (kg)	W padat (kg)	Workability	Workability Rata2
1	18-Oct-10	86.00	22.53	23.99	0.939	0.935
2			21.78	23.89	0.912	
3			22.39	23.48	0.954	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel 5.58. Data Hasil Pengujian Workabilitas Variasi 0.24%

No.	Tanggal buat	Nlai Slump(mm)	W jatuh (kg)	W padat (kg)	Workability	Workability Rata2
1	18-Oct-10	85.00	21.87	23.25	0.941	0.932
2			21.93	23.31	0.941	
3			21.85	23.89	0.915	

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.7. Pengujian Interval Kepercayaan

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

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

5.7.1. Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tekan

Di bawah ini disajikan data dan perhitungan pengujian interval kepercayaan untuk kuat tekan dengan variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%.

Tabel 5.59. Data Pengujian Kuat Tekan Beton

No.	Kuat Tekan (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 0,22%	Variasi 0,23%	Variasi 0,24%
1	35,77	39.08	38.42	37.76
2	34,45	37.10	36.43	37.76
3	33,12	37.76	37.10	38.42
4	25,17	49.68	39.75	39.75
5	34,45	39.75	39.08	39.08
6	38,42	37.76	37.76	49.68
7	35,77	37.10	49.02	37.76
8	35,77	39.75	40.41	25.17
9	35,77	38.42	25.17	38.42
10	37,10	39.75	39.75	37.76
11	51,67	37.76	38.42	39.08
12	35,77	23.18	37.10	37.10
13	34,45	39.08	39.75	38.42
14	34,45	39.75	37.76	39.08
15	35,77	37.76	36.43	36.43

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data hasil penelitian pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\text{Jumlah Kuat Tekan}}{n} \\
 &= \frac{35,77 + 34,45 + \dots + 35,77}{15} \\
 &= 35,86 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{[(35,77 - 35,86)^2 + \dots + (35,77 - 35,86)^2]}{15 - 1}} \\
 &= 6,105
 \end{aligned}$$

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

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

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

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi / simpangan baku

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaan adalah :

$$\begin{aligned}
 &= X - \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < X + \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 35,86 - \left(2,145 \times \frac{6,105}{\sqrt{15}} \right) < \mu < 35,86 + \left(2,145 \times \frac{6,105}{\sqrt{15}} \right) \\
 &= 32,47783 < \mu < 39,24022
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama kita dapat mencari interval kepercayaan untuk variasi 0,22%, 0,23% dan 0,24%, yang selanjutnya akan disajikan pada tabel 5.60.

Tabel 5.60. Interval Kepercayaan Kuat Tekan

Variasi (%)	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
0	35,86	6,105	0,975	14	2,145	32,4778	$< \mu <$	39,2402
0,22	38,24	5,977	0,975	14	2,145	34,9337	$< \mu <$	41,5538
0,23	38,16	5,447	0,975	14	2,145	35,1384	$< \mu <$	41,1724
0,24	38,11	5,471	0,975	14	2,145	35,0811	$< \mu <$	41,1414

Sumber : Data Hasil Penelitian

Sesuai dengan jarak interval kepercayaan pada tabel 5.60, maka data setiap variasi yang memenuhi syarat interval kepercayaan kami sajikan dalam tabel 5.61.

Tabel 5.61. Data Kuat Tekan Setelah Pengujian Interval Kepercayaan

No.	Kuat Tekan (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 0,22%	Variasi 0,23%	Variasi 0,24%
1	35.771	39.083	38.420	37.758
2	34.446	37.095	36.433	37.758
3	33.121	37.758	37.095	38.420
4	-	-	39.745	39.745
5	34.446	39.745	39.083	39.083
6	38.420	37.758	37.758	-
7	35.771	37.095	-	37.758
8	35.771	39.745	40.408	-
9	35.771	38.420	-	38.420
10	37.096	39.745	39.745	37.758
11	-	37.758	38.420	39.083
12	35.771	-	37.095	37.095
13	34.446	39.083	39.745	38.420
14	34.446	39.745	37.758	39.083
15	35.771	37.758	36.433	36.433

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.7.2. Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah

Di bawah ini disajikan data dan perhitungan pengujian interval kepercayaan untuk kuat Tarik Belah dengan variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%.

Tabel 5.62. Data Pengujian Kuat Tarik Belah

No.	Kuat Tarik Belah (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 0,22%	Variasi 0,23%	Variasi 0,24%
1	1,91	2,55	2,55	2,48
2	2,05	2,62	2,62	2,55
3	1,84	2,55	2,48	2,48

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data hasil penelitian pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

$$X = \frac{\text{Jumlah Kuat Tekan Belah}}{n}$$

$$= \frac{1,91 + 2,05 + 1,84}{3}$$

$$= 1,93 \text{ MPa}$$

$$s = \sqrt{\frac{[(1,91 - 1,93)^2 + (2,05 - 1,93)^2 + (1,84 - 1,93)^2]}{3 - 1}}$$

$$= 0,1081$$

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

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

$$t_{0,975} = 4,303$$

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi / simpangan baku

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaan adalah :

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

$$= 1,93 - \left(4,303 x \frac{0,1081}{\sqrt{3}} \right) < \mu < 1,93 + \left(4,303 x \frac{0,1081}{\sqrt{3}} \right)$$

$$= 1,6658 < \mu < 2,2030$$

Dengan cara yang sama kita dapat mencari interval kepercayaan untuk variasi 0,22%, 0,23% dan 0,24%, yang selanjutnya akan disajikan pada tabel 5.63.

Tabel 5.63. Interval Kepercayaan Kuat Tarik Belah

Variasi (%)	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
0	1,934	0,1081	0,975	2	4,303	1,6658	< μ <	2,2030
0,22	2,571	0,0409	0,975	2	4,303	2,4698	< μ <	2,6729
0,23	2,548	0,0708	0,975	2	4,303	2,3719	< μ <	2,7236
0,24	2,501	0,0409	0,975	2	4,303	2,3991	< μ <	2,6021

Sumber : Data Hasil Penelitian

Sesuai dengan jarak interval kepercayaan pada tabel 5.63, maka data setiap variasi yang memenuhi syarat interval kepercayaan kami sajikan dalam tabel 5.64.

Tabel 5.64. Data Kuat Tarik Belah Setelah Pengujian Interval Kepercayaan

No.	Kuat Tarik Belah (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 0,22%	Variasi 0,23%	Variasi 0,24%
1	1,91	2,55	2,55	2,48
2	2,05	2,62	2,62	2,55
3	1,84	2,55	2,48	2,48

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.7.3. Pengujian Interval Kepercayaan Kuat Tarik Lentur

Di bawah ini disajikan data dan perhitungan pengujian interval kepercayaan untuk kuat Tarik Belah dengan variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%.

Tabel 5.65. Data Pengujian Kuat Tarik Lentur

No.	Kuat Tarik Lentur (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 0,22%	Variasi 0,23%	Variasi 0,24%
1	4,22	5,69	5,49	5,24
2	4,62	5,87	5,69	5,78
3	4,44	5,49	5,78	5,69

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data hasil penelitian pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

$$\begin{aligned}
 \bar{X} &= \frac{\text{Jumlah Kuat Tarik Lentur}}{n} \\
 &= \frac{4,22 + 4,62 + 4,44}{3} \\
 &= 4,43 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{[(4,22 - 4,43)^2 + (4,62 - 4,43)^2 + (4,44 - 4,43)^2]}{3 - 1}} \\
 &= 0,2004
 \end{aligned}$$

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

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

$$t_{0,975} = 4,303$$

Dimana : \bar{X} = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi / simpangan baku

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaan adalah :

$$\begin{aligned}
 &= X - \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < X + \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 4,43 - \left(4,303 \times \frac{0,2004}{\sqrt{3}} \right) < \mu < 4,43 + \left(4,303 \times \frac{0,2004}{\sqrt{3}} \right) \\
 &= 3,9317 < \mu < 4,9275
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama kita dapat mencari interval kepercayaan untuk variasi 0,22%, 0,23% dan 0,24%, yang selanjutnya akan disajikan pada tabel 5.66.

Tabel 5.66. Interval Kepercayaan Kuat Tarik Lentur

Variasi (%)	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
0	4,43	0,2004	0,975	2	4,303	3,9317	< μ <	4,9275
0,22	5,68	0,1889	0,975	2	4,303	5,2119	< μ <	6,1510
0,23	5,65	0,1479	0,975	2	4,303	5,2843	< μ <	6,0194
0,24	5,57	0,2908	0,975	2	4,303	4,8449	< μ <	6,2898

Sumber : Data Hasil Penelitian

Sesuai dengan jarak interval kepercayaan pada tabel 5.66, maka data setiap variasi yang memenuhi syarat interval kepercayaan kami sajikan dalam tabel 5.67.

Tabel 5.67. Data Kuat Tarik Lentur Setelah Pengujian Interval Kepercayaan

No.	Kuat Tarik Lentur (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 0,22%	Variasi 0,23%	Variasi 0,24%
1	4,22	5,69	5,49	5,24
2	4,62	5,87	5,69	5,78
3	4,44	5,49	5,78	5,69

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.7.4. Pengujian Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas

Di bawah ini disajikan data dan perhitungan pengujian interval kepercayaan untuk kuat Tarik Belah dengan variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%.

Tabel 5.68. Data Pengujian Modulus Elastisitas

No.	Modulus Elastisitas (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 0,22%	Variasi 0,23%	Variasi 0,24%
1	5973.54	6250.10	6327.53	6351.50
2	6231.66	6442.58	6194.78	6471.34
3	6231.66	6305.41	6270.01	6212.48
4	5752.30	6416.03	6591.18	6351.50

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data hasil penelitian pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

$$X = \frac{\text{Jumlah Modulus Elastisitas}}{n}$$

$$= \frac{5973,54 + 6231,66 + 6231,66 + 5752,30}{4}$$

$$= 6047,29 \text{ MPa}$$

$$s = \sqrt{\frac{[(5973,54 - 6047,29)^2 + \dots + (5752,30 - 6047,29)^2]}{4 - 1}}$$

$$= 231$$

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

$$dk = n - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$t_{0,975} = 3,182$$

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi / simpangan baku

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaan adalah :

$$\begin{aligned}
 &= X - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < X + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 6047,29 - \left(3,182 x \frac{231}{\sqrt{4}} \right) < \mu < 6047,29 + \left(3,182 x \frac{231}{\sqrt{4}} \right) \\
 &= 5679,36 < \mu < 6415,22
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama kita dapat mencari interval kepercayaan untuk variasi 0,22%, 0,23% dan 0,24%, yang selanjutnya akan disajikan pada tabel 5.69.

Tabel 5.69. Interval Kepercayaan Modulus Elastisitas

Variasi (%)	X	s	P	dk	t _{0,975}	Interval Kepercayaan		
0	6047,29	231	0,975	3	3,182	5679,36	< μ <	6415,22
0,22	6353,526	91,021	0,975	3	3,182	6208,725	< μ <	6498,327
0,23	6345,875	172,33	0,975	3	3,182	6071,696	< μ <	6620,053
0,24	6346,704	105,82	0,975	3	3,182	6178,343	< μ <	6515,066

Sumber : Data Hasil Penelitian

Sesuai dengan jarak interval kepercayaan pada tabel 5.69 maka data setiap variasi yang memenuhi syarat interval kepercayaan kami sajikan dalam tabel 5.70.

Tabel 5.70. Data Modulus Elastisitas Setelah Pengujian Interval Kepercayaan

No.	Modulus Elastisitas (MPa)			
	Variasi 0%	Variasi 0,22%	Variasi 0,23%	Variasi 0,24%
1	5973.54	6250.10	6327.53	6351.50
2	6231.66	6442.58	6194.78	6471.34
3	6231.66	6305.41	6270.01	6212.48
4	5752.30	6416.03	6591.18	6351.50

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.7.5. Pengujian Interval Kepercayaan Porositas

Di bawah ini disajikan data dan perhitungan pengujian interval kepercayaan untuk kuat Tarik Belah dengan variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%.

Tabel 5.71. Data Pengujian Porositas

No.	Porositas (%)			
	Variasi 0%	Variasi 0,22%	Variasi 0,23%	Variasi 0,24%
1	12,10	9.87	9.55	9.75
2	11,46	9.87	9.24	10.00
3	12,10	9.49	10.70	10.32

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data hasil penelitian pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\text{Jumlah Porositas}}{n} \\
 &= \frac{12,10 + 11,46 + 12,10}{3} \\
 &= 11,89 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{[(12,10 - 11,89)^2 + (11,46 - 11,89)^2 + (12,10 - 11,89)^2]}{3 - 1}} \\
 &= 0,367
 \end{aligned}$$

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

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

$$t_{0,975} = 4,303$$

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi / simpangan baku

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaan adalah :

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

$$= 11,89 - \left(4,303 \times \frac{0,367}{\sqrt{3}} \right) < \mu < 11,89 + \left(4,303 \times \frac{0,367}{\sqrt{3}} \right)$$

$$= 10,97 < \mu < 12,80$$

Dengan cara yang sama kita dapat mencari interval kepercayaan untuk variasi 0,22%, 0,23% dan 0,24%, yang selanjutnya akan disajikan pada tabel 5.72.

Tabel 5.72. Interval Kepercayaan Porositas

Variasi (%)	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
0	11,89	0,367	0,975	2	4,303	10,97	< μ <	12,80
0,22	9,75	0,221	0,975	2	4,303	9,917	< μ <	10,293
0,23	9,83	0,771	0,975	2	4,303	7,916	< μ <	11,744
0,24	10,02	0,287	0,975	2	4,303	9,308	< μ <	10,735

Sumber : Data Hasil Penelitian

Sesuai dengan jarak interval kepercayaan pada tabel 5.72, maka data setiap variasi yang memenuhi syarat interval kepercayaan kami sajikan dalam tabel 5.73.

Tabel 5.73 Data Porositas Setelah Pengujian Interval Kepercayaan

No.	Porositas (%)			
	Variasi 0%	Variasi 0,22%	Variasi 0,23%	Variasi 0,24%
1	12,10	9.87	9.55	9.75
2	11,46	9.87	9.24	10,00
3	12,10	9.49	10.70	10.32

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.7.6. Pengujian Interval Kepercayaan Workabilitas

Di bawah ini disajikan data dan perhitungan pengujian interval kepercayaan untuk workability dengan variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%.

Tabel. 5.74. Data Pengujian Workabilitas

No.	Compacting Factor			
	Variasi 0%	Variasi 0,22%	Variasi 0,23%	Variasi 0,24%
1	0,900	0,949	0,939	0,941
2	0,899	0,937	0,912	0,941
3	0,901	0,922	0,954	0,915

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data hasil penelitian pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{\text{Jumlah CF}}{n} \\
 &= \frac{0,900 + 0,899 + 0,901}{3} \\
 &= 0,900 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 s &= \sqrt{\frac{[(0,900 - 0,900)^2 + (0,899 - 0,900)^2 + (0,901 - 0,900)^2]}{3 - 1}} \\
 &= 0,001
 \end{aligned}$$

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

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

$$t_{0,975} = 4,303$$

Dimana : X = Nilai rata-rata

s = Standar deviasi / simpangan baku

P = Persentil

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

Maka interval kepercayaan adalah :

$$\begin{aligned}
 &= X - \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < X + \left(t_{0,975} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 0,900 - \left(4,303 \times \frac{0,001}{\sqrt{3}} \right) < \mu < 0,900 + \left(4,303 \times \frac{0,001}{\sqrt{3}} \right) \\
 &= 0,898 < \mu < 0,902
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama kita dapat mencari interval kepercayaan untuk variasi 0,22%, 0,23% dan 0,24%, yang selanjutnya akan disajikan pada tabel 5.75.

Tabel. 5.75. Interval Kepercayaan Workabilitas

Variasi (%)	X	s	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan		
0	0,900	0,001	0,975	2	4,303	0,898	$< \mu <$	0,902
0,22	0,936	0,014	0,975	2	4,303	0,902	$< \mu <$	0,970
0,23	0,935	0,021	0,975	2	4,303	0,882	$< \mu <$	0,988
0,24	0,932	0,015	0,975	2	4,303	0,895	$< \mu <$	0,969

Sumber : Data Hasil Penelitian

Sesuai dengan jarak interval kepercayaan pada tabel 5.75, maka data setiap variasi yang memenuhi syarat interval kepercayaan kami sajikan dalam tabel 5.76.

Tabel. 5.76. Data workabilitas Setelah Pengujian Interval Kepercayaan

No.	Compacting Factor			
	Variasi 0%	Variasi 0,22%	Variasi 0,23%	Variasi 0,24%
1	0,900	0,949	0,939	0,941
2	0,899	0,937	0,912	0,941
3	0,901	0,922	0,954	0,915

Sumber : Data Hasil Penelitian

5.8. Pengujian Hipotesis

5.8.1. Pengujian Hipotesis Kuat Tekan Beton

Untuk menguji hipotesis penelitian pada Bab I , maka dilakukan uji analisa varian satu arah untuk melihat apakah ada perbedaan nilai sifat mekanis beton yang ditimbulkan oleh variasi penambahan gula pasir.

Tabel 5.77. Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Setelah Penyortiran

No	Variasi 0 %		Variasi 0,22 %		Variasi 0,23 %		Variasi 0,24 %		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	35.771	1279.543	39.083	1527.465	38.420	1476.126	37.758	1376.079	
2	34.446	1186.517	37.096	1376.079	36.433	1327.372	37.758	1425.664	
3	33.121	1097.002	37.758	1425.664	37.096	1376.079	38.420	1476.126	
4	-	-	-	-	39.745	1579.683	39.745	1579.683	
5	34.446	1186.517	39.745	1579.683	39.083	1527.465	39.083	1527.465	
6	38.420	1476.126	37.758	1425.664	37.758	1425.664	-	-	
7	35.771	1279.543	37.096	1376.079	-	-	37.758	1425.664	
8	35.771	1279.543	39.745	1579.683	40.408	1632.778	-	-	
9	35.771	1279.543	38.420	1476.126	-	-	38.420	1476.126	
10	37.096	1376.079	39.745	1579.683	39.745	1579.683	37.758	1425.664	
11	-	-	37.758	1425.664	38.420	1476.126	39.083	1527.465	
12	35.771	1279.543	-	-	37.096	1376.079	37.096	1376.079	
13	34.446	1186.517	39.083	1527.465	39.745	1579.683	38.420	1476.126	
14	34.446	1186.517	39.745	1579.683	37.758	1425.664	39.083	1527.465	
15	35.771	1279.543	37.758	1425.664	36.433	1327.372	36.433	1327.372	
SY	461.04		500.79		498.14		496.82		1956.79
SY ²	16372.53		19304.60		19109.77		18996.56		73783.47
n	13		13		13		13		52

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned}\sum Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y^2_{ij} \\ &= 16372,53 + 19304,60 + 19109,77 + 18996,56 \\ &= 73783,47\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \\ &= (\sum Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{1956,79^2}{52} \\ &= 73635,12224\end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat –kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}P_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} - R_y \\ &= \left(\frac{461,04^2}{13} + \frac{500,79^2}{13} + \frac{498,14^2}{13} + \frac{496,82^2}{13} \right) - 73635,12224 \\ &= 81,9207\end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}E_y &= \sum Y^2 - R_y - P_y \\ &= 73783,47 - 73635,12224 - 81,9207 \\ &= 66,42768\end{aligned}$$

Keterangan :

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

Setelah nilai-nilai diatas diperoleh maka disusunlah table analisa varian seperti di bawah ini.

Tabel 5.78. Analisa Varian Untuk Kuat Tekan

Sumber Variasi	Dk	JK	MK
Rata-rata	1	73635.12224	73635.12224
Antar Perlakuan	3	81.92072701	27.306909
Dalam Perlakuan	48	66.42768469	1.383910098
Jumlah	52		

Sumber : Data Hasil Penelitian

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

$$F \text{ hitung} = \frac{27,306909}{1,38391} = 19,73171$$

Dalam tabel I pada buku Metode Statistika (Sudjana,2002;496), nilai $F_{\text{tabel}} (0,05 ; 3 ; 52) = 2,784$, Jadi nilai $F \text{ hitung} = 19,73171 > F_{\text{tabel}} = 2,784$. Dengan demikian H_a *diterima* dan H_o *ditolak*, yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi gula pasir terhadap nilai kuat tekan.

5.8.2. Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Belah Beton

Untuk menguji hipotesis penelitian pada Bab I , maka dilakukan uji analisa varian satu arah untuk melihat apakah ada perbedaan nilai sifat mekanis beton yang ditimbulkan oleh variasi penambahan gula pasir.

Tabel 5.79. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Setelah Penyortiran

No	Variasi 0 %		Variasi 0,22%		Variasi 0,23%		Variasi 0,24%		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	1,91	3,65	2.55	6.49	2.55	6.49	2.48	6.14	
2	2,05	4,21	2.62	6.86	2.62	6.86	2.55	6.49	
3	1,84	3,39	2.55	6.49	2.48	6.14	2.48	6.14	
SY	5,80		7.71		7.64		7.50		28.66
SY ²	11,25		19.84		19.48		18.76		69.33
n	3		3		3		3		12

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned} \sum Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{ni} Y^2_{ij} \\ &= 11,25 + 19,84 + 19,48 + 18,76 \\ &= 69,33 \end{aligned}$$

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

$$Ry = \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k ni}$$

$$= (\sum Y)^2 / n \text{ total}$$

$$= \frac{28,66^2}{12}$$

$$= 68,461$$

- Jumlah kuadrat –kuadrat (JK) antar perlakuan :

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

$$= \left(\frac{5,80^2}{3} + \frac{7,71^2}{3} + \frac{7,64^2}{3} + \frac{7,50^2}{3} \right) - 68,461$$

$$= 0,8326$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

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

$$= 69,33 - 68,461 - 0,8326$$

$$= 0,04$$

Keterangan :

Y = Data-data pengamatan

n = Banyak pengamatan

J = Jumlah dari data-data pengamatan

k = Variasi perlakuan

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

Tabel 5.80. Analisa Varian Untuk Kuat Tarik Belah

Sumber Variasi	Dk	JK	MK
Rata-rata	1	68.46119518	68.46119518
Antar Perlakuan	3	0.83267846	0.277559487
Dalam Perlakuan	8	0.040068738	0.005008592
Jumlah	12		

Sumber : Data Hasil Penelitian

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

$$F \text{ hitung} = \frac{0,277559}{0,005009} = 55,41667$$

Dalam tabel I pada buku Metode Statistika (Sudjana,2002;496), nilai $F \text{ tabel} (0,05 ; 3 ; 12) = 3,49$. Jadi nilai $F \text{ hitung} = 55,41667 > F \text{ tabel} = 3,49$. Dengan demikian H_a *diterima* dan H_o *ditolak*, yang berarti bahwa terdapat pengaruh penambahan variasi gula pasir terhadap nilai kuat Tarik Belah.

5.8.3. Pengujian Hipotesis Kuat Tarik Lentur Beton

Untuk menguji hipotesis penelitian pada Bab I , maka dilakukan uji analisa varian satu arah untuk melihat apakah ada perbedaan nilai sifat mekanis beton yang ditimbulkan oleh variasi penambahan gula pasir.

Tabel 5.81. Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Setelah Penyortiran

No	Variasi 0 %		Variasi 0,22 %		Variasi 0,23 %		Variasi 0,24 %		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	4.22	17.83	5.69	32.36	5.49	30.13	5.24	27.41	
2	4.62	21.36	5.87	34.42	5.69	32.36	5.78	33.38	
3	4.44	19.75	5.49	30.13	5.78	33.38	5.69	32.36	
SY	13.29		17.04		16.96		16.70		63.99
SY ²	58.95		96.91		95.87		93.16		344.89
n	3		3		3		3		12

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned} \sum Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{ni} Y^2_{ij} \\ &= 58,95 + 96,91 + 95,87 + 93,16 \\ &= 344,89 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k ni} \\ &= (\sum Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{63,99^2}{12} \\ &= 341,238 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat –kuadrat (JK) antar perlakuan :

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

$$= \left(\frac{13,29^2}{13} + \frac{17,04^2}{13} + \frac{16,96^2}{13} + \frac{16,70^2}{13} \right) - 341,238$$

$$= 3,28239$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

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

$$= 344,89 - 341,238 - 3,28239$$

$$= 0,36469$$

Keterangan :

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

Setelah nilai-nilai diatas diperoleh maka disusunlah table analisa varian seperti di bawah ini.

Tabel 5.82. Analisa Varian Untuk Kuat Tarik Lentur

Sumber Variasi	Dk	JK	MK
Rata-rata	1	341.2385251	341.2385251
Antar Perlakuan	3	3.282390123	1.094130041
Dalam Perlakuan	8	0.36469465	0.045586831
Jumlah	12		

Sumber : Data Hasil Penelitian

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

$$F \text{ hitung} = \frac{1,09413}{0,045587} = 24,001$$

Dalam tabel I pada buku Metode Statistika (Sudjana,2002;496), nilai $F \text{ tabel} (0,05 ; 3 ; 12) = 3,49$. Jadi nilai $F \text{ hitung} = 24,001 > F \text{ tabel} = 3,49$. Dengan demikian H_a **diterima** dan H_o **ditolak**, yang berarti bahwa terdapat pengaruh pemberian variasi gula pasir terhadap nilai kuat tarik lentur beton.

5.8.4. Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Untuk menguji hipotesis penelitian pada Bab I , maka dilakukan uji analisa varian satu arah untuk melihat apakah ada perbedaan nilai sifat mekanis beton yang ditimbulkan oleh variasi penambahan gula pasir.

Tabel 5.83. Data Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Setelah Penyortiran

No	Variasi 0 %		Variasi 0,22 %		Variasi 0,23 %		Variasi 0,24 %		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	5973.54	35683208.58	6250.10	39063690.87	6327.53	40037636.89	6351.50	40341526.78	
2	6231.66	38833566.54	6442.58	41506786.54	6194.78	38375357.38	6471.34	41878210.07	
3	6231.66	38833566.54	6305.41	39758142.89	6270.01	39312988.75	6212.48	38594958.40	
4	5752.30	33088956.10	6416.03	41165402.49	6591.18	43443616.41	6351.50	40341526.78	
SY	24189.16		25414.10		25383.50		25386.82		100373.58
SY ²	146439297.76		161494022.79		161169599.42		161156222.03		630259142
n	4		4		4		4		16

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned}\sum Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{ni} Y^2_{ij} \\ &= 146439297,76 + 161494022,79 + 161169599,42 + 161156222,03 \\ &= 630259142\end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k ni} \\ &= (\sum Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{100373,58^2}{16} \\ &= 629678474,2\end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat –kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}P_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k ni} - R_y \\ &= \left(\frac{24189,16^2}{4} + \frac{25414,1^2}{4} + \frac{25383,5^2}{4} + \frac{25386,82^2}{4} \right) - 629678474,2 \\ &= 272688,4568\end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}E_y &= \sum Y^2 - R_y - P_y \\ &= 630259142 - 629678474,2 - 272688,4568 \\ &= 307979,3408\end{aligned}$$

Keterangan :

Y = Data-data pengamatan

n = Banyak pengamatan

J = Jumlah dari data-data pengamatan

k = Variasi perlakuan

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

Tabel 5.84. Analisa Varian Untuk Modulus Elastisitas

Sumber Variasi	Dk	JK	MK
Rata-rata	1	629678474.2	629678474.2
Antar Perlakuan	3	272688.4568	90896.15227
Dalam Perlakuan	12	307979.3408	25664.94507
Jumlah	16		

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

$$F \text{ hitung} = \frac{90896,152}{25664,945} = 3,541646$$

Dalam tabel I pada buku Metode Statistika (Sudjana,2002;496), nilai $F_{\text{tabel}} (0,05 ; 3 ; 16) = 3,49$. Jadi nilai $F \text{ hitung} = 3,541646 > F_{\text{tabel}} = 3,49$. Dengan demikian H_a *diterima* dan H_0 *ditolak*, yang berarti bahwa terdapat pengaruh penambahan variasi gula pasir terhadap Modulus Elastisitas beton.

5.8.5. Pengujian Hipotesis Porositas Beton

Untuk menguji hipotesis penelitian pada Bab I , maka dilakukan uji analisa varian satu arah untuk melihat apakah ada perbedaan nilai sifat mekanis beton yang ditimbulkan oleh variasi penambahan gula pasir.

Tabel 5.85. Data Hasil Pengujian Porositas Setelah Penyortiran

No	Variasi 0 %		Variasi 0,22 %		Variasi 0,23 %		Variasi 0,24 %		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	12.10	146.46	9.87	97.47	9.55	91.28	9.75	94.97	
2	11.46	131.45	9.87	97.47	9.24	85.30	10.00	100.00	
3	12.10	146.46	9.49	90.07	10.70	114.50	10.32	106.47	
SY	35.67		29.24		29.49		30.06		124.46
SY ²	424.36		285.01		291.08		301.44		1301.89
n	3		3		3		3		12

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned} \sum Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 \\ &= 424,36 + 285,01 + 291,08 + 301,44 \\ &= 1301,89 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} \\ &= (\sum Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{1234,46^2}{12} \\ &= 1290,828 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat –kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}
 P_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} - R_y \\
 &= \left(\frac{35,67^2}{3} + \frac{29,24^2}{3} + \frac{29,49^2}{3} + \frac{30,06^2}{3} \right) - 1290,828 \\
 &= 9,33777
 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}
 E_y &= \sum Y^2 - R_y - P_y \\
 &= 1301,89 - 1290,828 - 9,33777 \\
 &= 1,72015
 \end{aligned}$$

Keterangan :

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

Setelah nilai-nilai diatas diperoleh maka disusunlah table analisa varian seperti di bawah ini.

Tabel 5.86. Analisa Varian Untuk Porositas

Sumber Variasi	Dk	JK	MK
Rata-rata	1	1290.828566	1290.828566
Antar Perlakuan	3	9.337768943	3.112589648
Dalam Perlakuan	8	1.720150919	0.215018865
Jumlah	12		

Sumber : Data Hasil Penelitian

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

$$F \text{ hitung} = \frac{3,11258}{0,215018} = 14,47589$$

Dalam tabel I pada buku Metode Statistika (Sudjana,2002;496), nilai $F \text{ tabel} (0,05 ; 3 ; 12) = 3,49$. Jadi nilai $F \text{ hitung} = 14,47589 > F \text{ tabel} = 3,49$. Dengan demikian H_a **diterima** dan H_o **ditolak**, yang berarti bahwa terdapat pengaruh penambahan variasi gula pasir terhadap Porositas beton.

5.8.6. Pengujian Hipotesis Workabilitas

Untuk menguji hipotesis penelitian pada Bab I , maka dilakukan uji analisa varian satu arah untuk melihat apakah ada perbedaan nilai sifat mekanis beton yang ditimbulkan oleh variasi penambahan gula pasir.

Tabel 5.87. Data Hasil Pengujian Workabilitas Setelah Penyortiran

No	Variasi 0 %		Variasi 0,22%		Variasi 0,23%		Variasi 0,24 %		Jumlah
	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	Y	Y ²	
1	0.90	0.81	0.95	0.90	0.94	0.88	0.94	0.88	
2	0.90	0.81	0.94	0.88	0.91	0.83	0.94	0.89	
3	0.90	0.81	0.92	0.85	0.95	0.91	0.91	0.84	
SY	2.70		2.81		2.80		2.79		11.11
SY ²	2.43		2.63		2.62		2.60		10.28
n	3		3		3		3		12

Sumber : Data Hasil Penelitian

Selanjutnya diperlukan :

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

$$\begin{aligned} \sum Y^2 &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{ni} Y^2_{ij} \\ &= 2,43 + 2,63 + 2,62 + 2,60 \\ &= 10,28 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} R_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k ni} \\ &= (\sum Y)^2 / n \text{ total} \\ &= \frac{11,11^2}{12} \\ &= 10,277 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat –kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$\begin{aligned}
 P_y &= \frac{J^2}{\sum_{i=1}^k n_i} - R_y \\
 &= \left(\frac{2,70^2}{3} + \frac{2,81^2}{3} + \frac{2,80^2}{3} + \frac{2,79^2}{3} \right) - 10,277 \\
 &= 0,00256
 \end{aligned}$$

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$\begin{aligned}
 E_y &= \sum Y^2 - R_y - P_y \\
 &= 10,28 - 10,277 - 0,00256 \\
 &= 0,00168
 \end{aligned}$$

Keterangan :

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

Setelah nilai-nilai diatas diperoleh maka disusunlah table analisa varian seperti di bawah ini.

Tabel 5.88. Analisa Varian Untuk Workabilitas

Sumber Variasi	Dk	JK	MK
Rata-rata	1	10.27731448	10.27731448
Antar Perlakuan	3	0.002567245	0.000855748
Dalam Perlakuan	8	0.001686138	0.000210767
Jumlah	12		

Sumber : Data Hasil Penelitian

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

$$F \text{ hitung} = \frac{0,0008557}{0,0002107} = 4,0601$$

Dalam tabel I pada buku Metode Statistika (Sudjana,2002;496), nilai $F \text{ tabel} (0,05 ; 3 ; 12) = 3,49$. Jadi nilai $F \text{ hitung} = 4,0601 > F \text{ tabel} = 3,49$. Dengan demikian H_a *diterima* dan H_o *ditolak*, yang berarti bahwa terdapat pengaruh penambahan variasi gula pasir terhadap workabilitas beton.

5.9. 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. Selanjutnya data diambil dari penelitian Ajeng Cahyanita dan Suraya Novi Ashri.

Untuk menganalisis variasi penambahan bahan tambahan terhadap parameter – parameter yang diteliti, digunakan metode fungsi kuadratik (polinier) (*sudjana, 2002;338*) sebagai regresi, dengan bentuk persamaan $Y = a + bx + cx^2$.

Dengan persamaan perhitungannya sebagai berikut :

$$\Sigma y = na + b \Sigma x + c \Sigma x^2$$

$$\Sigma xy = a \Sigma x + b \Sigma x^2 + c \Sigma x^3$$

$$\Sigma x^2y = a \Sigma x^2 + b \Sigma x^3 + c \Sigma x^4$$

5.9.1. Analisa Regresi Untuk Kuat Tekan

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

Tabel 5.89 Nilai Regresi Untuk Kuat Tekan

No	x	y	x ²	x ³	x ⁴	xy	x ² y	y ²
1	0	35.460	0	0	0	0	0	1257.412
2	0.16	38.268	0.0256	0.004096	0.000655	6.123	0.980	1464.403
3	0.17	38.318	0.0289	0.004913	0.000835	6.514	1.107	1468.305
4	0.18	38.420	0.0324	0.005832	0.001050	6.916	1.245	1476.126
5	0.19	38.573	0.0361	0.006859	0.001303	7.329	1.392	1487.895
6	0.20	38.726	0.0400	0.008000	0.001600	7.745	1.549	1499.703
7	0.21	38.624	0.0441	0.009261	0.001945	8.111	1.703	1491.829
8	0.22	38.522	0.0484	0.010648	0.002343	8.475	1.864	1483.967
9	0.23	38.318	0.0529	0.012167	0.002798	8.813	2.027	1468.305
10	0.24	38.217	0.0576	0.013824	0.003318	9.172	2.201	1460.539
Total	1.8	381.448	0.3660	0.075600	0.015847	69.198	14.070	14558.484

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari Tabel 5.89, maka di dapat persamaan :

$$381,457 = 10a + 1.8b + 0,366c$$

$$69,199 = 1.8a + 0,366b + 0,0756c$$

$$14,070 = 0,366a + 0,0756b + 0,015847c$$

Dari ketiga persamaan didapat :

$$a = 35,44$$

$$b = 30,91$$

$$c = -78,28$$

Maka didapat persamaan :

$$Y = -78,28x^2 + 30,91x + 35,44$$

Mencari koefisien determinasi (R^2) :

$$\begin{aligned} JK(b|a) &= \left\{ b \left(\Sigma xy - \frac{(\Sigma x)(\Sigma y)}{n} \right) \right\} + \left\{ c \left(\Sigma x^2 y - \frac{(\Sigma x^2)(\Sigma y)}{n} \right) \right\} \\ &= \left\{ 30,921 \left(69,199 - \frac{1,8 \times 381,457}{10} \right) \right\} + \left\{ -78,31 \left(14,070 - \frac{0,366 \times 381,457}{10} \right) \right\} \\ &= 16,59653754 - 8,510136604 \\ &= 8,1139 \end{aligned}$$

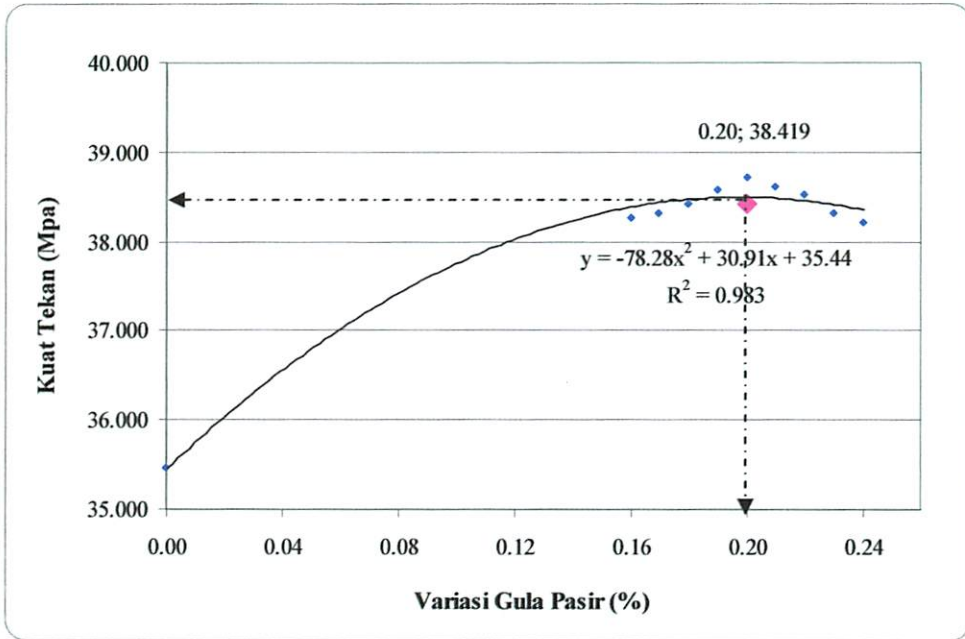
$$\begin{aligned} JK(E) &= \Sigma y^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{n} \\ &= 14559,147 - \frac{(381,457)^2}{10} \\ &= 8,2585 \end{aligned}$$

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

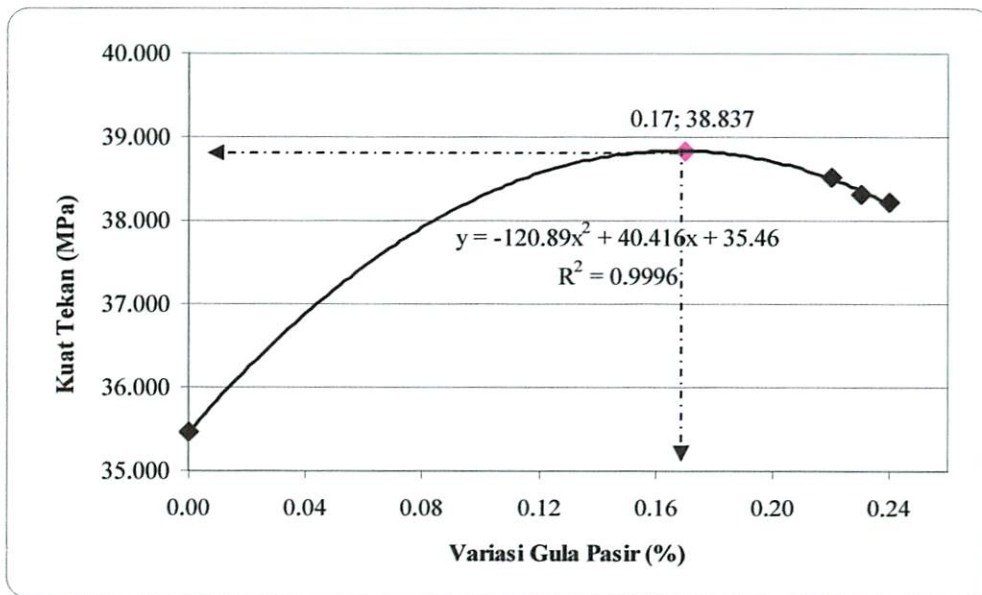
$$= \frac{8,1139}{8,2585}$$

$$= 0,983$$

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan x dan y dalam hal ini adalah *kuat tekan* sebagai variabel terikat dengan penambahan *variasi bahan tambahan* gula pasir dari variasi 0 % sampai 0,24 % sebagai variabel terikat, untuk kuat tekan menghasilkan persamaan $Y = -78,28x^2 + 30,91x + 35,44$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,983. Hal ini berarti 98,30 % perubahan dari pada nilai kuat tekan dipengaruhi oleh penambahan bahan tambahan sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Data hasil pengujian kemudian disajikan ke dalam grafik kuadratik polinier.



Grafik 5.11. Analisa Regresi Untuk Kuat Tekan Beton Variasi 0 – 0,24%



Grafik 5.12. Analisa Regresi Untuk Kuat Tekan Beton Variasi 0%, 0,22%, 0,23%, 0,24%

5.9.2. Analisa Regresi Kuat Tarik Belah

Tabel 5.90 Nilai Regresi Untuk Kuat Tarik Belah

No	x	y	x ²	x ³	x ⁴	xy	x ² y	y ²
1	0	1.934	0	0	0	0	0	3.742
2	0.16	2.501	0.0256	0.004096	0.000655	0.400	0.064	6.253
3	0.17	2.524	0.0289	0.004913	0.000835	0.429	0.073	6.371
4	0.18	2.524	0.0324	0.005832	0.001050	0.454	0.082	6.371
5	0.19	2.619	0.0361	0.006859	0.001303	0.498	0.095	6.857
6	0.20	2.666	0.0400	0.008000	0.001600	0.533	0.107	7.106
7	0.21	2.619	0.0441	0.009261	0.001945	0.550	0.115	6.857
8	0.22	2.571	0.0484	0.010648	0.002343	0.566	0.124	6.612
9	0.23	2.548	0.0529	0.012167	0.002798	0.586	0.135	6.491
10	0.24	2.501	0.0576	0.013824	0.003318	0.600	0.144	6.253
Total	1.8	25.006	0.3660	0.075600	0.015847	4.616	0.939	62.913

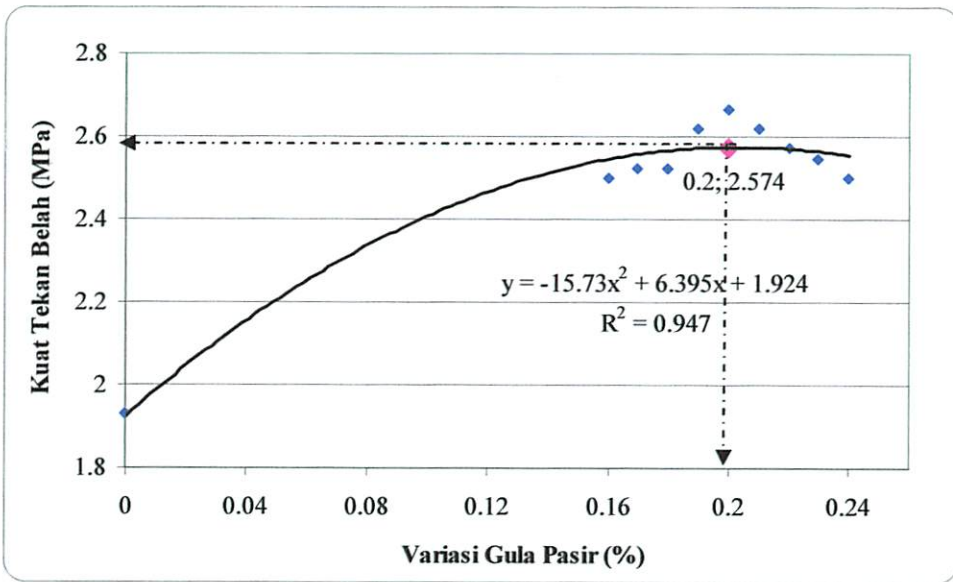
Sumber : Data Hasil Penelitian

Didapat Persamaan

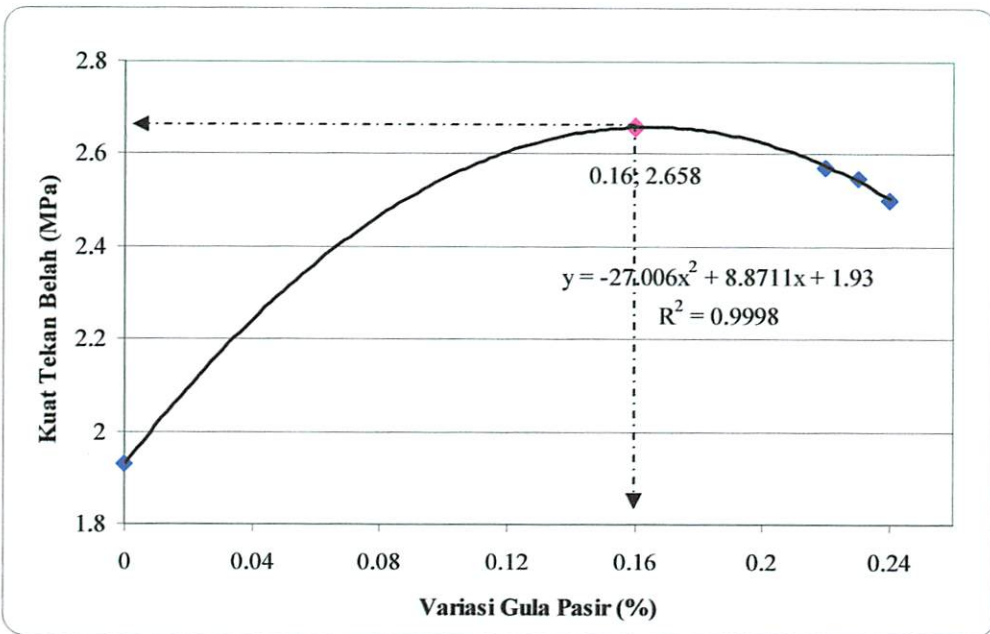
$$Y = -15,73x^2 + 6,395x + 1,924$$

Didapat koefisien determinasi (R^2) :

$$R^2 = 0,947$$



Grafik 5.13. Analisa Regresi Untuk Kuat Tarik Belah Beton Variasi 0% - 0,24%



Grafik 5.14. Analisa Regresi Untuk Kuat Tarik Belah Beton Variasi 0%, 0,22%, 0,23%, 0,24%

5.9.3. Analisa Regresi Untuk Kuat Tarik Lentur

Tabel 5.91. Nilai Regresi Untuk Kuat Tarik Lentur

No	x	y	x ²	x ³	x ⁴	xy	x ² y	y ²
1	0	4.430	0	0	0	0	0	19.625
2	0.16	5.590	0.0256	0.004096	0.000655	0.894	0.143	31.248
3	0.17	5.620	0.0289	0.004913	0.000835	0.955	0.162	31.584
4	0.18	5.620	0.0324	0.005832	0.001050	1.012	0.182	31.584
5	0.19	5.710	0.0361	0.006859	0.001303	1.085	0.206	32.604
6	0.20	5.800	0.0400	0.008000	0.001600	1.160	0.232	33.640
7	0.21	5.710	0.0441	0.009261	0.001945	1.199	0.252	32.604
8	0.22	5.680	0.0484	0.010648	0.002343	1.250	0.275	32.262
9	0.23	5.650	0.0529	0.012167	0.002798	1.300	0.299	31.923
10	0.24	5.570	0.0576	0.013824	0.003318	1.337	0.321	31.025
Total	1.8	55.380	0.3660	0.075600	0.015847	10.191	2.072	308.100

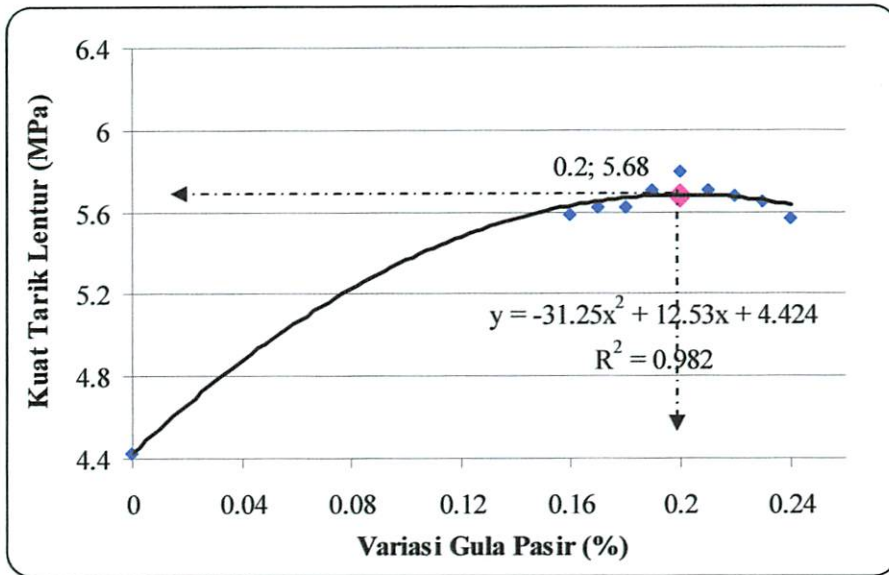
Sumber : Data Hasil Penelitian

Didapat Persamaan

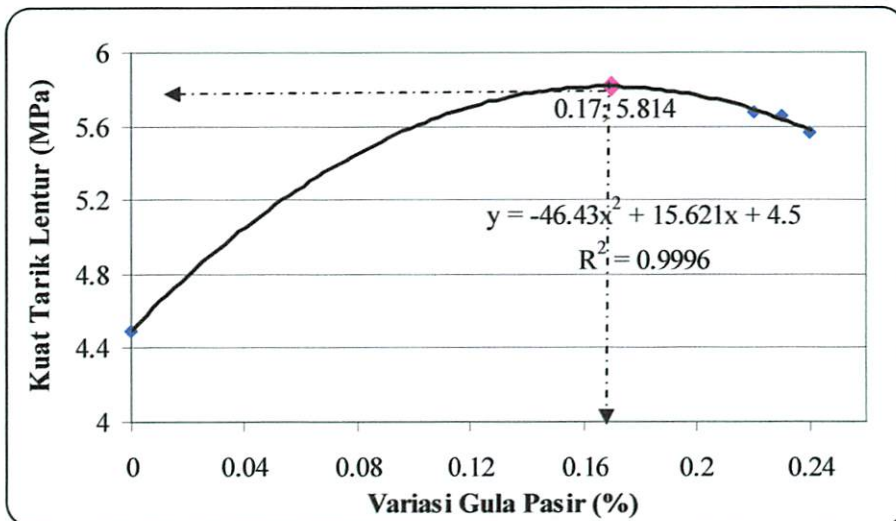
$$Y = -31,25x^2 + 12,53x + 4,424$$

Didapat koefisien determinasi (R^2) :

$$R^2 = 0,982$$



Grafik 5.15. Analisa Regresi Untuk Kuat Tarik Lentur Beton Variasi 0%; 0,16% - 0,24%



Grafik 5.16. Analisa Regresi Untuk Kuat Tarik Lentur Beton Variasi 0%, 0,22%, 0,23%, 0,24%

5.9.4. Analisa Regresi Untuk Modulus Elastisitas

Tabel 5.92. Nilai Regresi Untuk Modulus Elastisitas

No	x	y	x ²	x ³	x ⁴	xy	x ² y	y ²
1	0	6047.290	0	0	0	0	0	36569716.344
2	0.16	6329.160	0.0256	0.004096	0.000655	1012.666	162.026	40058266.306
3	0.17	6330.940	0.0289	0.004913	0.000835	1076.260	182.964	40080801.284
4	0.18	6337.680	0.0324	0.005832	0.001050	1140.782	205.341	40166187.782
5	0.19	6364.265	0.0361	0.006859	0.001303	1209.210	229.750	40503868.990
6	0.20	6391.633	0.0400	0.008000	0.001600	1278.327	255.665	40852972.407
7	0.21	6368.398	0.0441	0.009261	0.001945	1337.364	280.846	40556493.086
8	0.22	6353.526	0.0484	0.010648	0.002343	1397.776	307.511	40367292.633
9	0.23	6345.875	0.0529	0.012167	0.002798	1459.551	335.697	40270129.516
10	0.24	6316.745	0.0576	0.013824	0.003318	1516.019	363.845	39901267.395
Total	1.8	63185.512	0.3660	0.075600	0.015847	11427.954	2323.645	399326995.742

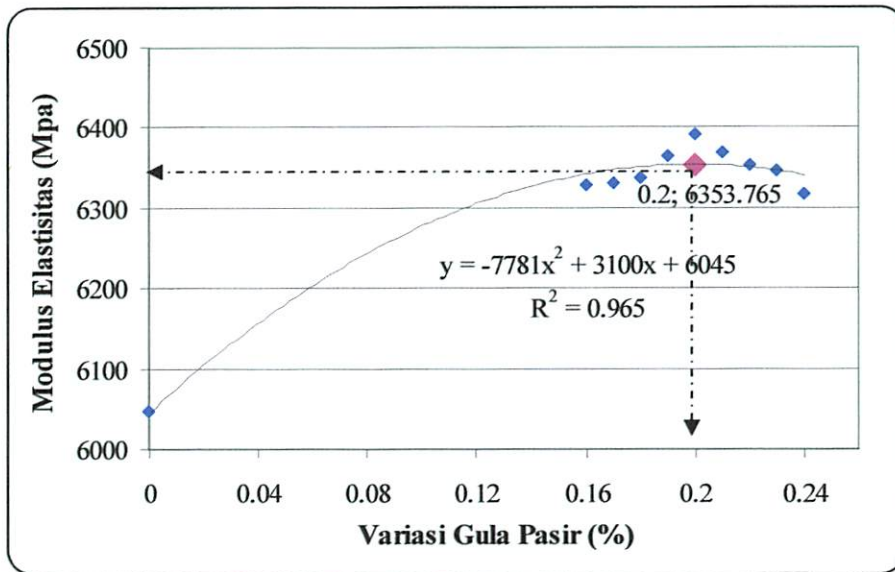
Sumber : Data Hasil Penelitian

Didapat Persamaan

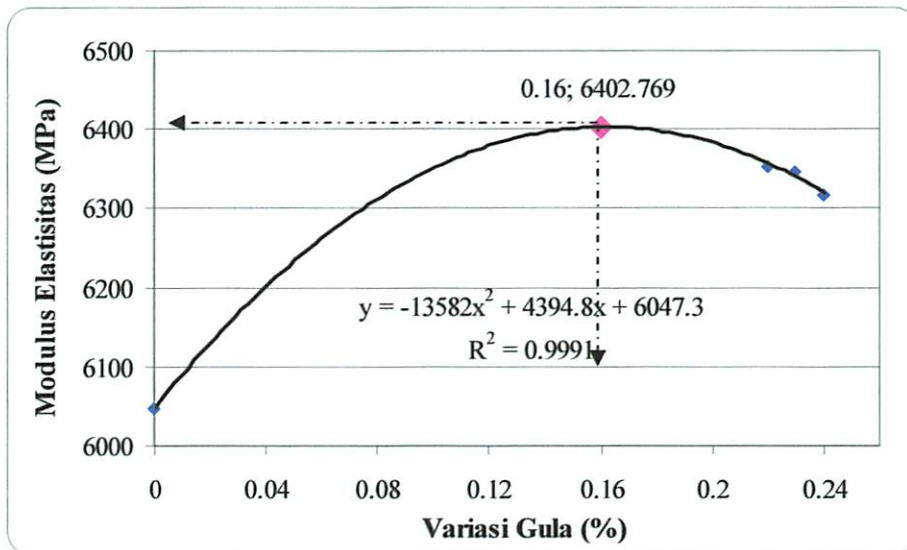
$$Y = -7781x^2 + 3100x + 6045$$

Didapat koefisien determinasi (R^2) :

$$R^2 = 0,965$$



Grafik 5.17. Analisa Regresi Untuk Modulus Elastisitas Beton Variasi 0%; 0,16% - 0,24%



Grafik 5.18. Analisa Regresi Untuk Modulus Elastisitas Beton Variasi 0%, 0,22%, 0,23%, 0,24%

5.9.5. Analisa Regresi Untuk Porositas

Tabel 5.93. Nilai Regresi Untuk Porositas

No	x	y	x ²	x ³	x ⁴	xy	x ² y	y ²
1	0	11.890	0	0	0	0	0	141.363
2	0.16	9.958	0.0256	0.004096	0.000655	1.593	0.255	99.153
3	0.17	9.894	0.0289	0.004913	0.000835	1.682	0.286	97.888
4	0.18	9.873	0.0324	0.005832	0.001050	1.777	0.320	97.468
5	0.19	9.703	0.0361	0.006859	0.001303	1.844	0.350	94.144
6	0.20	9.639	0.0400	0.008000	0.001600	1.928	0.386	92.912
7	0.21	9.724	0.0441	0.009261	0.001945	2.042	0.429	94.556
8	0.22	9.745	0.0484	0.010648	0.002343	2.144	0.472	94.969
9	0.23	9.830	0.0529	0.012167	0.002798	2.261	0.520	96.632
10	0.24	10.021	0.0576	0.013824	0.003318	2.405	0.577	100.425
Total	1.8	100.276	0.3660	0.075600	0.015847	17.676	3.594	1009.509

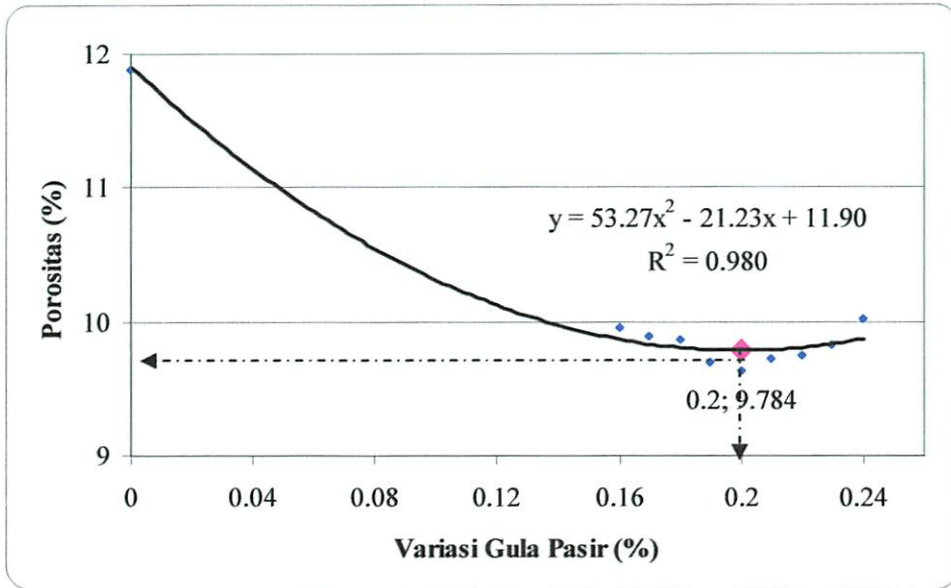
Sumber : Data Hasil Penelitian

Didapat Persamaan

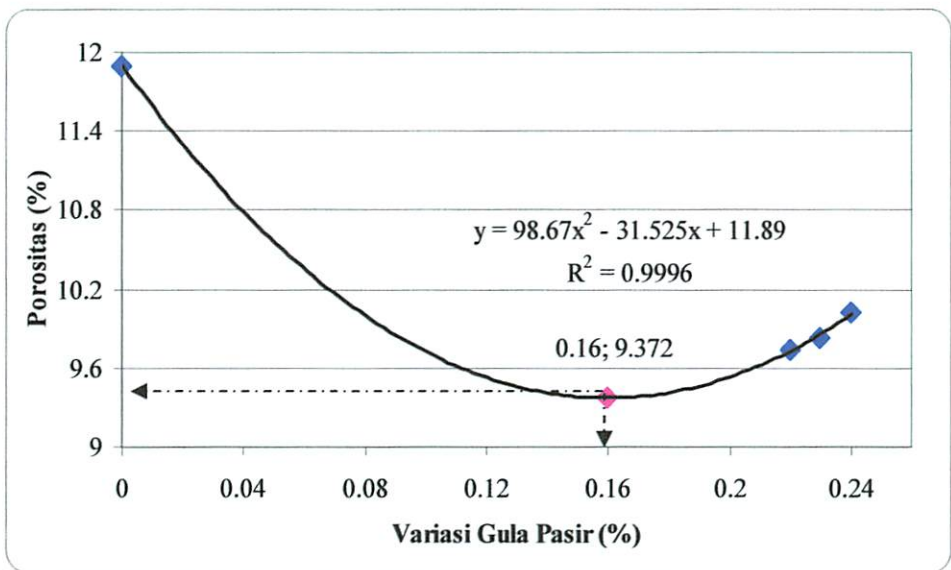
$$Y = 53,27x^2 - 21,23x + 11,90$$

Didapat koefisien determinasi (R^2) :

$$R^2 = 0,980$$



Grafik 5.19. Analisa Regresi Untuk Porositas Beton Variasi 0%; 0,16% - 0,24%



Grafik 5.20. Analisa Regresi Untuk Porositas Beton Variasi 0%, 0,22%, 0,23%, 0,24%

5.9.6. Analisa Regresi Untuk Workability

Tabel 5.94. Nilai Regresi Untuk Workabilitas

No	x	y	x ²	x ³	x ⁴	xy	x ² y	y ²
1	0	0.900	0	0	0	0	0	0.810
2	0.16	0.934	0.0256	0.004096	0.000655	0.149	0.024	0.872
3	0.17	0.935	0.0289	0.004913	0.000835	0.159	0.027	0.874
4	0.18	0.935	0.0324	0.005832	0.001050	0.168	0.030	0.874
5	0.19	0.938	0.0361	0.006859	0.001303	0.178	0.034	0.880
6	0.20	0.941	0.0400	0.008000	0.001600	0.188	0.038	0.885
7	0.21	0.938	0.0441	0.009261	0.001945	0.197	0.041	0.880
8	0.22	0.936	0.0484	0.010648	0.002343	0.206	0.045	0.876
9	0.23	0.935	0.0529	0.012167	0.002798	0.215	0.049	0.874
10	0.24	0.932	0.0576	0.013824	0.003318	0.224	0.054	0.869
Total	1.8	9.324	0.3660	0.075600	0.015847	1.685	0.343	8.695

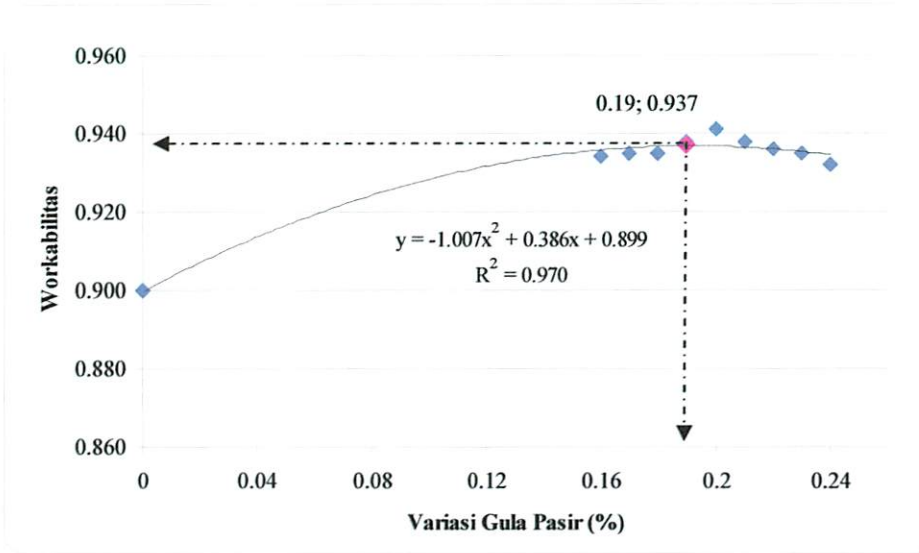
Sumber : Data Hasil Perhitungan

Didapat Persamaan

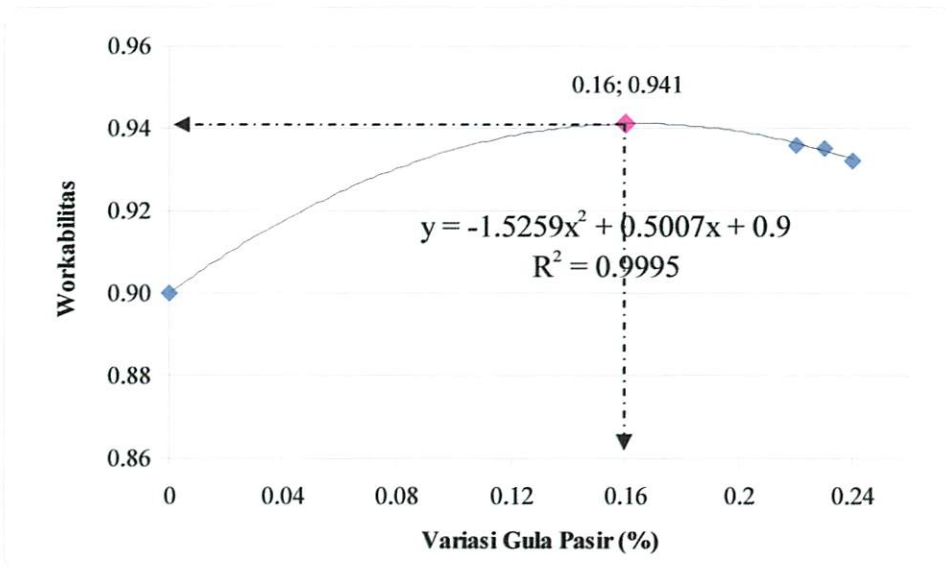
$$Y = -1,007x^2 + 0,386x + 0,899$$

Didapat koefisien determinasi (R^2) :

$$R^2 = 0,970$$



Grafik 5.21. Analisa Regresi Untuk Workabilitas Beton
Variasi 0%; 0,16% - 0,24%



Grafik 5.22. Analisa Regresi Untuk Workabilitas Beton
Variasi 0%, 0,22%, 0,23%, 0,24%

5.10. Nilai Optimum Variasi Campuran

5.10.1. Variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%

Nilai optimum variasi campuran adalah suatu nilai x yang menghasilkan nilai y maksimum dari grafik parabola polinier yang didapat dari regresi. Adapun cara mendapatkan nilai optimum adalah dengan mencari nilai defrensial atau menurunkan persamaan polinier kuadrat dimana $Y = 0$.

Sebagai contoh perhitungan, akan dicari nilai kuat tekan optimum dari variasi 0%, 0,22%, 0,23% dan 0,24%.

- Persamaan Kuat Tekan Beton :

$$Y = -120,89x^2 + 40,416x + 35,46$$

- Defrensial / Penurunan Persamaan :

$$\frac{Dy}{Dx} = 2(-120,89)x + 40,416 = 0$$

$$-241,78x + 40,416 = 0$$

$$x = \frac{-40,416}{-241,78}$$

$$x = 0,17$$

- Kuat Tekan Optimum, variasi $x = 0,17$

$$Y = -120,89(0,17)^2 + 40,416(0,17) + 35,46$$

$$Y = 38,837$$

Maka didapat nilai kuat tekan untuk variasi 0,17% sebesar 38,837 Mpa. Sebagai variasi acuan dipakai variasi optimum dari kuat tekan beton dengan variasi optimum sebesar 0,17%.

Untuk perhitungan selanjutnya akan ditabelkan.

Tabel 5.95. Variasi dan Nilai Maksimum Beton
(Untuk Variasi 0%;0,22%;0,23%;0,24%)

No	Keterangan	Variasi Optimum (%)	Nilai Maksimum
1	Kuat Tekan	0,17	38,837 MPa
2	Kuat Tarik Belah	0,16	2,658 MPa
3	Kuat Tarik Lentur	0,17	5,814 MPa
4	Modulus Elastisitas	0,21	6402,769 MPa
5	Porositas	0,16	9,372%
6	Workabilitas	0,16	0,941

Tabel 5.96. Variasi Dominan Beton
(Untuk Variasi 0%;0,22%;0,23%;0,24%)

No	Keterangan	Variasi Optimum (%)	Nilai Maksimum
1	Kuat Tekan	0,17	38,837 MPa
2	Kuat Tarik Belah		2.658 MPa
3	Kuat Lentur		5,814 MPa
4	Modulus Elastisitas		6401,896 MPa
5	Porositas		9,382 %
6	Workabilitas		0,941

5.10.2. Variasi 0%; 0,16% - 0,24%

Sebagai contoh perhitungan, akan dicari nilai kuat tekan optimum dari variasi 0% - 0,24%.

- Persamaan Kuat Tekan Beton :

$$Y = -78,28x^2 + 30,91x + 35,44$$

- Defrensial / Penurunan Persamaan :

$$\frac{Dy}{Dx} = 2(-78,28)x + 30,91 = 0$$

$$-156,56x + 30,91 = 0$$

$$x = \frac{-30,91}{-156,56}$$

$$x = 0,20$$

- Kuat Tekan Optimum, variasi $x = 0,20$

$$Y = -78,28(0,20)^2 + 30,91(0,20) + 35,44$$

$$Y = 38,491$$

Maka didapat nilai kuat tekan untuk variasi 0,20% sebesar 38,491 Mpa. Sebagai variasi acuan dipakai variasi optimum dari kuat tekan beton dengan variasi optimum sebesar 0,20 %.

Untuk perhitungan selanjutnya akan ditabelkan.

Tabel 5.97. Variasi dan Nilai Maksimum Beton
(Untuk Variasi 0 – 0,24%)

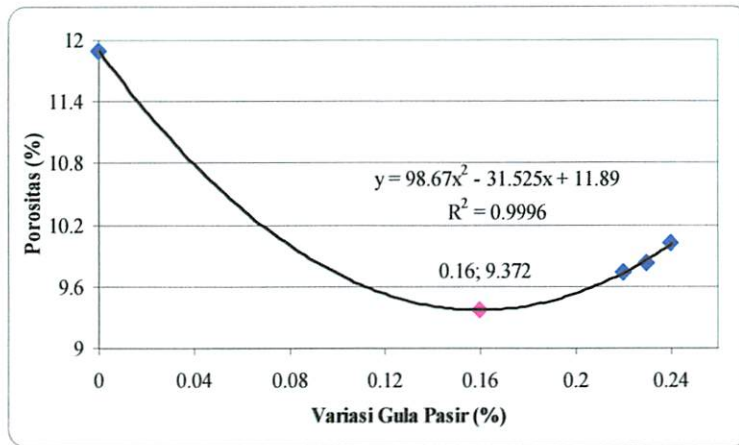
No	Keterangan	Variasi Optimum (%)	Nilai Maksimum
1	Kuat Tekan	0,20	38,491 MPa
2	Kuat Tarik Belah	0,20	2,574 MPa
3	Kuat Tarik Lentur	0,20	5,680 MPa
4	Modulus Elastisitas	0,20	6353,765 MPa
5	Porositas	0,20	9,784%
6	Workabilitas	0,19	0,93599

Tabel 5.98. Variasi Dominan Beton
(Untuk Variasi 0% - 0,24%)

No	Keterangan	Variasi Optimum (%)	Nilai Maksimum
1	Kuat Tekan	0,20	38,491 MPa
2	Kuat Tarik Belah		2,574 MPa
3	Kuat Lentur		5,680 MPa
4	Modulus Elastisitas		6353,765 MPa
5	Porositas		9,784%
6	Workabilitas		0,93592

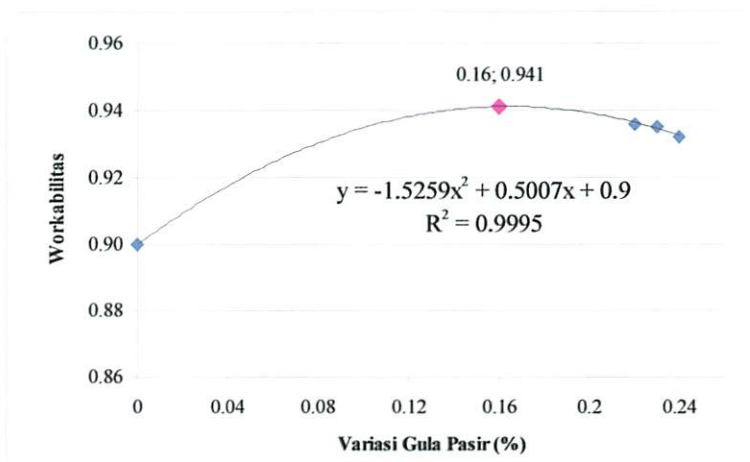
5.11. Pembahasan

1. Berikut adalah grafik hasil pengujian :



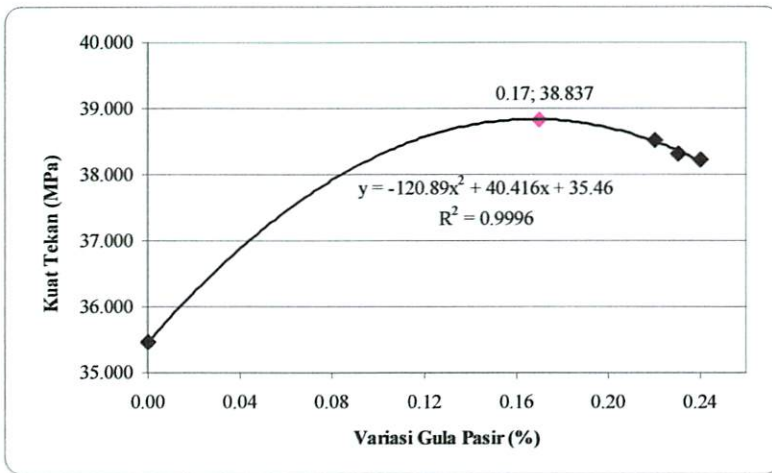
Grafik 5.23. Porositas Beton
Variasi 0%; 0,22%; 0,23%; 0,24%

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa porositas beton yang diberi gula pasir mengalami penurunan dibandingkan porositas beton tanpa gula pasir. Ini dikarenakan gula pasir dapat mengisi rongga – rongga udara antar partikel dalam campuran beton, sehingga beton menjadi lebih padat dan kekedapannya bertambah yang berarti porositas rendah.

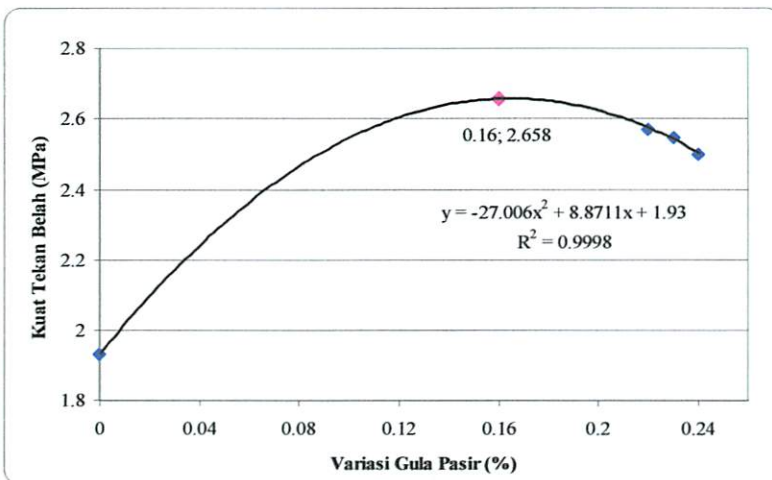


Grafik 5.24. Workabilitas Beton
Variasi 0%; 0,22%; 0,23%; 0,24%

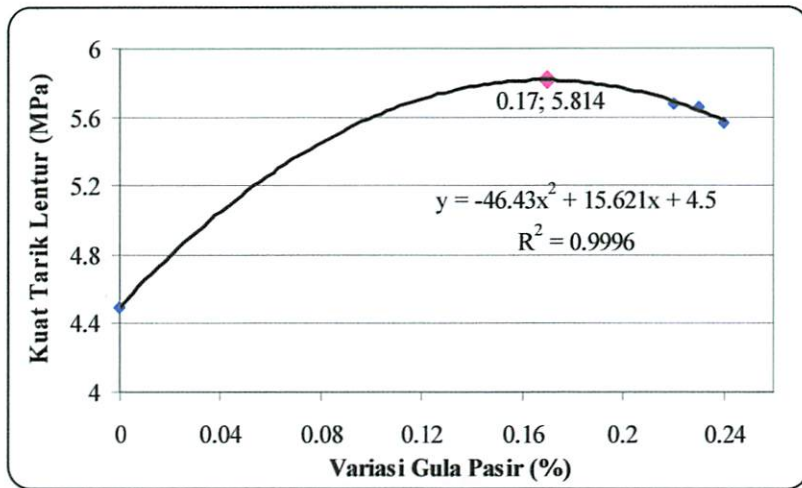
Dari grafik dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan workability. Peningkatan ini disebabkan penambahan gula pasir ke dalam adukan beton dengan fas (faktor air dan semen) yang sama menghasilkan beton dengan nilai slump yang lebih tinggi. Dengan slump yang lebih tinggi, maka beton segar akan lebih mudah dituang, diaduk dan dipadatkan (workability tinggi).



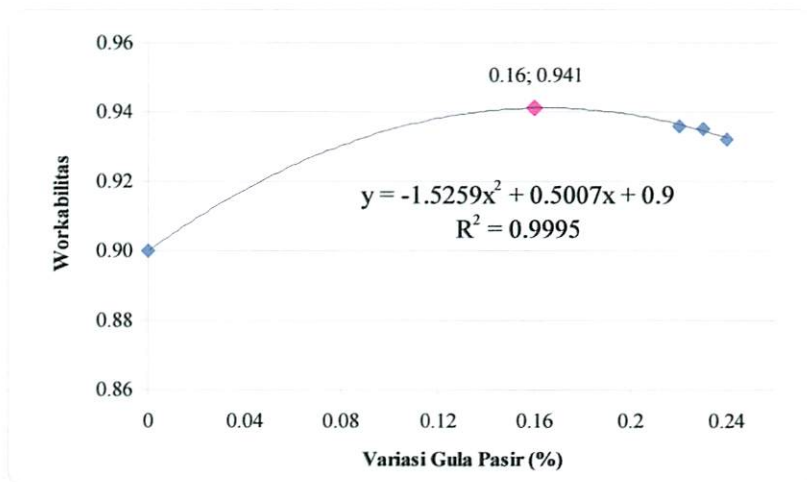
Grafik 5.25. Kuat Tekan Beton
Variasi 0%; 0,22%; 0,23%; 0,24%



Grafik 5.26. Kuat Tarik Belah Beton
Variasi 0%; 0,22%; 0,23%; 0,24%



Grafik 5.27. Kuat Tarik Lentur Beton
Variasi 0%; 0,22%; 0,23%; 0,24%



Grafik 5.28. Modulus Elastisitas Beton
Variasi 0%; 0,22%; 0,23%; 0,24%

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa penambahan gula pasir mampu meningkatkan kuat tekan, kuat tarik belah, kuat tarik lentur dan modulus elastisitas beton. Ini dikarenakan gula pasir sebagai additive retarder menghasilkan beton yang strukur maupun teksturnya lebih padat dan merata sehingga dapat meningkatkan kekuatan beton. Selain itu

meningkatnya workability dan menurunnya porositas juga menyebabkan naiknya kekuatan beton tersebut.

2. Berdasarkan hasil pengujian hipotesis secara keseluruhan diperoleh kesimpulan bahwa H_a diterima dan H_0 ditolak, ini berarti terdapat pengaruh penambahan gula pasir pada campuran beton mutu 25 MPa baik pada sifat mekanis maupun pada sifat fisis beton.
3. Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat nilai kekuatan beton mengalami kenaikan pada saat penambahan gula pasir 0,22% dibandingkan tanpa penambahan gula pasir (variasi 0%). Selanjutnya pada penambahan gula pasir 0,23% dan 0,24% beton mengalami penurunan nilai kekuatan bila dibandingkan variasi 0,22%, namun nilainya tetap di atas nilai pada variasi 0%.
4. Dari hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan gula pasir pada campuran beton memberi pengaruh pada sifat mekanis dan fisis beton. Penambahan gula pasir tersebut meningkatkan kinerja beton, dengan nilai slump yang tinggi maka beton memiliki waktu ikatan awal yang lebih panjang. Ini menguntungkan karena waktu yang panjang ini diperlukan untuk transportasi, penuangan, pemadatan dan penyelesaiannya. Penambahan gula pasir juga menghasilkan beton dengan kekuatan rata-rata di atas kekuatan beton normal (tanpa penambahan gula pasir).
5. Berdasarkan penelitian bersama untuk variasi 0% - 0,24% didapat nilai maksimum untuk kuat tekan sebesar 38,491 MPa, kuat tarik belah sebesar

2,574 MPa, kuat tarik lentur sebesar 5,680 MPa, Modulus Elastisitas sebesar 6353,765 MPa, Porositas sebesar 9,784% dan workabilitas sebesar 0,937.

6. Nilai optimum penambahan gula pasir ke dalam campuran beton adalah pada variasi 0,2%. Lebih dari itu tidak disarankan karena dapat menyebabkan penurunan nilai kekuatan beton.

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

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

1. Dari hasil hipotesis penggunaan bahan tambahan gula pasir dengan variasi 0,22% - 0,24% berpengaruh terhadap sifat fisis dan sifat mekanis beton mutu 25 MPa.
2. Nilai maksimum yang dicapai dari penambahan gula pasir variasi 0,22% - 0,24% terdapat pada variasi 0,22% sebesar 38,522 Mpa.
3. Nilai optimum dari penambahan gula pasir variasi 0,16% - 0,24% dicapai pada variasi 0,20% dengan nilai kuat tekan sebesar 38,491 Mpa. Yang mana variasi data 0,16% - 0,18% diperoleh dari Ajeng Cahyanita (2010) dan variasi data 0,19% 0,21% diperoleh dari Suraya Novi Ashri (2010).

6.2. Saran

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

1. Untuk penelitian selanjutnya dalam memakai bahan tambahan gula pasir sebaiknya memakai variasi 0,2% dari PC.

2. Dilihat dari peningkatan kinerja beton dan kekuatan yang dihasilkan di atas beton normal untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dari aspek ekonominya.
3. Bila menggunakan gula pasir sebagai bahan tambahan campuran beton, setelah dilepas dari cetakan sebaiknya benda uji didiamkan selama 2 hari agar tidak rusak pada saat direndam.
4. Dalam proses penggetaran beton lakukan sebaik mungkin agar beton tidak keropos.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2002. *Petunjuk Praktikum Beton*. Laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang: Malang
- Anonim. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002*: Bandung
- Cahyanita, Ajeng. 2010. *Pengaruh Pemanfaatan Bahan Tambahan Gulat Pasir (Variasi 0,16% - 0,18%) Terhadap Sifat Mekanis dan Sifat Fisis Pada Mutu Beton 25 Mpa*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional, Malang.
- Mulyono, Tri. 2005. *Teknologi Beton*. Andi Offset: Yogyakarta
- Novi Ashri, Suraya. 2010. *Pengaruh Pemanfaatan Bahan Tambahan Gulat Pasir (Variasi 0,19% - 0,21%) Terhadap Sifat Mekanis dan Sifat Fisis Pada Mutu Beton 25 Mpa*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional. Malang.
- Parsudi, Yoga Christian. 2010. *Pemanfaatan Limbah Marmer (20%) Sebagai Pengganti Agregat Kasar Dengan Bahan Tambahan Fly Ash dan Silika Fume Untuk Beton Mutu Tinggi*. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional. Malang
- Rifany K, Dian. 2008. *Penggunaan Gula Pasir Lokal Sebagai Plasticizer Pada Adukan Mortar Untuk Pembuatan Conblock*. Universitas Tadulako: Palu
- Satyarni, Iman. & Tjokrodijuljo, Kardiyono. 2008. *Penggunaan Gula Pasir Lokal Sebagai Plasticizer Pada Adukan Mortar Untuk Pembuatan Conblock*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/cet/article/./17506/17425.pdf>. Diakses tanggal 28 April 2010.
- Sudjana. 2005. *Metode Statistika*. Tarsito: Bandung
- Suranto, Didit. 2008. *Aplikasi Standard Proctor Pada Beton RCC (Roller Compacted Concrete) Dengan Additive (Gula Pasir)*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. [http://arc.ugm.ac.id/files/abst_\(0267-H-2008\).pdt](http://arc.ugm.ac.id/files/abst_(0267-H-2008).pdt). Diakses tanggal 28 April 2010.

LAMPIRAN



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 : 2
Pekerjaan : Skripsi

Dihitung : Raina Tri Y
Dikerjakan : Team Sipil 2006

BERAT ISI HALUS (PASIR)

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	7450	7460	7480
B.	Berat tempat (gr)	3560	3560	3560
C.	Berat benda uji (gr)	3890	3900	3920
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1,30	1,30	1,31
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1,30		

PADAT		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	7820	7760	7810
B.	Berat tempat (gr)	3560	3560	3560
C.	Berat benda uji (gr)	4260	4200	4250
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1,42	1,40	1,42
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1,41		



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 : 1
Pekerjaan : Skripsi

Dihitung : Raina Tri Y
Dikerjakan : Team Sipil 2006

BERAT ISI AGREGAT KASAR BATU PECAH

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	21780	21620	21270
B.	Berat tempat (gr)	7930	7930	7930
C.	Berat benda uji (gr)	13850	13690	13340
D.	Isi tempat (cm ³)	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1,39	1,37	1,33
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1,36		

PADAT		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	22540	22340	22190
B.	Berat tempat (gr)	7930	7930	7930
C.	Berat benda uji (gr)	14610	14410	14260
D.	Isi tempat (cm ³)	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1,46	1,44	1,43
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1,44		



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

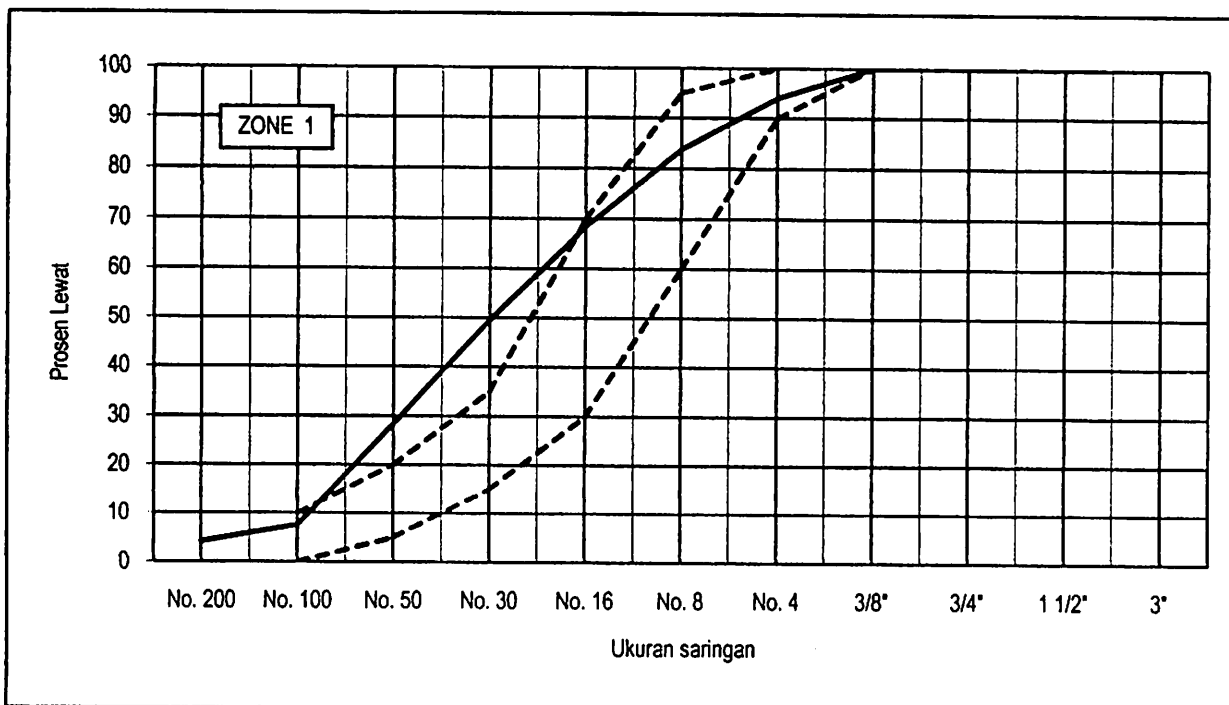
Lmp. Lap. No : 3
 Pekerjaan : Skripsi

Dihitung : Raina Tri Y
 Dikerjakan : Team Sipil 2006

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Berat contoh kering : 4000 gr

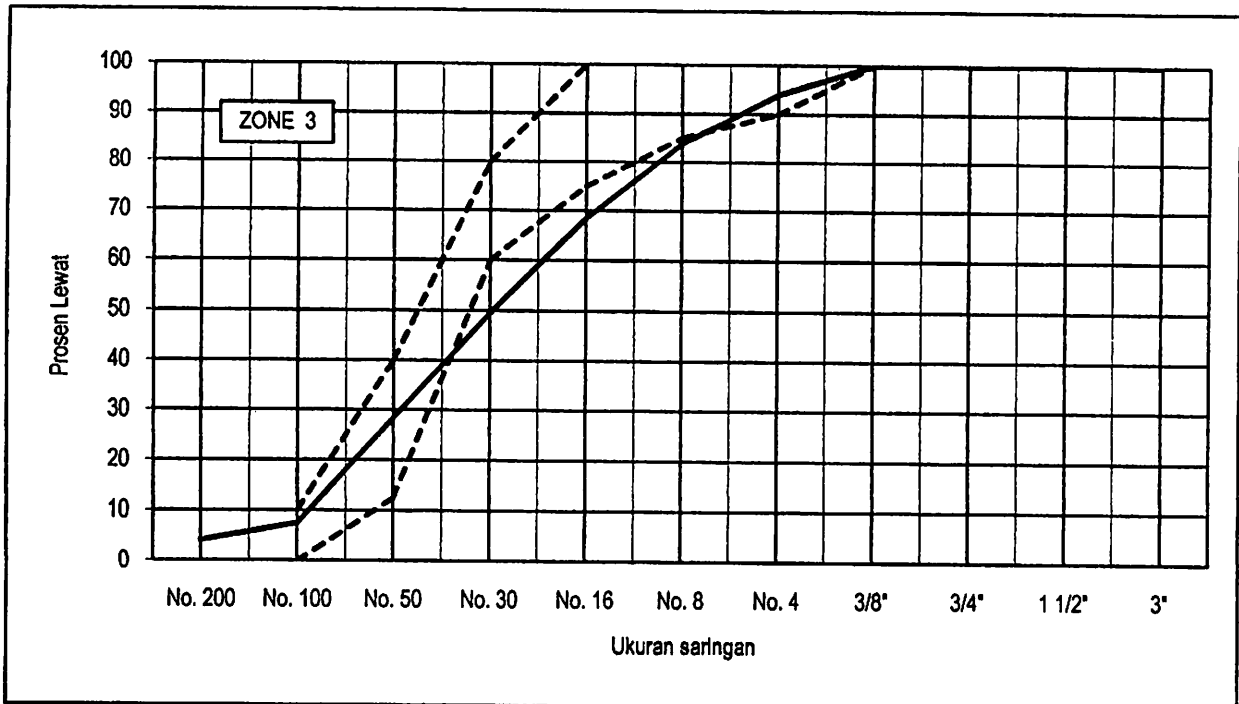
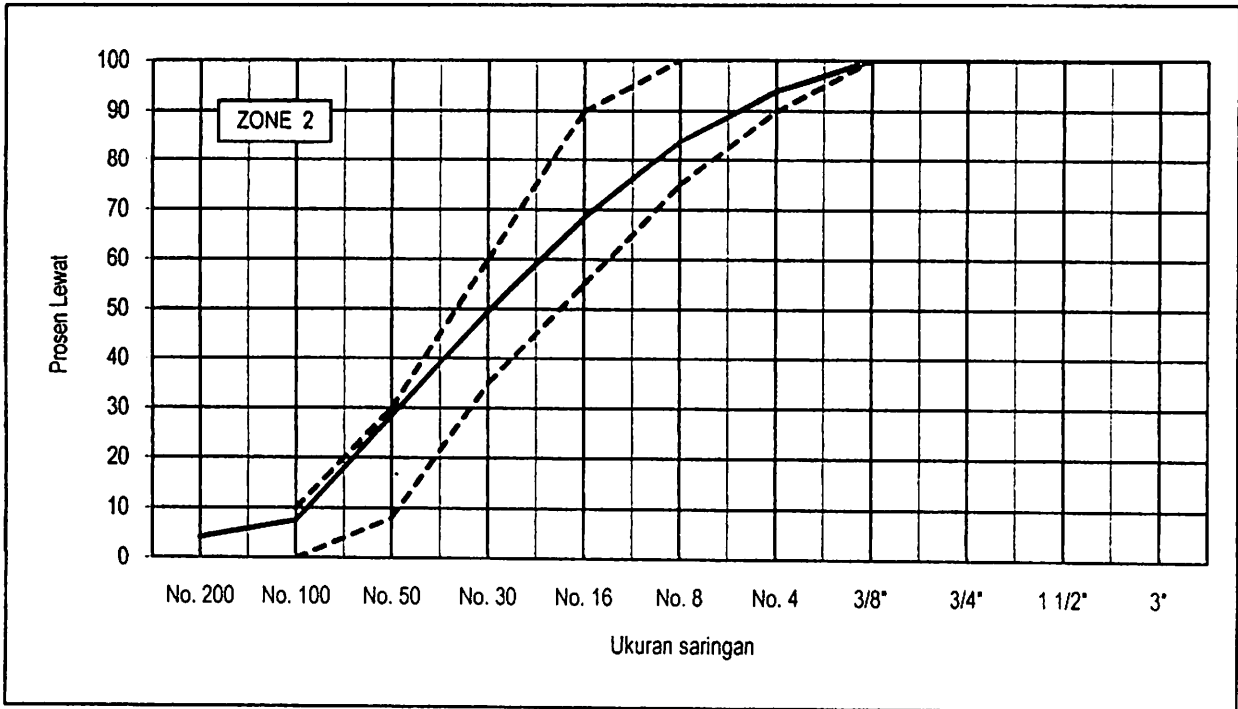
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76,2 mm (3")	0,00	0,00	0,00	100,00
38,1 mm (1 1/2")	0,00	0,00	0,00	100,00
19,1 mm (3/4")	0,00	0,00	0,00	100,00
9,6 mm (3/8")	0,00	0,00	0,00	100,00
4,75 mm (No. 4)	239,40	5,99	5,99	94,02
2,36 mm (No. 8)	408,50	10,21	16,20	83,80
1,18 mm (No. 16)	613,00	15,33	31,52	68,48
0,6 mm (No. 30)	756,10	18,90	50,43	49,58
0,3 mm (No. 50)	845,00	21,13	71,55	28,45
0,15 mm (No. 100)	835,90	20,90	92,45	7,55
0,075 mm (No. 200)	135,70	3,39	95,84	4,16
pan	59,20	1,48	97,32	2,68





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

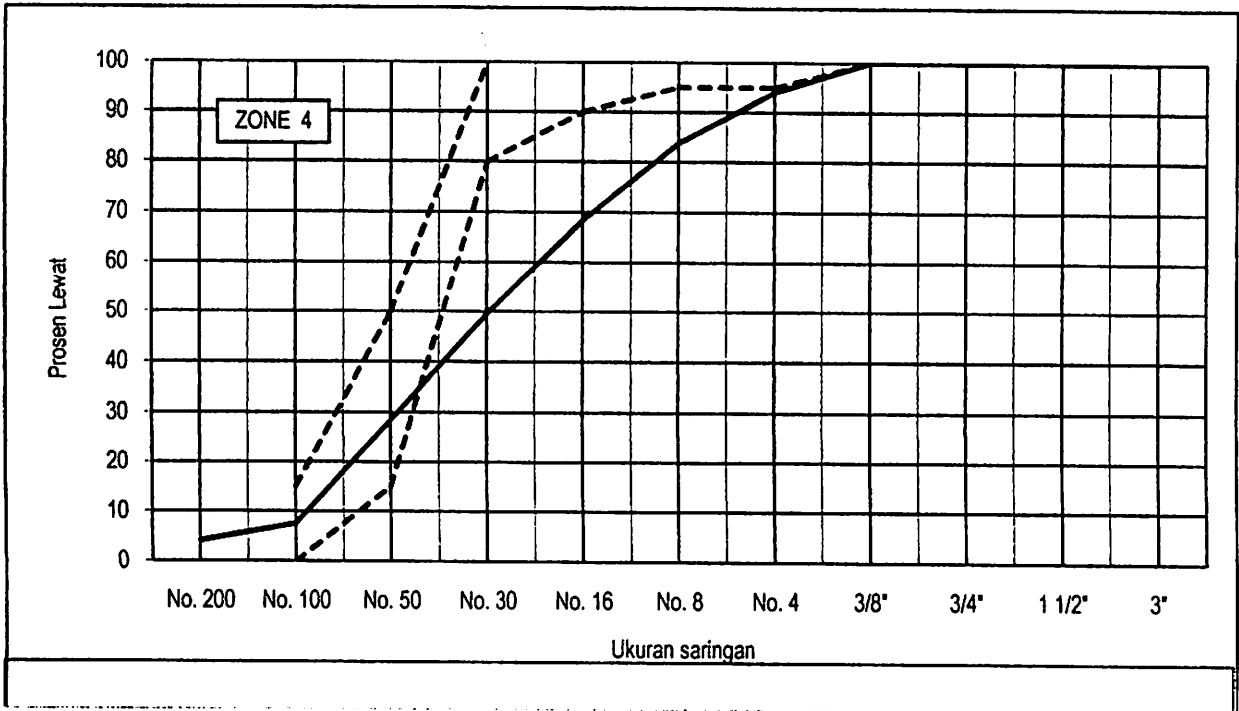
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145





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





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

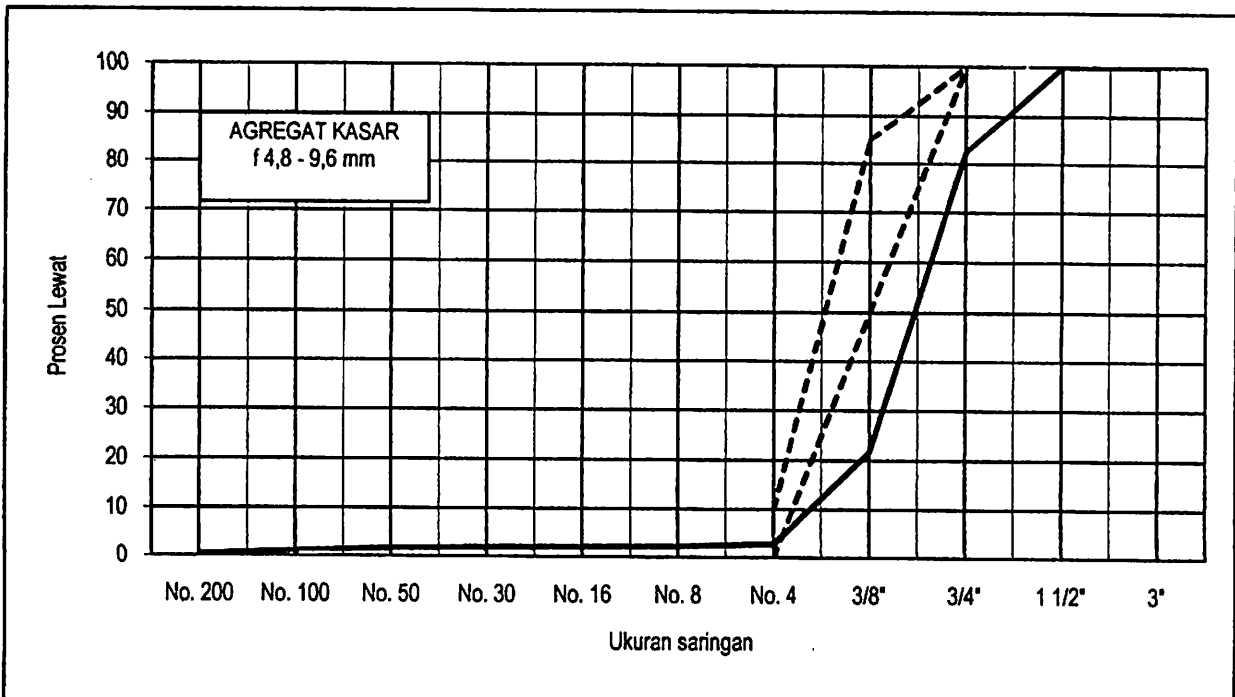
Lmp. Lap. No : 4
 Pekerjaan : Skripsi

Dihitung : Raina Tri Y
 Dikerjakan : Team Sipil 2006

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

Berat contoh kering : 21350 gr

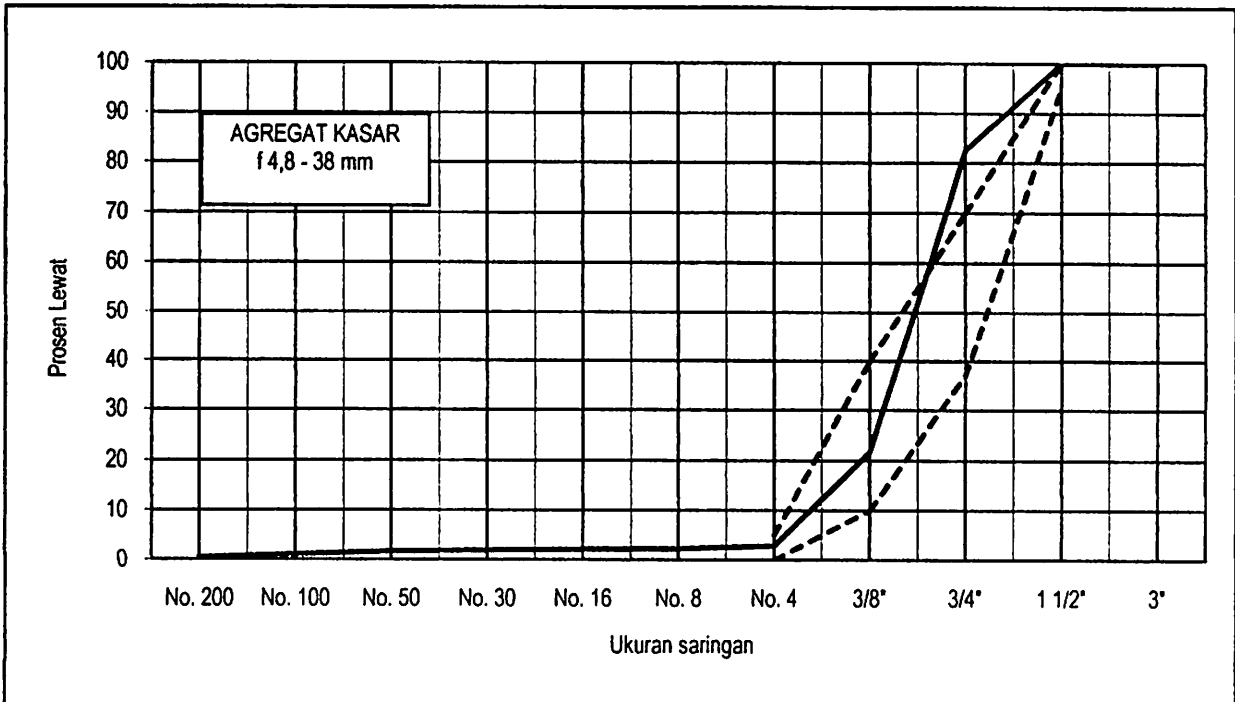
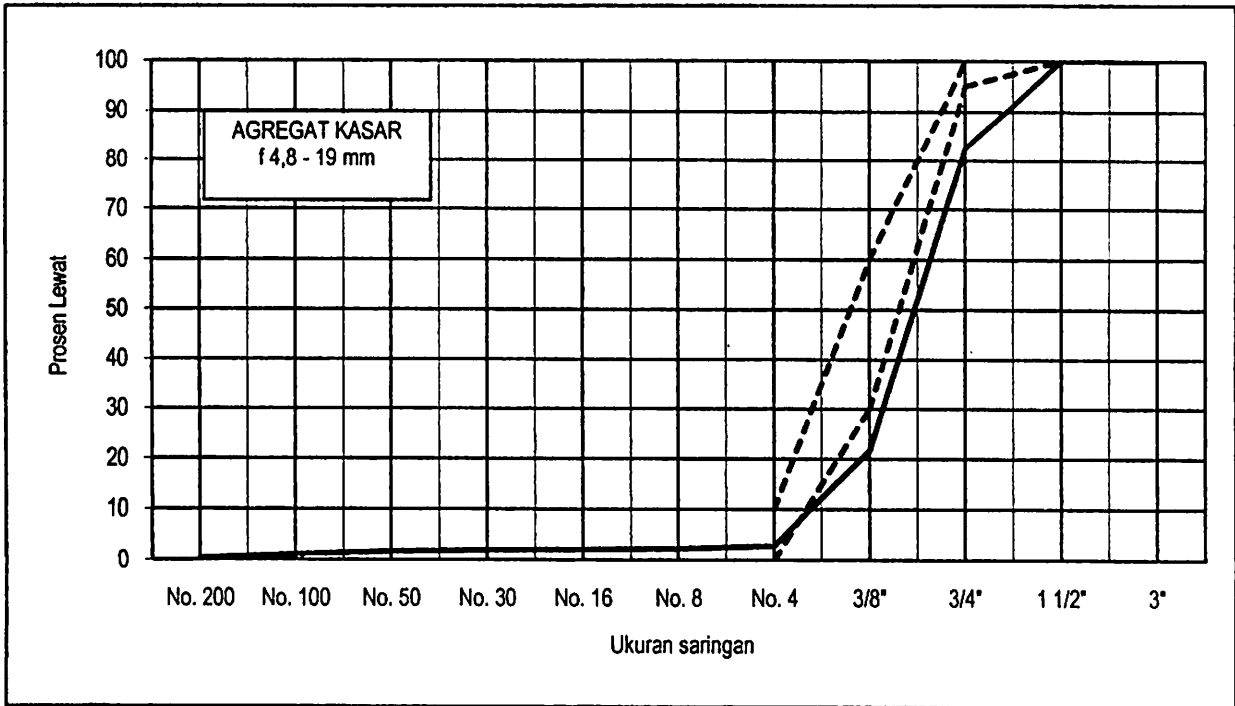
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76,2 mm (3")	0,00	0,00	0,00	100,00
38,1 mm (1 1/2")	0,00	0,00	0,00	100,00
19,1 mm (3/4")	3,73	17,47	17,47	82,53
9,6 mm (3/8")	12,98	60,80	78,27	21,73
4,75 mm (No. 4)	4,02	18,83	97,10	2,90
2,36 mm (No. 8)	0,12	0,57	97,67	2,33
1,18 mm (No. 16)	0,04	0,17	97,84	2,16
0,6 mm (No. 30)	0,03	0,15	97,99	2,01
0,3 mm (No. 50)	0,06	0,26	98,25	1,75
0,15 mm (No. 100)	0,12	0,58	98,83	1,17
0,075 mm (No. 200)	0,15	0,69	99,52	0,48
pan	0,09	0,44	99,96	0,04





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

Lamp. Lap. No : 5
Pekerjaan : Skripsi

Dihitung : Raina Tri Y
Dikerjakan : Team Sipil 2006

KADAR LUMPUR dan KADAR ZAT ORGANIK AGREGAT HALUS

Dari hasil pengujian kadar lumpur yang telah kami laksanakan, didapatkan hasil sebagai berikut :

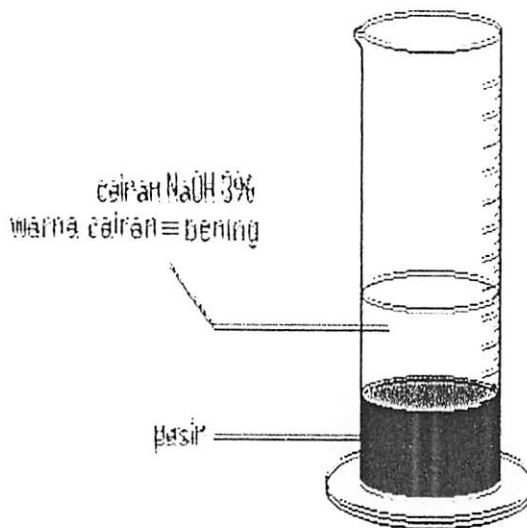
V1 (tinggi pasir) = 470 ml

V2 (tinggi lumpur) = 3 ml

$$\begin{aligned}\text{Kadar lumpur} &= \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100 \% \\ &= 0,634\%\end{aligned}$$

Dengan hasil tersebut di atas, maka pasir yang diperiksa layak digunakan untuk campuran beton, dikarenakan kadar lumpurnya < 5% (merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton).

Untuk pengujian zat organik agregat halus didapatkan warna **bening**, yang berarti bahwa bahan yang diperiksa mempunyai sedikit kandungan zat organik .



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 : 6
Pekerjaan : Skripsi

Dihitung : Raina Tri Y
Dikerjakan : Team Sipil 2006

KADAR AIR AGREGAT

AGREGAT KASAR		ASLI		SSD	
	Nomor test	A	B	A	B
A.	Berat tempat (gr)	2390	2390	2390	2390
B.	Berat tempat + contoh (gr)	23980	24600	7390	7390
C.	Berat tempat + contoh kering ov (gr)	23320	23740	7166	7158
D.	Kadar air = $\frac{B-C}{C-A} \times 100\%$ (%)	3,15	4,03	4,69	4,87
F.	Kadar air rata-rata (%)	3,59		4,78	

AGREGAT HALUS		ASLI		SSD	
	Nomor test	A	B	A	B
A.	Berat tempat (gr)	2530	2520	172,3	166,7
B.	Berat tempat + contoh (gr)	18610	18590	672,3	666,7
C.	Berat tempat + contoh kering ov (gr)	17280	17140	668,70	661,00
D.	Kadar air = $\frac{B-C}{C-A} \times 100\%$ (%)	9,02	9,92	0,73	1,15
F.	Kadar air rata-rata (%)	9,47		0,94	



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 : 8
Pekerjaan : Skripsi

Dihitung : Raina Tri Y
Dikerjakan : Team Sipil 2006

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B _k	496,40	494,30	495,35
Berat contoh kering permukaan jenuh	B _j	500,00	500,00	500,00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	676,60	663,80	670,20
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	B _t	989,50	978,50	984,00
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{(B + B_j - B_t)}$	2,65	2,67	2,66
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{(B + B_j - B_t)}$	2,67	2,70	2,69
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	2,71	2,75	2,73
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	0,73	1,15	0,94



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 : 7
Pekerjaan : Skripsi

Dihitung : Raina Tri Y
Dikerjakan : Team Sipil 2006

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	B _k	4776,3	4768,6	4772,45
Berat contoh kering permukaan jenuh	B _j	5000	5000	5000
Berat contoh di dalam air	B _a	3071,9	3072,7	3072,3
Berat Jenis (bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2,48	2,47	2,48
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{B_j}{B_j - B_a}$	2,59	2,59	2,59
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2,80	2,81	2,81
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$	4,68	4,85	4,77



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 : 9
 Pekerjaan : Skripsi

Dihitung : Raina Tri Y
 Dikerjakan : Team Sipil 2006

PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran)

AASHTO T 96 - 77

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")				
19,00 mm (3/4")	12,50 mm (1/2")	2501,4			
12,50 mm (1/2")	9,50 mm (3/8")	2500,8			
9,50 mm (3/8")	6,30 mm (1/4")				
6,30 mm (1/4")	4,75 mm (No. 4)		2847,3		
4,75 mm (No. 4)	2,38 mm (No. 8)				
Jumlah berat		5002,2	786,6		
Berat tertahan saringan no 12			3633,9		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5002,2		gram
b	Berat benda uji tertahan saringan No.12 (& No.4)	3633,9		gram
	Keausan : $\frac{a-b}{a} \times 100 \%$	27,35		%



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 25 MPa

No.	Sebutan	Referensi Perhitungan	Nilai
Penerapan variabel perencanaan			
1.	Kekuatan tekan karakteristik	Disyaratkan (pada 28 hari)	25 MPa
2.	Deviasi standar	Tabel 4.12	6 MPa
3.	Margin kekuatan	1,34 [2]	8,04 MPa
		2,33 [2] - 3,5	10,48 MPa
4.	Kekuatan tekan rencana	[1] + [3]	35,48 MPa
5.	Jenis semen yang digunakan	Disyaratkan	Gresik Type I
6.	Jenis agregat kasar	Dipecah / tidak dipecah *)	Dipecah
	Jenis agregat halus	Dipecah / tidak dipecah *)	Tidak dipecah
7.	Faktor air semen (W/C)	Grafik 4.3 (W/C)	0,620
8.	Faktor air semen maksimum	Tabel 4.14 (W/C)	0,650
9.	Faktor air semen yang digunakan pada perencanaan	Terkecil antara [7] dan [8] (W/C)	0,620
10.	Slump yang direncanakan	Disyaratkan (tabel 4.15)	100 mm
11.	Ukuran agregat maksimum	Tabel 5	20 mm
12.	Kadar air bebas	Tabel 11	215 kg/m ³
13.	Jumlah semen	[12] / [9]	346,77 kg/m ³
14.	Jumlah semen minimum	Tabel 4.14 (W/C)	275 kg/m ³
15.	Jumlah semen yang digunakan pada perencanaan	Terbesar antara [13] dan [14]	346,77 kg/m ³
16.	Proporsi agregat halus	Grafik 4.4	43,95 %
17.	Proporsi agregat kasar	100% - [16]	56,05 %
18.	Berat jenis agregat halus (SSD)	Tabel pemeriksaan	2,69
19.	Berat jenis agregat kasar (SSD)	Tabel pemeriksaan	2,59
20.	Berat jenis agregat gabungan	$([16][18]+[17][19])/100$	2,63
21.	Berat jenis beton basah	Grafik 4.5	2360 m ³
22.	Total jumlah agregat	[21]-[12]-[15]	1798,23 kg/m ³
23.	Jumlah agregat halus	$[16][22]/100$	790,32 kg/m ³
24.	Jumlah agregat kasar	$[17][22]/100$	1007,91 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

Perancangan campuran beton dengan metode British 1986 untuk mutu f'c 25

No.	Sebutan	Referensi Perhitungan	Nilai
Menentukan komposisi campuran beton kondisi lapangan			
25.	Kadar air agregat halus	Tabel pemeriksaan	9,47 %
26.	Kadar air agregat kasar	Tabel pemeriksaan	3,59 %
27.	Absorpsi agregat halus	Tabel pemeriksaan	0,94 %
28.	Absorpsi agregat kasar	Tabel pemeriksaan	4,77 %
29.	Kelebihan air dalam agregat halus	$([25]-[27])*23/100$	67,41 kg/m ³
30.	Kelebihan air dalam agregat kasar	$([26]-[28])*24/100$	-11,89 kg/m ³
31.	Jumlah agregat halus	$[23]+ [29]$	857,09 kg/m ³
32.	Jumlah agregat kasar	$[24]+ [30]$	996,02 kg/m ³
33.	Jumlah air	$[12]+([29]-[30])$	159,48 kg/m ³

Komposisi akhir campuran beton kondisi lapangan					
	Jumlah	Semen (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Air (kg)
	Per m ³	346,77	857,09	996,02	159,48
	Perbandingan berat	1	2,47	2,87	0,46

df2 \df1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	26	28	30	35	40	45	50	60	70	80	100	200	500	1000	>1000	df1/ df2		
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.76	8.74	8.73	8.71	8.70	8.69	8.68	8.67	8.67	8.66	8.65	8.64	8.63	8.62	8.62	8.60	8.59	8.59	8.58	8.57	8.57	8.56	8.55	8.54	8.53	8.53	8.54	3		
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.94	5.91	5.89	5.87	5.86	5.84	5.83	5.81	5.80	5.79	5.77	5.76	5.75	5.75	5.73	5.72	5.71	5.70	5.69	5.68	5.67	5.66	5.65	5.64	5.63	5.63	5.63	4		
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.70	4.68	4.66	4.64	4.62	4.60	4.59	4.58	4.57	4.56	4.54	4.53	4.52	4.50	4.50	4.48	4.46	4.45	4.44	4.43	4.42	4.42	4.41	4.39	4.37	4.37	4.36	5		
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.03	4.00	3.98	3.96	3.94	3.92	3.91	3.90	3.88	3.87	3.86	3.84	3.83	3.82	3.81	3.79	3.77	3.76	3.75	3.74	3.73	3.72	3.71	3.69	3.68	3.67	3.67	6		
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.60	3.57	3.55	3.53	3.51	3.49	3.48	3.47	3.46	3.44	3.43	3.41	3.40	3.39	3.38	3.36	3.34	3.33	3.32	3.30	3.29	3.29	3.27	3.25	3.24	3.23	3.23	7		
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.31	3.28	3.26	3.24	3.22	3.20	3.19	3.17	3.16	3.15	3.13	3.12	3.10	3.09	3.08	3.06	3.04	3.03	3.02	3.01	2.99	2.99	2.97	2.95	2.94	2.93	2.93	8		
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.10	3.07	3.05	3.03	3.01	2.99	2.97	2.96	2.95	2.94	2.92	2.90	2.89	2.87	2.86	2.84	2.83	2.81	2.80	2.79	2.78	2.77	2.76	2.73	2.72	2.71	2.71	9		
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.94	2.91	2.89	2.86	2.85	2.83	2.81	2.80	2.79	2.77	2.75	2.74	2.72	2.71	2.70	2.68	2.66	2.65	2.64	2.62	2.61	2.60	2.59	2.56	2.55	2.54	2.54	10		
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.82	2.79	2.76	2.74	2.72	2.70	2.69	2.67	2.66	2.65	2.63	2.61	2.59	2.58	2.57	2.55	2.53	2.52	2.51	2.49	2.48	2.47	2.46	2.43	2.42	2.41	2.41	11		
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.66	2.64	2.62	2.60	2.58	2.57	2.56	2.54	2.52	2.51	2.49	2.48	2.47	2.44	2.43	2.41	2.40	2.38	2.37	2.36	2.35	2.32	2.31	2.30	2.30	12		
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.63	2.60	2.58	2.55	2.53	2.51	2.50	2.48	2.47	2.46	2.44	2.42	2.41	2.39	2.38	2.36	2.34	2.33	2.31	2.30	2.28	2.27	2.26	2.23	2.22	2.21	2.21	13		
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.57	2.53	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40	2.38	2.37	2.35	2.34	2.33	2.31	2.29	2.27	2.26	2.25	2.22	2.21	2.19	2.18	2.16	2.15	2.14	2.13	2.13	2.13	14		
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.51	2.48	2.45	2.42	2.40	2.38	2.37	2.35	2.34	2.33	2.31	2.29	2.27	2.26	2.25	2.22	2.20	2.19	2.18	2.16	2.15	2.14	2.12	2.11	2.10	2.08	2.07	2.07	15	
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.46	2.42	2.40	2.37	2.35	2.33	2.32	2.30	2.29	2.28	2.25	2.24	2.22	2.21	2.19	2.17	2.15	2.14	2.12	2.11	2.09	2.08	2.07	2.04	2.02	2.02	2.01	2.01	16	
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.41	2.38	2.35	2.33	2.31	2.29	2.27	2.26	2.24	2.23	2.21	2.19	2.17	2.16	2.15	2.12	2.10	2.09	2.08	2.06	2.05	2.04	2.02	2.00	1.99	1.97	1.97	1.96	1.96	17
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.37	2.34	2.31	2.29	2.27	2.25	2.23	2.22	2.20	2.19	2.17	2.15	2.13	2.12	2.11	2.08	2.06	2.05	2.04	2.02	2.00	1.99	1.98	1.95	1.93	1.92	1.92	1.92	1.92	18
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.34	2.31	2.28	2.26	2.23	2.21	2.20	2.18	2.17	2.16	2.13	2.11	2.10	2.08	2.07	2.05	2.03	2.01	2.00	1.98	1.97	1.96	1.94	1.91	1.89	1.88	1.88	1.88	1.88	19
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.31	2.28	2.25	2.23	2.20	2.18	2.17	2.15	2.14	2.12	2.10	2.08	2.07	2.05	2.04	2.01	1.99	1.98	1.97	1.95	1.93	1.92	1.91	1.88	1.86	1.85	1.85	1.84	1.84	20
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.26	2.23	2.20	2.17	2.15	2.13	2.11	2.10	2.08	2.07	2.05	2.03	2.01	2.00	1.98	1.96	1.94	1.92	1.91	1.89	1.88	1.86	1.85	1.82	1.80	1.79	1.78	1.78	1.78	22
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.22	2.18	2.15	2.13	2.11	2.09	2.07	2.05	2.04	2.03	2.00	1.98	1.97	1.95	1.94	1.91	1.89	1.88	1.86	1.84	1.83	1.82	1.80	1.77	1.75	1.74	1.73	1.73	1.73	24
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.18	2.15	2.12	2.09	2.07	2.05	2.03	2.02	2.00	1.99	1.97	1.95	1.93	1.91	1.90	1.87	1.85	1.84	1.82	1.80	1.79	1.78	1.76	1.73	1.71	1.70	1.69	1.69	1.69	26
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.15	2.12	2.09	2.06	2.04	2.02	2.00	1.99	1.97	1.96	1.93	1.91	1.90	1.88	1.87	1.84	1.82	1.80	1.79	1.77	1.75	1.74	1.73	1.71	1.69	1.67	1.66	1.66	1.66	28
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.13	2.09	2.06	2.04	2.01	1.99	1.98	1.96	1.95	1.93	1.91	1.89	1.87	1.85	1.84	1.81	1.79	1.77	1.76	1.74	1.72	1.71	1.70	1.66	1.64	1.63	1.62	1.62	1.62	30
35	4.12	3.27	2.87	2.64	2.49	2.37	2.29	2.22	2.16	2.11	2.08	2.04	2.01	1.99	1.96	1.94	1.92	1.91	1.89	1.88	1.85	1.83	1.82	1.80	1.79	1.76	1.74	1.72	1.70	1.68	1.66	1.65	1.63	1.60	1.57	1.55	1.53	1.53	1.53	35
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.04	2.00	1.97	1.95	1.92	1.90	1.89	1.87	1.85	1.84	1.81	1.79	1.77	1.76	1.74	1.72	1.69	1.67	1.66	1.64	1.62	1.61	1.59	1.55	1.53	1.52	1.51	1.51	1.51	40
45	4.06	3.20	2.81	2.58	2.42	2.31	2.22	2.15	2.10	2.05	2.01	1.97	1.94	1.92	1.89	1.87	1.86	1.84	1.82	1.81	1.78	1.76	1.74	1.73	1.71	1.68	1.66	1.64	1.63	1.60	1.59	1.57	1.55	1.51	1.49	1.48	1.47	1.47	1.47	45
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.07	2.03	1.99	1.95	1.92	1.89	1.87	1.85	1.83	1.81	1.80	1.78	1.76	1.74	1.72	1.70	1.69	1.66	1.63	1.61	1.60	1.58	1.56	1.54	1.52	1.48	1.46	1.45	1.44	1.44	1.44	50
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.95	1.92	1.89	1.86	1.84	1.82	1.80	1.78	1.76	1.75	1.72	1.70	1.68	1.66	1.65	1.62	1.59	1.57	1.56	1.53	1.52	1.50	1.48	1.44	1.41	1.40	1.39	1.39	1.39	60
70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.14	2.07	2.02	1.97	1.93	1.89	1.86	1.84	1.81	1.79	1.77	1.75	1.74	1.72	1.70	1.67	1.65	1.64	1.62	1.59	1.57	1.55	1.53	1.50	1.49	1.47	1.45	1.40	1.37	1.36	1.35	1.35	70	
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.21	2.13	2.06	2.00	1.95	1.91	1.88	1.84	1.82	1.79	1.77	1.75	1.73	1.72	1.70	1.68	1.65	1.63	1.62	1.60	1.57	1.54	1.52	1.51	1.48	1.46	1.45	1.43	1.38	1.35	1.34	1.33	1.33	80	
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.97	1.93	1.89	1.85	1.82	1.79	1.77	1.75	1.73	1.71	1.69	1.68	1.65	1.63	1.61	1.59	1.57	1.54	1.52	1.49	1.48	1.45	1.43	1.41	1.39	1.34	1.31	1.30	1.28	1.28	100	
200	3.89	3.04	2.65	2.42	2.26	2.14	2.06	1.98	1.93	1.88	1.84	1.80	1.77	1.74	1.72	1.69	1.67	1.66	1.64	1.62	1.60	1.57	1.55	1.53	1.52	1.48	1.46	1.43	1.41	1.39	1.36	1.35	1.32	1.26	1.22	1.21	1.19	1.19	200	
500	3.86	3.01	2.62	2.39	2.23	2.12	2.03	1.96	1.90	1.85	1.81	1.77	1.74	1.71	1.69	1.66	1.64	1.62	1.61	1.59	1.56	1.54	1.52	1.50	1.48	1.45	1.42	1.40	1.38	1.35	1.32	1.30	1.28	1.21	1.16	1.14	1.12	1.12	500	
1000	3.85	3.00	2.61	2.38	2.22	2.11	2.02	1.95	1.89	1.84	1.80	1.76	1																											

DAFTAR G

Distribusi t

yang Dalam Badan Daftar Menyatakan t_p)

V/dk	t 0.995	t 0.990	t 0.975	t 0.950	t 0.900
1	63.66	31.82	12.71	6.31	3.08
2	9.92	6.96	4.3	2.92	1.89
3	5.84	4.54	3.18	2.35	1.64
4	4.6	3.75	2.78	2.13	1.53
5	4.03	3.36	2.57	2.02	1.48
6	3.71	3.14	2.45	1.94	1.44
7	3.50	3.00	2.36	1.90	1.42
8	3.36	2.90	2.31	1.86	1.40
9	3.25	2.82	2.26	1.83	1.38
10	3.17	2.76	2.23	1.81	1.37
11	3.11	2.72	2.20	1.80	1.36
12	3.06	2.68	2.18	1.78	1.36
13	3.01	2.65	2.16	1.77	1.35
14	2.98	2.62	2.14	1.76	1.34
15	2.95	2.6	2.13	1.75	1.34
16	2.92	2.58	2.12	1.75	1.34
17	2.9	2.57	2.11	1.74	1.33
18	2.88	2.55	2.1	1.73	1.33
19	2.86	2.54	2.09	1.73	1.33
20	2.84	2.53	2.09	1.72	1.32
21	2.83	2.52	2.08	1.72	1.32
22	2.82	2.51	2.07	1.72	1.32
23	2.81	2.5	2.07	1.71	1.32
24	2.8	2.49	2.06	1.71	1.32
25	2.79	2.48	2.06	1.71	1.32
26	2.78	2.48	2.06	1.71	1.32
27	2.77	2.47	2.05	1.7	1.31
28	2.76	2.47	2.05	1.7	1.31
29	2.76	2.46	2.04	1.7	1.31

Sumber : Statistical tables for biological, agricultural and medical research, Fisher, R.A dan Yates . F.,
 Table III, Oliver & Boyd Ltd, Edinburgh
 (Sudjana, *Metode Statika* 2005. Tarsito Bandung)

DAFTAR UMUR BETON

Menurut SNI T-15-1991, Perkembangan kekuatan beton dengan bahan pengikat PC type I berdasarkan umur beton disajikan pada tabel. Sebagai berikut :

Umur beton (Hari)	3	7	14	21	28	90	365
PC type I	0.46	0.7	0.88	0.96	1	-	-



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

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



Pemeriksaan Berat Isi

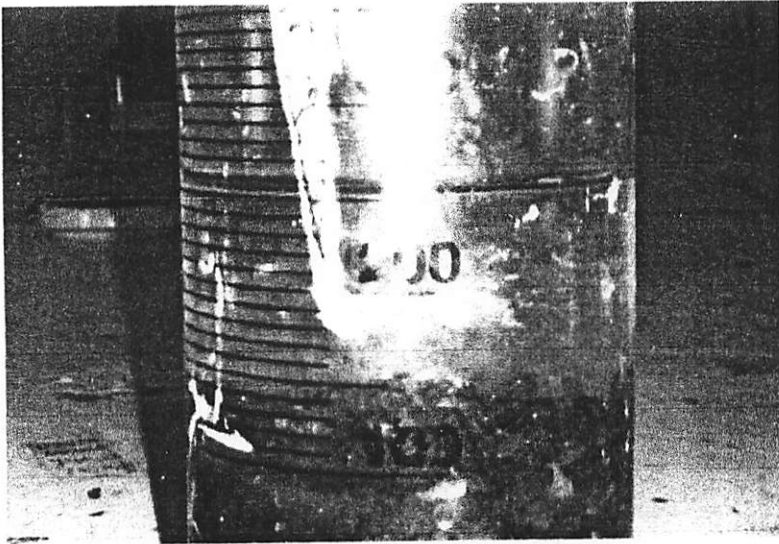


Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat

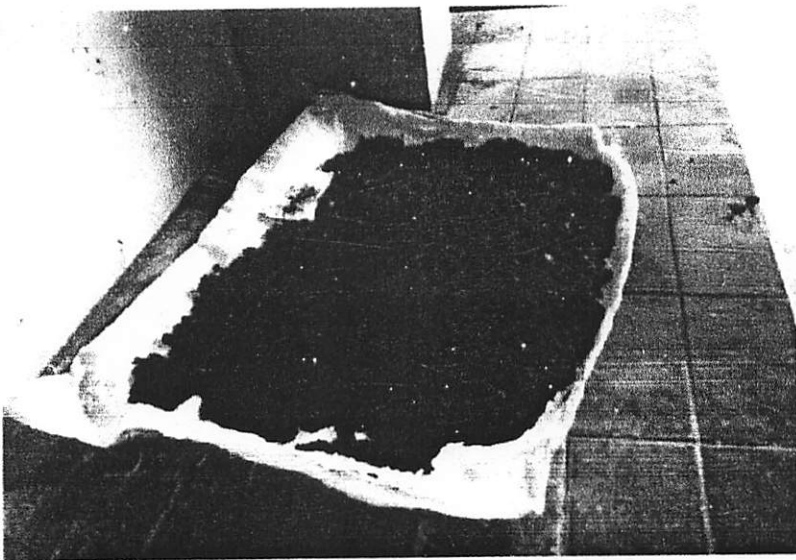


**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

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



Pemeriksaan Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus



Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

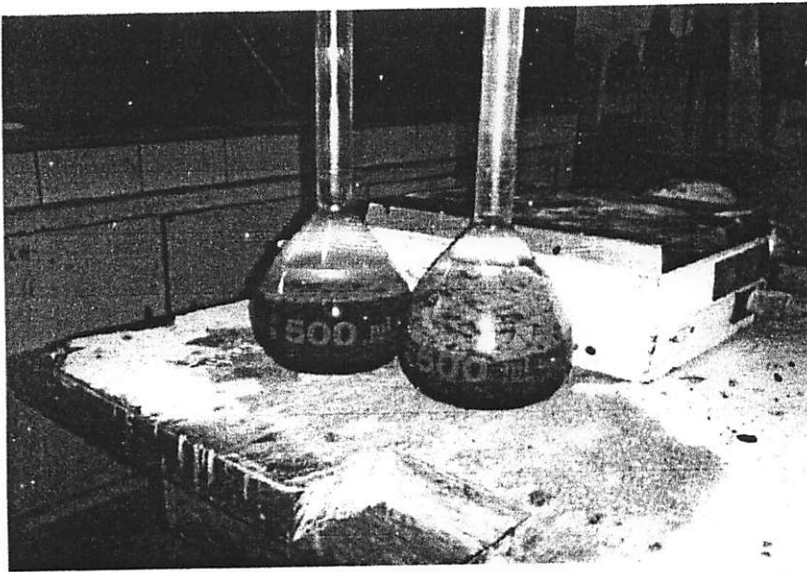


**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

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



Pemeriksaan Bahan Lewat Saringan No 200



Pemeriksaan Kotoran Organik

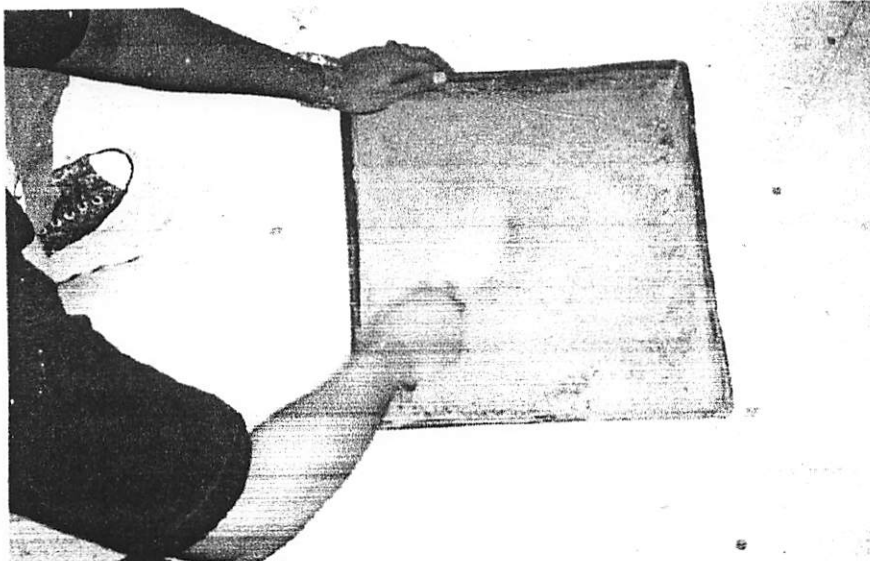


**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

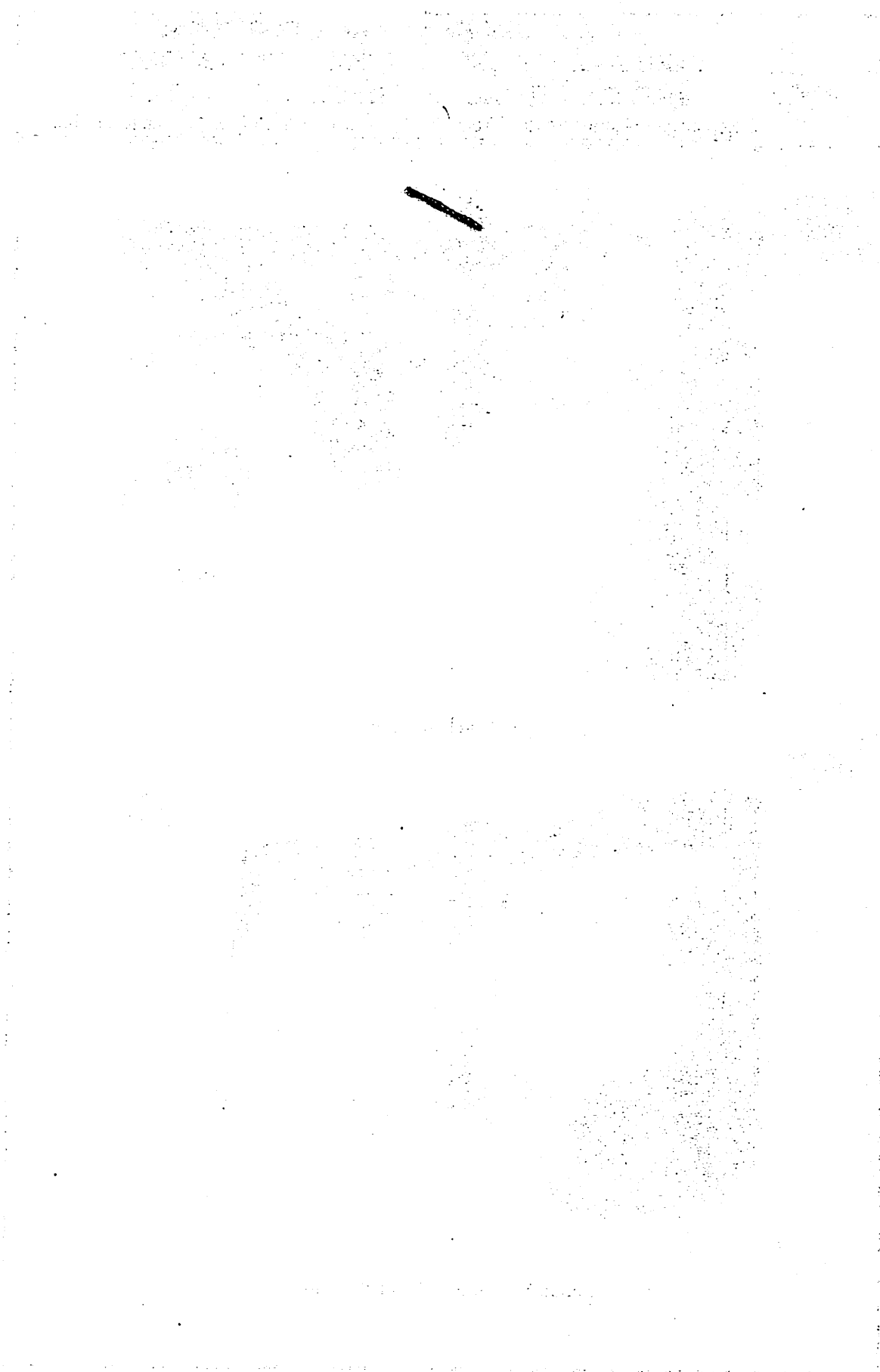
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145



Persiapan Cetakan mortar



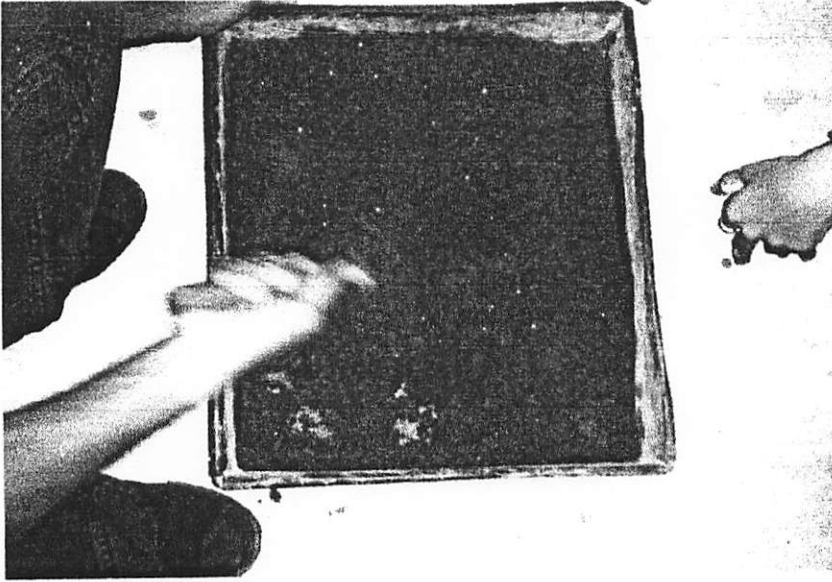
Pencampuran Semen dan Agregat Halus



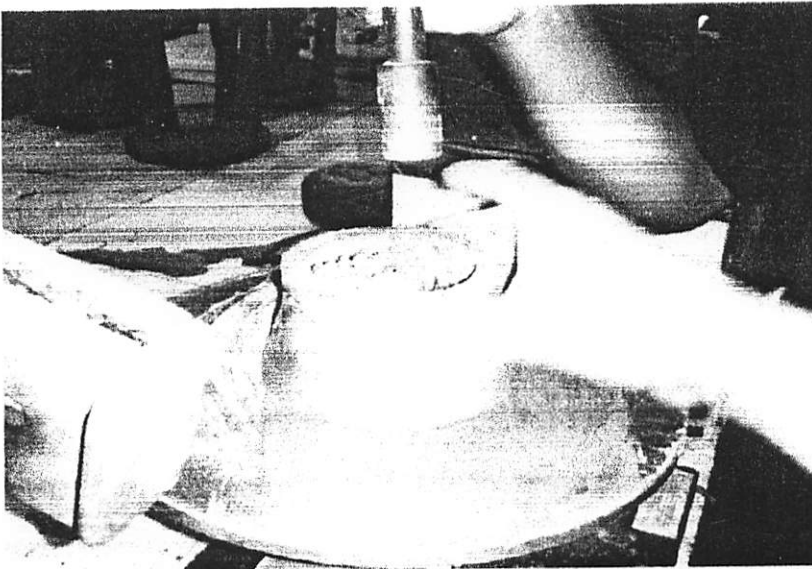


**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

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



Pencampuran adukan mortar yang siap uji Leleh

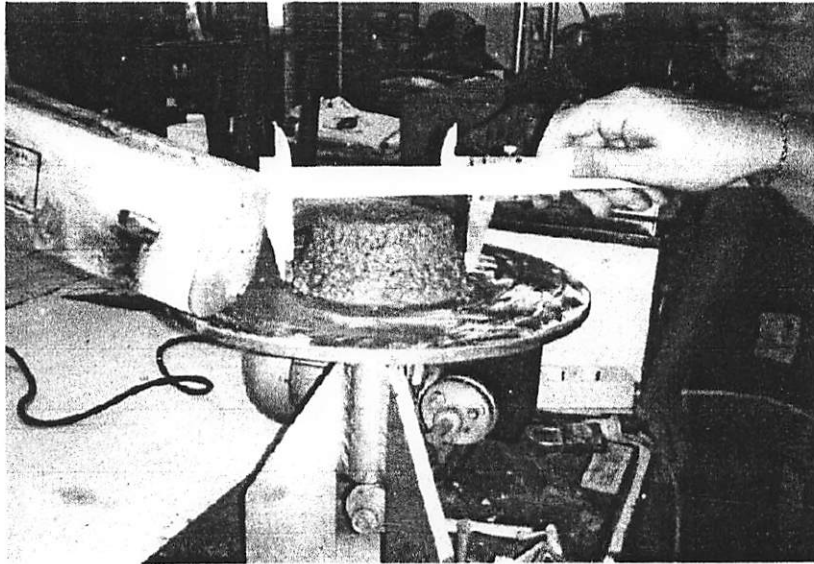


Pemadatan mortar diatas meja leleh

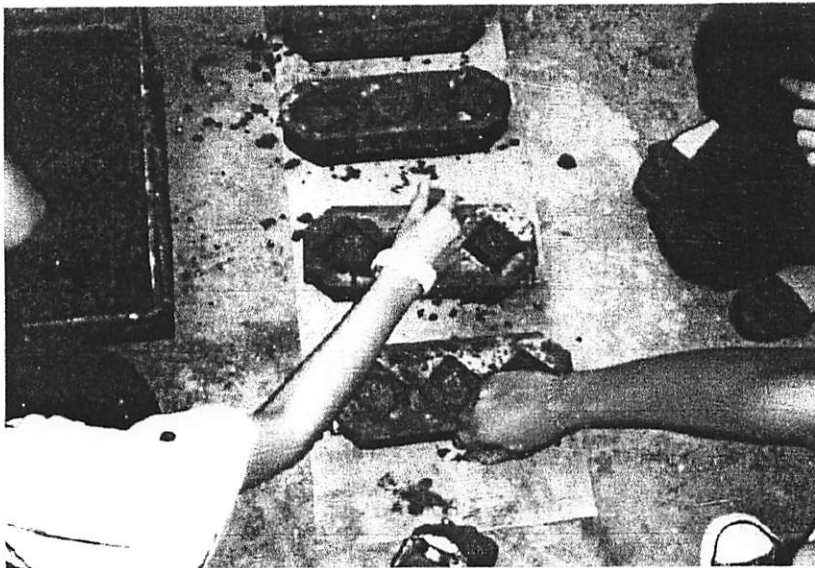


**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

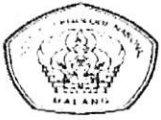
. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145



Pengukuran Diameter leleh

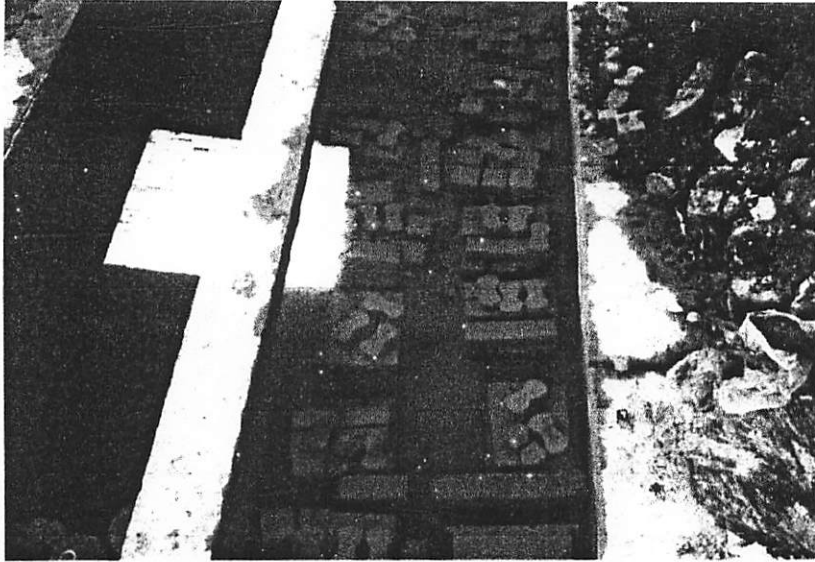


Percetakan mortar dengan cetakan kubus



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

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



P erendaman Benda Uji Mortar

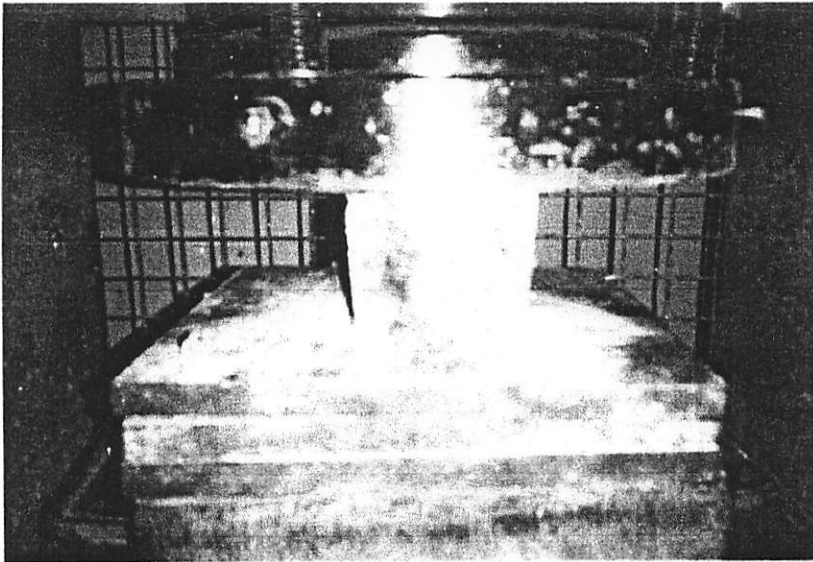


Penimbangan Benda uji Mortar

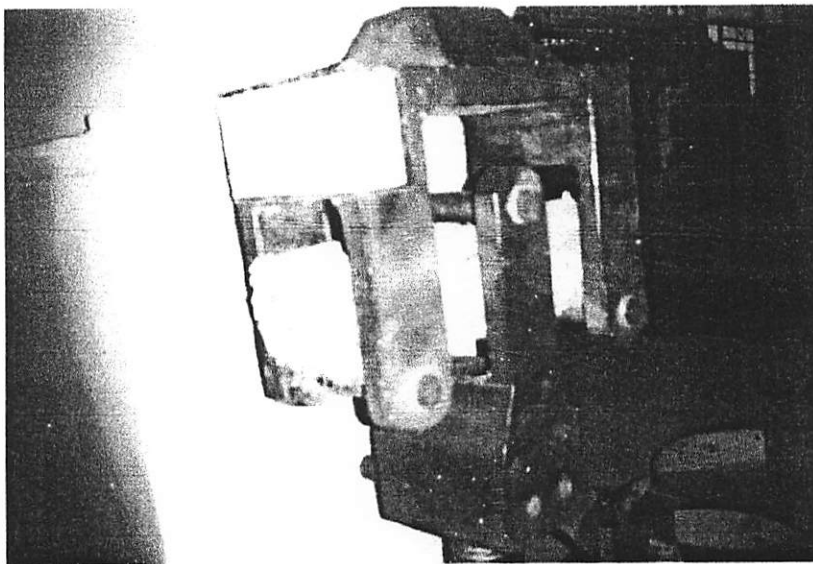


**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

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



Pengujian Kuat Tekan Mortar



Pengujian Kuat Tarik Lentur Aksial



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

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



Persiapan Benda uji Beton

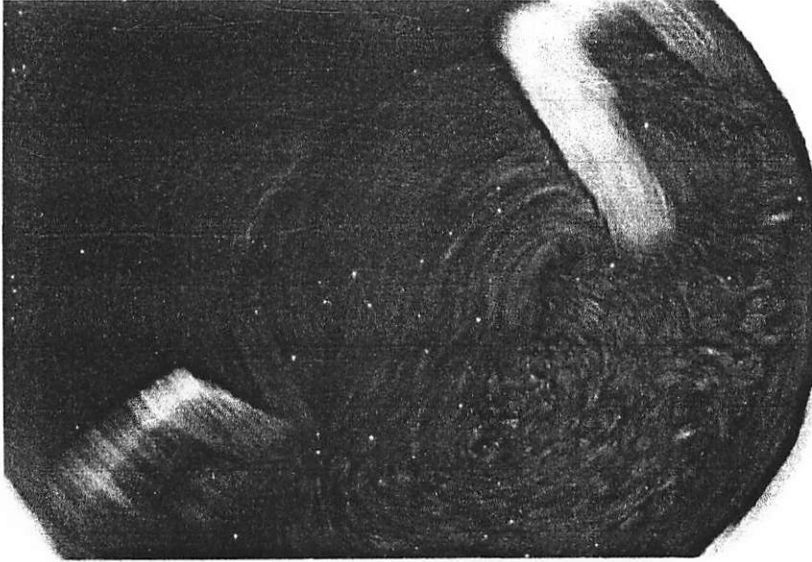


Persiapan Bahan-bahan Pembuatan Beton

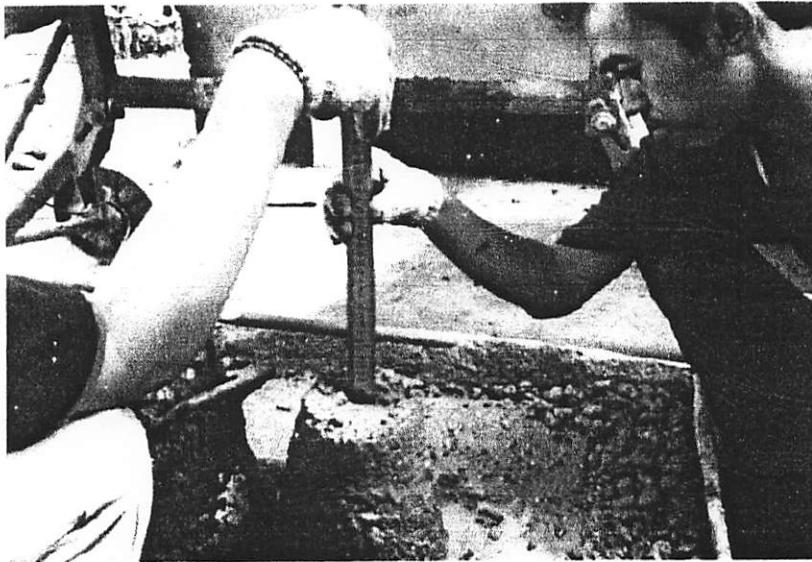


**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

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



Pencampuran Adukan Beton

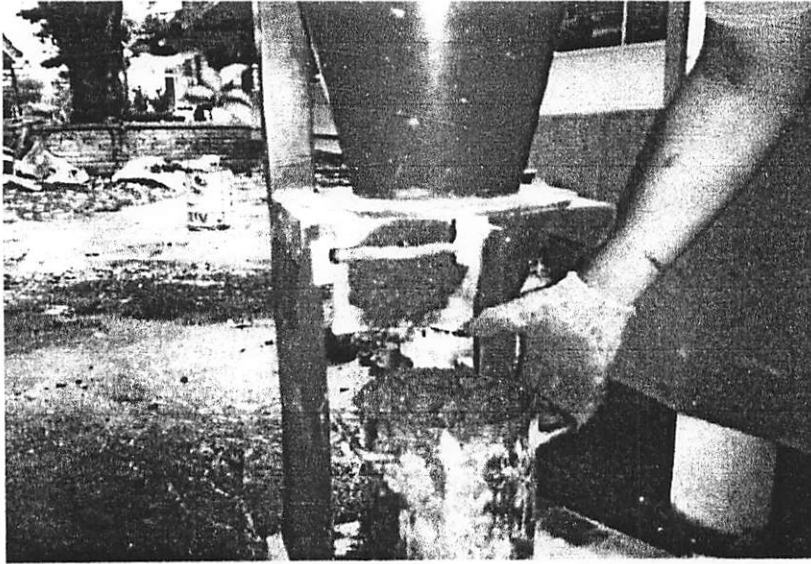


Pengujian Slump

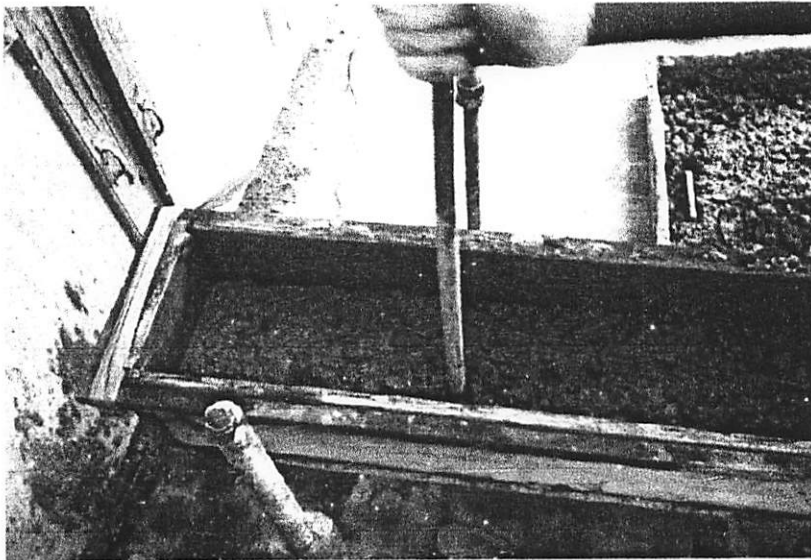


**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

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



Pengujian Faktor Kepadatan

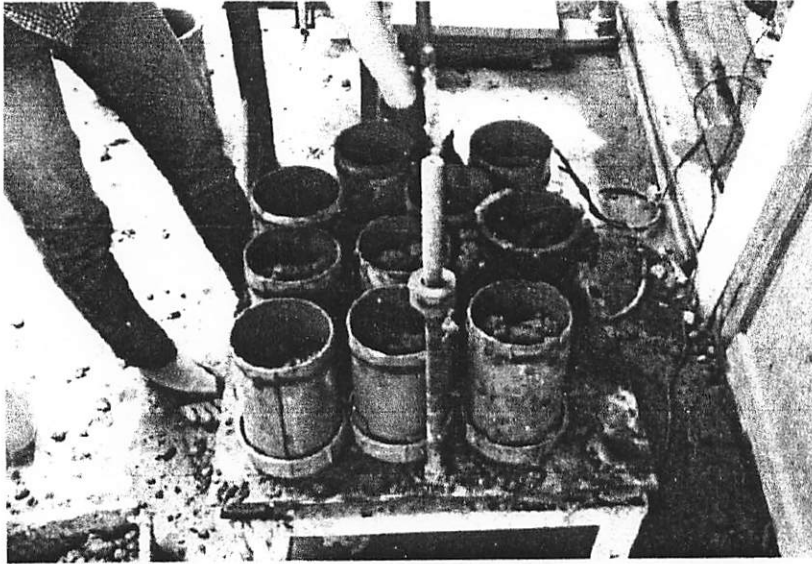


Proses Pemasakan Benda Uji Beton



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

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



Proses Penggetaran Benda Uji



Perawatan Benda Uji dengan Karung Goni

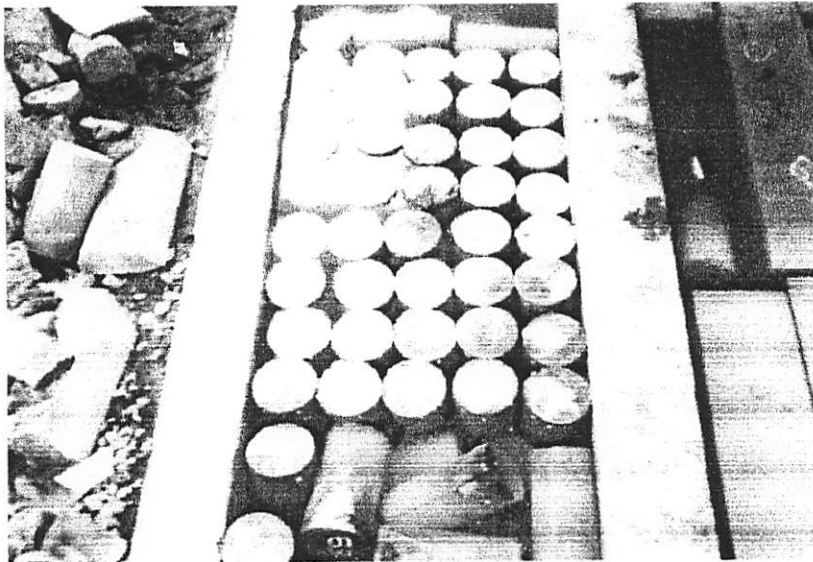


**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

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



Pelepasan Benda Uji dari Cetakan

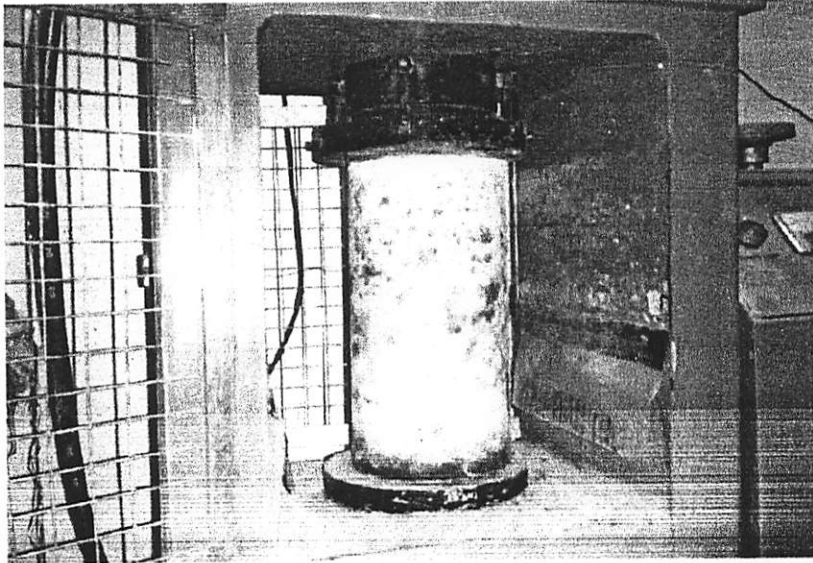


Perendaman Benda Uji

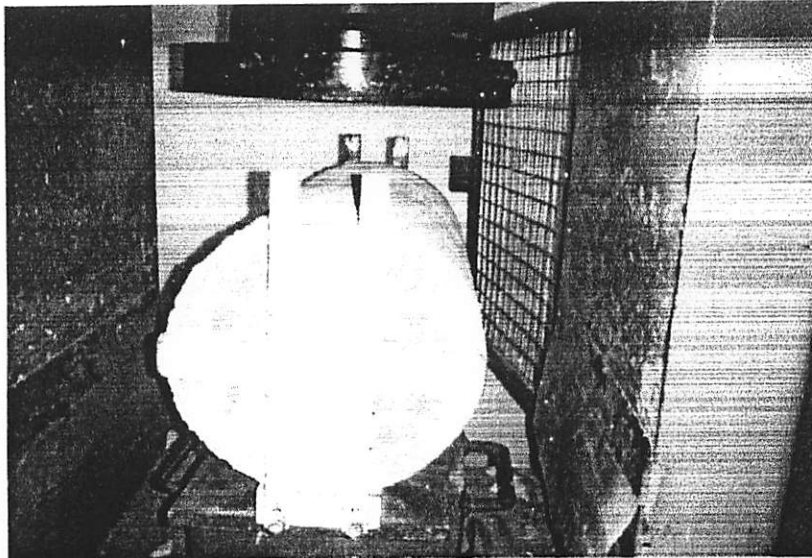


**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

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



Pengujian Kuat Tekan Beton

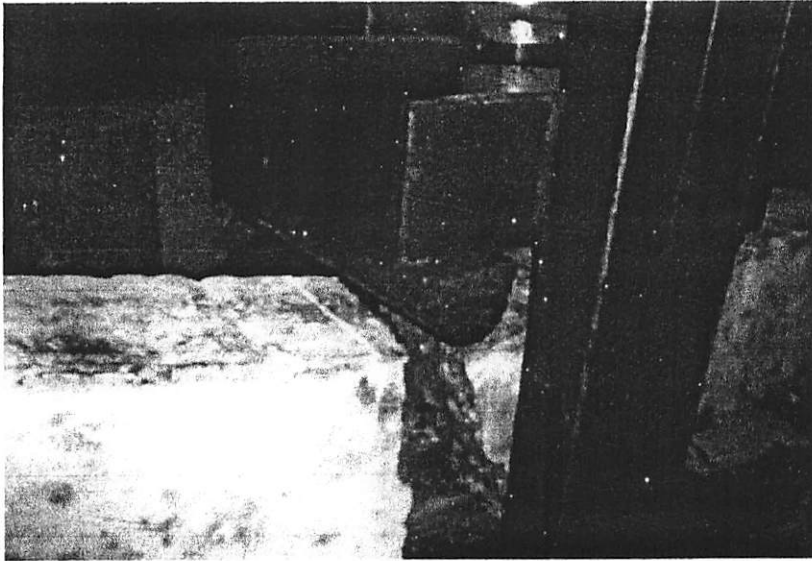


Pengujian Kuat Tarik Belah

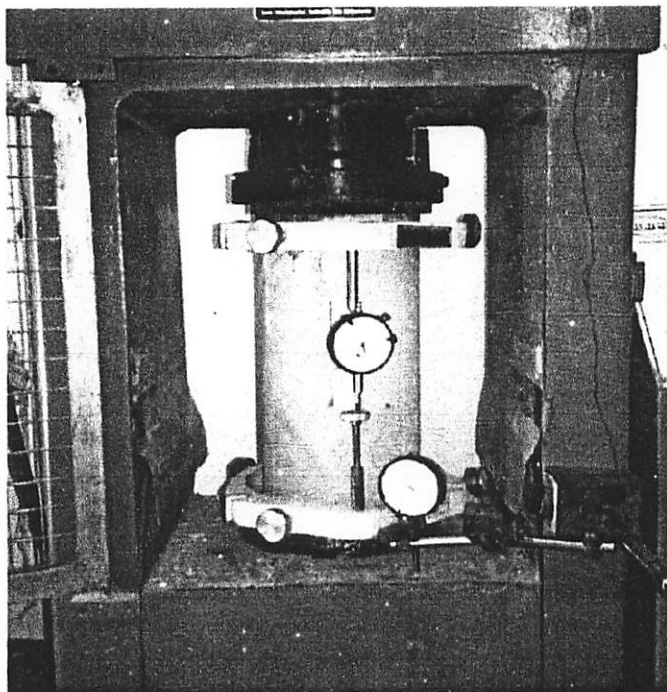


**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

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



Pengujian Kuat Tarik Lentur

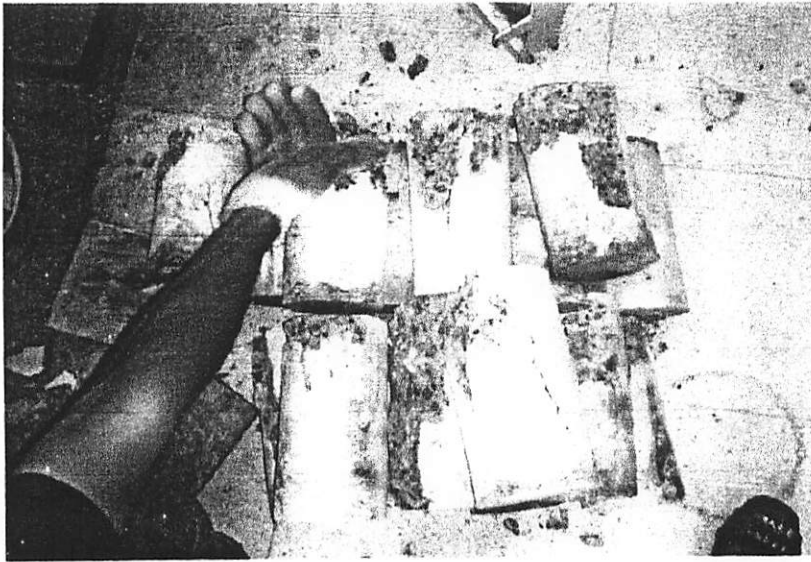


Pengujian Modulus Elastisitas

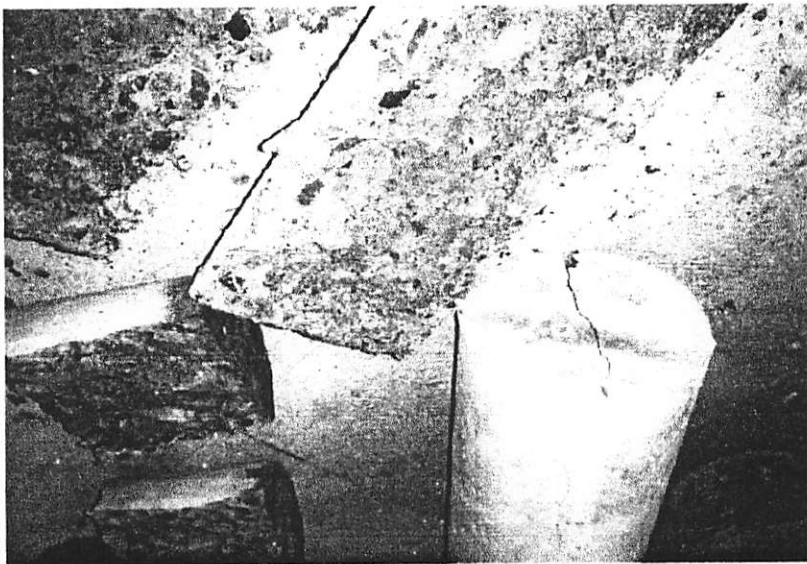


**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

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



Hasil Pengujian Kuat Tekan

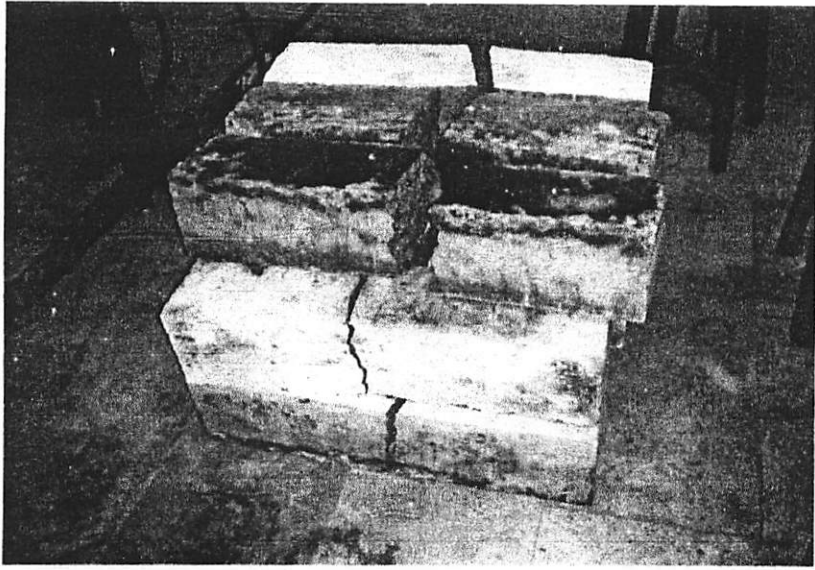


Pengujian Kuat Tarik Belah



**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



Hasil Pengujian Kuat tarik Lentur



Tim Penelitian Gula dan Tetes