

SKRIPSI

PERKIRAAN FAKTOR UMUR BETON PADA PEMAKAIAN SEMEN GRESIK UNTUK MUTU BETON F'c 20 MPa DAN F'c 35 MPa

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S-1) Pada Program Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang*



Disusun oleh :
DANANG WIJANARKO
1021019

JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2016

1972
K V T M C
BPALELLI KETIKHOTOI MYKHONVI
MYKHONVOS KETIKHOS NIKIT DVM KETIKHONVIVVM
YIKHONVM KETIKHOS NIKIT DVM

1972
K V T M C
BPALELLI KETIKHOTOI MYKHONVI
MYKHONVOS KETIKHOS NIKIT DVM KETIKHONVIVVM
YIKHONVM KETIKHOS NIKIT DVM

1972 K V T M C
BPALELLI KETIKHOTOI MYKHONVI
MYKHONVOS KETIKHOS NIKIT DVM KETIKHONVIVVM
YIKHONVM KETIKHOS NIKIT DVM

1972 K V T M C
BPALELLI KETIKHOTOI MYKHONVI
MYKHONVOS KETIKHOS NIKIT DVM KETIKHONVIVVM
YIKHONVM KETIKHOS NIKIT DVM

1972

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**PERKIRAAN FAKTOR UMUR BETON PADA PEMAKAIAN SEMEN GRESIK
UNTUK MUTU BETON F'c 20 MPa DAN F'c 35 MPa**

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S-1) Pada Program Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun Oleh :

DANANG WIJANARKO

10.21.019

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



(Ir. Bambang Wedyantadji, MT)

Dosen Pembimbing II



(Ir. Munasih, MT)

Malang, September 2016

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL M A L A N G**

2016

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PERKIRAAN FAKTOR UMUR BETON PADA PEMAKAIAN SEMEN GRESIK
UNTUK MUTU BETON F'c 20 MPa DAN F'c 35 MPa**

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

Pada Bulan Agustus 2016

Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan

Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1


Disusun Oleh :

DANANG WIJANARKO

10.21.019


Disahkan Oleh :

Ketua



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

Sekretaris



(Ir. Munasih, MT)

Anggota Penguji :

Dosen Penguji 1



(Ir. Togi H. Nainggolan, MS)

Dosen Penguji 2



(M. Erfan, ST. MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2016**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Danang Wijanarko

Nim : 1021019

Jurusan : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul :

PERKIRAAN FAKTOR UMUR BETON PADA PEMAKAIAN SEMEN GRESIK UNTUK MUTU BETON $F'c$ 20 MPa DAN $F'c$ 35 MPa

Adalah hasil karya sendiri, bukan merupakan duplikan dan tidak mengutip atau menyadur seluruhnya dari hasil karya orang lain, kecuali yang tidak disebutkan sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil duplikat atau mengambil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, Agustus 2016

Yang membuat pernyataan,



Danang Wijanarko

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan limpahan rahmat dan hidayahnya dalam menyelesaikan tugas akhir ini

Tugas akhir ini merupakan persyaratan akademis dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Institut Teknologi Nasional Malang. Adapun judul dari tugas akhir ini adalah **“PERKIRAAN FAKTOR UMUR BETON PADA PEMAKAIAN SEMEN GRESIK UNTUK MUTU f_c 20 Mpa DAN f_c 35 Mpa”**

Tugas akhir ini tidak akan berhasil dengan baik tanpa adanya bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu tidak lupa kami mengucapkan banyak terima kasih yang terhingga kepada :

1. Bapak Ir. H.Sudirman Indra, M.Sc, selaku dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
2. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT, selaku ketua jurusan Teknik Sipil
3. Ibu Ir. Bambang Wedyantadji, MT selaku dosen pembimbing I
4. Bapak Ir. Munasih, MT selaku dosen pembimbing II
5. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, MT selaku kepala Laboratorium Bahan Konstruksi dan Jalan Raya Institut Teknologi Nasional Malang
6. Staff Pak Mahfud Laboratorium Struktur dan Jalan Raya Institut Teknologi Nasional Malang
7. Cak Alip sebagai pembantu konsumsi dan kebersihan Laboratorium konstruksi dan Jalan Raya
8. Kekasihku Anis Marshela yang selalu setia mendukung dan menemani saya agar terselesainya skripsi saya dan rekan – rekan atas bantuan dan dorongan moril

Dalam tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan – kekurangan walaupun kami sudah berusaha menampilkan yang terbaik. Oleh karena itu kami membutuhkan saran dan kritik dari pembaca demi penyempurnaan tugas akhir ini, dan kami berharap semoga bermanfaat bagi pembaca.

Malang, September 2016

Penyusun

ABSTRAK

PERKIRAAN FAKTOR UMUR BETON PADA PEMAKAIAN SEMEN GRESIK UNTUK MUTU $f'c$ 20 MPa DAN $f'c$ 35 MPa

Danang Wijanarko (1021019), Dosen Pembimbing : Ir. Bambang Wedyantadji, MT dan Ir. Munasih, MT

Untuk perhitungan prediksi kekuatan tekan beton umur 28 hari, selama ini digunakan faktor konversi (faktor umur) standar dari semen Tipe 1 (OPC). Tetapi seringkali pengujian pada umur 3, 7, 14 hasilnya tidak sesuai dengan pengujian 28 hari sesungguhnya. Untuk menghindari ketidaksesuaian tersebut di atas, maka dilakukan penelitian tentang nilai faktor umur beton dengan menggunakan semen yang ada di pasaran saat ini (PPC), dalam hal ini dikhususkan pada penggunaan Semen Gresik jenis PPC yang beredar di pasaran.

Berdasarkan paparan tersebut maka dapat dirumuskan permasalahannya adalah : (1) Apakah terdapat perbedaan secara nyata nilai faktor umur antara semen Gresik jenis PPC dengan faktor umur semen Tipe 1 (OPC) pada beton mutu $f'c$ 20 MPa dan $f'c$ 35 MPa? (2) Apakah terdapat perbedaan secara nyata nilai faktor umur antara semen Gresik jenis PPC, semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC pada beton mutu $f'c$ 20 MPa dan $f'c$ 35 MPa?(dimana untuk semen merek lain dilakukan oleh rekan-rekan peneliti yang lain)

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data yang diperlukan, kemudian data tersebut dianalisis secara statistik, dipakai untuk menguji hipotesis, sehingga didapatkan suatu kesimpulan akhir.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan : (1) Tidak ada perbedaan secara nyata antara faktor umur yang dihasilkan dari penggunaan semen Gresik jenis PPC dengan faktor umur semen Tipe 1 (OPC). Hal ini dibuktikan melalui uji hipotesis yang menghasilkan nilai $F_{hitung} = 0,040 < F_{tabel} = 4,03$ pada beton mutu $f'c$ 20, dan pada beton mutu $f'c$ 35 menghasilkan nilai $F_{hitung} = 0,073 < F_{tabel} = 4,03$. Dalam hal ini H_0 diterima dan H_a ditolak. (2) Tidak ada perbedaan secara nyata antara faktor umur yang dihasilkan dari penggunaan semen Gresik jenis PPC dengan faktor umur yang dihasilkan dari penggunaan semen lain (Tiga Roda jenis PCC, Holcim PCC dan semen Bosowa jenis PCC). Hal ini dibuktikan melalui uji hipotesis yang menghasilkan nilai $F_{hitung} = 0,936 < F_{tabel} = 2,695$ pada beton mutu $f'c$ 20, dan pada beton mutu $f'c$ 35 menghasilkan nilai $F_{hitung} = 1,133 < F_{tabel} = 2,695$. Dalam hal ini H_0 diterima dan H_a ditolak.

Kata kunci : faktor umur, Semen Gresik PPC, Semen Tipe I (OPC)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GRAFIK	xiv
DAFTAR GAMBAR	xix
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup Bahasan	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Hipotesis Penelitian	3
1.6.1. Hipotesis Penelitian Perbedaan Semen Gresik Jenis PPC dengan Semen Tipe I (OPC)	4
1.6.2. Hipotesis Penelitian Perbedaan Semen Gresik Jenis PPC dengan semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC	5

II.		
III. LANDASAN TEORI	.....	6
3.1. Penelitian Terdahulu	.....	6
3.2. Pengertian Beton	.....	11
3.2.1. Semen	.....	12
3.2.2. Agregat Halus (Pasir)	.....	14
3.2.3. Agregat Kasar (Kerikil atau Batu Pecah)	.....	15
3.2.4. Air	.....	17
3.3. Waktu Ikut Semen	.....	18
3.4. Faktor Umur Beton	.....	19
3.5. Pengujian Interval Kepercayaan	.....	19
3.6. Analisa Regresi	.....	20
3.7. Pengertian Hipotesis	.....	21
3.8. Analisa Varian Satu Arah	.....	22
3.9. Distribusi t	.....	23
3.10. Mortar Semen	.....	23
III. METODE PENELITIAN	.....	26
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	.....	26
3.2 Peralatan dan Bahan	.....	26
3.2.1 Peralatan	.....	26
3.2.2 Bahan	.....	27
3.3 Rancangan Peneletian	.....	27
3.3.1 Mutu Beton	.....	27
3.3.2 Benda Uji	.....	28
3.4 Prosedur Penelitian	.....	28

3.4.1	Pemeriksaan Material Beton	28
3.4.2	Perencanaan Campuran Beton	28
3.5	Pelaksanaan Penelitian	29
3.5.1	Pembuatan Benda Uji	29
3.5.2	Perawatan Benda Uji	29
3.5.3	Pengujian Benda Uji	29
3.6	Metode Pengumpulan Data	29
3.7	Metode Pembuatan	30
3.8	Pengujian Kuat Tekan Beton	30
3.9	Analisis Data	32
3.10	Bagan Alir Penelitian	33
IV.	PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PENELITIAN	34
4.1.	Perhitungan Komposisi Campuran Beton	34
4.1.1.	Pemeriksaan Variabel Perencanaan	34
4.1.2.	Perhitungan Mix Design Beton Untuk Metode DOE	35
A.	Mix design kuat tekan karakteristik f_c 20 MPa	35
B.	Mix design kuat tekan karakteristik f_c 35 MPa	43
V.	HASIL PENELITIAN PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	51
5.1.	Menghitung Nilai Kuat Tekan Riil Tiap Umur Pengujian	51
5.2.	Pengujian Interval Kepercayaan	53
5.3.	Mencari Nilai Faktor Umur Untuk Semen Gresik jenis PPC	55
5.4.	Analisis Regresi	58
5.5.	Pengujian Hipotesis	61
5.5.1.	Pengujian Hipotesis Faktor Umur Semen Gresik Jenis PPC dengan Semen Tipe I (OPC)	62

5.5.2. Pengujian Hipotesis Faktor Umur Semen Gresik jenis PPC dengan Semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC	65
5.6. Distribusi t atau Uji t	69
5.6.1. Perbedaan Masing masing Umur Beton pada Penggunaan semen Gresik jenis PPC dengan semen tipe 1 OPC	69
5.6.2. Perbedaan Masing masing Umur Beton pada Penggunaan semen Gresik jenis PPC dengan Semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC	71
5.7. Pembahasan	73
5.8. Pembahasan Umum.....	78
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	80
6.1. Kesimpulan	80
6.2. Saran	81

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

3.1. Benda Uji	28
4.1. Deviasi Standart Berdasarkan Isi Pekerjaan	35
4.2. Perkiraan Kuat Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen (w/c) 0,5	36
4.3. Jumlah Semen Minimum Untuk Kondisi Terekspos	37
4.4. Perkiraan Jumlah Air Bebas Yang Diperlukan Untuk Memberikan Workability Tertentu	38
4.5. Komposisi Akhir Campuran Beton Kondisi Lapangan	42
4.6. Deviasi Standart Berdasarkan Isi Pekerjaan	43
4.7. Perkiraan Kekuatan Beton Dengan Faktor Air Semen (w/c) 0,5	44
4.8. Jumlah Semen Minimum Untuk Kondisi Terekspos	45
4.9. Perkiraan Jumlah Air Bebas Yang Diperlukan Untuk Memberikan Workability Tertentu	46
4.10. Komposisi Akhir Campuran Beton Kondisi Lapangan	50
5.1. Nilai Kuat Tekan Riil Untuk Semua Sampel Mutu $f'c$ 20 MPa	52
5.2. Nilai Kuat Tekan Riil Untuk Semua Sampel Mutu $f'c$ 35 MPa	52
5.3. Data Pengujian Kuat Tekan Umur 3 Hari Pada Mutu $f'c$ 20 MPa	53
5.4. Data Pengujian Kuat Tekan Umur 3 Hari Pada Mutu $f'c$ 20 MPa Setelah dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan	54
5.5. Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton $f'c$ 20 MPa	55
5.6. Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton $f'c$ 35 MPa	55
5.7. Nilai Kuat Tekan Riil Mutu $f'c$ 20 MPa	56
5.8. Nilai faktor umur untuk beton mutu $f'c$ 20 dengan menggunakan semen Gresik jenis PPC	57
5.9. Nilai faktor umur untuk beton mutu $f'c$ 35 dengan menggunakan semen Gresik jenis PPC	57

5.10. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi pada Mutu $f'c$ 20 MPa	58
5.11. Hasil Analisis Regresi Hubungan Antara Umur Pengujian dengan Faktor Umur Pada Beton Mutu $f'c$ 20 MPa Menggunakan Semen Gresik jenis PPC	60
5.12. Hasil Prediksi Faktor Umur Beton Mutu $f'c$ 20 MPa dan $f'c$ 35 MPa Untuk Semua Umur Pengujian.....	61
5.13. Data Faktor Umur $f'c$ 20 MPa Menggunakan Semen Gresik jenis PPC dengan Faktor Umur Semen Tipe I (OPC)	62
5.14. Tabel Analisa Varian Satu Arah Untuk Semen Gresik jenis PPC pada Mutu $f'c$ 20 MPa	64
5.15. Analisa Statistik Untuk Seluruh Pengamatan	65
5.16. Data Faktor Umur $f'c$ 20 MPa menggunakan semen Gresik jenis PPC dengan Penggunaan Semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC	66
5.17. Tabel Analisa Varian Untuk Faktor Umur Beton dengan Menggunakan Semen Gresik jenis PPC dengan Penggunaan Semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC	68
5.18. Hasil Analisa Statistik Perbedaan Semen Gresik jenis PPC dengan semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC	69
5.19. Tabel Nilai Yang Perlu Untuk Mencari Nilai t hitung Pada Umur Perbandingan 3 Hari	70
5.20. Hasil Analisa Perhitungan t Hitung pada Penggunaan semen Gresik jenis PPC dengan semen Tipe 1 OPC.....	71
5.21. Hasil Analisa Perhitungan t Hitung pada Penggunaan semen Gresik jenis PPC dengan semen Tiga Roda jenis PCC	72
5.22. Hasil Analisa Perhitungan t Hitung pada Penggunaan semen Gresik jenis PPC dengan semen Holcim jenis PCC	72
5.23. Hasil Analisa Perhitungan t Hitung pada Penggunaan semen Gresik jenis PPC dengan semen Bosowa jenis PCC	73
5.24. Nilai faktor umur beton mutu $f'c$ 20 semen Gresik jenis PPC dengan semen Tipe 1 (OPC)	78

5.25. Nilai faktor umur beton mutu $f'c$ 35 semen Gresik jenis PPC dengan semen Tipe 1 (OPC)	78
5.26. Nilai faktor umur beton untuk mutu $f'c$ 20 Semen Gresik jenis PPC dengan semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC	79
5.27. Nilai faktor umur beton untuk mutu $f'c$ 35 Semen Gresik jenis PPC dengan semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC	79

DAFTAR GRAFIK

4.1.	Kurva Hubungan Kekuatan Tekan W/C (Mutu $f'c$ 20 MPa)	36
4.2.	Penentuan Prosentase Agregat Halus Untuk Diameter Maksimum 40 mm (Mutu $f'c$ 20 MPa)	39
4.3.	Perkiraan Berat Jenis Beton Segar (Mutu $f'c$ 20 MPa)	40
4.4.	Kurva Hubungan Kekuatan Tekan W/C (Mutu $f'c$ 35 MPa).....	44
4.5.	Penentuan Prosentase Agregat Halus Untuk Diameter Maksimum 40 mm (Mutu $f'c$ 35 MPa).....	47
4.6.	Perkiraan Berat Jenis Beton Segar (Mutu $f'c$ 35 MPa)	48
5.1.	Grafik Hubungan Antara Umur Pengujian Dengan Faktor Umur Beton $f'c$ 20 MPa Menggunakan Semen Gresik Jenis PPC	73
5.2.	Grafik Hubungan Antara Umur Pengujian Dengan Faktor Umur Beton $f'c$ 35 MPa Menggunakan Semen Gresik Jenis PPC	75
5.3.	Grafik Hubungan antara Umur Pengujian dengan Faktor Umur beton $f'c$ 20 MPa menggunakan semen Gresik Jenis PPC dengan semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC	76
5.4.	Grafik Hubungan antara Umur Pengujian dengan Faktor Umur beton $f'c$ 35 MPa menggunakan semen Gresik Jenis PPC dengan semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC	77

DAFTAR GAMBAR

2.1. Alat Ficat	18
3.3. Mesin Uji Tekan	30

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada pekerjaan konstruksi, seringkali dibutuhkan pengujian beton pada umur awal untuk memprediksi kekuatan tekan beton umur 28 hari. Hal ini dilakukan untuk segera mengetahui apakah beton yang telah dicetak memenuhi syarat mutu suatu bangunan. Jika tidak, maka segera dilakukan cara lain untuk mengantisipasi kekuatan tekan beton yang rendah tersebut, misalnya dengan cara redesain pada konstruksi agar dapat menjamin tingkat keamanan dari suatu konstruksi.

Untuk perhitungan prediksi kekuatan tekan beton umur 28 hari, selama ini digunakan faktor konversi (faktor umur) standar dari semen tipe I OPC. Tetapi seringkali pengujian pada umur 3, 7, 14 hasilnya tidak sesuai dengan pengujian 28 hari sesungguhnya. Hal ini dimungkinkan karena faktor umur yang digunakan Semen tipe I OPC tidak lagi sesuai dengan jenis semen yang digunakan pada saat ini. Dimana dulu dipakai semen tipe I OPC, dan kini hampir semua pekerjaan konstruksi menggunakan semen jenis PCC/PPC karena dari segi harga relatif murah.

Untuk menghindari ketidaksesuaian tersebut di atas, maka ada baiknya dilakukan pengkajian atau penelitian lebih lanjut tentang nilai faktor umur beton dengan menggunakan semen yang ada di pasaran saat ini (PCC/PPC), dalam hal

ini dikhususkan pada penggunaan Semen Gresik jenis PPC yang beredar di pasaran.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat dirumuskan permasalahannya adalah :

1. Apakah terdapat perbedaan secara nyata nilai faktor umur antara semen Gresik jenis PPC dengan faktor umur Semen tipe I OPC pada beton mutu $f'c$ 20 MPa dan $f'c$ 35 MPa?
2. Apakah terdapat perbedaan secara nyata nilai faktor umur antara semen Gresik, semen Tiga Roda, semen Holcim dan semen Bosowa pada beton mutu $f'c$ 20 MPa dan $f'c$ 35 MPa?

1.3. Ruang Lingkup Bahasan

Ruang lingkup bahasan yang akan ditinjau antara lain :

1. Hanya mencari perbedaan nilai faktor umur antara semen Gresik jenis PPC dengan faktor umur semen tipe I OPC pada beton mutu $f'c$ 20 Mpa dan $f'c$ 35 MPa.
2. Hanya mencari perbedaan faktor umur yang dihasilkan dari penggunaan semen Gresik, semen Tiga Roda, semen Holcim dan semen Bosowa pada beton mutu $f'c$ 20 MPa dan $f'c$ 35 MPa?

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui faktor umur beton menggunakan semen Gresik pada beton mutu $f'c$ 20 MPa dan $f'c$ 35 MPa.
2. Untuk mengetahui perbandingan faktor umur beton pada pemakaian semen Gresik, semen Tiga Roda, semen Holcim dan semen Bosowa pada beton mutu $f'c$ 20 MPa dan $f'c$ 35 MPa.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk Peneliti

Sebagai salah satu kesempatan untuk menerapkan pengetahuan di bidang teknologi, khususnya pada teknologi bahan konstruksi, sehingga dapat memperluas wawasan.

2. Untuk praktisi dan instansi terkait

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan dan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam campuran beton.

1.6. Hipotesis Penelitian

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

1.6.1. Hipotesis Penelitian Perbedaan Semen Gresik dengan Semen Tipe I OPC

Ada dua bentuk hipotesa penelitian yaitu:

1. Hipotesis nol (H_0) artinya menyatakan tidak ada perbedaan nilai faktor umur dari penggunaan semen Gresik dengan faktor umur yang ada dalam Semen tipe I OPC.
2. Hipotesis alternatif (H_a) artinya menyatakan adanya perbedaan nilai faktor umur dari penggunaan semen Gresik dengan faktor umur yang ada dalam Semen tipe I OPC

Dalam penelitian ini digunakan hipotesis alternatif yaitu

“Terdapat perbedaan nilai faktor umur secara nyata antara beton menggunakan semen Gresik dengan faktor umur yang ada dalam Semen tipe I OPC”.

Hipotesis statistiknya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a : \mu_1 \neq \mu_2$$

Dimana:

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

μ_1 = faktor umur beton menggunakan semen Gresik

μ_2 = faktor umur yang ada dalam Semen tipe I OPC

1.6.2. Hipotesis Penelitian Perbedaan Semen Gresik dengan Semen Umum

Dalam penelitian ini digunakan hipotesis alternatif yaitu

“Terdapat perbedaan nilai faktor umur secara nyata antara semen Gresik, semen Tiga Roda, semen Holcim dan semen Bosowa”.

Hipotesis statistiknya dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

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

Dimana:

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

μ_1 = Faktor umur beton menggunakan semen Gresik

μ_2 = Faktor umur beton menggunakan semen Tiga Roda

μ_3 = Faktor umur beton menggunakan semen Holcim

μ_4 = Faktor umur beton menggunakan semen Bosowa

Dengan menggunakan 4 benda uji pada masing-masing umur beton (20 benda uji keseluruhan umur) yang merupakan suatu ketetapan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Sebelum adanya penelitian ini telah dilakukan penelitian tentang faktor umur beton, antara lain :

1. Pengaruh Umur Beton Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Limbah Karbit 5% Dan Fly Ash 5% Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen, oleh Kartini Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (2009)

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan nilai kuat tekan beton campuran limbah karbit 5% dan fly ash 5% dengan beton normal pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari, kemudian mendapatkan persentase kuat tekan beton dan mengetahui perbandingan rasio kuat tekan beton pada umur 3 hari hingga berumur 28 hari.

Pada penelitian ini digunakan SNI :03-2847-2002 dalam perencanaan campuran beton (mix design). Dengan metode yang sama, jumlah semen digantikan campuran limbah karbit 5% dan fly ash 5%. Digunakan umur sebagai perbandingan kuat tekan beton normal dengan beton campuran limbah karbit 5% dan fly ash 5%.. Benda uji yang digunakan berupa silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm, masing-masing 3 buah sampel pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan beton semakin naik dengan bertambahnya umur beton. Kuat tekan rata-rata beton normal dan beton campuran

limbah karbit 5% + fly ash 5% pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari berturut-turut sebesar 25,55 Mpa; 32,70 Mpa; 36,51 Mpa; 38,48 Mpa; 42,55 Mpa; dan 25,30 Mpa; 31,74 Mpa; 35,01Mpa; 37,46 Mpa; 38,75 Mpa. Persentase kuat tekan beton normal dan beton campuran limbah karbit 5% + fly ash 5% pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari berturut-turut sebesar 60%; 77%; 86%; 90%; 100% dan 65%; 82%; 90%; 100%. Rasio kuat tekan beton campuran limbah karbit dan fly ash cenderung lebih lambat dibandingkan dengan beton normal.

2. *Kuat Tekan Beton Dan Waktu Ikat Semen Portland Pozzolan, oleh R.Arianto Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau (2013)*

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan terhadap beton semen Tipe 1 dan Semen PPC, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan hasil penelitian ini pengujian waktu ikat dengan menggunakan alat vicat terhadap semen Tipe 1 dan PPC didapat perbedaan waktu ikat awal semen Tipe 1 lebih cepat dari semen PPC sebesar 28,5 menit. Perbedaan waktu ikat akhir ternyata semen tipe 1 lebih cepat dari semen PPC yaitu sebesar 30 menit. Berarti semen tipe 1 lebih cepat mengikat campuran dengan baik dibandingkan semen PPC.
- Menurut penelitian ini hasil uji kuat tekan beton pada semen tipe 1 terbesar pada umur 90 hari yaitu 38,16 MPa dan semen PPC 90 hari yaitu 30,35 MPa.

Dengan hal ini ternyata kuat tekan beton tertinggi terjadi pada semen tipe 1 dengan umur yang sama.

- Menurut penelitian ini hasil uji kuat tekan mortar pada semen tipe 1 terbesar pada umur 90 hari yaitu 38,16 MPa dan semen PPC 90 hari yaitu 30,35 MPa. Dengan hal ini ternyata kuat tekan mortar tertinggi terjadi pada semen tipe 1 dengan umur yang sama.
- Menurut penelitian ini perbedaan faktor umur yang diperoleh antara semen Tipe 1 dengan semen PPC pada umur 90 hari sebesar 0,071, berarti perbedaan antara semen tipe 1 dan PPC tidak signifikan.

3. Pujo Aji. DKK, ITS Surabaya

- Pembentukan kekuatan beton normal yang dirawat dengan perawatan uap menghasilkan perkembangan yang berbeda dengan beton normal dengan perawatan biasa. Kuat tekan beton umur 28 hari dengan *steam curing* lebih kecil dibandingkan dengan kuat tekan umur 28 hari dari beton yang di-*curing* normal.
- Nilai b yang diperoleh dari hasil pendataan kuat tekan dan suhu beton selama 28 hari untuk beton normal dengan $f'_c = 31$ MPa dalam penelitian ini adalah sebesar 9,28 MPa.
- Umur muda yang paling baik digunakan sebagai umur rencana prediksi dari analisa statistik adalah umur 72 jam.

4. Studi Korelasi Faktor Air Semen (Water Cement Ratio) Dengan Kuat Tekan Beton Struktural, oleh Wesli,Said Jalalul Akbar, Burhanuddin, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Malikussaleh (2011)

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Jumlah air yang diperlukan dalam tiap 1 m³ mortal beton, untuk tinggi slump tertentu yang direkomendasikan American Concrete Institute (ACI) cukup baik untuk dipakai di Indonesia.
- Besarnya kadar pori ditentukan oleh jenis Portland Cement (PC) yang digunakan, makin tinggi kadar pori maka makin rendah mutu beton.
- Berat volume mortal tentative yang direkomendasikan oleh ACI cukup baik untuk dipakai di Indonesia demikian pula berat volume beton setelah mengeras.
- Kuat tekan beton ditentukan oleh Faktor Air Semen (Water Cement Ratio) W/C Ratio dimana makin kecil W/C Ratio maka makin besar kuat tekan betonnya. Kuat tekan beton yang didesign berdasarkan ACI hanya menghasilkan 73% kuat tekan ACI.
- Hubungan kuat tekan dengan umur beton yang ditentukan oleh Peraturan Beton Indonesia (PBI 1971) cukup baik untuk dipakai memperkirakan kuat tekan beton pada umur 28 hari.

5. Prediksi Kuat Tekan Beton Berbahan Campuran Fly Ash dengan Perawatan Uap Menggunakan Metode Kematangan, oleh Candra Irawan, Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS, (2012)

Penambahan dan penggunaan steam curing membuat produksi beton lebih ekonomis, baik dari segi waktu maupun biaya. Selain ekonomis, kualitas beton juga harus dikontrol, salah satunya adalah kuat tekan. Di Indonesia prediksi kuat tekan beton diatur PBI 1971. Peraturan ini hanya dapat digunakan untuk prediksi kekuatan beton normal, sehingga tidaklah akurat jika peraturan ini kita gunakan untuk memprediksi kuat tekan beton berbahan campuran fly ash yang dirawat dengan steam curing. Sebagai solusinya Day (2006) mengusulkan prediksi menggunakan metode kematangan (maturity method).

Penelitian ini mencoba memprediksi kuat tekan beton umur 7, 14 dan 28 hari berdasarkan data kuat tekan dan faktor waktu-suhu umur dasar 1 dan 2 hari. Benda uji beton yang digunakan berbentuk silinder 15 x 30 cm, berbahan campuran fly ash tipe F dan dirawat dengan perawatan uap (steam curing).

Dari hasil penelitian ini diketahui nilai erro antara kuat tekan prediksi dengan kuat tekan aktual kurang dari 5% untuk umur 7 dan 28 hari untuk semua benda uji, sedangkan untuk umur 14 hari untuk benda uji 2 memberikan error di atas 5%, namun kurang dari 10%. Secara ilmu statistik dapat dikatakan kuat tekan prediksi sama dengan kuat tekan aktualnya. Hal ini dibuktikan dengan nilai t hitung berada di daerah penerimaan.

2.2. Pengertian Beton

Dalam konstruksi, beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen, bentuk paling umum dari

beton adalah beton semen portland, yang terdiri dari agregat mineral yang terdiri dari batu koral, pasir, semen dan air.

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

Untuk mendapatkan beton optimum pada penggunaan yang khas, perlu dipilih bahan yang sesuai dan dicampur secara tepat.

Secara umum pemilihan proporsi campuran beton yang memenuhi prasyarat adalah :

1. Proporsi material untuk campuran harus ditentukan dengan menghasilkan sifat-sifat :
 - a. Ketahanan terhadap pengaruh lingkungan.
 - b. Sesuai dengan prasyarat uji kekuatan.
2. Untuk setiap campuran beton yang berbeda, baik dari aspek material digunakan ataupun proporsi campurannya, harus dilakukan pengujian
3. Proporsi beton, termasuk rasio air semen dapat ditetapkan (SNI 03-2847-2002, hal 22).

2.2.1 Semen

Semen merupakan bahan pengikat hidrolis berupa bubuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker (bahan ini terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis), dengan batu gips sebagai bahan tambahan.

Jenis-jenis semen portland dapat diperoleh dengan mengadakan variasi-variasi dalam proporsi relatif dari komponen-komponen senyawa kimia serta derajat kehalusan penggilingan bahan klinkernya. Sesuai dengan pemakaiannya semen portland dibedakan menjadi lima type (jenis), yakni:

Jenis I

Semen portland jenis umum (*normal portland cement*), yaitu jenis semen portland untuk penggunaan dalam konstruksi beton secara umum tidak memerlukan sifat-sifat khusus. Misalnya untuk pembuatan trotoar, urung-urung, pasangan bata, dan sebagainya.

Jenis II

Semen jenis umum dengan perubahan-perubahan (*modified portland cement*). Semen ini memiliki panas hidrasi lebih rendah dan keluarnya panas lebih lambat daripada semen jenis I. Jenis ini digunakan untuk bangunan tebal seperti pilar dengan ukuran besar, tumpuan dan dinding tanah tanah tebal, dan sebagainya retak-retak pengerasan. Jenis ini juga dapat digunakan untuk bangunan-bangunan drainase di tempat yang memiliki sulfat agak tinggi.

Jenis III

Semen portland dengan kekuatan awal tinggi (*high-early-strength-portland-cement*). Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat,

sehingga dapat digunakan untuk perbaikan bangunan-bangunan beton yang perlu segera digunakan atau yang acuannya perlu segera dilepas.

Jenis IV

Semen portland dengan panas hidrasi yang rendah (*low-heat portland-cement*). Jenis ini merupakan jenis khusus untuk penggunaan yang memerlukan panas hidrasi serendah-rendahnya. Kekuatannya tumbuh lambat, Jenis ini digunakan untuk bangunan beton massa seperti bendungan-bendungan gravitasi besar.

Jenis V

Semen portland tahan sulfat (*sulfate-resisting portland cement*). Jenis ini merupakan jenis khusus yang maksudnya hanya untuk penggunaan pada bangunan-bangunan yang kena sulfat, seperti di tanah atau air yang tinggi kadar alkalinnya. Pengerasan berjalan lebih lambat daripada semen portland biasa.

2.2.2 Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil “alami” batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecahan batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5.0 mm (SNI 03-2847-2002, hal : 14)

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

mutu beton menurut pasal 4.2 (1), maka agregat halus harus memenuhi satu beberapa atau semua ayat berikut ini.

2. Agregat halus harus terdiri dari buti-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.
3. 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.
4. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abramharder (dengan larutan NaOH). Agregat halus yang tidak memenuhi percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95% dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH yang kemudian dicuci dengan bersih dengan air, pada umur yang sama.
5. Agregat harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam pasal 3.5 ayat 1, harus memenuhi syarat-syarat berikut :
 - Sisa diatas ayakan 4 mm harus minimum 2% berat.
 - Sisa diatas ayakan 1 mm harus minimum 10% berat.
 - Sisa diatas ayakan 0, 25 mm harus berkisar antara 80% dan 95 % berat

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

2.2.3 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 O3-2847-2002, hal : 4)

1. Agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil disintregasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pecahan batu. Pada umumnya yang dimaksudkan dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm. Sesuai dengan syarat-syarat pengawasan mutu agregat untuk bebagai mutu beton menurut pasal 4.2 ayat (1), maka agregat harus memenuhi satu, atau beberapa semua ayat berikut ini :
2. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai , apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti matahari dan hujan.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang melalui ayakan 0, 063 mm. Apabila kadar lumpur 1% maka agregat halus dicuci.

4. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton seperti zat-zat yang reaktif alkali.
5. Kekasaran dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana penguji dari Rudeloff dengan beban penguji 20 t, dengan mana harus dipenuhi syarat-syarat berikut :
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9.5-19 mm lebih dari 24% berat.
 - Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 19-30 mm lebih dari 22% atau dengan mesin pengaus *Los Angeles*, dengan tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.
6. Agregat kasar terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam pasal 3.5 ayat 1, harus memenuhi syarat-syarat berikut :
 - Sisa diatas ayakan 31, 5 mm harus minimum 2% berat.
 - Sisa diatas ayakan 4 mm harus berkisar antara 90% dan 98% berat.
 - Selisih antara sisa-sisa kumulatif diatas dua ayakan yang berurutan, adalah maksimum 60% dan minimum 10% berat.
7. Berat butiran agregat maksimum tidak boleh lebih dari pada seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang sampai dari cetakan, sepertiga dari tebal plat atau tigaperempat dari jarak bersih minimum di antara batang-batang atau berkas-berkas tulangan. Penyimpangan dari pembatas ini diijinkan, apabila penilaian dari pengawas ahli, cara-cara pengecoran beton adalah sedemikian rupa hingga menjamin tidak terjadinya sarang-sarang kerikil. (Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971, hal : 23)

2.2.4 Air

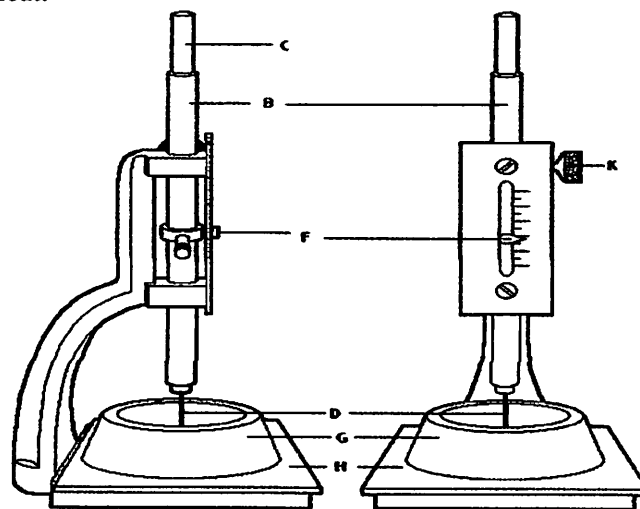
Air merupakan bahan yang penting pada beton yang menyebabkan terjadinya reaksi kimia dengan semen. Pada dasarnya air yang layak diminum, dapat dipakai untuk campuran beton. Akan tetapi dalam pelaksanaan banyak air tidak layak untuk diminum memuaskan dipakai untuk campuran beton. Apabila terjadi keraguan akan kualitas air untuk campuran beton sebaiknya dilakukan pengujian kualitas air diadakan trial mix untuk campuran dengan menggunakan air tersebut.

Persyaratan air sebagai bahan bangunan untuk campuran beton harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Air yang digunakan untuk campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oil, asam, alkali, bahan organik, atau bahan-bahan lainya yang merugikan terhadap beton atau tulang.
2. Air pencampur yang digunakan pada beton prategang atau pada beton yang didalamnya tertanam logam almunium, termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat, tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan.
3. Tidak mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/liter.
4. Air yang mutunya diragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya.

2.3 Waktu Ikat Semen

Setting time (waktu ikat) adalah waktu yang diperlukan semen untuk mengeras, terhitung dari di mulai bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekan. Ada dua jenis waktu ikat semen, yaitu waktu ikat awal (initial setting time) yaitu waktu dari pencampuran semen dengan air menjadi pasta semen hingga hilangnya sifat keplastisan. Waktu ikat akhir (final setting time) yaitu waktu antara terbentuknya pasta semen hingga beton mengeras. Pengujian konsistensi normal dan waktu ikat semen ini dilakukan dengan alat Vicat.



Gambar 2.1 Alat ficat

2.4 Faktor Umur Beton

Kuat tekan beton merupakan faktor yang utama dan penting untuk diperhatikan di dalam pelaksanaan pengecoran di lapangan. Yang kemudian di garis bawah adalah terkait umur beton dan kuat tekan karakteristik yang dimilikinya pada umur tersebut.

Rata-rata beton mencapai kekuatan tekan karakteristik rencananya pada umur 28 hari. Pada umur tersebut kuat tekan karakteristik beton mencapai kekuatan rencananya

Oleh karena itu kami melakukan penelitian ini untuk meninjau kembali faktor umur yang ada didalam semen tipe I OPC, di karenakan pada SNI dan ACI tidak terdapat metode faktor umur, oleh karena itu penelitian ini menggunakan metode faktor umur tipe semen OPC (*Ordinary Portland Cement*) tabel (4.1.4) tipe semen OPC (*Ordinary Portland Cement*)

Dalam semen tipe I OPC terdapat salah satu cara mengontrol kualitas beton sedini mungkin. Semen tipe I OPC menggunakan koefisien faktor pengali kekuatan untuk mendapatkan dasar kuat tekan umur 28 hari. selain itu terdapat ketentuan apabila tidak ditentukan dengan percobaan maka untuk keperluan perhitungan-perhitungan kekuatan dan/atau pemeriksaan mutu beton, perbandingan kekuatan beton pada berbagai umur terhadap beton yang berumur 28 hari dapat diambil menurut koefisien pada semen tipe I OPC. Namun saat ini pemakaian koefisien pengali kekuatan tadi dianggap sudah tidak tepat lagi karena semen yang digunakan bukan lagi PC jenis 1 melainkan PCC/PPC yang beredar di pasaran.

Penelitian Faktor umur beton ini menggunakan semen tipe I OPC (*Ordinary Portland Cement*) yang tertera sebagai berikut :

FAKTOR UMUR KEKUATAN TEKAN BETON

Prosedur perhitungan faktor umur kekuatan tekan beton :

1. Faktor umur kekuatan tekan beton mengacu pada PBI 1971 bagian 3 pelaksanaan Bab 4 Pekerjaan beton 4.1 umum (4) Tabel 4.1.4

Tabel 4.1.4
Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland biasa	0.40	0.65	0.88	0.95	1.00	1.20	1.35
Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0.55	0.75	0.90	0.95	1.00	1.15	1.20

Sumber: PBI 1971

2. Faktor umur kekuatan tekan beton yang tidak tercantum dalam tabel, maka perhitungan faktor umur kekuatan beton dilakukan dengan cara interpolasi dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{c - a}{k_x - k_1} = \frac{b - a}{k_2 - k_1}$$

Dimana :

- c - umur beton yang di cari
- a - umur beton di bawah beton yang di cari
- b - umur beton di atas umur beton yang di cari
- k₁ - koefisien umur beton a
- k₂ - koefisien umur beton b
- k_x - koefisien umur beton c

Ditetapkan oleh
An. Kepala Dinas Pekerjaan Umum Prov. Riau
Kepala Unit Pelaksana Teknis Pengujian

2.5 Pengujian Interval Kepercayaan

Interval kepercayaan adalah suatu estimasi terhadap parameter populasi dengan memakai range (interval nilai). Estimasi interval merupakan sekumpulan angka, yang kita duga salah satunya adalah nilai yang diduga. Dengan melakukan estimasi interval maka hasil pendugaan kita akan lebih objektif. Kita juga dapat

menyatakan berapa besar tingkat kepercayaan kita. bahwa interval yang terbentuk memang mengandung nilai parameter yang kita duga. Dalam ilmu sosial, interval kepercayaan yang sering digunakan adalah 90 %, 95 % atau 99 %. Pada dasarnya seorang peneliti bebas menentukan berapa besar interval kepercayaan yang akan dipergunakan. Pertimbangannya adalah dengan semakin besar tingkat kepercayaan yang diberikan maka semakin tinggi pula tingkat kepercayaan bahwa parameter populasi yang diestimasi terletak dalam interval yang terbentuk, namun penelitian itu menjadi semakin tidak teliti. Apabila kita menetapkan interval kepercayaan sebesar 95% maka dengan kata lain kita menetapkan alpha sebesar 5% (100-95). Pengertiannya adalah kita memberikan toleransi untuk melakukan kesalahan sebanyak 5 kali dalam 100 kali percobaan. Dengan interval kepercayaan itu maka peneliti memiliki kepercayaan bahwa nilai parameter di tingkat populasi akan berada pada interval $\pm Z$ standard error dari rata-rata populasi.

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

2.6 Analisa regresi

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

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

2.7 Pengertian Hipotesis

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

1. Memberikan tujuan yang tegas bagi peneliti.
2. Membantu dalam penentuan arah kegiatan yang harus ditempuh, Dalam pembatasan ruang lingkup, memilih fakta dan menentukan relevansi pelaksanaan kegiatan.

3. Menghindari peneliti dari suatu kegiatan pelaksanaan penelitian yang tidak terarah dan tidak bertujuan.

Hipotesis dapat dibagi menjadi 2 bagian sebagai berikut :

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

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

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

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

Dari berbagai macam cara merumuskan hipotesa penelitian, yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- a. Distribusi Student (t)

Hampir sama dengan distribusi normal, dimana distribusi ini juga dijuluki *kurva lonceng (bell curve)* karena grafik fungsi kepekatan probabilitasnya mirip dengan bentuk lonceng. Sama dengan distribusi normal, hanya sampel yang digunakan sedikit (umumnya kurang dari 33)

- b. Distribusi Fisher (F)

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

2.8 Analisa Varian Satu Arah

Teknik analisa data statistik yang digunakan ketika kelompok-kelompok variabel bebas lebih dari dua. Pada anova kita asumsikan bahwa distribusi dari masing-masing kelompok harus terdistribusi secara normal. Dari hasil pengujian, data yang diperoleh dianalisa dengan menggunakan analisa varian satu arah, yang merupakan nilai pengamatan ulang dari masing-masing perlakuan, dengan anggapan bahwa pengamatan dari i sampai ke n dianggap mempunyai nilai yang heterogen. Uji yang dipergunakan dalam anova adalah uji F karena dipakai untuk pengujian dari 2 sampel.

2.9 Distribusi t

Hipotesis statistik adalah perumusan sementara mengenai suatu hal yang dibuat untuk menjelaskan hal itu. Jika perumusan atau pernyataan itu dikhususkan mengenai populasi statistik, umumnya mengenai parameter populasi, maka hipotesis itu disebut hipotesis statistik.

2.10 Mortar Semen

Mortar adalah campuran semen, pasir dan air yang memiliki persentase yang berbeda. Perbandingan semen, pasir dan air yang sesuai untuk mortar yang memenuhi syarat adalah $1 : 2,75 : 0,5$. Sebagai bahan pengikat, mortar harus mempunyai kekentalan standard. Kekentalan standart mortar ini nantinya akan berguna dalam menentukan kekuatan mortar yang menjadi plasteran dinding,

sehingga diharapkan mortar yang menahan gaya tekan akibat beban yang bekerja padanya tidak hancur (*Teknologi Beton, 2003*).

Mortar dan beton dibuat dari semen dan agregatnya yang dicampur dengan air. Yang perlu diketahui dari bahan bangunan adalah sifat kerapatan (densitas), porositas dan kekuatan tekan. Dalam hubungan dengan panas maka mortar juga perlu diketahui sifat-sifatnya, misalnya sebuah dinding yang terbuat dari beton mempunyai konduktifitas yang berbeda dengan bahan bangunan, erat sekali hubungannya dengan penggunaan bahan bangunan.

Ada beberapa macam mortar sesuai dengan bahan ikatnya, yaitu mortar lumpur, mortar kapur, mortar tras, mortar semen, mortar semen kapur, dan mortar semen tras. Mortar semen adalah mortar yang tersusun atas campuran semen Portland, pasir, dan air dengan komposisi tertentu. Komposisi bahan susun mortar semen, umumnya menggunakan perbandingan volume semen dan pasir yang berkisar 1: 2 sampai 1: 6 disesuaikan dengan pemakaiannya. Mortar semen lebih kuat daripada ketiga jenis mortar diatas (mortar lumpur, mortar kapur, dan mortar tras). Umumnya mortar semen ini digunakan sebagai plesteran dinding, bahan pelapis, dan perekat (spesi) pasangan batu bata, spesi batu kali, plesteran pemasangan tegel, dan sebagainya. Pada industri bahan bangunan, mortar semen biasanya digunakan sebagai bahan untuk membuat tegel, batako, (*loster*), (*paving block*), buis beton, dan sebagainya. Mortar semen akan memberikan kuat tekan yang baik atau tinggi jika memakai pasir kasar dan bersih (tidak mengandung lumpur) serta bergradasi baik. Pemakaian air yang berlebihan akan menyebabkan pemisahan butir (*segregasi*) pada semen dan pasir, yang berakibat membesarnya

penyusutan dan mengurangi daya rekat (*adhesiveness*). Dengan demikian, akan mempengaruhi pula daya tahannya terhadap penetrasi air hujan dan kekuatan batasnya (*ultimate strength*).

Sifat penting dari mortar adalah kuat tekan yang dapat menentukan kualitas mortar, sedangkan kualitas mortar bergantung pada kualitas bahan penyusunnya. Kuat tekan mortar semen akan kurang baik apabila terdapat rongga (pori-pori) yang tidak terisi oleh butiran semen maupun pasta semen. Pori-pori berisi udara (*air voids*) dan berisi air (*water filled space*) ini bisa saling berhubungan dan saling membentuk kapiler setelah mortar mengering. Hal ini akan mengakibatkan mortar yang terbentuk akan bersifat tembus air (*porous*) yang besar, daya ikat berkurang, dan mudah terjadi *slip* antar butir-butir pasir yang dapat mengakibatkan kuat tekan mortar berkurang. (Gideon Kusuma, 1993).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dan pengujian seluruhnya dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Institut Teknologi Nasional Malang pada tanggal 12 Mei 2015 sampai 26 Juni 2015, mulai dari percobaan bahan dasar sampai pelaksanaan pengecoran, pembuatan benda uji, perawatan dan pengetesan.

3.2. Peralatan dan Bahan

3.2.1. Peralatan

Peralatan yang digunakan antara lain :

1. Mesin pencampur beton (*concrete mixer*), dengan kapasitas 0,5 m.
2. Tongkat pemadat, dengan ukuran diameter 16 mm dan panjang 0.6 m.
Digunakan untuk memadatkan adukan beton didalam cetakan, sehingga didapatkan beton yang padat dan tidak keropos.
3. Kerucut Abrams, terbuat dari pelat baja berbentuk kerucut berlubang dengan diameter lubang atas 10 cm dan diameter lubang bawah 20 cm serta tinggi 30 cm. Alat 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.
4. Cetakan silinder plat dari plat baja dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
5. Alat uji tekan beton.

6. Seperangkat saringan dan timbangan.
7. Bak air untuk perendam perawatan beton (*moist curing*).
8. Serta alat-alat pendukung lain untuk menguji sifat-sifat agregat seperti berat jenis dan lain-lain.

3.2.2. Bahan

1. Semen yang digunakan adalah semen PPC (*portland pozzolan cement*) yang diproduksi oleh PT. Semen Gresik Indonesia.
2. Pasir lumajang dan batu koral (agregat halus dan agregat kasar)
3. Air yang digunakan adalah air yang berasal dari PDAM kota Malang.

3.3. Rancangan Penelitian

3.3.1. Mutu Beton

Dalam penelitian ini, perancangan campuran beton menggunakan metode modifikasi DOE (*Departement Of Enviorenment*) dengan mutu beton rencana ($f'c$) = 20 MPa dan ($f'c$) = 35 MPa.

3.3.2. Benda Uji

Benda uji dibuat sama ukuran dan jumlahnya, seperti tabel di bawah ini :

Tabel 3.1. Benda uji yang dibuat

Mutu Beton	Umur Beton	Semen	Ukuran sampel	Jumlah Sampel
f _c 20	3 hari	GRESIK	Silinder 15 x 30 cm	4 buah
	7 hari		Silinder 15 x 30 cm	4 buah
	14 hari		Silinder 15 x 30 cm	4 buah
	21 hari		Silinder 15 x 30 cm	4 buah
	28 hari		Silinder 15 x 30 cm	4 buah
f _c 35	3 hari	GRESIK	Silinder 15 x 30 cm	4 buah
	7 hari		Silinder 15 x 30 cm	4 buah
	14 hari		Silinder 15 x 30 cm	4 buah
	21 hari		Silinder 15 x 30 cm	4 buah
	28 hari		Silinder 15 x 30 cm	4 buah

3.4. Prosedur penelitian

3.4.1. Pemeriksaan Material Beton

Sebelum digunakan dalam campuran beton, terlebih dahulu dilakukan pengujian pada material-material beton. Pengujian material terbatas pada sifat-sifat fisik yaitu pemeriksaan konsistensi normal semen, waktu ikat semen, gradasi agregat, kadar air, kadar lumpur, kadar organik, berat jenis, penyerapan (*absorpsi*), berat isi, dan keausan.

3.4.2. Perencanaan Campuran Beton

Metode perencanaan yang digunakan berdasarkan modifikasi DOE (*Departement Of Enviorenment*). Komposisi campuran beton berupa semen, agregat halus dan agregat kasar.

3.5. Pelaksanaan Penelitian

3.5.1. Pembuatan Benda Uji

Benda uji dibuat sesuai dengan jumlah dan proporsi yang ada dalam perencanaan campuran. Setiap mutu campuran dibuat dalam satu adukan untuk menghindari perbedaan hasil yang mungkin terjadi jika adukan dibuat lebih dari satu kali.

3.5.2. Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan merendam di kolam air. Perawatan dilakukan sampai 28 hari, hal ini agar menjamin pengeringannya dapat merata sehingga mengurangi retak awal pada benda uji.

3.5.3. Pengujian Benda Uji

Benda uji diuji dengan alat *compression testing machine* pada umur yang telah ditentukan (3, 7, 14, dan 28 hari). Benda uji diambil dari kolam perendaman satu hari sebelum proses pengujian dilakukan.

Sebelum dilakukan penekanan dengan menggunakan mesin *compression testing machine*, benda uji di-*capping* terlebih dahulu agar didapatkan permukaan yang rata untuk menjamin kekuatan yang maksimal.

Dari pengujian ini dihasilkan nilai kuat tekan dari beton yang telah dibuat.

3.6. Metode Pengumpulan Data

Data yang diperlukan untuk analisis selanjutnya, diperoleh dari hasil pengujian benda uji di laboratorium. Data tersebut berupa data kuantitatif yang

dapat diukur secara langsung atau dapat dihitung maupun data kualitatif lewat pengamatan. Data-data tersebut adalah :

- Berat (kg)
- Tekan hancur (kg)
- Tegangan hancur riil (MPa)

3.7. Metode Pembuatan

Pembuatan benda uji dilakukan satu kali untuk tiap mutu. Kapasitas molen yang digunakan 0,125 m³. Sebelum digunakan, molen tersebut dibasahi terlebih dahulu agar air semen tidak menempel pada dinding molen.

Tahap pembuatan benda uji :

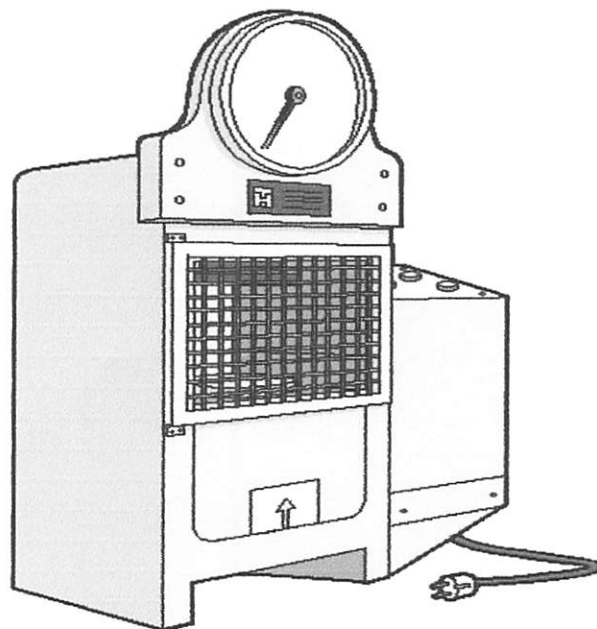
1. Menimbang material sesuai dengan proporsi campuran dari perencanaan.
2. Kemudian masukan semua komponen agregat dan putar molen selama ± 1 menit agar komponen-komponen tersebut tercampur. Urutan memasukkan bahan adalah agregat kasar, agregat halus, semen, dan air.
3. Dan aduk sampai tercampur.
4. Setelah bahan tercampur rata, dilakukan pengujian slump untuk mendapatkan kekentalan campuran yang sesuai.

3.8. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilaksanakan sesuai dengan SNI 03-1974-1990/ASTM C 39.

Urutan pengujian kuat tekan beton :

1. Benda uji berbentuk silinder diangkat dari tempat curing (perawatan) yang sebelumnya sudah kita rendam selama 28 hari.
2. Sebelum diuji, silinder dikeringkan dahulu pada ruang terbuka selama 24 jam.
3. Permukaan benda uji masih belum rata dan perlu perataan permukaan benda uji (*Capping*). Satu cara untuk meratakannya adalah dengan menggosokkannya, ini akan memuaskan tetapi memakan biaya dan membutuhkan waktu. Secara umum dalam meratakannya adalah dengan menutup permukaan benda uji silinder dengan bahan yang cocok (benda uji ASTM C617). Sebuah lapisan tipis yang terbuat dari belerang bisa digunakan pada benda uji tercetak.
4. Proses pengujian kekuatan tekan kemudian dilakukan dengan cara menempatkan benda uji berbentuk silinder ke dalam alat pengujian, benda uji silinder ditekan dengan mesin hidrolis dengan kecepatan konstan.



Gambar 3.1 Mesin Uji Tekan

5. Pengujian dihentikan sampai beban maksimal dan jenis kehancuran kemudian dicatat.

Dihitung kuat tekan beton dengan rumus :

$$f'_{ci} = \frac{P}{A}$$

Dimana : f'_{ci} = Kuat Tekan Beton (Mpa)

P = Beban Maksimum (N)

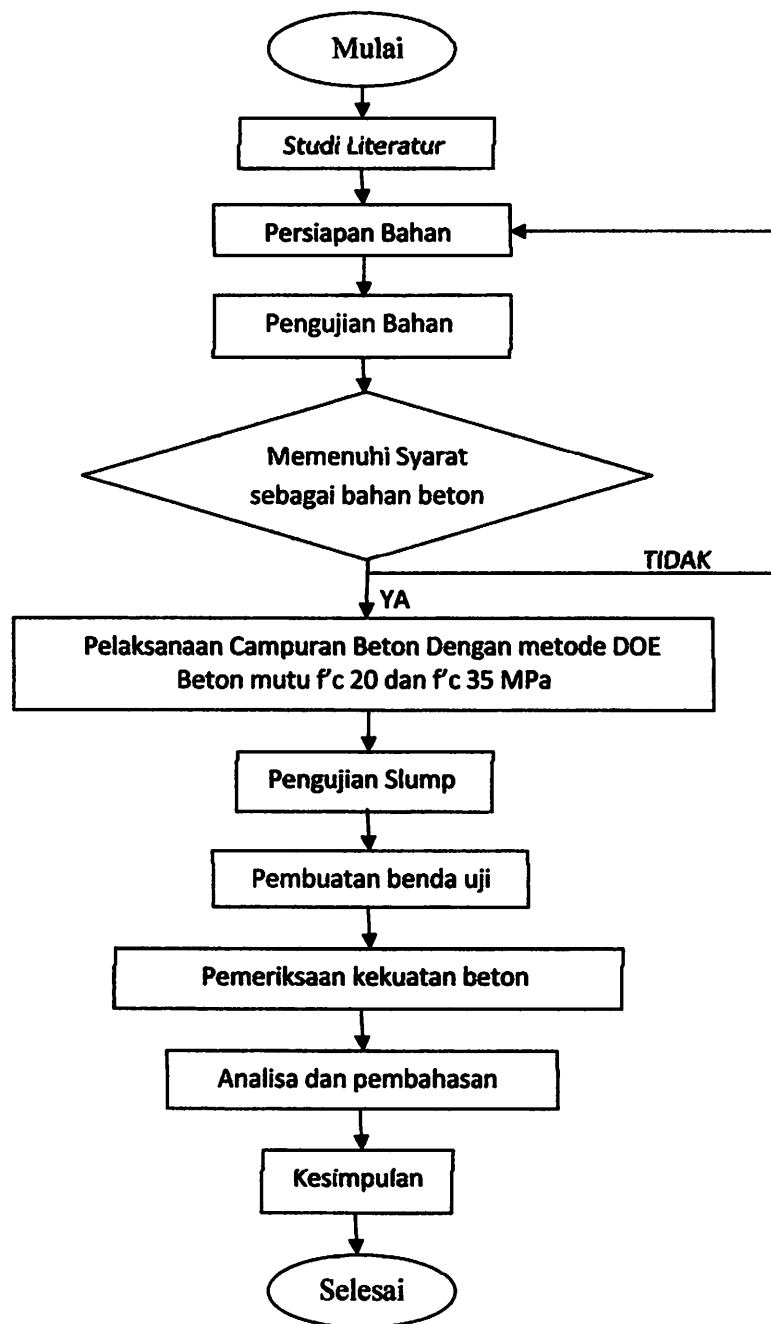
A = Luas Penampang Benda Uji (mm²)

3.9. Analisis Data

Data – data yang diperoleh dari hasil pengujian akan dianalisis, yang meliputi :

- Pengujian interval penelitian
- Pengujian regresi
- Pengujian Anova Satu Arah.

3.10. Diagram Alir Penelitian



BAB IV

PERSIAPAN DAN PENGUJIAN MATERIAL PENELITIAN

L.1. Pemeriksaan Bahan

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

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

L.1.1. Pemeriksaan Berat Isi

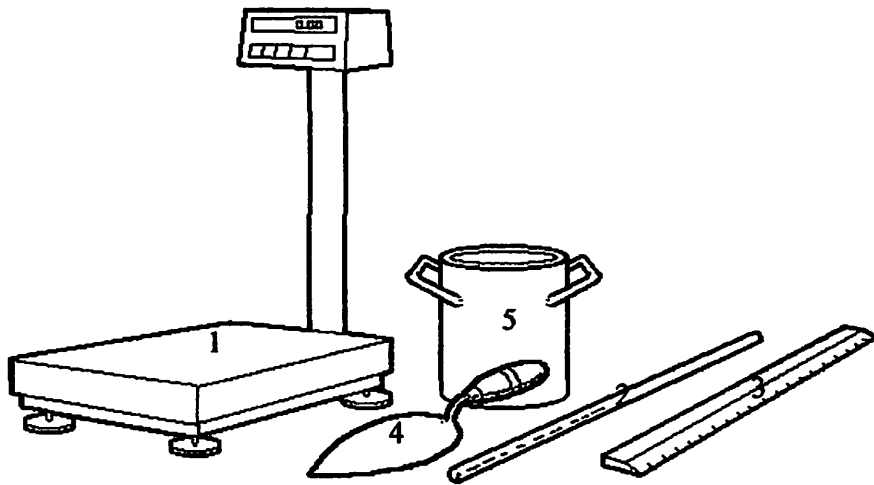
A. Tujuan Penelitian

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

B. Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh.
2. Tongkat pemadat diameter 15 mm, panjang 60 cm, yang ujungnya bulat, terbuat dari baja tahan karat.
3. Mistar perata.

4. Cetok
5. Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pemegang, berkapasitas sebagai berikut



Gambar L.1. Aparatus Pemeriksaan Berat Volume Agregat

C. Bahan

Bahan yang digunakan adalah agregat kasar dan agregat halus.

D. Prosedur Pelaksanaan

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

1. Berat isi lepas :
 - a. Timbang dan catatlah berat wadah (W_1).

- b. 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.
 - c. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
 - d. Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji (W_2).
 - e. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).
2. Berat isi agregat ukuran butir maksimum 38,1 mm (1 ½") dengan cara penusukan :
- a. Timbang dan catatlah berat wadah (W_1)
 - b. Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat yang ditusukkan sebanyak 25 kali secara merata.
 - c. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
 - d. Timbang dan catatlah berat wadah + benda uji (W_2).
 - e. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

E. Perhitungan

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

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

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

F. Tabel Perhitungan

Tabel L.1. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar

KETERANGAN		LEPAS / GEMBUR			PADAT		
		I	II	III	I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	22440	22550	22860	23750	23720	23840
B.	Berat tempat (gr)	7910	7910	7910	7910	7910	7910
C.	Berat benda uji (gr)	14550	14660	14970	15860	15830	15950
D.	Isi tempat (cm ³)	10000	10000	10000	10000	10000	10000
E.	Berat isi (gr/cm ³)	1,46	1,47	1,50	1,59	1,58	1,60
F.	Berat isi rata-rata (gr/cm ³)	1,47			1,59		

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel L.2. Pemeriksaan Berat Isi Agregat Halus

KETERANGAN		LEPAS / GEMBUR			PADAT		
		I	II	III	I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	8710	8780	8850	9130	9130	9150
B.	Berat tempat (gr)	3560	3560	3560	3560	3560	3560
C.	Berat benda uji (gr)	5150	5220	5290	5570	5570	5590
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000	3000	3000	3000
E.	Berat isi (gr/cm ³)	1,72	1,74	1,76	1,86	1,86	1,86
F.	Berat isi rata-rata (gr/cm ³)	1,74			1,86		

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel L.3. Pemeriksaan Berat Isi Semen

KETERANGAN		LEPAS / GEMBUR			PADAT		
		I	II	III	I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	7270	7180	7130	7250	7250	7290
B.	Berat tempat (gr)	3560	3560	3560	3560	3560	3560
C.	Berat benda uji (gr)	3710	3620	3570	3700	3700	3740
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000	3000	3000	3000
E.	Berat isi (gr/cm ³)	1,24	1,21	1,19	1,23	1,23	1,25
F.	Berat isi rata-rata (gr/cm ³)	1,21			1,24		

Sumber : Data Hasil Penelitian

G. Hasil Penelitian

1. Berat isi lepas/gembur rata-rata

- a. Agregat Kasar Batu Pecah = 1,47 gr/cm³
- b. Agregat halus (pasir) = 1,74 gr/cm³
- c. Semen = 1,21 gr/cm³

2. Berat isi padat

- a. Agregat kasar Batu pecah = 1,59 gr/cm³
- b. Agregat halus (pasir) = 1,86 gr/cm³
- c. Semen = 1,24 gr/cm³

L.1.2. Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

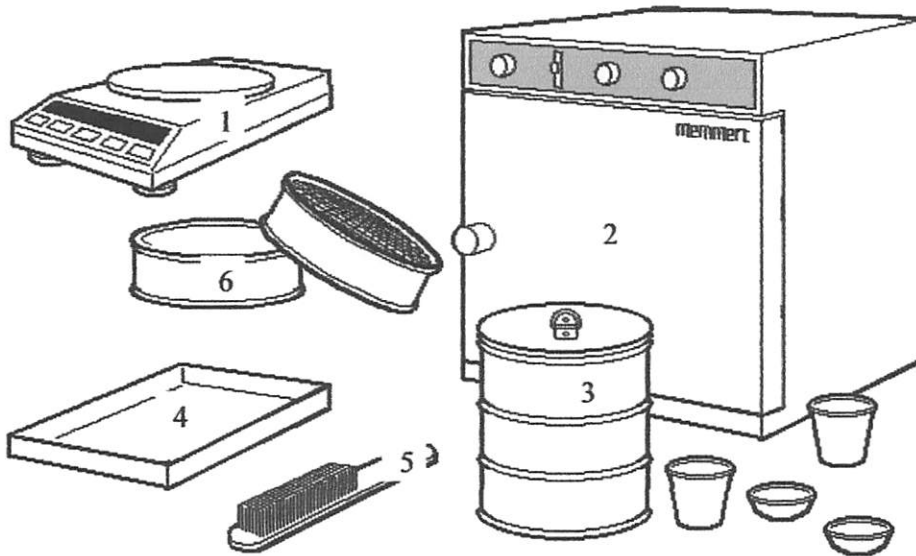
A. Tujuan Penelitian

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

B. Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,2 % dari berat benda uji.
2. Oven dengan pengatur suhu sampai pemanasan $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
3. Alat pemisah contoh (*sample splitter*).

4. Talam - talam.
5. Kuas, sikat kuningan, sendok
6. Seperangkat saringan



Gambar L.2. Aparatus untuk analisis saringan agregat kasar dan halus

Tabel L.4 Penentuan Saringan Untuk Agregat Kasar

Nomor Saringan	Diameter Lubang Saringan (mm)
(3")	76,2
(1 ½")	38,1
(¾")	19,1
(⅜")	9,6
(No. 4)	4,75
(No. 8)	2,36
(No. 16)	1,18
(No. 30)	0,6
(No. 50)	0,3
(No. 100)	0,15
(No. 200)	0,075

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton

C. Bahan

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

D. Prosedur Pelaksanaan

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

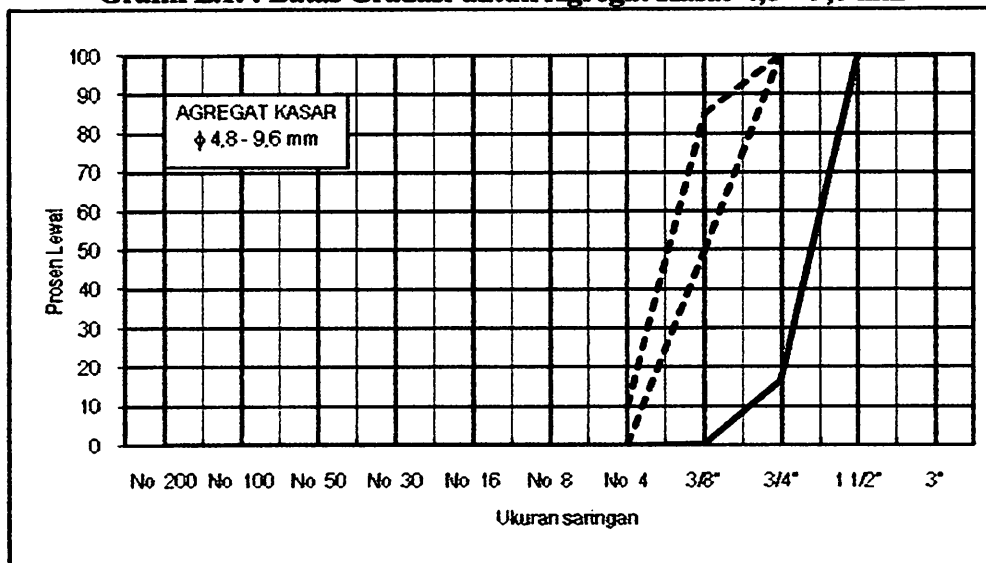
E. Tabel Perhitungan

Tabel L.5. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar (Batu Pecah lumajang)

Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	Lewat
76.2 mm	0,00	0,00	0,00	100,00
38.1 mm	0,00	0,00	0,00	100,00
19.1 mm	1,03	19200,00	83,45	16,55
9.6 mm	1,19	3759,00	16,34	0,21
4.75 mm	4,05	12,60	0,05	0,16
2.36 mm	5,44	1,70	0,01	0,15
1.18 mm	12,46	1,80	0,01	0,14
0.6 mm	23,84	2,40	0,01	0,13
0.3 mm	16,99	1,70	0,01	0,13
0.15 mm	19,58	4,30	0,02	0,11
0.075 mm	11,35	7,40	0,03	0,08
Pan	17,40	0,08	100,00	0,00

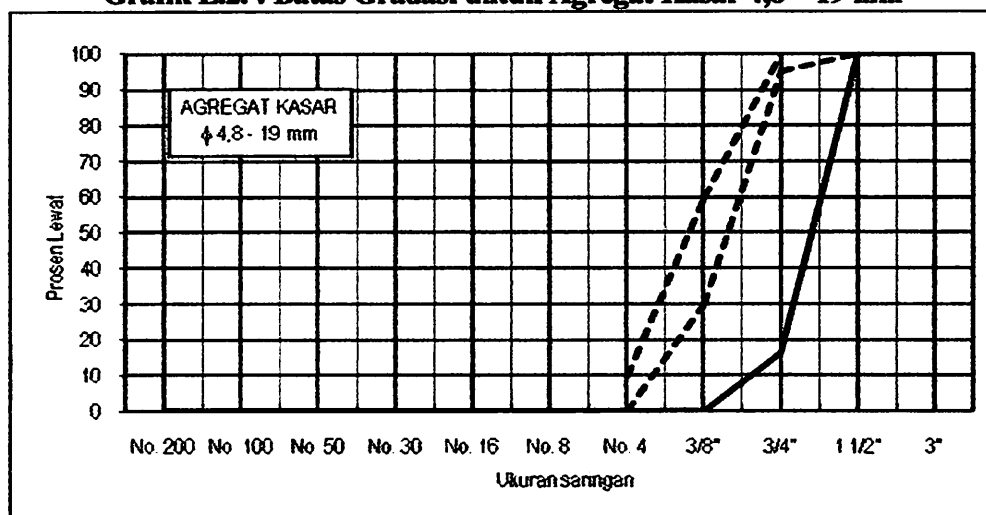
Sumber : Data Hasil Penelitian

Grafik L.1. : Batas Gradasi untuk Agregat Kasar 4,8 – 9,6 mm

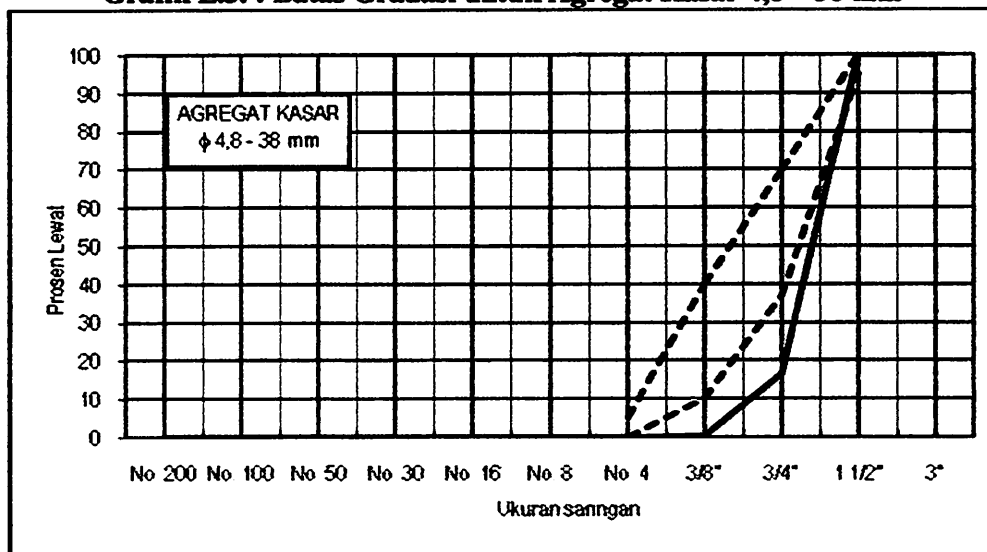


Sumber : Analisa Data Penelitian

Grafik L.2. : Batas Gradasi untuk Agregat Kasar 4,8 – 19 mm



Sumber : Analisa Data Penelitian

Grafik L.3 : Batas Gradasi untuk Agregat Kasar 4,8 – 38 mm

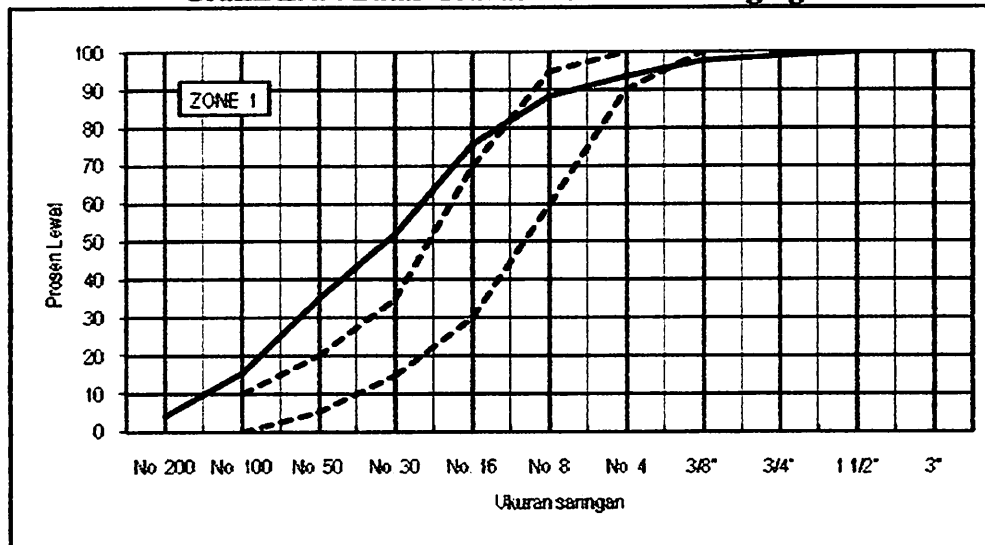
Sumber : Analisa Data Penelitian

Tabel L.6. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Halus (Pasir Lumajang)

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")	20,50	1,03	1,03	98,98
9.6 mm (3/8")	23,80	1,19	2,22	97,79
4.75 mm (No. 4)	81,00	4,05	6,27	93,74
2.36 mm (No. 8)	108,80	5,44	11,71	88,30
1.18 mm (No. 16)	249,20	12,46	24,17	75,84
0.6 mm (No. 30)	476,70	23,84	48,00	52,00
0.3 mm (No. 50)	339,80	16,99	64,99	35,01
0.15 mm (No. 100)	391,50	19,58	84,57	15,44
0.075 mm (No. 200)	227,00	11,35	95,92	4,09
Pan	76,00	3,80	99,72	0,29

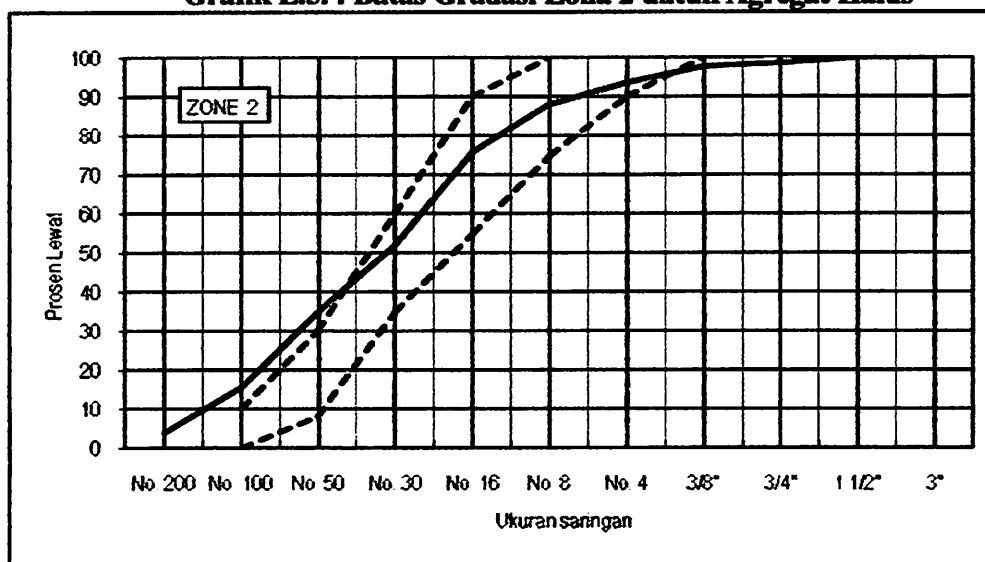
Sumber : Data Hasil Penelitian

Grafik L.4 : Batas Gradasi Zona 1 untuk Agregat Halus



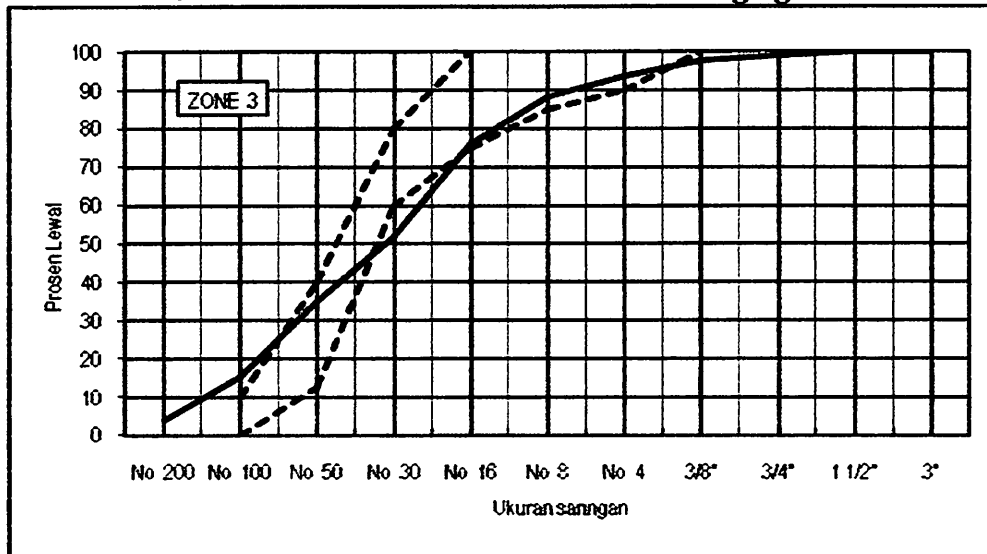
Sumber : Analisa Data Penelitian

Grafik L.5 : Batas Gradasi Zona 2 untuk Agregat Halus



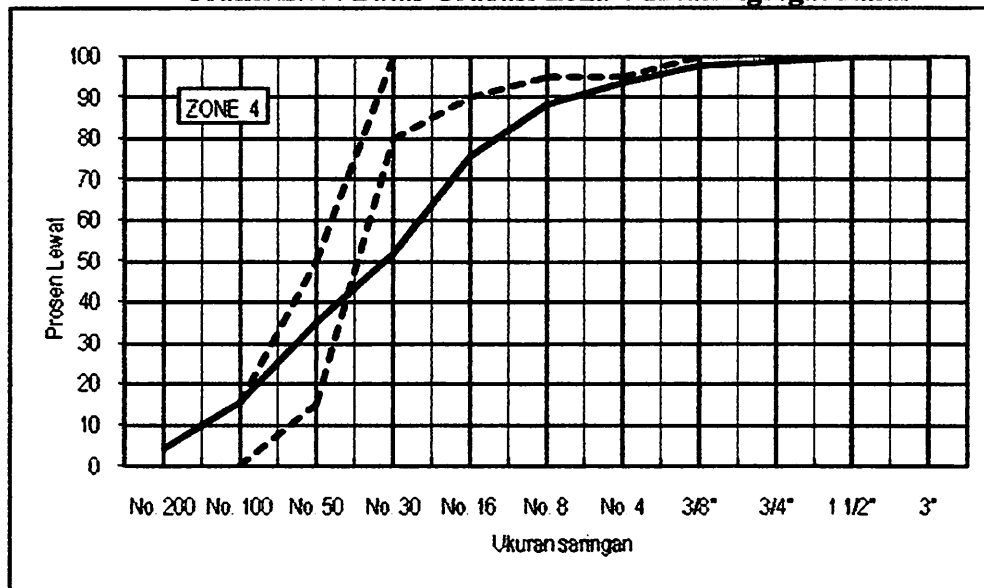
Sumber : Analisa Data Penelitian

Grafik L.6. : Batas Gradasi Zona 3 untuk Agregat Halus



Sumber : Analisa Data Penelitian

Grafik L.7. : Batas Gradasi Zona 4 untuk Agregat Halus



Sumber : Analisa Data Penelitian

F. Hasil Penelitian

Dari pengujian analisa saringan agregat didapatkan :

- a. Agregat halus (pasir masuk zone 2)
- b. Agregat kasar masuk ukuran 4,8 – 38 mm

L.1.3. Pemeriksaan Kotoran Organik

A. Tujuan Penelitian

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

B. Peralatan

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

C. Bahan

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

D. Prosedur Pelaksanaan

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

Tabel L.7. Warna Standart

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

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton

E. Catatan

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

F. Hasil Penelitian

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

L.1.4. Pemeriksaan Kadar Lumpur Dalam Agregat Halus

A. Tujuan Penelitian

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

B. Peralatan

- a. Gelas ukur
- b. Alat pengaduk

C. Bahan

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

D. Prosedur Pelaksanaan

1. Contoh benda uji dimasukkan ke dalam gelas ukur.
2. Tambahkan air pada gelas ukur guna melarutkan lumpur.
3. Gelas dikocok untuk mencuci pasir dari lumpur.
4. Simpan gelas pada tempat yang datar dan biarkan lumpur mengendap setelah 24 jam.
5. Ukur tinggi pasir (V_1) dan tinggi lumpur (V_2).

E. Perhitungan

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\% = \frac{7}{386 + 7} \times 100\% = 1,781\%$$

(Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton)

Dimana :

V_1 = tinggi pasir

V_2 = tinggi lumpur

F. Hasil penelitian

Kadar lumpur untuk pasir sebesar 1,781 %, berarti pasir yang diperiksa memenuhi syarat untuk digunakan untuk campuran beton (< 5 %).

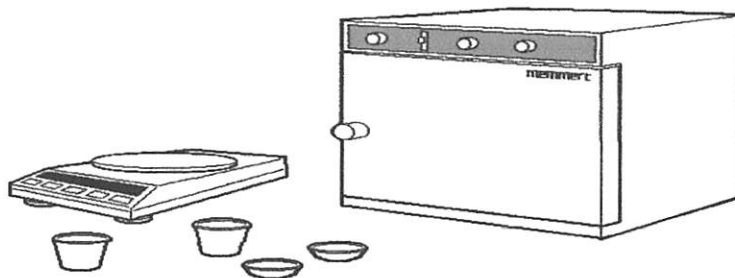
L.1.5. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

A. Tujuan Penelitian

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

B. Peralatan

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



Gambar L.3 Aparatus untuk pemeriksaan kadar air agregat

C. Bahan

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

Tabel L.8 Ukuran Maksimum Agregat

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

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton

D. Perhitungan

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{B - C}{C - A} \times 100\%$$

Dimana :

- A = berat tempat (gram)
- B = berat tempat + contoh (gram)
- C = berat tempat + contoh kering oven (gram)

E. Tabel Perhitungan

Tabel L.9. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

BATU PECAH		ASLI		SSD	
	Nomor test	I	II	I	II
A.	Berat tempat (gr)	2420	2360	237,7	277,1
B.	Berat tempat + contoh (gr)	25680	25150	3535,3	3619
C.	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	25400	24910	3492,1	3577
D.	Kadar air = $\frac{B-C}{C-A} \times 100\%$ (%)	1,22	1,06	1,33	1,27
F.	Kadar air rata-rata (%)	1,14		1,30	

Sumber : Data Hasil Penelitian

Tabel L.10. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

AGREGAT HALUS		ASLI		SSD	
	Nomor test	I	II	I	II
A.	Berat tempat (gr)	2390	2540	261,4	252,9
B.	Berat tempat + contoh (gr)	23990	23050	1143,3	1072,3
C.	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	21250	21700	1139	1068,20
D.	Kadar air = $\frac{B-C}{C-A} \times 100\%$ (%)	14,53	7,05	0,49	0,50
F.	Kadar air rata-rata (%)	10,79		0,50	

Sumber : Data Hasil Penelitian

F. Hasil penelitian

1. Kadar air Agregat halus (pasir) SSD = 0,50 %, Asli = 10,79 %
2. Kadar air Agregat kasar Batu Pecah SSD = 1,30 %, Asli = 1,14 %

L.1.6. Pemeriksaan Berat jenis dan Penyerapan Agregat Kasar Batu Pecah (Lumajang)

A. Tujuan Penelitian

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

B. Peralatan

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

C. Bahan

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

D. Prosedur Pelaksanaan

1. Benda uji direndam selama 24 jam.
2. Benda uji dikeringkan permukaannya (kondisi SSD) dengan menggulungkan handuk pada butiran agregat.
3. Timbang contoh. Hitung berat contoh kondisi SSD (B_j).
4. Contoh benda uji dimasukkan ke dalam keranjang dan direndam kembali di dalam air. Tempertur air dijaga ($73,4 \pm 3$)° Fahrenheit, dan kemudian ditimbang setelah keranjang digoyang-goyangkan dalam air untuk melepaskan udara yang terperangkap. Hitung berat contoh kondisi jenuh (B_a).
5. Contoh dikeringkan pada temperatur (212 ± 130)° Fahrenheit. Setelah didinginkan, contoh ditimbang. Hitung berat contoh kondisi kering (B_k).

E. Perhitungan

1. Berat Jenis (*bulk*) $\frac{B_k}{B_j - B_a}$
2. Berat jenis kering permukaan jenuh $\frac{B_j}{B_j - B_a}$
3. Berat jenis semu (*apparent*) $\frac{B_k}{B_k - B_a}$
4. Penyerapan (absorpsi) $\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \%$

Dimana :

B_j = berat contoh kering permukaan jenuh = 5000 gram

B_k = berat contoh kering oven

B_a = berat contoh di dalam air

F. Tabel Perhitungan

Tabel L.11 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar Batu Pecah (Luamajang)

Analisa	Rumus	I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	4933,2	4932	4932,6
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	5000	5000	5000
Berat contoh di dalam air	Ba	3173,3	3169,4	3171,35
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,70	2,69	2,70
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,74	2,73	2,734
Berat jenis semu (<i>apparent</i>)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,80	2,80	2,80
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$	1,35	1,38	1,37

Sumber : Data Hasil Penelitian

G. Hasil penelitian

1. Berat jenis (*bulk*) = **2,70**
2. Berat jenis SSD = **2,73**
3. Berat Jenis semu (*apparent*) = **2,80**
4. Penyerapan (absorpsi) = **1,37 %**

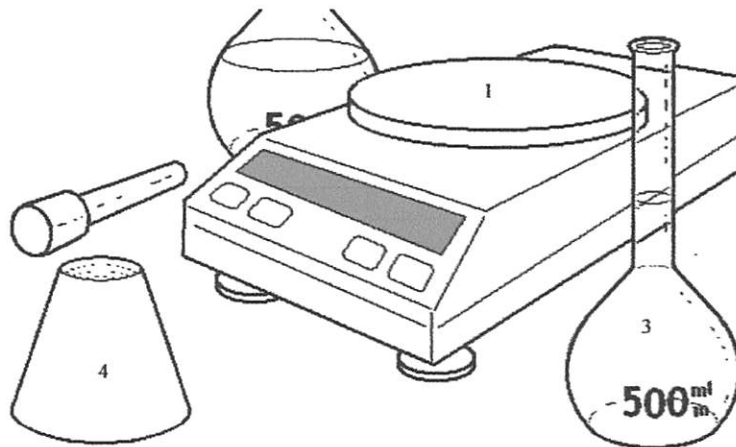
L.1.7. Pemeriksaan Berat jenis dan Penyerapan Agregat Halus

A. Tujuan Penelitian

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

B. Peralatan

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



Gambar L.4. Aparatus untuk analisis specific gravity dan absorpsi agregat halus

C. Bahan

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

D. Prosedur Pelaksanaan

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

E. Perhitungan

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

Dimana :

- Bj = berat contoh kering permukaan jenuh = 500 gram
 Bk = berat contoh kering oven
 B = berat piknometer diisi air pada 25°C
 Bt = berat piknometer + contoh SSD + air (25°C)

F. Tabel Perhitungan

Tabel L.12. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

Analisa	Rumus	I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	494,60	496,20	495,40
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500,00	500,00	500,00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	669,80	665,40	667,60
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	987,80	983,70	985,75
Berat Jenis (<i>bulk</i>)	$\frac{Bk}{(B + Bj - Bt)}$	2,72	2,73	2,72
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{(B + Bj - Bt)}$	2,75	2,75	2,750
Berat jenis semu (<i>apparent</i>)	$\frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$	2,80	2,79	2,79
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$	1,09	0,77	0,93

Sumber : Data Hasil Penelitian

G. Hasil penelitian Agregat halus (pasir)

1. Berat jenis (*bulk*) = 2,72
2. Berat jenis SSD = 2,75
3. Berat Jenis semu (*apparent*) = 2,79
4. Penyerapan (absorpsi) = 0,93 %

L.1.8. Pengujian Keausan Agregat Kasar Batu Scoria dengan Menggunakan Alat *Los Angeles***A. Tujuan Penelitian**

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

1. 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").

2. Bola-bola baja mempunyai diameter rata-rata 4,68 cm (1 7/8") dan berat masing-masing antara 400 gram sampai 440 gram.
3. Saringan mulai ukuran 37,5 mm (1 1/2") sampai 2,38 mm (No. 8).
4. Timbangan dengan kapasitas 5000 gram dan dengan ketelitian 1 gram.
5. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu, memanasi sampai (110 ±5) °C.

B. Bahan

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

Tabel L.13. Berat dan Gradasi benda uji

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

Sumber : Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton

C. Prosedur Pengujian

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

D. Perhitungan

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

Dimana :

a = Berat benda uji semula (gram)

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

E. Tabel Perhitungan

Tabel L.14. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)	
Saringan		I	
Lolos	Tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah
76,20 mm (3")	63,50 Mm (2,5")		
63,50 mm (2,5")	50,80 Mm (2")		
50,80 mm (2")	37,50 Mm (1,5")		
37,50 mm (1,5")	25,40 Mm (1")		
25,40 mm (1")	19,00 Mm (3/4")		
19,00 mm (3/4")	12,50 Mm (1/2")	2500	
12,50 mm (1/2")	9,50 Mm (3/8")	2500	
9,50 mm (3/8")	6,30 Mm (1/4")		
6,30 mm (1/4")	4,75 Mm (No. 4)		
4,75 mm (No. 4)	2,38 Mm (No. 8)		
Berat tertahan saringan no 12			4381,3
Jumlah berat			
a	Berat benda uji semula		5000
b	Berat benda uji tertahan saringan No.12 (& No.4)		4381,3
	Keausan : $\frac{(a-b)}{a} \times 100\%$		12,37

Sumber : Data Hasil Penelitian

F. Hasil penelitian

Nilai keausan = 12,37 %, menurut Pedoman praktikum Teknologi Bahan

Konstruksi, nilai keausan maksimum adalah 40 %

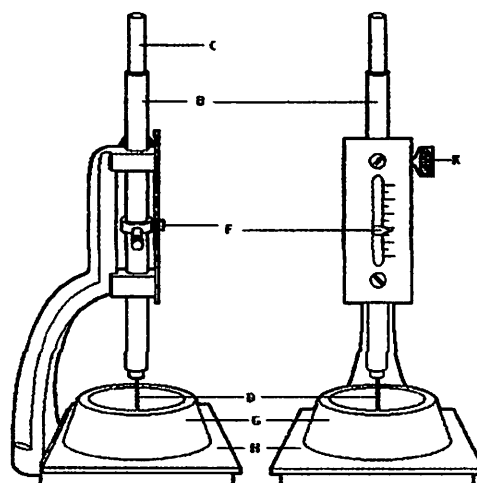
L.2. PEMERIKSAAN KONSISTENSI NORMAL SEMEN

A. TUJUAN PERCOBAAN

Tujuan percobaan ini adalah untuk menentukan konsistensi normal dari semen hidrolis untuk keperluan penentuan waktu pengikatan semen.

B. PERALATAN

- 1) Mesin aduk (mixer) dengan daun-daun pengaduk dari baja tahan karat serta mangkuk yang dapat dilepas.
- 2) Alat vicat (dengan menggunakan ujung C seperti pada gambar).
- 3) Timbangan dengan ketelitian sampai 1,0 gram.
- 4) Alat pengorek (*scraper*) dibuat dari karet yang agak kaku.
- 5) Gelas ukur dengan kapasitas 150 atau 200 ml.
- 6) Sendok perata (*trowel*).
- 7) Sarung tangan karet.



Gambar L.5 Alat ficat

C. BAHAN

- a) Semen portland $\pm 3,5$ kg (untuk ± 6 percobaan).
- b) Air bersih (dengan suhu kamar).

D. PROSEDUR PENELITIAN

1. Pasang daun pengaduk serta mangkuk pada alat pengaduk.
2. Masukkan bahan untuk percobaan dalam mangkuk dan campurlah sebagai berikut :
 - Tuangkan air ($\pm 155 - 125$ cc untuk semen tipe I dan $\pm 130 - 140$ cc untuk semen tipe III).
 - Masukkan 500 gram semen ke dalam air dan biarkan untuk penyerapan selama 30 detik.
3. Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan rendah (140 ± 5 ppm) dan aduklah selama 30 detik.
4. Hentikan mesin pengaduk untuk 15 detik dan sapulah bahan (pasta) dari dinding sisi mangkuk.
5. Jalankan mesin aduk dengan kecepatan sedang ($285 \pm$ ppm) dan aduklah untuk 1 menit.
6. Segeralah ambil pasta dari mangkuk dan bentuklah sebagai bola. Lemparkan bola pasta tersebut dari tangan yang satu ke tangan yang lain (dengan jarak ± 15 cm) beberapa kali. Kemudian tempatkan pada alat vicat. Tekankan ke dalam cincin konis (G) sehingga memenuhi cincin tersebut.

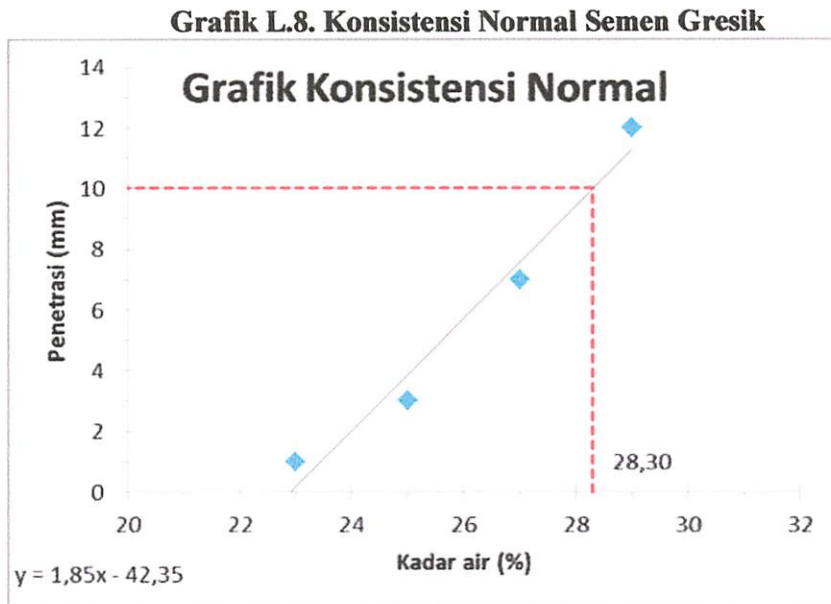
7. Tempatkan cincin tersebut pada pelat gelas (H) dan tuangkan kelebihan pasta semen dari kedua sisi cincin. Ratakan bagian atas dari pasta semen dengan sendok adukan sedemikian rupa sehingga tidak menekan adukan.
8. Pusatkan cincin berisi pasta tersebut di bawah batang (B) dan sentuhkan dan kemudian kuncilah (putar kunci K) jarum C pada permukaan pasta. Tempatkan indikator (F) tepat pada angka nol yang atas. Lepaskan batang (B) bersamaan jarum (C) dengan memutar kunci K. Jarum C akan masuk ke dalam pasta. Bila dalam waktu 30 detik kedalaman masuk C ke dalam pasta besarnya 10 ± 1 mm dari permukaan, maka konsistensi pasta semen tersebut adalah normal (konsistensi normal sudah tercapai).
9. Bila konsistensi normal belum tercapai, ulangilah langkah-langkah di atas sampai maksimal 6 kali percobaan, sehingga tercapai.

E. HASIL PENELITIAN

Tabel L.15. Konsistensi Normal Semen Gresik

No.	Berat Semen	Penambahan Air		Penetrasi (mm)
		ml	%	
1	500	115	23	1
2	500	125	25	3
3	500	135	27	7
4	500	145	29	12

Sumber : Data Hasil Penelitian



Sumber : Data Hasil Penelitian

F. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, pemeriksaan konsistensi semen hidrolis diperoleh kedalaman penetrasi jarum sebesar 10mm (mendekati semen) dengan penambahan air sebanyak 28,64 % atau $28.64 \% \times 500 \text{ gr} = 143,2 \text{ gr}$.

L.3 PENENTUAN WAKTU PENGIKATAN SEMEN HIDROLIS

A. TUJUAN PERCOBAAN

Tujuan percobaan ini adalah untuk menentukan waktu pengikatan semen hidrolis (dalam keadaan konsistensi normal) dengan alat vicat dan alat gillmore.

B. PERALATAN

- 1) Mesin aduk (mixer) dengan daun-daun pengaduk dari baja tahan karat serta mangkuk yang dapat dilepas.
- 2) Alat vicat (dengan memakai jarum D seperti pada gambar).
- 3) Alat gillmore dengan jarum tekanan rendah (diameter 1/12 inch ¼ lb) dan jarum tekanan tinggi (diameter 1/24 inchi 1 lb).
- 4) Timbangan dengan ketelitian sampai 1,0 gram.
- 5) Alat pengorek (*scraper*) dibuat dari karet yang agak kaku.
- 6) Gelas ukur dengan kapasitas 150 atau 200 ml.
- 7) Sendok perata (*trowel*).
- 8) Sarung tangan karet.
- 9) Ruang lembab yang mampu memberikan kelembaban relatif minimum 90%.

C. BAHAN

- a. Semen portland.
- b. Air bersih (dengan suhu kamar).

D. PROSEDUR PENELITIAN

- a. Dalam test vicat, waktu pengikatan terjadi apabila jarum vicat kecil (jarum D), membuat penetrasi sedalam 25 mm ke dalam pasta setelah mapan selama 30 detik.
- b. Dalam test Gillmore, waktu pengikatan awal terjadi apabila jarum tekanan rendah tidak memberikan bekas yang tampak (jelas) pada pasta, sedang waktu pengikatan akhir terjadi apabila jarum tekanan tinggi tidak memberikan bekas yang tampak (jelas) pada pasta.

Alat Vicat :

- 1) Tempatkan sudu serta mangkuk (kering) pada posisi mengaduk pada alat aduk.
- 2) Tempatkan bahan-bahan untuk satu "BATCH" ke dalam mangkuk dengan cara sebagai berikut :
 - o Masukkan semua air pencampur yang jumlahnya telah ditetapkan sebelumnya dalam pembuatan pasta semen dengan konsistensi normal untuk semen 500 gram.
 - o Tambahkan 500 gram semen pada air tersebut dan biarkan menyerap untuk 30 detik.
- 3) Jalankan alat aduk dengan kecepatan rendah (140 ± 5 rpm) selama 30 detik.
- 4) Hentikan alat aduk selama 15 detik dan koreklah semua pasta dari sisi mangkuk.

- 5) Jalankan alat aduk dengan kecepatan sedang (248 ± 10 rpm) dan aduklah selama 1 menit.
- 6) Segera ambil pasta semen dari mangkuk dan bentuklah sebagai bola, dan tekankan ke dalam cincin konis sesuai cara dalam penentuan konsistensi normal.
- 7) Segera masukkan benda coba tersebut ke dalam ruang lembab dan biarkan di sana terus kecuali bila mau dipakai untuk percobaan.
- 8) Setelah 30 menit di dalam ruang lembab, tempatkan benda coba pada alat vicat. Turunkan jarum D sehingga menyentuh permukaan pasta semen. Keraskan sekrup E dan geser jarum penunjuk F pada bagian atas dari skala dan lakukan pembacaan awal.
- 9) Lepaskan batang B dengan memutar sekrup E dan biarkan jarum mapan pada permukaan pasta untuk 30 detik. Adakan pembacaan untuk menetapkan dalamnya penetrasi. Apabila pasta ternyata terlalu lembek, lambatkan penurunan batang B untuk mencegah melengkungnya jarum.
- 10) Jarak antara setiap penetrasi pada pasta tidak boleh lebih kecil dari 6 mm, untuk semen tipe I, percobaan dilakukan dengan segera setelah diambil dari ruang lembab dan setiap 15 menit sesudahnya sampai tercapai penetrasi sebesar 25 mm atau kurang. Untuk semen tipe III, percobaan dilakukan segera setelah diambil dari ruang lembab dan setiap 10 menit sesudahnya sampai tercapai penetrasi sebesar 25 mm atau kurang.
- 11) dalam suatu grafik, besarnya penetrasi jarum vicat sebagai fungsi dari waktu untuk semen-semen tipe I atau III.

- 12) Catat semua hasil percobaan penetrasi. Tentukan waktu tercapainya penetrasi sebesar 25 mm. Inilah waktu ikat.

Alat Gillmore :

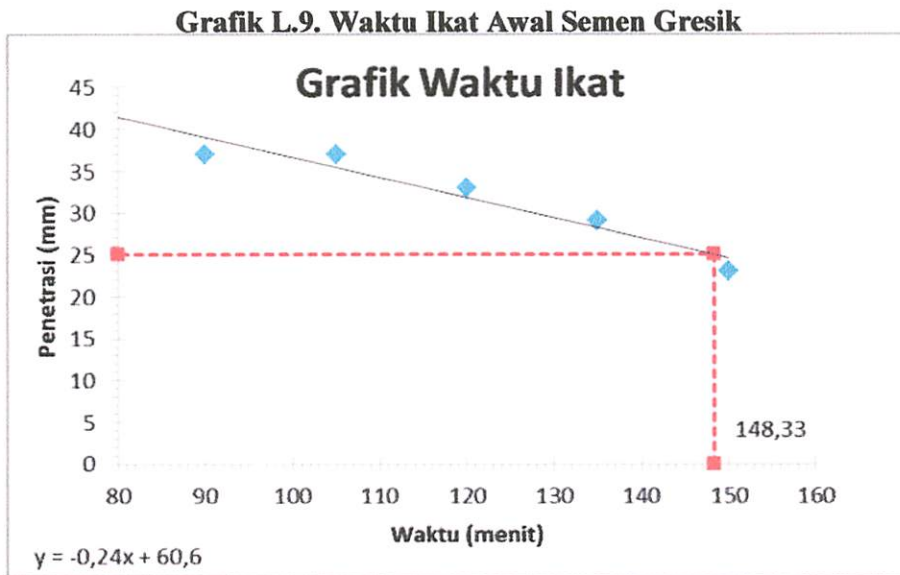
- a) Sama dengan langkah (a) sampai (d) di atas, kemudian dilanjutkan dengan :
- b) Bentuklah suatu lingkaran pipih dari pasta dengan diameter 75 mm dan tebal 12 mm. Ditengah-tengah lingkaran pipih tersebut datar ditengah dan menipis ke arah pinggir.
- c) Pembuatan lingkaran pipih tersebut dilakukan pada kaca datar bersih berukuran 10 x 10 cm.
- d) Tempatkan benda coba (beserta kacanya) ke dalam ruang lembab, dan biarkan di sana terus, kecuali bila akan dilakukan percobaan.
- e) Peganglah jarum-jarum ke dalam posisi vertikal dan letakkan ujung-ujungnya pelan-pelan pada permukaan pasta.
- f) Bila jarum tekanan rendah tidak memberi bekas pada pasta, maka pasta telah mencapai waktu ikat mula. Bila jarum tekanan tinggi tidak memberi bekas pada pasta, maka pasta telah mencapai waktu ikat akhir.
- g) Catatlah waktu-waktu ikat awal dan ikat akhir.
- h) Buatlah tabel yang menunjukkan perbedaan-perbedaan dalam waktu semen tipe I dan III.

E. HASIL PENELITIAN

Tabel L.16. Waktu Ikut Awal Semen Gresik

IKAT AWAL		
No.	Waktu (menit)	Penetrasi (mm)
1	15.30 (0)	40
2	15.45 (15)	40
3	16.00 (30)	40
4	16.15 (45)	40
5	16.30 (60)	40
6	16.45 (75)	40
7	17.00 (90)	37
8	17.15 (105)	37
9	17.30 (120)	33
10	17.45 (135)	29
11	18.00 (150)	23
IKAT AKHIR		
No.	Waktu (menit)	keterangan
12	18.15 (160)	membekas
13	18.30 (175)	membekas
14	18.45 (190)	membekas
15	19.00 (205)	membekas
16	19.15 (220)	membekas
17	19.30 (235)	membekas
18	19.45 (250)	tidak membekas
AKHIR		
19.45 (250)		

Sumber : Data Hasil Penelitian



Sumber : Data Hasil Penelitian

F. KESIMPULAN

Dari pemeriksaan waktu ikat semen ini, semen memiliki waktu ikat awal 148,33 menit dan memiliki waktu ikat akhir 250 menit. Maka semen dapat dipakai dalam konstruksi.

L.3. MORTAR SEMEN

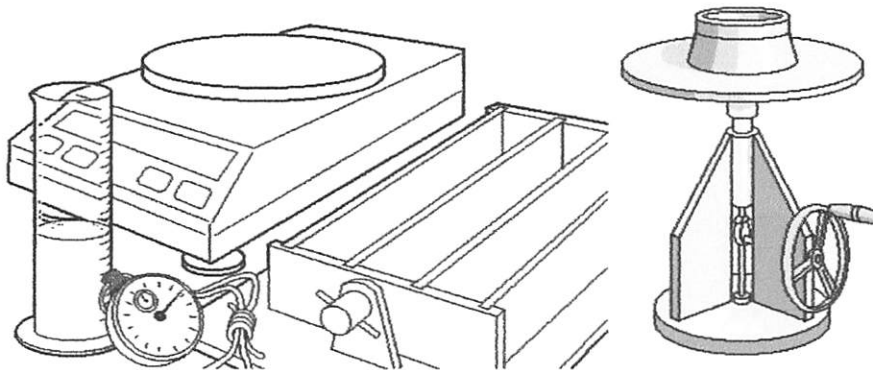
A. TUJUAN

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan :

- a) kekuatan tekan mortar semen portland dengan contoh benda uji berbentuk kubus berukuran (5 x 5 x 5) cm.
- b) Kekuatan tarik aksial mortar semen portland dengan contoh benda uji Briquette
- c) Kekuatan lentur tarik mortar semen portland dengan benda uji (40 x 40 x 160) mm

B. PERALATAN

1. Neraca, kapasitas 2000 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. Stop watch, sendok perata, dan pengukur leleh.
4. Meja leleh (flow table, ASTM C.230-68).
5. Cetakan kubus (5 x 5 x 5) cm, dan alat pemadat.
6. Mesin tekan, dengan ketelitian pembacaan 1%
7. Pasir Ottawa.
8. Air suling $\pm 500 \text{ cm}^3$.
9. Cetakan Briquette
10. Cetakan (4 x 4 x 16) cm



Gambar L.6 Aparatus pemeriksaan mortar semen

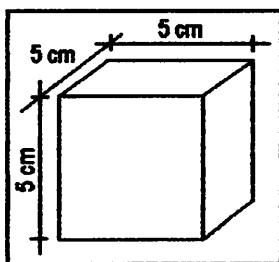
D. PROSEDUR PENELITIAN

- Masukkan air pencampur berupa air suling sebanyak 30 % dari berat semen ke dalam mangkok alat pengaduk.
- Timbanglah 500 gram semen dan masukkan ke dalam mangkok.
- Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan (145 ± 5) putaran per menit (rpm) selama 30 detik.
- Masukkan pasir Ottawa sebanyak 1375 gram perlahan-lahan sambil pengaduk dijalankan dengan kecepatan (145 ± 5) putaran per menit (rpm) selama 30 detik.
- Hentikan mesin pengaduk, naikkan kecepatan putaran menjadi (285 ± 10) rpm dan jalankan selama 30 detik.
- Hentikan mesin pengaduk, segera bersihkan mortar yang menempel pada pinggir mangkok selama 15 detik. Kemudian biarkan mortar selama 75 detik.
- Aduk lagi mortar dengan kecepatan pengaduk (285 ± 10) rpm selama 1 menit.
- 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.
- Ukurlah diameter leleh, sekurang-kurangnya pada 4 tempat dan ambil harga rata-rata. (diameter leleh harus antara 100 – 115% dari diameter semula).
- Apabila diameter leleh yang disyaratkan belum didapat, ulanglah pekerjaan dari a sampai i dengan mengubah kadar air.

- Setelah diameter leleh yang disyaratkan didapat, mortar dimasukkan ke dalam mangkok dan diaduk dengan kecepatan pengaduk (285 ± 10) putaran per menit (rpm) selama 15 detik.
- 30 detik setelah selesai pengadukan, 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.
- Ratakan permukaan mortar dengan sendok perata kemudian simpan di atas “moist cabinet” selama 24 jam.
- Bukalah cetakan dan rendamlah mortar dalam air bersih kemudian periksalah kekuatan tekan mortar pada Mesin Tekan sesuai dengan umur yang diinginkan, biasanya pada umur 3, 7, dan 28 hari. Demikian juga kekuatan tarik aksial dan tarik lentur diperiksa dengan menggunakan mesin Flexure – Tensile Testing.

E. PERHITUNGAN

➤ Kekuatan tekan mortar



Diketahui :
 Panjang (L) = 5.00 cm
 Lebar (b) = 5.00 cm
 Tinggi (h) = 5.00 cm

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Volume} &= S^3 \\
 &= 5^3 \\
 &= 125 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Luas permukaan benda uji} &= p \times l \\
 &= 50 \times 50 \\
 &= 2500 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Berat isi} &= \frac{\text{Berat}}{\text{volume}} \\
 &= \frac{292,8}{125} \\
 &= 2,34 \text{ gr/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Beban maksimum} &= \text{Tekanan} \times 1000 \\
 &= 90 \times 1000 \\
 &= 900000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Kuat tekan mortar} &= \frac{\text{Beban maksimum}}{\text{Luas permukaan benda uji}} \\
 &= \frac{900000}{2500} \\
 &= 36 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

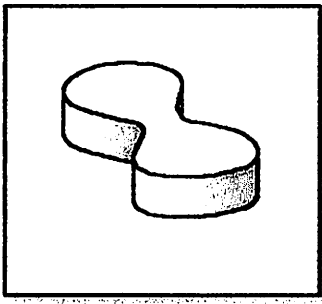
Untuk perhitungan selanjutnya dapat dihitung dengan cara yang sama, dan hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel L.17. Pemeriksaan kekuatan tekan Mortar semen Gresik

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Berat (gram)	Berat isi (gr/cm ³)	Luas permukaan mm ²	Beban (N)	Kuat tekan mortar MPa
1	07/06/2015	05/07/2015	28	292,8	2,34	2500	90000	36
2	07/06/2015	05/07/2015	28	285,6	2,28	2500	80000	32
3	07/06/2015	05/07/2015	28	285,7	2,29	2500	90000	36
4	07/06/2015	05/07/2015	28	290,2	2,32	2500	95000	38
5	07/06/2015	05/07/2015	28	291,0	2,33	2500	100000	40
6	07/06/2015	05/07/2015	28	287,0	2,30	2500	105000	22
7	07/06/2015	05/07/2015	28	289,3	2,31	2500	95000	38
8	07/06/2015	05/07/2015	28	292,2	2,34	2500	100000	40
9	07/06/2015	05/07/2015	28	292,5	2,34	2500	95000	38

Sumber : Data Hasil Penelitian

➤ Kekuatan tarik aksial mortar:



➤ Volume = 75 cm³

➤ Luas penampang patah = p x l
 = 24,1 x 27,9
 = 672,39 mm²

➤ Berat isi = $\frac{\text{Berat}}{\text{volume}}$
 = $\frac{126,3}{75}$
 = 1,67 gr/cm³

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Gaya aksial} &= \text{Tekanan} \times 1000 \\
 &= 1,71 \times 1000 \\
 &= 1710 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Kuat tarik aksial mortar} &= \frac{\text{gaya aksial}}{\text{Luas penampang patah}} \\
 &= \frac{1710}{672,39} \\
 &= 2,54 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

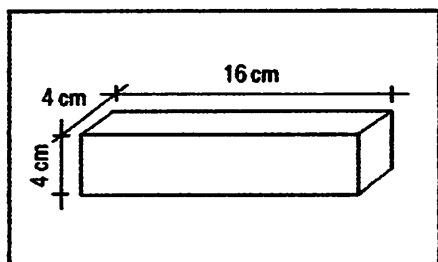
Untuk perhitungan selanjutnya dapat dihitung dengan cara yang sama, dan hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel L.18. Pemeriksaan kekuatan tarik aksial mortar semen Gresik

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Berat (gram)	Berat isi (gr/cm^3)	Luas penampang patah (mm^2)	Beban (N)	Kuat tarik mortar MPa
1	07/06/2015	05/07/2015	28	126,3	1,68	672,390	1710	2,54
2	07/06/2015	05/07/2015	28	132,0	1,76	720,020	2100	2,92
3	07/06/2015	05/07/2015	28	134,8	1,80	828,000	1550	1,87

Sumber : Data Hasil Penelitian

➤ Kekuatan tarik lentur mortar



Diketahui :

$$\text{Panjang (L)} = 16.00 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar (b)} = 4.00 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi (h)} = 4.00 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Volume} &= p \times l \times t \\ &= 16.00 \times 4.00 \times 4.00 \\ &= 256.00 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Berat isi} &= \frac{\text{Berat}}{\text{volume}} \\ &= \frac{507,1}{256} \\ &= 1,981 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Beban maksimum} &= \text{Tekanan} \times 1000 \\ &= 1,45 \times 1000 \\ &= 1450 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Momen maksimum} &= \frac{1}{4} \times \text{beban maksimum} \times 120 \\ &= \frac{1}{4} \times 1450 \times 120 \\ &= 43500 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Momen tahanan} &= \frac{1}{6} \times b \times h^2 \\ &= \frac{1}{6} \times 40 \times 160 \times 1000 \\ &= 10666.667 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Kuat tarik lentur mortar} &= \frac{\text{Momen maksimum}}{\text{Momen tahanan}} \\
 &= \frac{43500}{10666,667} \\
 &= 4,08 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dihitung dengan cara yang sama, dan hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel L.19. Pemeriksaan Kekuatan Lentur Tarik Mortar Semen Gresik

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Berat (gram)	Berat isi (gr/cm ³)	Momen maks (Nmm)	Momen Tahanan (mm ³)	Beban (N)	Kuat lentur tarik mortar (MPa)
1	07/06/2015	05/07/2015	28	507,1	1,981	43500	10666,66667	1450	4,08
2	07/06/2015	05/07/2015	28	512,2	2,001	60000	10666,66667	2000	5,63
3	07/06/2015	05/07/2015	28	501,9	1,961	40500	10666,66667	1350	3,80

Sumber : Data Hasil Penelitian

F. KESIMPULAN

Dari percobaan di dapat kesimpulan bahwa

- a) Semakin lama waktu perendaman mortar, maka akan didapat hasil akhir yang semakin besar, baik untuk kuat tekan mortar, kuat tarik mortar , maupun kuat tarik lentur mortar . hal ini disebabkan karena adanya penigkatan pada mortar selama perendaman di air.
- b) Peningkatan kekuatan juga berpengaruh oleh pemakaian jenis semen, dimana pada morta ini menggunakan semen hidrolis, yang dapat meningkat ketika berada di dalam air.
- c) Peningkatan kuat tekan mortar, kuat tarik mortar naik secara significant pada hari ke – 14 sampai 28.

4.1. Perhitungan Komposisi Campuran Beton

4.1.1. Pemeriksaan variabel Perencanaan

Sebelum dilakukan perencanaan campuran (*mix design*) beton, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan variabel perencanaan, yaitu pemeriksaan sifat-sifat bahan yang akan digunakan. Pemeriksaan/cara uji bahan beton meliputi agregat kasar, agregat halus, semen dapat dilihat selengkapnya dalam lampiran.

Berikut ini hasil dari pemeriksaan bahan tersebut di atas :

- Berat isi agregat halus = 1,86 gr/cm³
- Berat isi agregat kasar = 1,59 gr/cm³
- Berat jenis agregat kasar = 2,70
- Berat jenis agregat halus = 2,79
- Ukuran agregat maksimum = 40 mm
- Kadar air agregat halus = 10,79 % kondisi asli & 0,50 % kondisi SSD
- Kadar air agregat kasar = 1,14 % kondisi asli & 1,30% kondisi SSD

4.1.2. Perhitungan *Mix Design* Beton untuk Metode Doe Mengacu Pada SNI 03-2847-2002

A. Mix design kuat tekan karakteristik (f_c 20 MPa)

1. Kekuatan tekan ditambah margin

$$\bullet F'_{cr} = f'_c + 1,34 \cdot S$$

$$= 20 + 1,34 \cdot 6$$

$$= 28,04 \text{ Mpa}$$

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

$$= 20 + 2,33 \cdot 6 - 3,5$$

$$= 30,48 \text{ Mpa}$$

Nilai kekuatan dengan margin yang digunakan adalah yang terbesar dari dua rumus diatas, yaitu = 30,48 Mpa

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

Tabel 4.1. Deviasi Standar Berdasarkan Isi Pekerjaan

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

Sumber : Buku Teknologi Beton, Paul Nugraha

3. *Jenis semen yang digunakan* : Semen GRESIK PPC 40 kg

4. *Jenis Agregat Kasar* : Dipecah

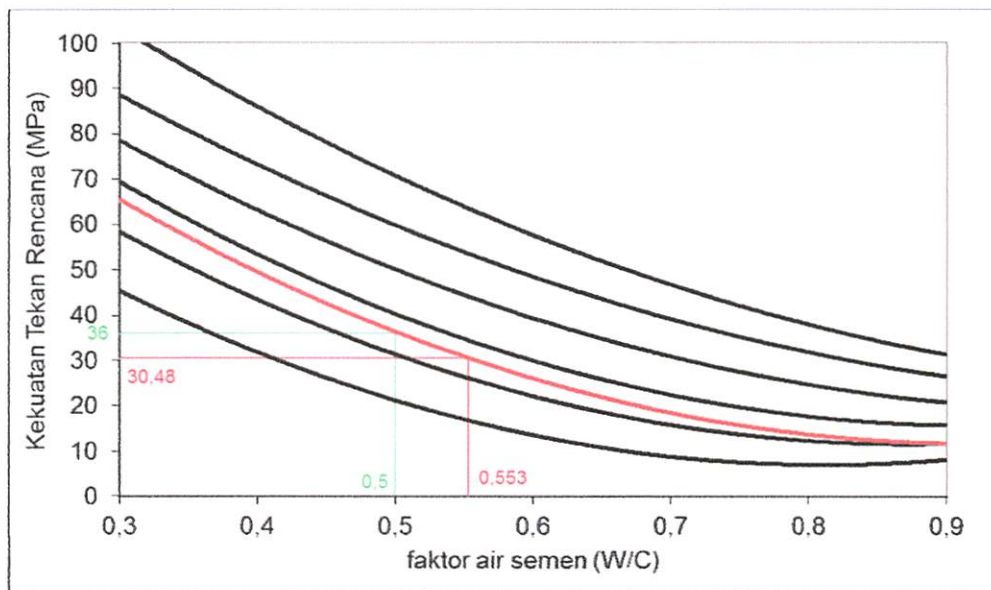
Jenis Agregat halus : Tidak dipecah

5. Faktor air semen (W/C) :

Tabel 4.2. Perkiraan Kekuatan Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen (w/c) = 0,5

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

Sumber : Buku Teknologi Beton, Paul Nugraha



Grafik 4.1 : Kurva Hubungan Kekuatan Tekan W/C

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

Dilengkapi Penjelasan (S-2002)

$$\frac{w}{c} \text{ rasio rencana} = 0,553$$

Dari pembacaan table diatas didapat $W/C = 0,553$

6. *Faktor air semen maksimum :*

Tabel 4.3 : Jumlah Semen Minimum Untuk Kondisi Terekspos

Kondisi Ekspos	Selimut beton (mm)								
	-	-	-	-	25	20	20	20	20
Ringan	-	-	-	-	25	20	20	20	20
Sedang	-	-	-	-	-	35	30	25	20
Buruk	-	-	-	-	-	-	40	30	25
Sangat buruk	-	-	-	-	-	-	50	40	30
Ekstrim	-	-	-	-	-	-	-	60	50
W/C maksimum	0,78	0,75	0,73	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
Jumlah semen minimum (kg/m ³)	213	225	238	250	275	300	325	350	400
Kekuatan minimum (MPa)	17,5	20	22,5	25	30	35	40	45	50

Sumber : *Buku Teknologi Beton, Paul Nugraha*

Karena mutu yang di tentukan 20 MPa pembacaan pada tabel diambil diambil w/c minimum pada tabel yaitu = 0,75

7. *Faktor air semen yang digunakan pada perencanaan :* terkecil antara Faktor air semen (W/C) (poin 5) dan Faktor air semen maksimum (poin 6) adalah 0,553

8. *Slump rencana = 60 – 180 mm*

9. *Dilihat dari grafik saringan agregat kasar (masuk dalam ukuran 4,8 mm sampai 38,1 mm ≈ 40 mm).*

10. Kadar air bebas :

Tabel 4.4 : Perkiraan Jumlah Air Bebas Yang Diperlukan Untuk Memberikan Tingkat Workability Tertentu

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

Sumber : Buku Teknologi Beton, Paul Nugraha

Menentukan kadar air bebas dengan melihat tabel 11 pada ukuran maksimum agregat 20 mm pada slump 60 - 180 dengan jenis agregat yang di pecah terdapat nilai kadar air bebas $= (2/3) \times 205 + (1/3) \times 175 = 195$ kg

$$\begin{aligned}
 11. \text{ Pemakaian jumlah semen} &= \frac{\text{Kadar Air bebas}}{\text{FAS(rencana)}} \\
 &= \frac{195}{0,553} = 352,62 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

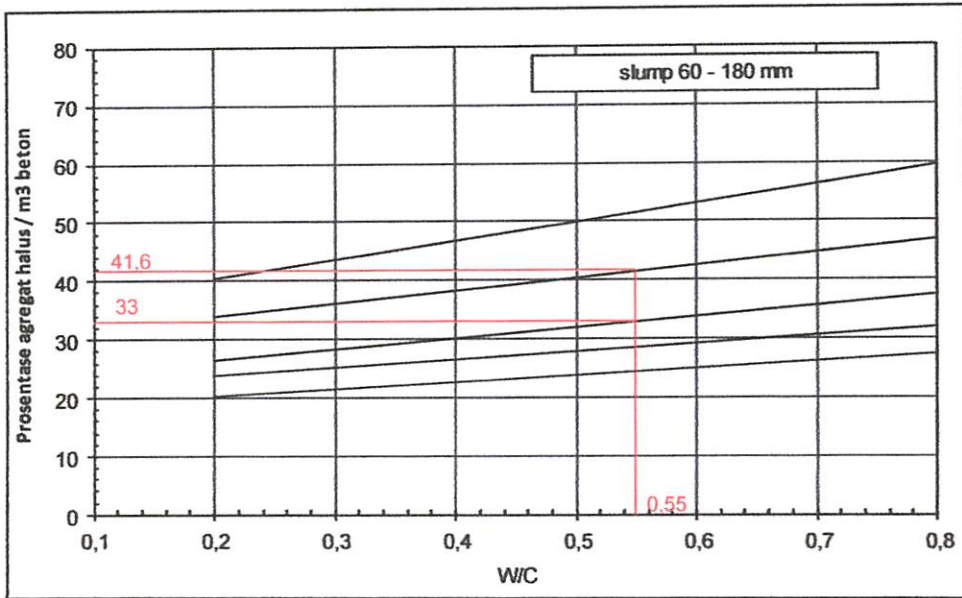
12. Jumlah semen minimum :

Jumlah semen minimum dilihat pada Tabel 4.3 dengan w/c maksimum 0,75 diperoleh jumlah semen minimum 225 mm

13. Jumlah semen yang digunakan pada perencanaan :

adalah nilai terbesar antara jumlah pemakaian semen minimum (Poin 11) dengan jumlah semen minimum (Poin 12), yaitu 352,62 kg/m³.

14. Proporsi agregat Halus dengan slump 60 - 180 mm.



Grafik 4.2. : Penentuan Presentase Agregat Halus Untuk Diameter Maksimum 40 mm (Sumber : SNI 03-2847-2002)

$$\text{Jumlah Proporsi agregat halus} = \frac{33\% + 41,6\%}{2} = 37,30\%$$

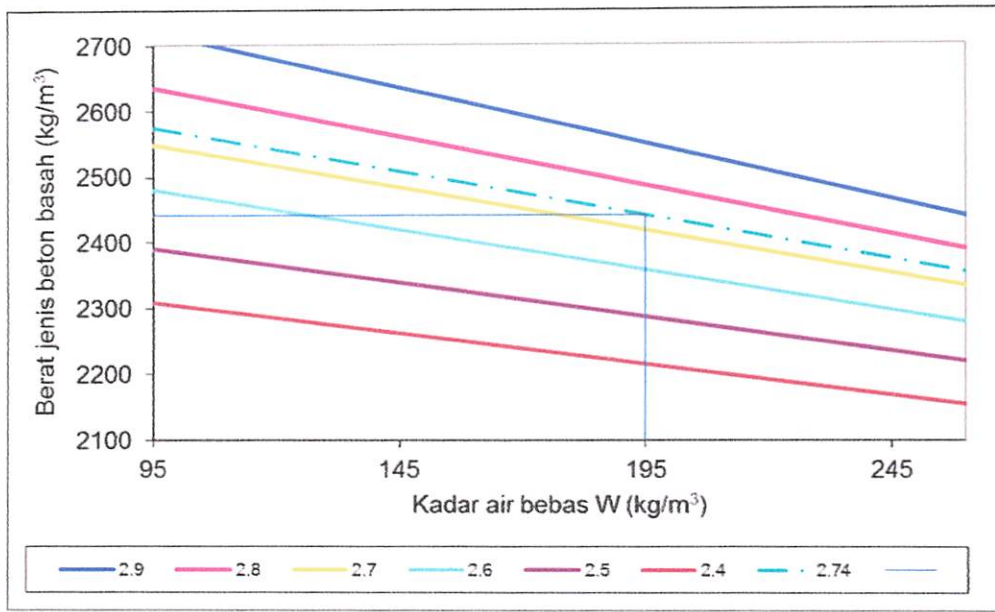
15. *Proporsi agregat kasar* = $100\% - 37,30\% = 62,70\%$
16. *Dari data pemeriksaan bahan maka di dapat berat jenis agregat halus (SSD) = 2,750*
17. *Dari data pemeriksaan bahan maka di dapat berat jenis agregat kasar (SSD) = 2,734*
18. *Berat jenis agregat gabungan :*

$$= \text{Proporsi agregat halus (Poin 14) x berat jenis agregat halus (SSD)(Poin 16) + Proporsi agregat kasar (Poin 15) x berat jenis agregat kasar (SSD)(Poin 17) / 100 \%}$$

$$= ((37,30).(2,750) + (62,70).(2,734)) / 100$$

$$= 2,74$$

19. Berat isi beton basah dapat di lihat pada grafik 4.3 didapat 2442 kg/m^3



Grafik 4.3 : Perkiraan berat jenis beton segar

20. Total jumlah agregat :

= Berat jenis beton basah (Poin 19) – Kadar air bebas (Poin 10) – Jumlah semen yang di rencanakan (Poin 13)

$$= (2442) - (195) - (352,62) = 1894,38 \text{ kg/m}^3$$

21. Jumlah agregat halus :

$$= \frac{\text{Proporsi agregat halus (Poin 14)} \times \text{jumlah total agregat (Poin 20)}}{100}$$

$$= \frac{37,30 \times 1894,38}{100}$$

$$= 706,60 \text{ kg/m}^3$$

22. *Jumlah agregat kasar* :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Proporsi agregat kasar (Poin 15)} \times \text{jumlah total agregat (Poin 20)}}{100} \\
 &= \frac{62,70 \times 1894,38}{100} \\
 &= 1187,77 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

23. *Kadar air agregat halus (asli)* :

sesuai dengan tabel pemeriksaan maka didapat = 10,79 %

24. *Kadar air agregat kasar (asli)*:

sesuai dengan tabel pemeriksaan maka didapat = 1,4 %

25. *Kadar air agregat halus (SSD)* :

sesuai dengan pemeriksaan tabel maka didapat = 0,50 %

26. *Kadar air Agregat kasar (SSD)* :

sesuai dengan pemeriksaan tabel maka didapat = 1,30 %

27. *Kelebihan air dalam agregat halus* :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Kadar air SSD agregat halus} - \text{Kadar air agregat halus asli} \\
 &= 0,50 - 10,79 = - 10,29 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

28. *Kelebihan air dalam agregat kasar* :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Kadar air SSD agregat kasar} - \text{Kadar air agregat kasar asli} \\
 &= 1,30 - 1,14 = 0,16 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

29. *Jumlah agregat halus* :

$$\begin{aligned}
 &= \{ [100 + \text{Kadar air agregat halus (asli) (Poin 23)}] / [100 + \text{Kadar air} \\
 &\quad \text{agregat halus (SSD) (Poin 25)}] \times \text{Jumlah agregat halus (Poin 21)} \}
 \end{aligned}$$

$$= \{[100 + (10,79)] / [100 + (0,50)] \times (706,60)\} = 778,96 \text{ kg/m}^3$$

30. Jumlah agregat kasar :

$$= \{[100 + \text{Kadar air agregat kasar (asli) (Poin 24)}] / [100 + \text{Kadar air agregat kasar (SSD) (Poin 26)}] \times \text{Jumlah agregat kasar (Poin 22)}\}$$

$$= \{[100 + (1,14)] / [100 + (1,30)] \times (1187,77)\} = 1185,91 \text{ kg/m}^3$$

31. Jumlah air :

$$= \text{Kadar air bebas (Poin 10)} + \text{Kelebihan air dalam agregat halus (Poin 27)}$$

$$+ \text{Kelebihan air dalam Agregat kasar (Poin 28)}$$

$$= 195 + (-10,29) + 0,16 = 184,87 \text{ kg/m}^3$$

Dari perhitungan di atas maka didapat komposisi sebagai berikut :

- 352,62 kg/m³ untuk jumlah semen (Poin 13)
- 778,96 kg/m³ untuk jumlah agregat halus (Poin 29)
- 1185,91 kg/m³ untuk jumlah agregat kasar (Poin 30)
- 184,87 kg/m³ untuk jumlah kadar air (Poin 31)

Tabel 4. 5: Komposisi Akhir Campuran Beton Kondisi Lapangan

Komposisi akhir campuran beton kondisi lapangan				
Jumlah	Semen (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Air (kg)
Per m ³	352,62	778,96	1185,91	184,87
Perbandingan berat	1	2,21	3,36	0,52

Sumber : Data Hasil Penelitian

• **Mix design kuat tekan karakteristik (f_c 35 MPa)**

1. *Kekuatan tekan karakteristik*

- $F'_{cr} = f'_c + 1,34 \cdot S$
 $= 35 + 1,34 \cdot 6$
 $= 43,04 \text{ Mpa}$
- $F'_{cr} = f'_c + 2,33 \cdot S - 3,5$
 $= 35 + 2,33 \cdot 6 - 3,5$
 $= 45,48 \text{ Mpa}$

Nilai kekuatan dengan margin yang digunakan adalah yang terbesar dari dua rumus diatas, yaitu = 45,48 Mpa

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

Tabel 4.6. Deviasi Standar Berdasarkan Isi Pekerjaan

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

Sumber : Buku Teknologi Beton, Paul Nugraha

Jenis semen yang digunakan : Semen GRESIK PPC 40 kg

Jenis Agregat Kasar : Dipecah

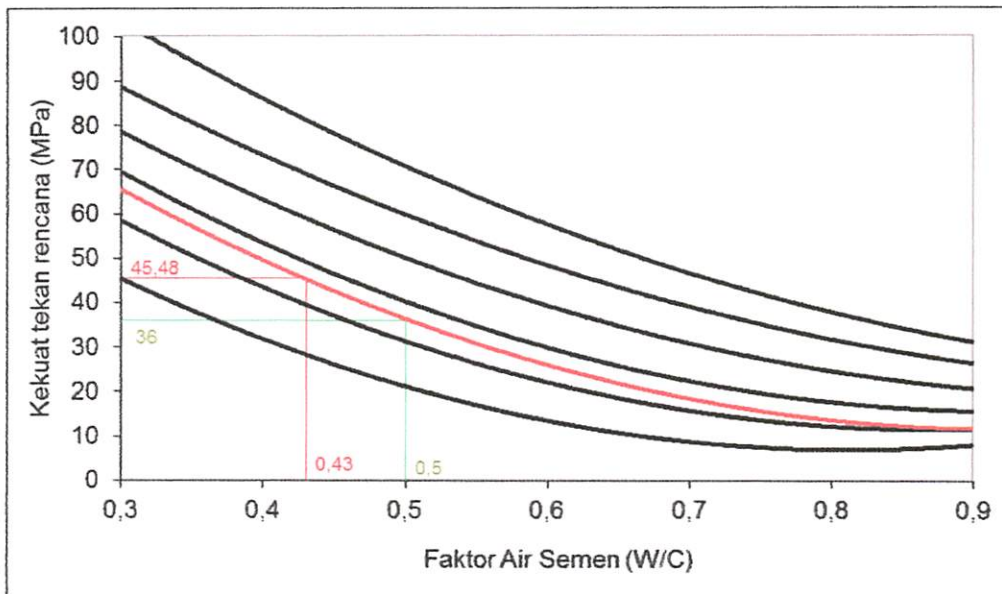
Jenis Agregat halus : Tidak dipecah

5. Faktor air semen (W/C) :

Tabel 4.7. Perkiraan Kekuatan Tekan Beton Dengan Faktor Air Semen (w/c) = 0,5

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

Sumber : Pedoman praktikum Teknologi Bahan Konstruksi



Grafik 4.4. : Kurva Hubungan Kekuatan Tekan W/C

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

Dilengkapi Penjelasan (S-2002)

$$\frac{w}{c} \text{ rasio rencana} = 0,43$$

Dari pembacaan table diatas didapat W/C = 0,43

6. Faktor air semen maksimum :

Tabel 4.8 : Jumlah Semen Minimum Untuk Kondisi Terekspos

Kondisi Ekspos	Selimut beton (mm)							
				25	20	20	20	20
Ringan				25	20	20	20	20
Sedang				-	35	30	25	20
Buruk				-	-	40	30	25
Sangat buruk				-	-	50	40	30
Ekstrim				-	-	-	60	50
W/C maksimum	0,75	0,73	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
Jumlah semen minimum (kg/m ³)	225	232	250	275	300	325	350	400
Kekuatan minimum (MPa)	20	22,5	25	30	35	40	45	50

Sumber : Buku Teknologi Beton, Paul Nugraha

Karena mutu yang di tentukan 35 MPa pembacaan pada tabel diambil w/c minimum pada tabel yaitu = 0,60

7. Faktor air semen yang digunakan pada perencanaan :

terkecil antara Faktor air semen (W/C) (Poin 5) dan Faktor air semen maksimum (Poin 6) adalah 0,43

Slump rencana = 60 – 180 mm

9. Dilihat dari grafik saringan agregat kasar (masuk dalam ukuran 4,8 mm sampai 38,1 mm \approx 40 mm).

10. Kadar air bebas :

Tabel 4.9 : Perkiraan Jumlah Air Bebas Yang Diperlukan Untuk Memberikan Tingkat Workability Tertentu

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

Sumber : Buku Teknologi Beton, Paul Nugraha

Menentukan kadar air bebas dengan melihat tabel 4.9 pada ukuran maksimum agregat 20 mm pada slump 60 - 180 dengan jenis agregat yang di pecah terdapat nilai kadar air bebas $= (2/3) \times 205 + (1/3) \times 175 = 195$ mm

$$\begin{aligned}
 11. \text{ Pemakaian jumlah semen} &= \frac{\text{Kadar Air bebas}}{\text{FAS(rencana)}} \\
 &= \frac{195}{0,43} = 453,49 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

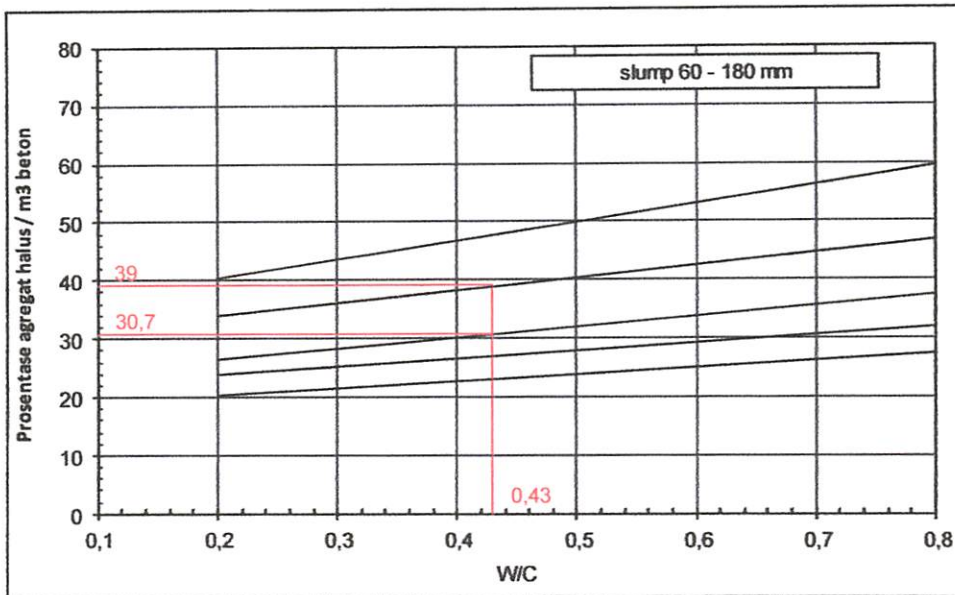
12. Jumlah semen minimum :

Jumlah semen minimum dilihat pada Tabel 4.8 dengan w/c maksimum 0.60 diperoleh jumlah semen minimum 300 mm.

13. Jumlah semen yang digunakan pada perencanaan :

adalah nilai terbesar antara jumlah pemakaian semen minimum (Poin 11) dengan jumlah semen minimum (Poin 12), yaitu 453,49 kg/m³.

14. Proporsi agregat Halus dengan slump 60 - 180 mm.



Grafik 4.5. : Penentuan Prosentase Agregat Halus Untuk Diameter Maksimum 40 mm (Sumber : SNI 03-2847-2002)

$$\text{Jumlah Proporsi agregat halus} = \frac{30,7\% + 39\%}{2} = 34,85\%$$

15. *Proporsi agregat kasar* = $100\% - 34,80\% = 65,15\%$

16. *Dari data pemeriksaan bahan maka di dapat berat jenis agregat halus (SSD) :*
2,750

17. *Dari data pemeriksaan bahan maka di dapat berat jenis agregat kasar (SSD) :*
2,734

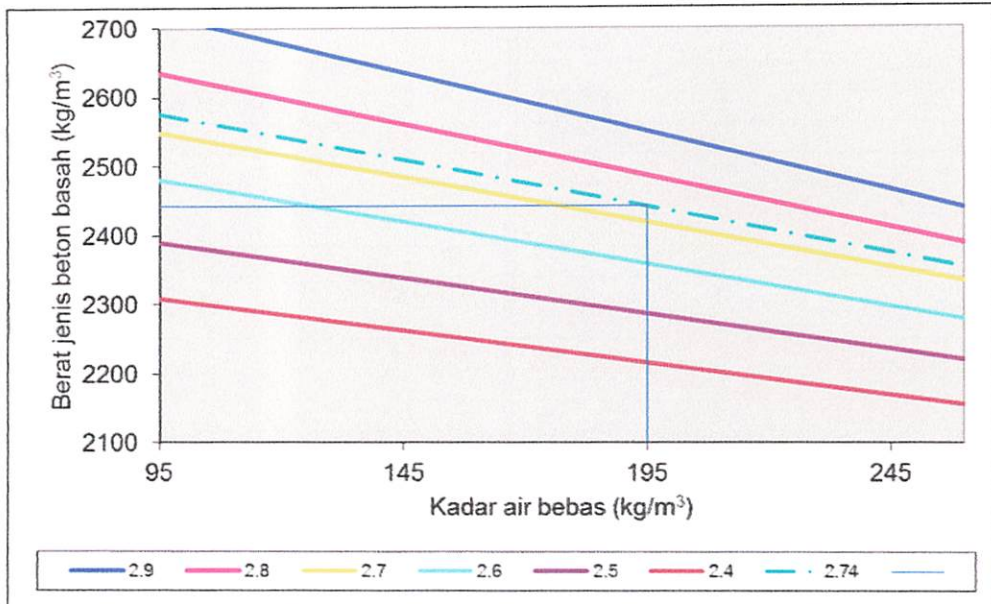
18. *Berat jenis agregat gabungan :*

$$= \text{Proporsi agregat halus (Poin 14)} \times \text{berat jenis agregat halus (SSD) (Poin 16)} + \text{Proporsi agregat kasar (Poin 15)} \times \text{berat jenis agregat kasar (SSD) (Poin 17)} / 100 \%$$

$$= ((34,85) \cdot (2,750) + (65,15) \cdot (2,734)) / 100$$

$$= 2,74$$

19. Berat isi beton basah dapat di lihat pada gambar 4.10 didapat 2442 kg/m^3



Grafik 4.6. : Perkiraan berat jenis beton segar

20. Total jumlah agregat :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Berat jenis beton basah (Poin 19)} - \text{Kadar air bebas (Poin 10)} - \text{jumlah} \\
 &\quad \text{semen yang di rencanakan (Poin 13)} \\
 &= (2442) - (195) - (453,49) = 1793,51 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

21. Jumlah agregat halus :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Proporsi agregat halus (Poin 14)} \times \text{jumlah total agregat (Poin 20)}}{100} \\
 &= \frac{34,85 \times 1793,51}{100} \\
 &= 625,04 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

22. Jumlah agregat kasar :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Proporsi agregat kasar (Poin 15)} \times \text{jumlah total agregat (Poin 20)}}{100} \\
 &= \frac{65,15 \times 1793,51}{100} \\
 &= 1168,47 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

23. Kadar air agregat halus (asli) :

sesuai dengan tabel pemeriksaan maka didapat = 10,79 %

24. Kadar air agregat kasar (asli) :

sesuai dengan tabel pemeriksaan maka didapat = 1,14 %

25. Kadar air agregat halus (SSD) :

sesuai dengan pemeriksaan tabel maka didapat = 0,50 %

26. Kadar air Agregat kasar (SSD) :

sesuai dengan pemeriksaan tabel maka didapat = 1,30 %

27. Kelebihan air dalam agregat halus :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Kadar air SSD agregat halus} - \text{Kadar air agregat halus asli} \\
 &= 0,50 - 10,79 = - 10,29 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

28. Kelebihan air dalam agregat kasar :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Kadar air SSD agregat kasar} - \text{Kadar air agregat kasar asli} \\
 &= 1,30 - 1,14 = 0,16 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

29. Jumlah agregat halus :

$$\begin{aligned}
 &= \{ [100 + \text{Kadar air agregat halus (asli) (Poin 23)}] / [100 + \text{Kadar air} \\
 &\quad \text{agregat halus (SSD) (Poin 25)}] \times \text{Jumlah agregat halus (Poin 21)} \}
 \end{aligned}$$

$$= \{[100 + (10,79)] / [100 + (0,50)] \times (625,04)\} = 689,04 \text{ kg/m}^3$$

30. Jumlah agregat kasar :

$$= \{[100 + \text{Kadar air agregat kasar (asli) (Poin 23)}] / [100 + \text{Kadar air agregat kasar (SSD) (Poin 26)}] \times \text{Jumlah agregat kasar (Poin 22)}\}$$

$$= \{[100 + (1,14)] / [100 + (1,30)] \times (1168,47)\} = 1166,64 \text{ kg/m}^3$$

31. Jumlah air :

$$= \text{Kadar air bebas (Poin 10)} + \text{Kelebihan air dalam agregat halus (Poin 27)}$$

$$+ \text{Kelebihan air dalam Agregat kasar (Poin 28)}$$

$$= 195 + (-10,29) + 0,16 = 184,87 \text{ kg/m}^3$$

Dari perhitungan di atas maka di dapat komposisi sebagai berikut :

- 453,49 kg/m³ untuk semen (Poin 13)
- 689,04 kg/m³ untuk agregat halus (Poin 29)
- 1166,64 kg/m³ untuk jumlah agregat kasar (Poin 30)
- 184,87 kg/m³ untuk jumlah kadar air (Poin 31)

Tabel 4.10 : Komposisi Akhir Campuran Beton Kondisi Lapangan

Komposisi akhir campuran beton kondisi lapangan				
Jumlah	Semen (kg)	Agregat halus (kg)	Agregat kasar (kg)	Air (kg)
Per m ³	453,49	689,04	1166,64	184,87
Perbandingan berat	1	1,52	2,57	0,41

Sumber : Data Hasil Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Menghitung Nilai Kuat Tekan Riil Tiap Umur Pengujian

Mengacu pada komposisi campuran beton yang tertuang dalam BAB IV, kemudian dilaksanakan pembuatan benda uji beton dengan alat mixer/molen untuk tiap-tiap mutu campuran dengan jumlah benda uji yang telah ditentukan.

Benda uji beton tersebut kemudian direndam di dalam kolam sebagai perawatan (curing) untuk meminimalisir panas hidrasi yang ditimbulkan oleh reaksi kimia antara semen dengan air adukan beton.

Perawatan benda uji ini dilaksanakan sesuai umur, minimum 2 hari (untuk pengujian beton umur 3 hari) dan maksimum 27 hari (untuk pengujian beton umur 28 hari).

Benda uji beton diuji tiap umur tiap variasi mutu sebanyak masing-masing 4 buah benda uji. Benda uji ini diberikan perlakuan tekan untuk mendapatkan kuat tekan maksimum (kuat tekan hancur) dalam alat compression testing machine. Hasil dari pengujian ini adalah tekanan = beban = pressure = P yang dinyatakan dalam satuan Newton (N).

Contoh perhitungan kekuatan tekan riil :

Pengujian benda uji beton dengan menggunakan semen Gresik pada mutu $f'c$ 20 MPa pada umur 3 hari.

$$P = 180 \text{ KN} \rightarrow 180000 \text{ N}$$

$$f_{ci} = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{180000}{17662,5}$$

$$= 10,19 \text{ MPa}$$

Dimana :

A = Luas permukaan penampang tekan

P = beban = pembacaan alat (N)

f_{ci} = kuat tekan benda uji ke-i

Dengan cara yang sama, dilakukan perhitungan kuat tekan untuk semua sampel pada semua variasi. Berikut ini adalah tabel kuat tekan untuk semua sampel.

Tabel 5.1. Nilai Kuat Tekan Riil untuk Semua Sampel mutu $f'c$ 20 MPa

No.	Variasi Mutu	Kuat Tekan Riil (MPa)				
		3	7	14	21	28
1	f'c 20	10,19	13,31	14,76	18,68	20,38
2		10,76	13,02	16,42	18,68	19,25
3		9,34	13,31	16,70	18,97	19,25
4		10,19	13,02	16,99	18,40	20,10

Tabel 5.2. Nilai Kuat Tekan Riil untuk Semua Sampel mutu $f'c$ 35 MPa

No.	Variasi Mutu	Kuat Tekan Riil (MPa)				
		3	7	14	21	28
1	f'c 35	14,72	18,40	24,91	26,33	29,72
2		15,29	18,40	22,65	27,18	30,57
3		14,15	18,68	24,91	28,31	29,44
4		15,57	18,97	24,63	28,03	30,29

5.2. Pengujian Interval Kepercayaan

Data-data kuat tekan yang telah dikumpulkan kemudian diuji dengan pengujian interval kepercayaan, dimana tujuannya adalah untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan (*Sudjana, 2002; 496*).

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

Dibawah ini adalah contoh pengujian interval kepercayaan untuk kuat tekan beton pada umur 3 hari pada mutu $f'c$ 20 MPa.

Tabel 5.3. Data Pengujian Kuat Tekan Umur 3 Hari Pada Mutu $f'c$ 20 MPa

No	Kuat Tekan (MPa)
1	10,19
2	10,76
3	9,34
4	10,19

Dari data kuat tekan pada tabel di atas kemudian dicari nilai :

- $X = 10,12 \text{ MPa}$

- $$S = \sqrt{\frac{((10,19 - 10,12)^2 + (10,76 - 10,12)^2 + (9,34 - 10,12)^2 + (10,19 - 10,12)^2)}{4 - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{1,02}{3}} = 0,58$$

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

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

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

Dimana : X = Nilai rata-rata
 S = Standar deviasi
 P = Persentil
 n = Jumlah benda uji
 $t_{0,975}$ = nilai t pada persentil 0,975

Maka interval kepercayaannya adalah :

$$\begin{aligned}
 &= x - \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left(t_{0,975} x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) \\
 &= 10,12 - \left(3,182 x \frac{0,58}{\sqrt{4}} \right) < \mu < 10,12 + \left(3,182 x \frac{0,58}{\sqrt{4}} \right) \\
 &= 10,12 - 0,922 < \mu < 10,12 + 0,922 \\
 &= 9,192 < \mu < 11,049
 \end{aligned}$$

Jadi, sesuai dengan range interval kepercayaan untuk kuat tekan di atas, maka data kuat tekan pada penggunaan semen Gresik pada umur 3 hari yang tidak memenuhi syarat berjumlah 0 buah. Jadi semua data dapat digunakan untuk analisa lebih lanjut.

Tabel 5.4. Data Pengujian Kuat Tekan Umur 3 Hari Pada Mutu f'_c 20 MPa setelah dilakukan pengujian interval kepercayaan

No	Kuat Tekan (MPa)
1	10,19
2	10,76
3	9,34
4	10,19

Dengan cara yang serupa kita dapat mencari interval kepercayaan untuk semua parameter dengan variasi umur beton yang berbeda pada setiap mutu. Di bawah ini adalah tabel interval kepercayaan untuk semua perhitungan.

Tabel 5.5. Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton f'c 20 MPa

Umur pengujian	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan
3	10,12	0,58	0,975	3	3,182	9,192 < μ < 11,049
7	13,16	0,16	0,975	3	3,182	12,235 < μ < 13,424
14	16,21	1,02	0,975	3	3,182	15,278 < μ < 17,825
21	18,68	0,23	0,975	3	3,182	17,755 < μ < 19,051
28	19,75	0,58	0,975	3	3,182	18,817 < μ < 20,674

Tabel 5.6. Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton f'c 35 MPa

Umur pengujian	X	S	P	dk	$t_{0,975}$	Interval Kepercayaan
3	14,93	0,63	0,975	3	3,182	13,934 < μ < 15,931
7	18,61	0,27	0,975	3	3,182	17,614 < μ < 19,044
14	24,27	1,09	0,975	3	3,182	23,276 < μ < 26,014
21	27,46	0,90	0,975	3	3,182	26,461 < μ < 28,884
28	30,01	0,52	0,975	3	3,182	29,008 < μ < 30,829

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

5.3. Mencari Nilai Faktor Umur untuk Semen Gresik jenis PPC

Setelah dilakukan uji interval kepercayaan, maka data yang telah lolos uji dijadikan bahan untuk menentukan faktor umur pada beton menggunakan semen Gresik.

Dalam hal ini nilai kuat tekan beton sempurna digunakan kuat tekan pada umur 28 hari = 100%. Jadi kuat tekan pada umur 3, 7, 14, dan 21 hari

dibandingkan dengan kuat tekan beton umur 28 hari. Berikut ini adalah cara mencari nilai faktor umur pada beton mutu $f'c$ 20 dengan menggunakan semen Gresik.

Tabel 5.7. Nilai Kuat Tekan Riil mutu $f'c$ 20 MPa

No.	Variasi Mutu	Kuat Tekan Riil (MPa)				
		3	7	14	21	28
1	$f'c$ 20	10,19	13,31	-	18,68	20,38
2		10,76	13,02	16,42	18,68	19,25
3		9,34	13,31	16,70	18,97	19,25
4		10,19	13,02	16,99	18,40	20,10
Rata-rata		10,12	13,16	16,70	18,68	19,75

- Faktor umur 3 hari = $\frac{\text{rata - rata kuat tekan 3 hari}}{\text{rata - rata kuat tekan 28 hari}}$

$$= \frac{10,12}{19,75}$$

$$= 0,51$$

- Faktor umur 7 hari = $\frac{\text{rata - rata kuat tekan 7 hari}}{\text{rata - rata kuat tekan 28 hari}}$

$$= \frac{13,16}{19,75}$$

$$= 0,66$$

- Faktor umur 14 hari = $\frac{\text{rata - rata kuat tekan 14 hari}}{\text{rata - rata kuat tekan 28 hari}}$

$$= \frac{16,70}{19,75}$$

$$= 0,84$$

- Faktor umur 21 hari = $\frac{\text{rata - rata kuat tekan 21 hari}}{\text{rata - rata kuat tekan 28 hari}}$
 $= \frac{18,68}{19,75}$
 $= 0,94$
- Faktor umur 28 hari = $\frac{\text{rata - rata kuat tekan 28 hari}}{\text{rata - rata kuat tekan 28 hari}}$
 $= \frac{19,75}{19,75}$
 $= 1$

Dari perhitungan di atas dapat ditabelkan nilai faktor umur untuk beton mutu f'c 20 dengan menggunakan semen Gresik jenis PPC.

Tabel 5.8. Nilai faktor umur untuk beton mutu f'c 20 dengan menggunakan semen Gresik

Umur Beton	Faktor Umur
3	0,51
7	0,67
14	0,85
21	0,95
28	1,000

Dengan cara yang sama dapat dicari nilai faktor umur untuk beton mutu f'c 35 dengan menggunakan semen Gresik jenis PPC.

Tabel 5.9. Nilai faktor umur untuk beton mutu f'c 35 dengan menggunakan semen Gresik jenis PPC

Umur Beton	Faktor Umur
3	0,49
7	0,62
14	0,82
21	0,92
28	1,000

5.4 Analisis Regresi

Data faktor umur yang telah didapat pada sub bab di atas dicari hubungan umur pengujian beton dengan faktor umurnya.

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

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

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

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

Sebagai contoh, di bawah ini diambil data faktor umur untuk beton mutu f'c 20 dengan menggunakan semen Gresik untuk diuji dengan regresi.

Dalam penelitian ini, nilai X adalah umur pengujian beton dan nilai Y adalah faktor umur beton.

Tabel 5.10. Daftar Nilai Yang Perlu Untuk Menentukan Regresi pada mutu f'c 20 MPa

No	X	Y	Y ²	X ²	X ³	X ⁴	XY	X ² Y
1	3	0,513	0,263	9	27	81	1,539	4,617
2	7	0,667	0,445	49	343	2401	4,669	32,683
3	14	0,846	0,716	196	2744	38416	11,844	165,816
4	21	0,946	0,895	441	9261	194481	19,866	417,186
5	28	1,000	1,000	784	21952	614656	28	784
Total	73	3,972	3,319	1479	34327	850035	65,918	1404,302

Dari tabel 5.8. maka didapat persamaan :

$$3,972 = 5a + 73b + 1479c$$

$$65,981 = 73a + 1479b + 34327c$$

$$1404,302 = 1479a + 34327b + 850035c$$

Dari ketiga persamaan didapat :

$$a = 0,3995888$$

$$b = 0,0420519$$

$$c = -0,0007413$$

Maka persamaannya adalah :

$$\hat{Y} = -741 \times 10^{-6} x^2 + 420 \times 10^{-4} x + 399 \times 10^{-3}$$

Mencari koefisien determinasi (R²) :

$$\begin{aligned} JK(b|a) &= \left(b \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right) + \left(c \left\{ \sum X^2 Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right) \\ &= \left(0,0420519 \left\{ 65,918 - \frac{73 \times 3,972}{5} \right\} \right) + \left(-0,0007413 \left\{ 1404,302 - \frac{1479 \times 3,972}{5} \right\} \right) \\ &= 0,3333377 - 0,01700474 \\ &= 0,1632903 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 JK(E) &= \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \\
 &= 3,319 - \left(\frac{(3,972)^2}{5} \right) \\
 &= 0,1633332 \\
 R^2 &= \frac{JK(b|a)}{JK(E)} \\
 &= \frac{0,1692643}{0,1730152} \\
 &= 0,999737
 \end{aligned}$$

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan kadar aspal dengan stabilitas menghasilkan persamaan: $\hat{Y} = -741 \times 10^{-6} x^2 + 420 \times 10^{-4} + 399 \times 10^{-3}$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,999. Hal ini berarti bahwa 99,9% perubahan nilai Faktor Umur dipengaruhi oleh umur pengujian sedangkan sisanya dipengaruhi oleh hal yang lain.

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

Berikut ini adalah tabel perhitungan regresi kuadratik hubungan antara umur pengujian dengan faktor umur pada beton mutu f'c 20MPa dan f'c 35 MPa menggunakan semen Gresik dengan software MS Excel XP.

Tabel 5.11. Hasil analisis regresi hubungan antara umur pengujian dengan faktor umur pada beton mutu f'c 20 MPa dan f'c 35 MPa menggunakan semen Gresik jenis PPC

Mutu	Persamaan	R^2
f'c 20	$\hat{Y} = -741 \times 10^{-6} x^2 + 420 \times 10^{-4} + 399 \times 10^{-3}$	998×10^{-3}
f'c 35	$\hat{Y} = -640 \times 10^{-6} x^2 + 399 \times 10^{-4} + 380 \times 10^{-3}$	998×10^{-3}

Dari persamaan pada tabel 5.9 dapat diprediksi faktor umur secara keseluruhan dengan cara memasukkan umur pengujian (sebagai nilai x) secara lengkap.

Tabel 5.12. Hasil prediksi faktor umur beton mutu f_c 20 MPa dan f_c 35 MPa untuk semua umur pengujian

Umur	Faktor Umur	
	f_c 20	f_c 35
3	0,52	0,49
4	0,56	0,53
5	0,59	0,56
6	0,63	0,60
7	0,66	0,63
8	0,69	0,66
9	0,72	0,69
10	0,75	0,72
11	0,77	0,74
12	0,80	0,77
13	0,82	0,79
14	0,84	0,81
15	0,86	0,84
16	0,88	0,86
17	0,90	0,87
18	0,92	0,89
19	0,93	0,91
20	0,94	0,92
21	0,96	0,94
22	0,97	0,95
23	0,97	0,96
24	0,98	0,97
25	0,99	0,98
26	0,99	0,99
27	0,99	0,99
28	1,00	1,00

5.4. Pengujian Hipotesis

Untuk menguji hipotesis penelitian yang ada pada bab I, maka dilakukan uji **Analisa Varian Satu Arah** untuk melihat apakah ada perbedaan nilai faktor umur pada penggunaan semen Gresik jenis PPC dengan faktor umur semen tipe 1 jenis OPC.

Sebagai contoh, di bawah ini adalah contoh perhitungan analisa varian satu arah faktor umur beton $f'c$ 20 MPa menggunakan semen Gresik jenis PPC dengan faktor umur semen tipe 1 jenis OPC.

5.5.1 Pengujian Hipotesis Faktor Umur Semen Gresik jenis PPC dengan semen Tipe 1 (OPC)

Tabel 5.13. Data Faktor Umur $f'c$ 20 MPa menggunakan semen Gresik jenis PPC dengan faktor umur semen tipe 1 jenis OPC

Variasi	Gresik	Tipe I OPC	Jumlah
Faktor Umur	0,52	0,40	0,92
	0,56	0,46	1,02
	0,59	0,53	1,12
	0,63	0,59	1,21
	0,66	0,65	1,31
	0,69	0,68	1,37
	0,72	0,72	1,43
	0,75	0,75	1,49
	0,77	0,78	1,55
	0,80	0,81	1,61
	0,82	0,85	1,67
	0,84	0,88	1,72
	0,86	0,89	1,75
	0,88	0,90	1,78
	0,90	0,91	1,81
	0,92	0,92	1,84
	0,93	0,93	1,86
	0,94	0,94	1,88
	0,96	0,95	1,91
	0,97	0,96	1,92
0,97	0,96	1,94	
0,98	0,97	1,95	
0,99	0,98	1,97	
0,99	0,99	1,98	
0,99	0,99	1,99	
1,00	1,00	2,00	
Jumlah	21,62	21,39	43,01
Banyak Pengamatan	26	26	52
Rata-rata	0,83	0,82	0,83

Selanjutnya diperlukan :

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

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

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

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

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

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

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

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

keterangan :

Y = Data-data pengamatan

n = Banyak pengamatan

J = Jumlah dari data-data pengamatan

k = Variasi perlakuan

dari tabel 5.8 di atas selanjutnya dihitung :

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

$$\begin{aligned} \Sigma Y^2 &= (0,52)^2 + (0,56)^2 + (0,59)^2 + \dots + (0,98)^2 + (0,99)^2 + (1,00)^2 \\ &= 36,90 \end{aligned}$$

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

$$R_y = \frac{43,01^2}{52} = \frac{1849,638}{52} = 35,57$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$P_y = \left(\frac{21,62^2}{26} + \frac{21,39^2}{26} \right) - 35,57$$

$$= 35,571 - 35,570 = 0,001$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = 36,90 - 35,57 - 0,001 = 1,33$$

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

Tabel 5.14. Tabel Analisa Varian untuk faktor umur beton dengan menggunakan semen Gresik jenis PPC pada mutu $f'c$ 20 MPa

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata-rata	1	36,90	36,90
Antar perlakuan	1	0,001	0,001
Dalam Perlakuan	50	1,33	0,027
Jumlah	52		

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

$$F_{\text{hitung}} = \frac{0,001}{0,027} = 0,040$$

Dalam tabel I pada buku *Metoda Statistika (Sudjana,2002; 496)*, nilai $F_{\text{tabel}}(0.05 ; 1 ; 50) = 4,03$. Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 0,040 < F_{\text{tabel}} = 4,03$. Dengan demikian H_a ditolak dan H_o diterima, yang berarti bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan antara faktor umur beton menggunakan semen Gresik jenis PPC pada mutu $f'c$ 20 MPa dengan faktor umur semen tipe 1 jenis (OPC).

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

Tabel 5.15. Analisa statistik untuk seluruh pengamatan

No	Parameter	F_{hitung}	F_{tabel}	Ha	Ho
1	Faktor umur f'c 20	0,04	4,03	ditolak	diterima
2	Faktor umur f'c 35	0,07	4,03	ditolak	diterima

5.5.2 Pengujian Hipotesis Faktor Umur Semen Gresik jenis PPC dengan semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC

Setelah menguji hipotesis faktor umur perbedaan Semen Gresik jenis PPC dengan semen tipe 1 jenis (OPC), selanjutnya diuji hipotesis faktor umur perbedaan semen Gresik dengan semen yang lain (Tiga Roda jenis PCC, Holcim jenis PCC, Bosowa jenis PCC).

Tabel 5.16. Data Faktor Umur f'c 20 MPa menggunakan semen Gresik jenis PCC dengan Penggunaan Semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan Bosowa jenis PCC

Variasi	Gresik	Tiga Roda	Holcim	Bosowa	Jumlah
Faktor Umur	0,52	0,47	0,46	0,43	1,88
	0,56	0,52	0,49	0,47	2,04
	0,59	0,56	0,52	0,51	2,19
	0,63	0,61	0,55	0,55	2,34
	0,66	0,65	0,58	0,59	2,47
	0,69	0,68	0,61	0,63	2,61
	0,72	0,72	0,63	0,67	2,74
	0,75	0,75	0,66	0,70	2,85
	0,77	0,78	0,68	0,73	2,97
	0,80	0,81	0,71	0,76	3,08
	0,82	0,84	0,73	0,79	3,18
	0,84	0,86	0,76	0,82	3,28
	0,86	0,89	0,78	0,84	3,37
	0,88	0,91	0,80	0,87	3,45
	0,90	0,93	0,82	0,89	3,53
	0,92	0,94	0,84	0,91	3,61
	0,93	0,96	0,86	0,92	3,67
	0,94	0,97	0,88	0,94	3,73
	0,96	0,98	0,90	0,95	3,79
	0,97	0,99	0,91	0,97	3,83
	0,97	1,00	0,93	0,98	3,88
	0,98	1,00	0,95	0,99	3,91
	0,99	1,00	0,96	0,99	3,95
0,99	1,00	0,98	1,00	3,97	
0,99	1,00	0,99	1,00	3,99	
1,00	0,99	1,01	1,01	4,00	
Jumlah	21,62	21,80	19,98	20,90	84,31
Banyak Pengamatan	26	26	26	26	104
Rata-rata	0,83	0,84	0,77	0,80	3,24

Selanjutnya diperlukan :

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

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

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

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

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

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

- Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

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

keterangan :

Y = Data-data pengamatan

n = Banyak pengamatan

J = Jumlah dari data-data pengamatan

k = Variasi perlakuan

dari tabel 5.8 di atas selanjutnya dihitung :

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

$$\begin{aligned} \Sigma Y^2 &= (0,52)^2 + (0,56)^2 + (0,59)^2 + \dots + (1,00^2) + (1,00^2) + (1,01^2) \\ &= 71,22 \end{aligned}$$

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

$$R_y = \frac{84,31^2}{104} = \frac{7107,40}{104} = 68,34$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) antar perlakuan :

$$P_y = \left(\frac{21,62^2}{26} + \frac{21,80^2}{26} + \frac{19,98^2}{26} + \frac{20,90^2}{26} \right) - 68,34$$

$$= 68,42 - 68,34 = 0,08$$

➤ Jumlah kuadrat-kuadrat (JK) dalam eksperimen :

$$E_y = 71,22 - 68,34 - 0,08 = 2,80$$

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

Tabel 5.17. Tabel Analisa Varian untuk faktor umur beton menggunakan semen Gresik jenis PPC dengan Penggunaan Semen Holcim jenis PCC, semen Tiga Roda jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC f'c 20 MPa

Sumber Variasi	dk	JK	KT
Rata-rata	1	71,22	71,22
Antar perlakuan	3	0,08	0,026
Dalam Perlakuan	100	2,80	0,028
Jumlah	104		

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

$$F_{\text{hitung}} = \frac{0,026}{0,028} = 0,936$$

Dalam tabel I pada buku *Metoda Statistika (Sudjana, 2002; 496)*, nilai $F_{\text{tabel}}(0.05 ; 1 ; 100) = 2,69$. Jadi nilai $F_{\text{hitung}} = 0,936 < F_{\text{tabel}} = 2,69$. Dengan demikian H_a ditolak dan H_o diterima, yang berarti bahwa terdapat perbedaan secara signifikan antara faktor umur beton menggunakan semen Gresik dengan penggunaan semen yang lain pada mutu f'c 20 MPa.

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

Tabel 5.18. Hasil Analisa Statistik Perbedaan Semen Gresik jenis PPC dengan semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC

No	Parameter	F _{hitung}	F _{tabel}	Ha	Ho
1	Faktor umur Mutu f'c 20	0,936	2,696	ditolak	diterima
2	Faktor umur Mutu f'c 35	1,133	2,696	ditolak	diterima

5.6 Distribusi t atau Uji t

5.6.1. Perbedaan Masing masing Umur Beton pada Penggunaan semen Gresik jenis PPC dengan semen tipe 1 OPC

Dari pengujian distribusi t, dapat dilihat perbedaan faktor umur beton pada masing masing umur pengujian.

Berikut ini adalah contoh perhitungan untuk faktor umur 3 hari :

$$t_h = \frac{x - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

dimana :

- t_h = Nilai t dihitung
- x = Rata-rata Sampel
- μ₀ = Faktor umur Semen OPC (3 hari)
- s = Standart Deviasi Sample
- n = Jumlah Sampel

Tabel 5.19. Tabel nilai yang perlu untuk mencari nilai t hitung pada umur perbandingan 3 hari

No	Faktor Umur Semen Gresik jenis PPC	Faktor Umur Semen Tipe 1 OPC
1	0,52	0,40
2	0,54	
3	0,47	
4	0,52	
Rata-rata	0,51	

$$\begin{aligned}
 t_h &= \frac{x - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \\
 &= \frac{0,51 - 0,40}{\frac{0,05}{\sqrt{4}}} \\
 &= \frac{0,11}{0,05} \\
 &= 7,61
 \end{aligned}$$

Dalam tabel Statistika distribusi t, nilai $t_{tabel} (0.05 ; 6) = 1,94$. Jadi nilai $t_{hitung} = 7,61 > T_{tabel} = 1,94$. Dengan demikian H_a diterima dan H_o ditolak, yang berarti bahwa terdapat perbedaan secara signifikan antara faktor umur 3 hari beton menggunakan semen Gresik jenis PPC dengan faktor umur semen tipe 1 OPC pada mutu $f'c$ 20 Mpa.

Perhitungan t hitung ini dapat juga dilakukan dengan bantuan software Microsoft Excel XP, dan hasil dari perhitungan tersebut selengkapnya ditabelkan seperti di bawah ini.

Tabel 5.20. Hasil Analisa Perhitungan t Hitung pada Penggunaan semen Gresik jenis PPC dengan semen Tipe 1 OPC

Mutu	Umur (hari)	T_{hitung}	T_{tabel}	H_a	H₀
f'c 20	3	7,61	1,94	diterima	ditolak
	7	4,02	1,94	diterima	ditolak
	14	2,29	1,94	diterima	ditolak
	21	0,64	1,94	ditolak	diterima
	28	0	1,94	ditolak	diterima
f'c 35	3	9,33	1,94	diterima	ditolak
	7	6,58	1,94	diterima	ditolak
	14	3,89	1,94	diterima	ditolak
	21	2,34	1,94	diterima	ditolak
	28	0	1,94	ditolak	diterima

5.6.2 Perbedaan Masing masing Umur Beton pada Penggunaan semen Gresik jenis PPC dengan Semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC

Dengan cara yang sama dengan sub bab di atas, dilakukan uji t perbedaan faktor umur pada masing-masing umur pengujian antara semen Gresik jenis PPC dengan Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC, dan semen Bosowa jenis PCC.

Tabel 5.21. Hasil Analisa Perhitungan t Hitung pada Penggunaan semen Gresik jenis PPC dengan semen Tiga Roda jenis PCC

Mutu	Umur (hari)	T_{hitung}	T_{tabel}	H_a	H_0
f'c 20	3	1,49	1,94	ditolak	diterima
	7	1,11	1,94	ditolak	ditolak
	14	0,29	1,94	ditolak	ditolak
	21	0,74	1,94	ditolak	ditolak
	28	0	1,94	ditolak	diterima
f'c 35	3	2,59	1,94	diterima	ditolak
	7	2,64	1,94	diterima	ditolak
	14	2,15	1,94	diterima	ditolak
	21	1,17	1,94	ditolak	diterima
	28	0	1,94	ditolak	ditolak

Tabel 5.21. Hasil Analisa Perhitungan t Hitung pada Penggunaan semen Gresik jenis PPC dengan semen Holcim jenis PCC

Mutu	Umur (hari)	T_{hitung}	T_{tabel}	H_a	H_0
f'c 20	3	2,21	1,94	diterima	ditolak
	7	3,61	1,94	diterima	ditolak
	14	2,52	1,94	diterima	ditolak
	21	2,35	1,94	diterima	ditolak
	28	0	1,94	ditolak	diterima
f'c 35	3	4,46	1,94	diterima	ditolak
	7	0,76	1,94	ditolak	diterima
	14	0,35	1,94	ditolak	diterima
	21	0,18	1,94	ditolak	diterima
	28	0	1,94	ditolak	diterima

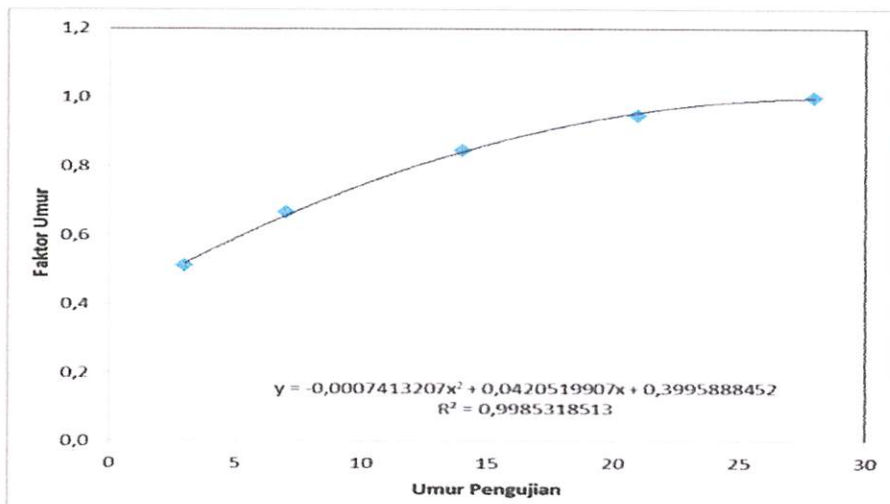
Tabel 5.21. Hasil Analisa Perhitungan t Hitung pada Penggunaan semen Gresik jenis PPC dengan semen Bosowa jenis PCC

Mutu	Umur (hari)	T _{hitung}	T _{tabel}	H _a	H ₀
f'c 20	3	5,41	1,94	diterima	ditolak
	7	3,90	1,94	diterima	ditolak
	14	0,69	1,94	ditolak	diterima
	21	0,52	1,94	ditolak	diterima
	28	0	1,94	ditolak	diterima
f'c 35	3	2,82	1,94	diterima	ditolak
	7	3,10	1,94	diterima	ditolak
	14	4,65	1,94	diterima	ditolak
	21	2,57	1,94	diterima	ditolak
	28	0	1,94	diterima	ditolak

5.7. Pembahasan

Dari pengujian analisis regresi, dapat dilihat *trend* dari grafik yang dihasilkan dari titik-titik yang telah dihubungkan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diulas hal-hal sebagai berikut.

a. Faktor Umur f'c 20 MPa menggunakan semen Gresik jenis PPC



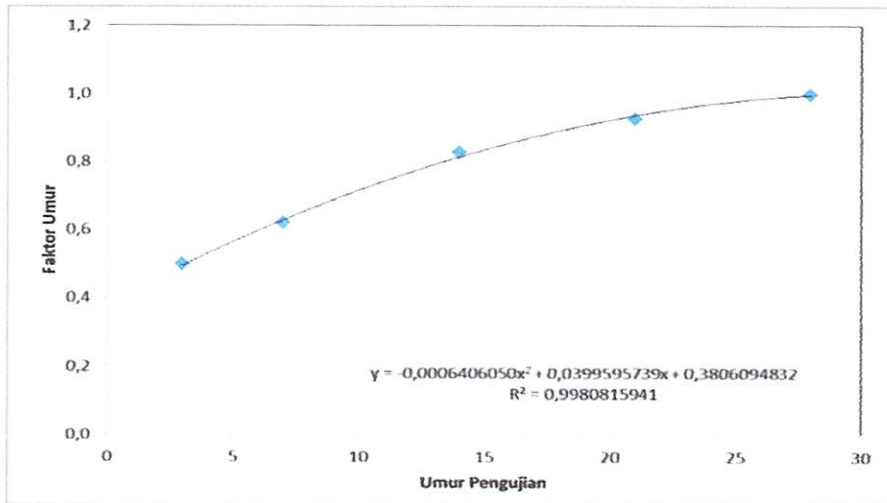
Gambar 5.1. Grafik Hubungan antara Umur Pengujian dengan Faktor Umur beton f'c 20 MPa menggunakan semen Gresik jenis PPC

Terjadi kenaikan nilai faktor umur akibat bertambahnya umur pengujian. Kenaikan nilai faktor umur ini diakibatkan oleh bertambahnya umur pengujian. Semakin bertambahnya umur pengujian maka campuran akan semakin kuat karena proses hidrasi telah sempurna.

Dari uji hipotesis didapatkan $F_{hitung} = 0,040$ yang lebih kecil dari $F_{tabel} = 4,03$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak yang berarti bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan antara faktor umur beton menggunakan semen Gresik pada mutu $f'c$ 20 MPa dengan faktor umur pada semen tipe 1 jenis (OPC).

Sedang berdasarkan analisa regresi maka didapatkan persamaan $\hat{y} = -741 \times 10^{-6} x^2 + 420 \times 10^{-4} + 399 \times 10^{-3}$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 998 \times 10^{-3}$ maka dapat dikatakan bahwa sebanyak 99,8% nilai faktor umur yang dihasilkan dipengaruhi oleh umur pengujian, dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Jadi umur pengujian mempengaruhi nilai faktor umur.

b. Faktor Umur f'c 35 MPa menggunakan semen Gresik jenis PPC



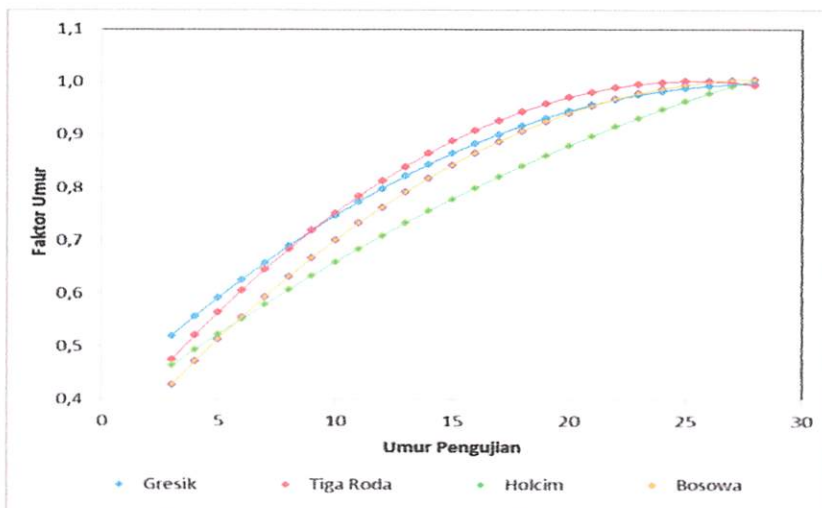
Gambar 5.2. Grafik Hubungan antara Umur Pengujian dengan Faktor Umur beton f'c 35 MPa menggunakan semen Gresik jenis PPC

Terjadi kenaikan nilai faktor umur akibat bertambahnya umur pengujian. Kenaikan nilai faktor umur ini diakibatkan oleh bertambahnya umur pengujian. Semakin bertambahnya umur pengujian maka campuran akan semakin kuat karena proses hidrasi telah sempurna.

Dari uji hipotesis didapatkan $F_{hitung} = 0,073$ yang lebih kecil dari $F_{tabel} = 4,03$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak yang berarti bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan antara faktor umur beton menggunakan semen Gresik pada mutu f'c 35 MPa dengan faktor umur pada semen tipe 1 jenis OPC.

Sedang berdasarkan analisa regresi maka didapatkan persamaan $\hat{y} = -640 \times 10^{-6} x^2 + 399 \times 10^{-4} x + 380 \times 10^{-3}$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 998 \times 10^{-3}$ maka dapat dikatakan bahwa sebanyak 99,8% nilai faktor umur yang dihasilkan dipengaruhi oleh umur pengujian, dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Jadi umur pengujian mempengaruhi nilai faktor umur.

- c. Faktor Umur f'_c 20 MPa menggunakan semen Gresik jenis PPC dan Semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC

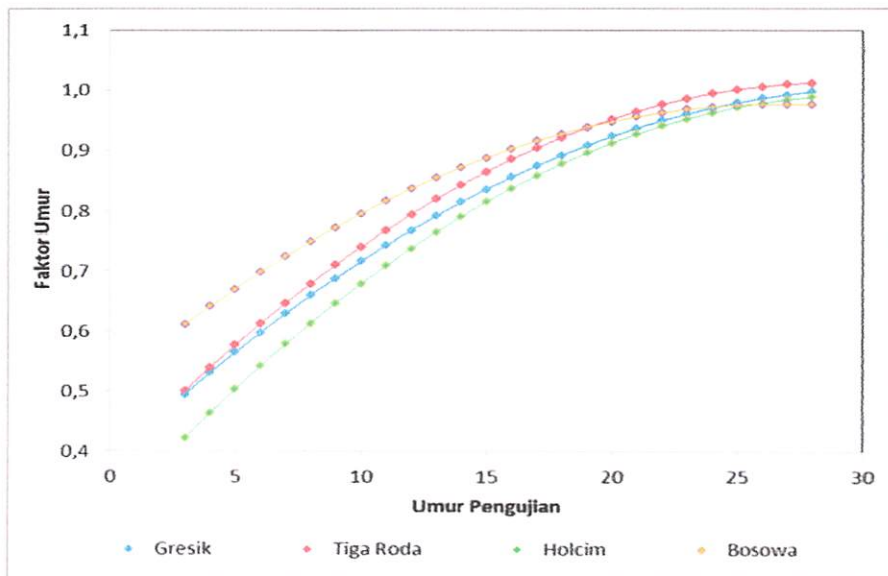


Gambar 5.3. Grafik Hubungan antara Umur Pengujian dengan Faktor Umur beton f'_c 20 MPa menggunakan semen Gresik jenis PPC dengan semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC

Terjadi kenaikan nilai faktor umur akibat bertambahnya umur pengujian. Kenaikan nilai faktor umur ini diakibatkan oleh bertambahnya umur pengujian. Semakin bertambahnya umur pengujian maka campuran akan semakin kuat karena proses hidrasi telah sempurna.

Dari uji hipotesis didapatkan $F_{hitung} = 0,936$ yang lebih kecil dari $F_{tabel} = 2,695$ maka H_a diterima dan H_0 ditolak yang berarti bahwa terdapat perbedaan secara signifikan antara faktor umur beton menggunakan semen Gresik PPC pada mutu f'_c 20 MPa dengan faktor umur yang dihasilkan semen yang lain.

d. Faktor Umur f'_c 35 MPa menggunakan semen Gresik jenis PPC dan semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC



Gambar 5.4. Grafik Hubungan antara Umur Pengujian dengan Faktor Umur beton f'_c 35 MPa menggunakan semen Gresik jenis PPC dengan semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC

Terjadi kenaikan nilai faktor umur akibat bertambahnya umur pengujian. Kenaikan nilai faktor umur ini diakibatkan oleh bertambahnya umur pengujian. Semakin bertambahnya umur pengujian maka campuran akan semakin kuat karena proses hidrasi telah sempurna.

Dari uji hipotesis didapatkan $F_{hitung} = 1,133$ yang lebih kecil dari $F_{tabel} = 2,695$ maka H_a diterima dan H_0 ditolak yang berarti bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan antara faktor umur beton menggunakan semen Gresik pada mutu f'_c 35 MPa dengan faktor umur yang dihasilkan semen yang lain.

5.8. Pembahasan Umum

- a. Secara umum, faktor umur yang dihasilkan dari penggunaan semen Gresik jenis PPC tidak berbeda secara nyata dengan faktor semen tipe 1 (OPC) pada beton mutu $f'c$ 20, dibuktikan melalui uji hipotesis dengan nilai $F_{hitung} = 0,04 < F_{tabel} = 4,03$ dan pada beton mutu $f'c$ 35 dibuktikan melalui uji hipotesis dengan nilai $F_{hitung} = 0,07 < F_{tabel} = 4,03$. Dalam hal ini H_0 diterima dan H_a ditolak.

Tabel 5.21. Nilai faktor umur beton mutu $f'c$ 20 semen Gresik jenis PPC dengan semen Tipe 1 (OPC)

Umur Beton	Faktor Umur Semen Gresik PPC	Faktor Umur Semen Tipe 1 (OPC)	Perbandingan
3	0,52	0,40	0,30%
7	0,66	0,65	1,54%
14	0,84	0,88	-4,55%
21	0,96	0,95	1,05%
28	1,00	1,00	0,00%

Tabel 5.22. Nilai faktor umur beton mutu $f'c$ 35 semen Gresik jenis PPC dengan semen Tipe 1 (OPC)

Umur Beton	Faktor Umur Semen Gresik PPC	Faktor Umur Semen Tipe 1 (OPC)	Perbandingan
3	0,49	0,40	22,50%
7	0,63	0,65	-3,08%
14	0,81	0,88	-7,95%
21	0,94	0,95	-1,05%
28	1,00	1,00	0,00%

- b. Faktor umur yang dihasilkan dari penggunaan semen Gresik jenis PPC tidak berbeda secara nyata dengan faktor umur menggunakan semen lain (Tiga Roda jenis PCC, Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC) pada beton mutu $f'c$ 20 dibuktikan melalui uji hipotesis dengan nilai $F_{hitung} = 0,936 < F_{tabel} = 2,695$ dan pada beton mutu $f'c$ 35 MPa tidak berbeda secara nyata, dibuktikan melalui

uji hipotesis dengan nilai $F_{hitung} = 1,133 < F_{tabel} = 2,695$. Dalam hal ini H_0 diterima dan H_a ditolak.

Tabel 5.23. Nilai faktor umur beton untuk mutu $f'c$ 20 semen Gresik jenis PPC dengan semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC

Umur Beton	Faktor Umur Gresik PPC	Faktor Umur Tiga roda PCC	Faktor Umur Holcim PCC	Faktor Umur Bosowa PCC
3	0,52	0,47	0,46	0,43
7	0,66	0,65	0,58	0,59
14	0,84	0,86	0,76	0,82
21	0,96	0,98	0,90	0,95
28	1,00	0,99	1,01	1,01

Tabel 5.24. Nilai faktor umur beton untuk mutu $f'c$ 35 semen Gresik jenis PPC dengan semen Tiga Roda jenis PCC, semen Holcim jenis PCC dan semen Bosowa jenis PCC

Umur Beton	Faktor Umur Gresik PPC	Faktor Umur Tiga roda PCC	Faktor Umur Holcim PCC	Faktor Umur Bosowa PCC
3	0,49	0,50	0,42	0,61
7	0,63	0,65	0,58	0,72
14	0,81	0,84	0,74	0,87
21	0,94	0,96	0,93	0,96
28	1,00	1,01	0,99	0,98

- c. Nilai faktor umur yang dihasilkan dari penggunaan semen Gresik tidak berbeda nyata dengan faktor umur semen OPC jika ditinjau dari semua umur pengujian (3, 7, 14, 21, 28 hari). Hal ini dikarenakan range angka faktor umur yang cukup besar yaitu berkisar antara 0,4 sampai 1,01. Namun jika dibandingkan pada masing-masing umur, hasil dari pengujian kebanyakan berbeda nyata. Hal ini dikarenakan range angka faktor umur yang sempit.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari keseluruhan rangkaian penelitian yang telah dilakukan, dapat direkomendasikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Faktor umur yang dihasilkan dari penggunaan semen Gresik tidak berbeda secara nyata / tidak terdapat perbedaan secara signifikan dengan faktor umur Semen tipe I OPC dibuktikan melalui uji hipotesis penelitian bahwa H_a diterima dan H_0 ditolak yang semuanya menghasilkan $F_{hitung} < F_{tabel}$.

Untuk beton mutu $f'c$ 20 Mpa didapatkan $F_{hitung} = 0,040 < F_{tabel} = 4,03$

Untuk beton mutu $f'c$ 35 Mpa didapatkan $F_{hitung} = 0,073 < F_{tabel} = 4,03$

Sedang berdasarkan analisa regresi maka didapatkan persamaan $\hat{Y} = -741 \times 10^{-6} x^2 + 420 \times 10^{-4} + 399 \times 10^{-3}$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 998 \times 10^{-3}$ maka dapat dikatakan bahwa sebanyak 99,8% nilai faktor umur yang dihasilkan dipengaruhi oleh umur pengujian, dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Jadi umur pengujian mempengaruhi nilai faktor umur.

- b. Faktor umur yang dihasilkan dari penggunaan semen Gresik tidak berbeda secara nyata dengan faktor umur yang dihasilkan dari penelitian kelompok kami dengan penggunaan semen lain (Tiga Roda, Holcim dan Bosowa) untuk $f'c$ 20 MPa. Hal ini dibuktikan melalui uji hipotesis penelitian bersama kelompok bahwa H_a diterima dan H_0 ditolak $F_{hitung} < F_{tabel}$ ($0,936 < 4,03$). Sedangkan faktor umur

yang dihasilkan dari penggunaan Semen Gresik tidak berbeda secara nyata dengan faktor umur yang dihasilkan dari penelitian kelompok kami dengan penggunaan semen lain (Tiga Roda, Holcim dan Bosowa) untuk $f'c$ 35 MPa. Hal ini dibuktikan melalui uji hipotesis penelitian bahwa H_a diterima dan H_0 ditolak $F_{hitung} < F_{tabel} (1,133 < 2,696)$.

6.2. Saran

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

1. Agregat merupakan elemen yang rentan oleh perubahan suhu, dan akan menyebabkan setiap parameternya mudah berubah (kadar air, berat jenis, berat isi), dan pada akhirnya mix desain tidak sesuai dengan kondisi lapangan. Oleh karena itu untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan lebih seksama.
2. Sampel pada penelitian ini masing-masing variasi umur pengujian hanya terbatas 4 benda uji. Hal ini dikarenakan kapasitas molen/mixer yang terbatas. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah jumlah sampel sehingga hasil dari penelitian semakin akurat.
3. Dewasa ini untuk memprediksi kekuatan tekan beton mulai digunakan sistem *maturity method*, dimana cara menghitungnya lain dari cara menghitung beton dengan menggunakan faktor umur. Alangkah baiknya jika penelitian selanjutnya menggunakan metode ini untuk memprediksi kekuatan tekan beton pada umur muda.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (1971). ***“Peraturan Beton Bertulang Indonesia”***. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Anonim (1994). ***Stadart Nasional Indonesia “Semen Portland”***.
- Candra Irawan, (2012). ***Studi Penelitian Prediksi Kuat Tekan Beton Berbahan Campuran Fly Ash dengan Perawatan Uap Menggunakan Metode Kematangan, Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.***
- Kartini Jurusan, (2009). ***Studi Penelitian Pengaruh Umur Beton Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Limbah Karbit 5% Dan Fly Ash 5% Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen, Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta***
- Paul Nugraha, (2004). ***“Teknologi Beton”*** Dari Material, Pembuatan, Ke Beton Kinerja Tinggi.
- R. Arianto, (2013). ***Kuat Tekan Beton Dan Waktu Ikat Semen Portland Pozzolan, Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau***
- Supranto. J, (2001), ***Statistik Teori dan Aplikasi***, Edisi ke Enam Jilid Dua, Jakarta : PT. Gelora Aksara Pratama.
- Subakti, Aman (1994). ***Teknologi Beton Dalam Praktek***, Surabaya : Divisi Percetakan, Jurusan Teknik Sipil FTSP, Institut Teknologi Sepuluh November.



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 – 551431 ext. 256 Malang

LAMPIRAN



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

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

**PERKIRAAN FAKTOR UMUR BETON PADA PEMAKAIAN SEMEN GRESIK
UNTUK MUTU f_c 20 MPa DAN f_c 35 MPa**

Nama : Danang Wijanarko
Nim : 10.21.019
Program Studi : TEKNIK SIPIL S-1
Dosen Pembimbing : Ir. Bambang Wedyantadji, MT

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	10-1-2016	Revisi Masalah, teori, dan dasar masalah ketelitian - landasan teori kuat tekan beton & mortar - Metodologi : o Rumus ² an : mortar o cara pengujian - Kesimpulan → jawaban dari Rumusan Masalah	
2	2.8.16	dan mapu ujian	



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

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

**PERKIRAAN FAKTOR UMUR BETON PADA PEMAKAIAN SEMEN GRESIK
UNTUK MUTU f_c 20 MPa DAN f_c 35 MPa**

Nama : Danang Wijanarko

Nim : 10.21.019

Program Studi : TEKNIK SIPIL S-1

Dosen Pembimbing : Ir. Munasih, MT

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1	4/11 - 2016	# belajar sesama angkatan.	
2	19/11 - 2016	= pendalaman teori masalah faktor umur	
3	20/11 - 2016	@ce seminar Hari	



CATATAN REVISI SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL SI
SEMESTER GENAP 2015/2016


Nama : DAMANG W.
NIM : 10.21.019
Judul : PERKIRAAN FAKTOR UMUR BETON PADA
PENAKRAN SEMEN GRESIK CANTUM NICHO
BETON F'c 20 MPa DAN F'c 35 MPa.

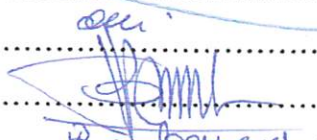
1/ Kesip. a/ tambahkan ; per nyata berbeda.
Spt. dengan ork. pd hal 73 (cek
kalimat / statment dr kany).

2/ Kesip b/ kaitkan dg penelitian
kelompok

3/ Kesult dg pembuahan dan paraf


dua



Munaah


Bambang

Malang, 5-9, 2016
Disetujui,

Malang, 30-08, 2016
Dosen Penguji,


(Munaah)


(Bambang)

- Skripsi harus dikumpulkan di Studio Sipil paling lambat tanggal 25 Agustus 2016 dengan melampirkan catatan revisi yang sudah di setujui oleh Dosen Penguji, sebagai persyaratan Yudisium.



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura 2 Malang

Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang


CATATAN REVISI SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S1
SEMESTER GENAP 2015/2016

Nama : Danang Wipranarko
NIM : ~~08.21.006~~ 10.21.019.
Judul : _____

- lengkapi untuk pengujian
- lengkapi teori /


Malang, 02-9-, 2016

Disetujui,

()
ERPAN

Malang, 30-8-, 2016

Dosen Penguji,

()

- Skripsi harus dikumpulkan di Studio Sipil paling lambat tanggal 25 Agustus 2016 dengan melampirkan catatan revisi yang sudah di setujui oleh Dosen Penguji, sebagai persyaratan Yudisium.



NILAI BIMBINGAN SKRIPSI

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan :

Nama : DANANG WIJANARNO

NIM : 1021019

telah menyelesaikan Skripsi dengan Judul :

PERKIRAAN FAKTOR UMUR BETON PADA PEMAKAIAN SEMEN GRESIK UNTUK MUTU
BETON f'c 20 MPa DAN f'c 35 MPa.

ada tanggal : dengan nilai bimbingan : 80, Delapan-Puluh

sebagai syarat untuk mengikuti ujian Skripsi dan Komprehensif Prodi Teknik Sipil S - 1 di Institut Teknologi Nasional Malang.

Malang,2015

Dosen Pembimbing

(Ir. BAMBANG WEDYANTADJI, MT)



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

Pekerjaan : Penelitian Skripsi

Agregat Berasal : Agregat Kasar Lokal Wilayah Malang

BERAT ISI AGREGAT KASAR (BATU PECAH)

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	22440	22550	22860
B.	Berat tempat (gr)	7890	7890	7890
C.	Berat benda uji (gr)	14550	14660	14970
D.	Isi tempat (cm ³)	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.46	1.47	1.50
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.47		

PADAT		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	23750	23720	23840
B.	Berat tempat (gr)	7890	7890	7890
C.	Berat benda uji (gr)	15860	15830	15950
D.	Isi tempat (cm ³)	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.59	1.58	1.60
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.59		



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

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

Pekerjaan : Penelitian Skripsi

Agregat Berasal : Agregat Halus (Pasir Lumajang)

BERAT ISI HALUS (PASIR)

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	8710	8780	8850
B.	Berat tempat (gr)	3560	3560	3560
C.	Berat benda uji (gr)	5150	5220	5290
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.72	1.74	1.76
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.74		

PADAT		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	9130	9130	9150
B.	Berat tempat (gr)	3560	3560	3560
C.	Berat benda uji (gr)	5570	5570	5590
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.86	1.86	1.86
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.86		



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

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

Pekerjaan : Penelitian Skripsi

Agregat Berasal : Semen Gresik

BERAT ISI SEMEN

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	7270	7180	7130
B.	Berat tempat (gr)	3560	3560	3560
C.	Berat benda uji (gr)	3710	3620	3570
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.24	1.21	1.19
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.21		

PADAT		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	7250	7250	7290
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	3700	3700	3740
D.	Isi tempat (cm ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.23	1.23	1.25
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.24		



FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

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

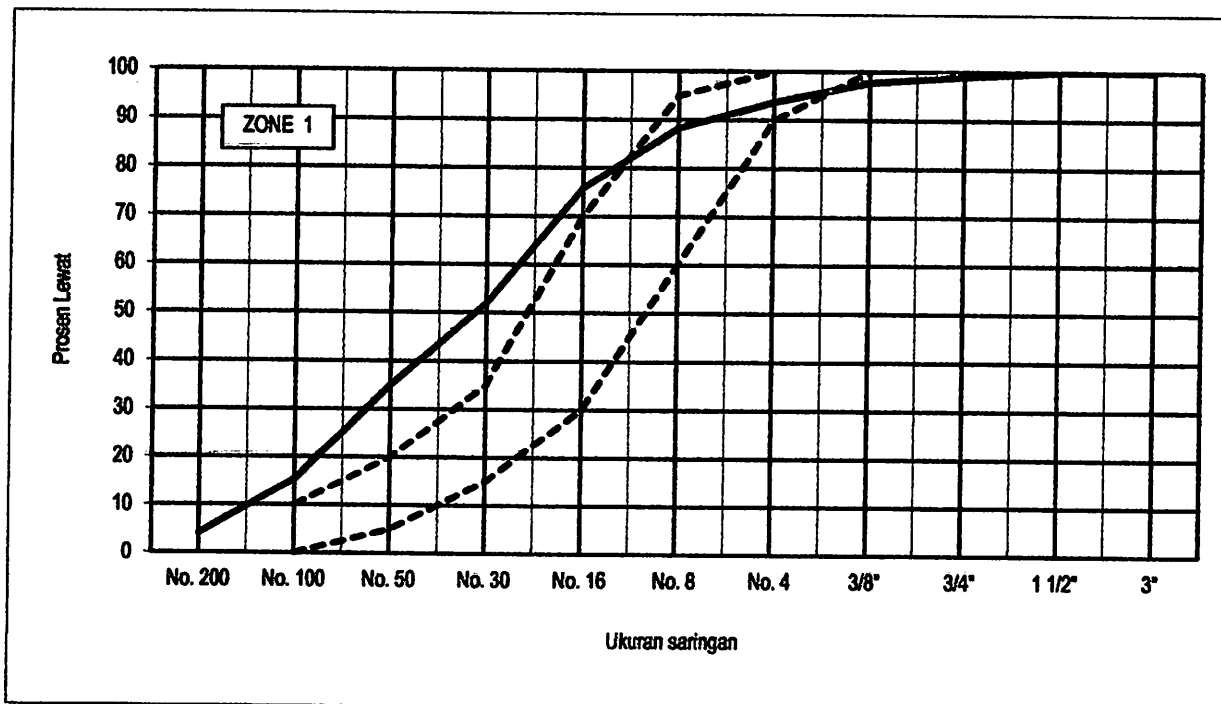
Pekerjaan : Penelitian Skripsi

Permintaan : Agregat Kasar Lokal Wilayah Malang

ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Berat contoh kering : 2000 gr

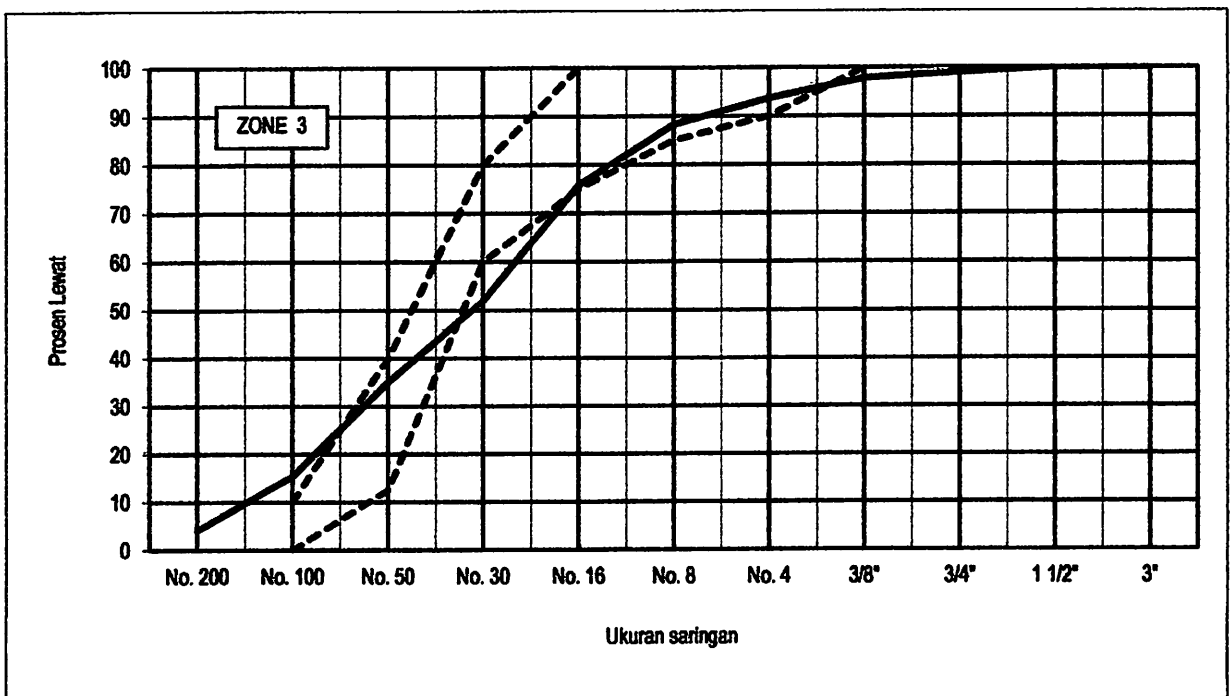
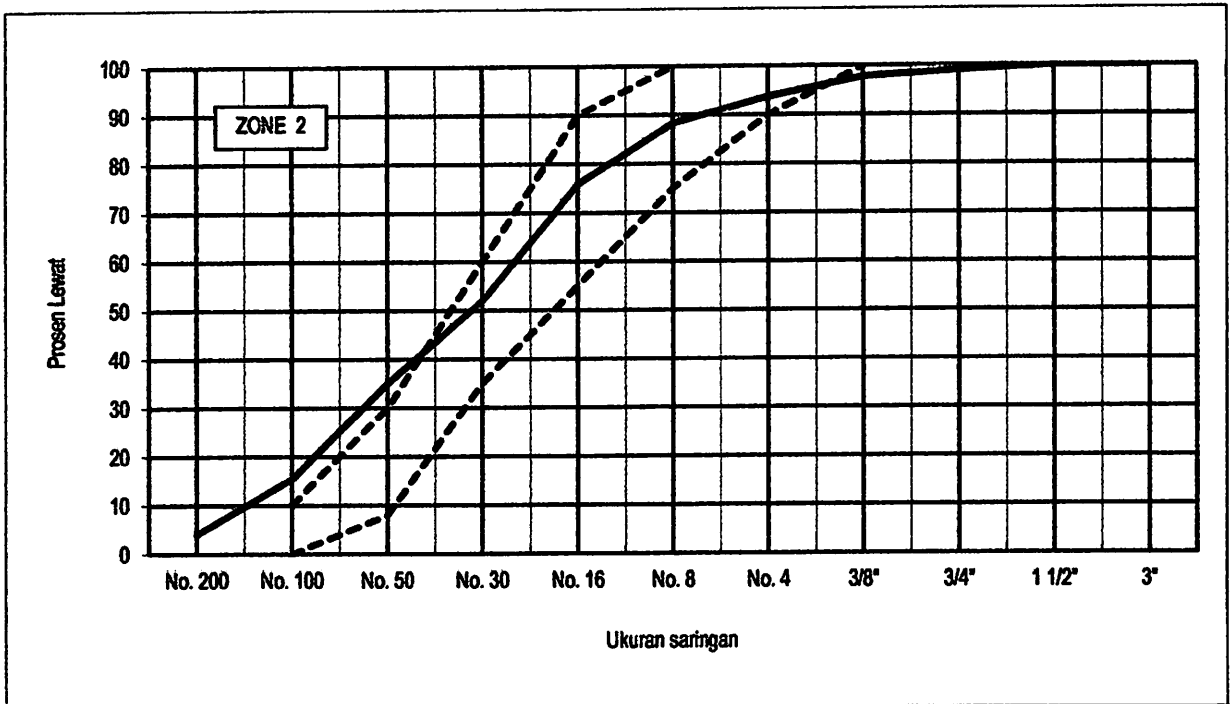
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76.2 mm (3")	0.00	0.00	0.00	100.00
38.1 mm (1 1/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.1 mm (3/4")	20.50	1.03	1.03	98.98
9.6 mm (3/8")	23.80	1.19	2.22	97.79
4.75 mm (No. 4)	81.00	4.05	6.27	93.74
2.36 mm (No. 8)	108.80	5.44	11.71	88.30
1.18 mm (No. 16)	249.20	12.46	24.17	75.84
0.6 mm (No. 30)	476.70	23.84	48.00	52.00
0.3 mm (No. 50)	339.80	16.99	64.99	35.01
0.15 mm (No. 100)	391.50	19.58	84.57	15.44
0.075 mm (No. 200)	227.00	11.35	95.92	4.09
pan	76.00	3.80	99.72	0.29





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

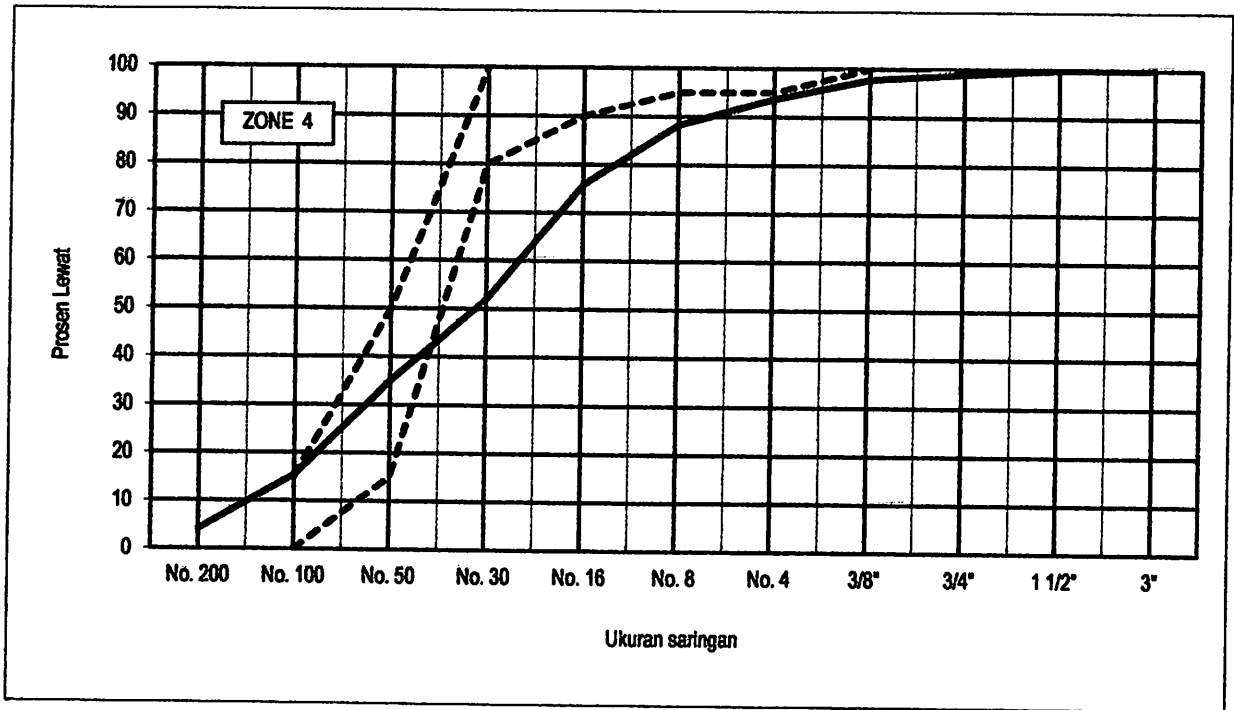
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145





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

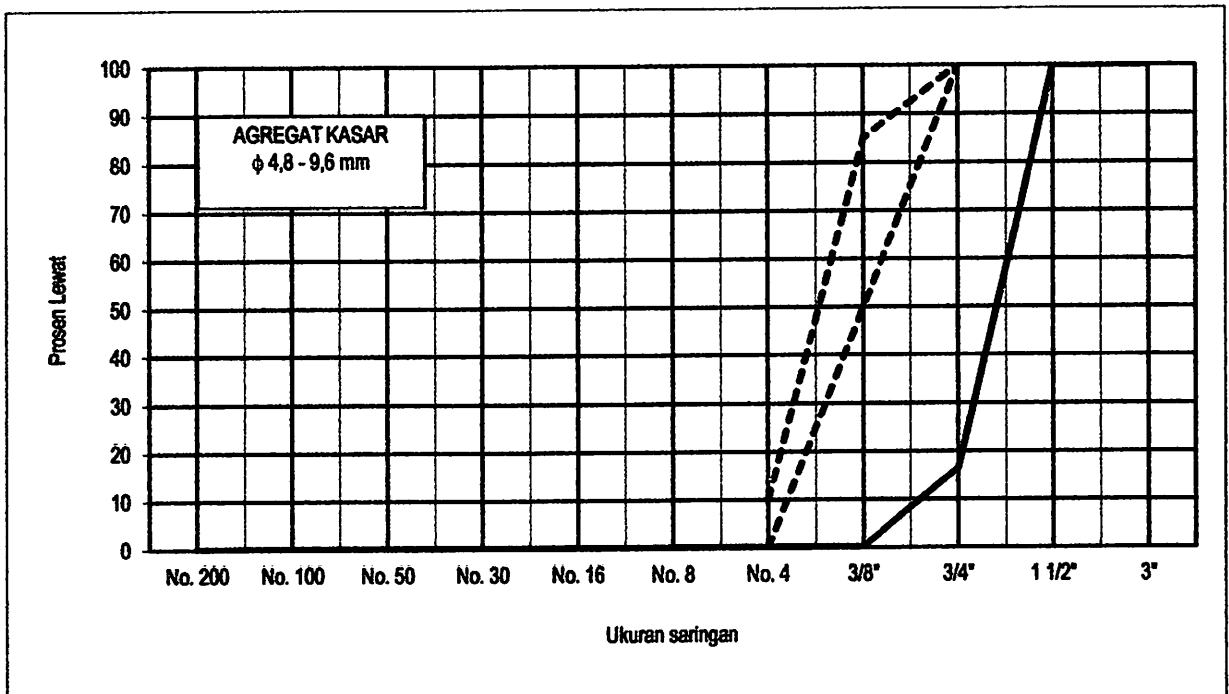
Pekerjaan : Penelitian Skripsi

Agregat Beras : Agregat Kasar Lokal Wilayah Malang

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

Berat contoh kering : 23008.3 gr

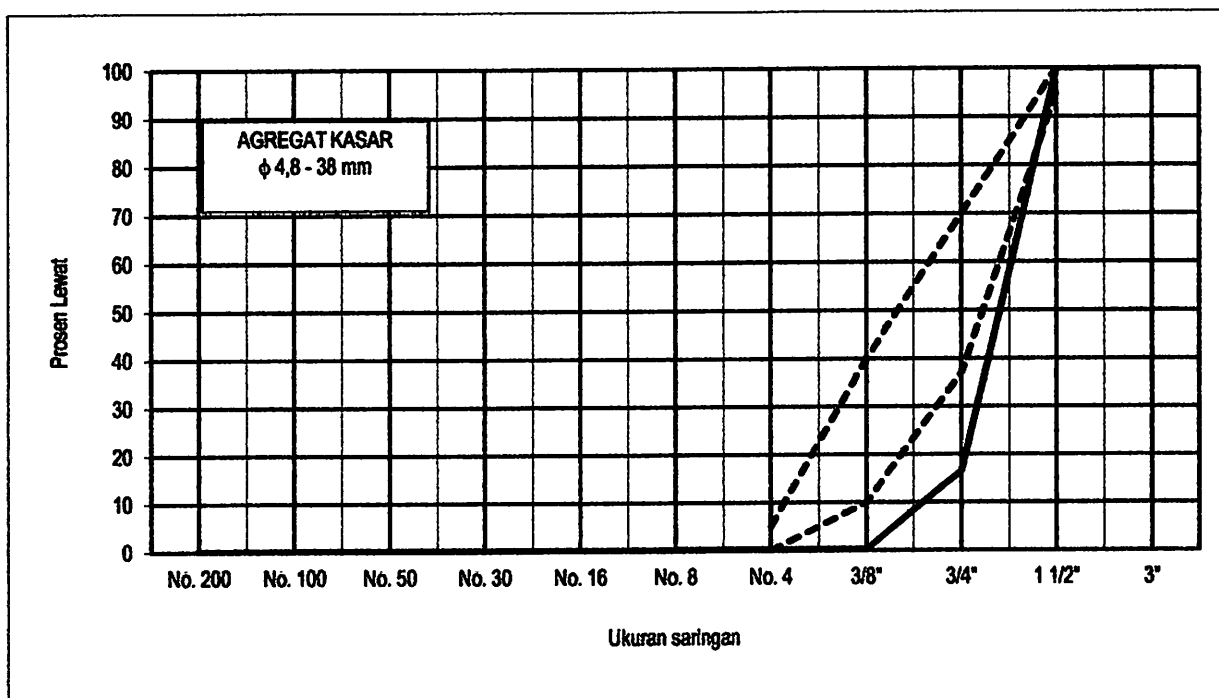
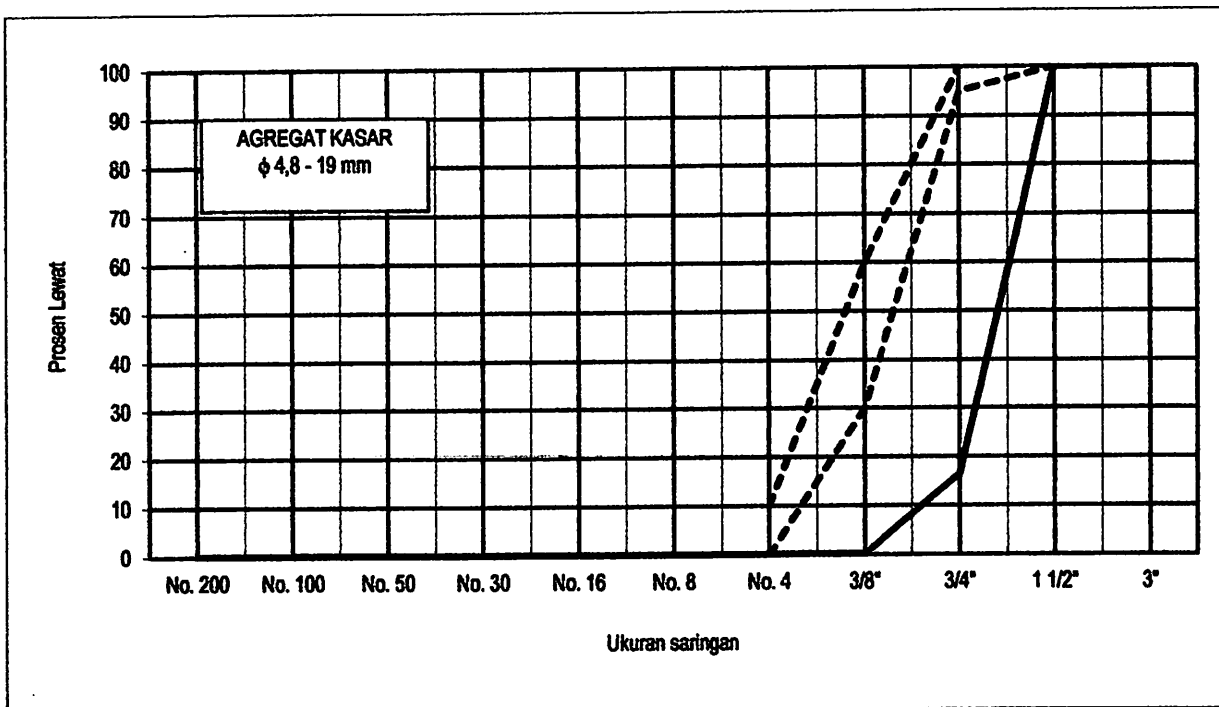
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76.2 mm (3")	0.00	0.00	0.00	100.00
38.1 mm (1 1/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.1 mm (3/4")	19200.00	83.45	83.45	16.55
9.6 mm (3/8")	3759.00	16.34	99.79	0.21
4.75 mm (No. 4)	12.60	0.05	99.84	0.16
2.36 mm (No. 8)	1.70	0.01	99.85	0.15
1.18 mm (No. 16)	1.80	0.01	99.86	0.14
0.6 mm (No. 30)	2.40	0.01	99.87	0.13
0.3 mm (No. 50)	1.70	0.01	99.87	0.13
0.15 mm (No. 100)	4.30	0.02	99.89	0.11
0.075 mm (No. 200)	7.40	0.03	99.92	0.08
pan	17.40	0.08	100.00	0.00





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

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





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

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

Pekerjaan : Penelitian Skripsi

Permintaan : Agregat Kasar Lokal Wilayah Malang

KADAR LUMPUR dan KADAR ZAT ORGANIK AGREGAT HALUS

Dari hasil pengujian kadar lumpur yang telah kami laksanakan, didapatkan hasil sebagai berikut :

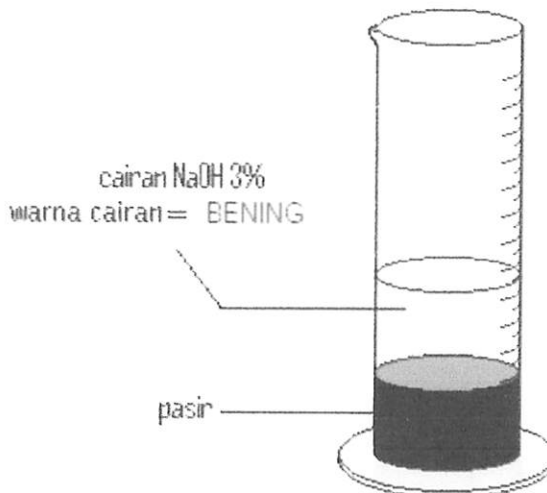
V1 (tinggi pasir) = 386 ml

V2 (tinggi lumpur) = 7 ml

$$\begin{aligned} \text{Kadar lumpur} &= \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100 \% \\ &= 1.781\% \end{aligned}$$

Dengan hasil tersebut di atas, maka pasir yang diperiksa kurang baik digunakan untuk campuran beton, dikarenakan kadar lumpurnya > 5% (merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton). Jadi disarankan untuk dilakukan pencucian pada agregat halus (pasir) untuk mereduksi kadar lumpurnya.

Untuk pengujian zat organik agregat halus didapatkan warna **BENING**, yang berarti bahwa bahan yang diperiksa mempunyai kandungan zat organik yang dapat menurunkan kekuatan beton sebesar 5%.



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

Pekerjaan : Penelitian Skripsi

Pemintaan : Agregat Kasar Lokal Wilayah Malang

KADAR AIR AGREGAT

AGREGAT KASAR		ASLI		SSD	
	Nomor test				
A.	Berat tempat (gr)	2420	2360	237.7	277.1
B.	Berat tempat + contoh (gr)	25680	25150	3535.3	3619
C.	Berat tempat + contoh kering ov (gr)	25400	24910	3492.1	3577
D.	Kadar air = $\frac{B - C}{C - A} \times 100\%$ (%)	1.22	1.06	1.33	1.27
F.	Kadar air rata-rata (%)	1.14		1.30	

AGREGAT HALUS		ASLI		SSD	
	Nomor test				
A.	Berat tempat (gr)	2390	2540	261.4	252.9
B.	Berat tempat + contoh (gr)	23990	23050	1143.3	1072.3
C.	Berat tempat + contoh kering ov (gr)	21250	21700	1139.00	1068.20
D.	Kadar air = $\frac{B - C}{C - A} \times 100\%$ (%)	14.53	7.05	0.49	0.50
F.	Kadar air rata-rata (%)	10.79		0.50	



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

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

Pekerjaan : Penelitian Skripsi

Agregat Berasal : Agregat Kasar Lokal Wilayah Malang

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	4933.2	4932	4932.6
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	5000	5000	5000
Berat contoh di dalam air	Ba	3173.3	3169.4	3171.35
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2.70	2.69	2.70
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2.74	2.73	2.734
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2.80	2.80	2.80
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	1.35	1.38	1.37



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

Pekerjaan : Penelitian Skripsi

Agregat Berasal : Agregat Kasar Lokal Wilayah Malang

BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	494.60	496.20	495.40
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500.00	500.00	500.00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	669.80	665.40	667.60
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	987.80	983.70	985.75
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{(B + Bj - Bt)}$	2.72	2.73	2.72
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{(B + Bj - Bt)}$	2.75	2.75	2.750
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(B + Bk - Bt)}$	2.80	2.79	2.79
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100 \%$	1.09	0.77	0.93



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

Pekerjaan : Penelitian Skripsi

Pemintaan : Agregat Kasar Lokal Wilayah Malang

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")	2500			
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")	2500			
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")				
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No. 4)				
4.75 mm (No. 4)	2.38 mm (No. 8)				
Jumlah berat		5000			
Berat tertahan saringan no 12			4381.3		

		I	II	
a	Berat benda uji semula	5000		gram
b	Berat benda uji tertahan saringan No.12 (& No.4)	4381.3		gram
	Keausan : $\frac{a-b}{a} \times 100 \%$	12.37		%



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. No 0

Pekerjaan 0

Dihitung :

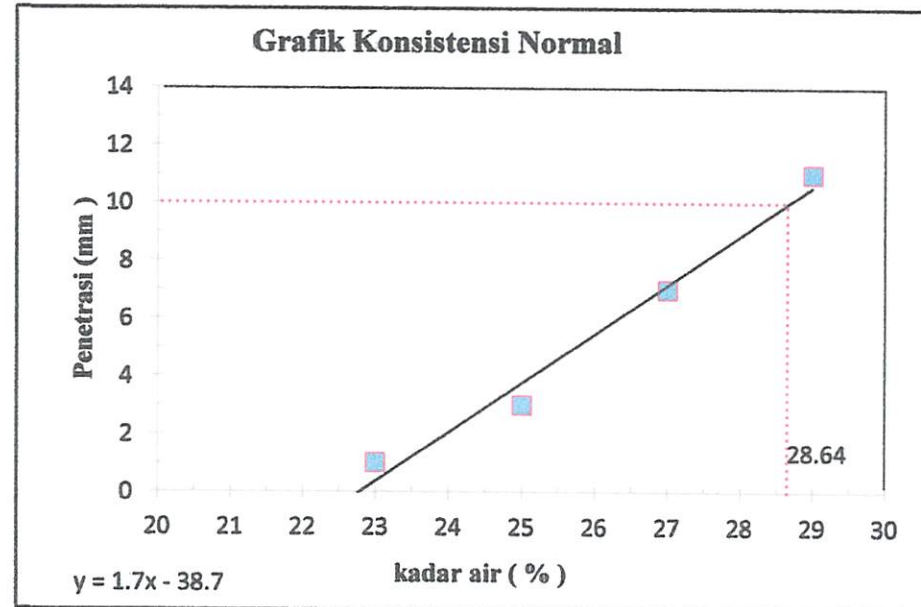
Dikerjakan :

Tanggal :

KONSISTENSI NORMAL dan WAKTU IKAT SEMEN

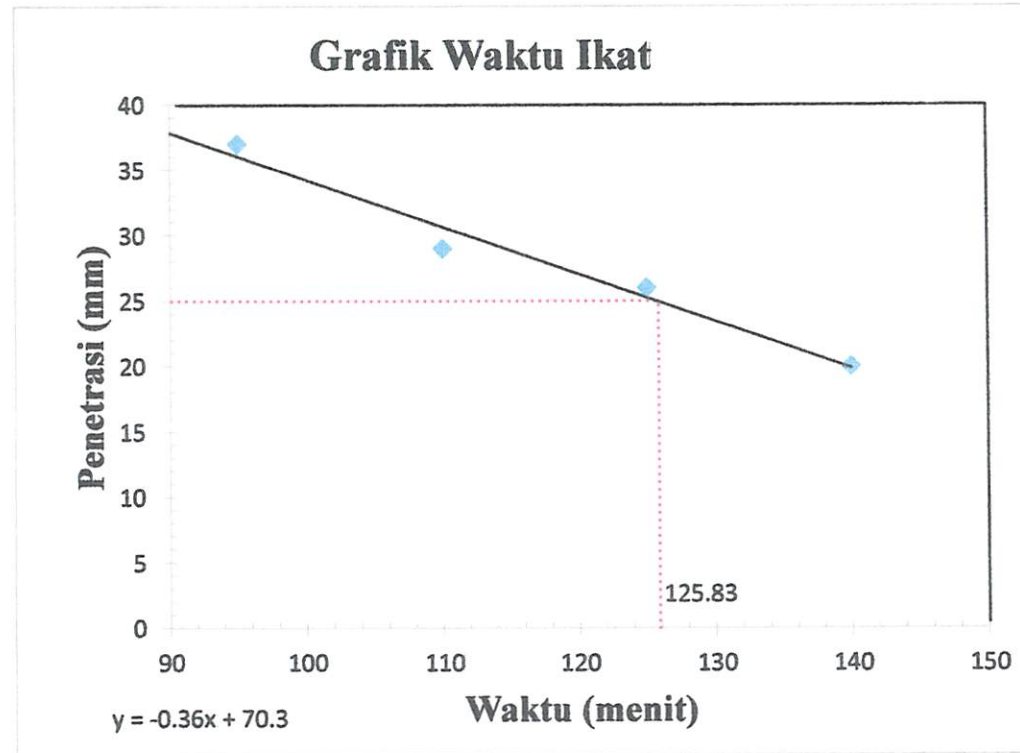
KONSISTENSI NORMAL

No.	berat semen	penambahan air		Penetrasi (mm)
		ml	%	
1	500	115	23	1
2	500	125	25	3
3	500	135	27	7
4	500	145	29	11



WAKTU IKAT

IKAT AWAL		
No.	Waktu (menit)	Penetrasi (mm)
1	14.25 (0)	40
2	14.40 (15)	40
3	14.55 (30)	40
4	15.10 (45)	40
5	15.25 (60)	40
6	15.40 (75)	39
7	15.55 (80)	39
8	16.10 (95)	37
9	16.25 (110)	29
10	16.40 (125)	26
11	16.55 (140)	20
IKAT AKHIR		
No.	Waktu (menit)	keterangan
12	17.10 (155)	membekas
13	17.25 (170)	membekas
14	17.40 (185)	membekas
15	17.55 (200)	membekas
16	18.10 (215)	membekas
17	18.25 (230)	membekas
18	18.40 (245)	tidak membekas
AKHIR		
18.40 (245)		



Hasil :

Konsistensi normal

= $\frac{28.64\%}{}$

Waktu ikat awal

= $\frac{25.83 \text{ menit}}{}$

Waktu ikat akhir

= 245 menit



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

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

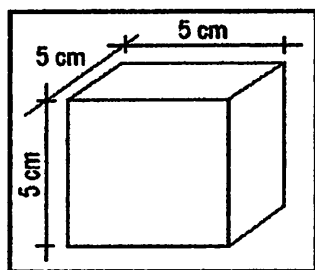
Lamp. Lap. No :
Pekerjaan :
Permintaan :

Dihitung :
Dikerjakan :

**PEMERIKSAAN KEKUATAN TEKAN
MORTAR SEMEN PORTLAND**

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Berat (gram)	Berat isi (gr/cm ³)	Luas permukaan mm ²	Beban (N)	Kuat tekan mortar MPa
1	6/7/2015	7/5/2015	28	292.8	2.34	2500	90000	36
2	6/7/2015	7/5/2015	28	285.6	2.28	2500	80000	32
3	6/7/2015	7/5/2015	28	285.7	2.29	2500	90000	36
4	6/7/2015	7/5/2015	28	290.2	2.32	2500	95000	38
5	6/7/2015	7/5/2015	28	291.0	2.33	2500	100000	40
6	6/7/2015	7/5/2015	28	287.0	2.30	2500	105000	22
7	6/7/2015	7/5/2015	28	289.3	2.31	2500	95000	38
8	6/7/2015	7/5/2015	28	292.2	2.34	2500	100000	40
9	6/7/2015	7/5/2015	28	292.5	2.34	2500	95000	38

Bentuk benda uji :





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

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

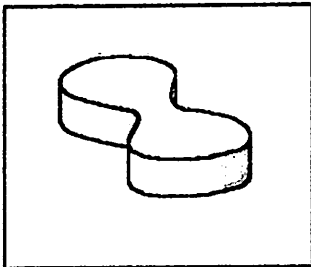
Lamp. Lap. No :
Pekerjaan :
Permintaan :

Dihitung :
Dikerjakan :

**PEMERIKSAAN KEKUATAN TARIK AKSIAL
MORTAR SEMEN PORTLAND**

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Berat (gram)	Berat isi (gr/cm ³)	Luas penampang patah (mm ²)	Beban (N)	Kuat tarik mortar MPa
1	6/7/2015	7/5/2015	28	126.3	1.68	672.390	1710	2.54
2	6/7/2015	7/5/2015	28	132.0	1.76	720.020	2100	2.92
3	6/7/2015	7/5/2015	28	134.8	1.80	828.000	1550	1.87

Bentuk benda uji :





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

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

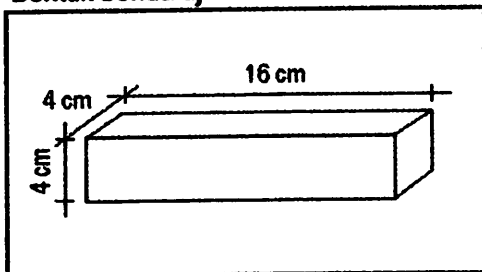
Lamp. Lap. No :
Pekerjaan :
Permintaan :

Dihitung :
Dikerjakan :

**PEMERIKSAAN KEKUATAN LENTUR TARIK
MORTAR SEMEN PORTLAND**

No.	Tanggal buat	Tanggal test	Umur (hari)	Berat (gram)	Berat isi (gr/cm^3)	Momen maks (Nmm)	Momen Tahanan (mm^3)	Beban (N)	Kuat lentur t mortar (MP)
1	6/7/2015	7/5/2015	28	507.1	1.981	43500	10666.66667	1450	4.08
2	6/7/2015	7/5/2015	28	512.2	2.001	60000	10666.66667	2000	5.63
3	6/7/2015	7/5/2015	28	501.9	1.961	40500	10666.66667	1350	3.80

Bentuk benda uji :



event probab	$f_{.50}$	$f_{.25}$	$f_{.20}$	$f_{.15}$	$f_{.10}$	$f_{.05}$	$f_{.025}$	$f_{.01}$	$f_{.005}$	$f_{.001}$	$f_{.0005}$
one tail	0.50	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005
two tails	1.00	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.002	0.001
1	0.000	0.000	0.076	0.143	0.219	0.314	0.437	0.580	0.750	0.904	0.977
2	0.000	0.010	0.061	0.120	0.186	0.260	0.349	0.464	0.600	0.751	0.854
3	0.000	0.023	0.075	0.130	0.196	0.270	0.359	0.474	0.610	0.761	0.864
4	0.000	0.041	0.041	0.100	0.166	0.240	0.329	0.444	0.580	0.731	0.834
5	0.000	0.057	0.057	0.115	0.181	0.255	0.344	0.459	0.600	0.751	0.854
6	0.000	0.071	0.065	0.134	0.200	0.274	0.363	0.478	0.619	0.770	0.873
7	0.000	0.071	0.085	0.119	0.185	0.259	0.348	0.463	0.604	0.755	0.858
8	0.000	0.065	0.089	0.106	0.160	0.234	0.323	0.438	0.579	0.730	0.833
9	0.000	0.063	0.083	0.100	0.154	0.228	0.317	0.432	0.573	0.724	0.827
10	0.000	0.060	0.079	0.093	0.147	0.221	0.310	0.425	0.566	0.717	0.820
11	0.000	0.057	0.075	0.088	0.142	0.216	0.305	0.420	0.561	0.712	0.815
12	0.000	0.054	0.073	0.087	0.140	0.214	0.303	0.418	0.559	0.710	0.813
13	0.000	0.051	0.070	0.085	0.138	0.212	0.301	0.416	0.557	0.708	0.811
14	0.000	0.049	0.068	0.083	0.136	0.210	0.299	0.414	0.555	0.706	0.809
15	0.000	0.047	0.066	0.081	0.134	0.208	0.297	0.412	0.553	0.704	0.807
16	0.000	0.046	0.065	0.080	0.133	0.207	0.296	0.411	0.552	0.703	0.806
17	0.000	0.045	0.064	0.079	0.132	0.206	0.295	0.410	0.551	0.702	0.805
18	0.000	0.044	0.063	0.078	0.131	0.205	0.294	0.409	0.550	0.701	0.804
19	0.000	0.043	0.062	0.077	0.130	0.204	0.293	0.408	0.549	0.700	0.803
20	0.000	0.042	0.061	0.076	0.129	0.203	0.292	0.407	0.548	0.699	0.802
21	0.000	0.041	0.060	0.075	0.128	0.202	0.291	0.406	0.547	0.698	0.801
22	0.000	0.040	0.059	0.074	0.127	0.201	0.290	0.405	0.546	0.697	0.800
23	0.000	0.039	0.058	0.073	0.126	0.200	0.289	0.404	0.545	0.696	0.799
24	0.000	0.038	0.057	0.072	0.125	0.199	0.288	0.403	0.544	0.695	0.798
25	0.000	0.037	0.056	0.071	0.124	0.198	0.287	0.402	0.543	0.694	0.797
26	0.000	0.036	0.055	0.070	0.123	0.197	0.286	0.401	0.542	0.693	0.796
27	0.000	0.035	0.054	0.069	0.122	0.196	0.285	0.400	0.541	0.692	0.795
28	0.000	0.034	0.053	0.068	0.121	0.195	0.284	0.399	0.540	0.691	0.794
29	0.000	0.033	0.052	0.067	0.120	0.194	0.283	0.398	0.539	0.690	0.793
30	0.000	0.032	0.051	0.066	0.119	0.193	0.282	0.397	0.538	0.689	0.792
31	0.000	0.031	0.050	0.065	0.118	0.192	0.281	0.396	0.537	0.688	0.791
32	0.000	0.030	0.049	0.064	0.117	0.191	0.280	0.395	0.536	0.687	0.790
33	0.000	0.029	0.048	0.063	0.116	0.190	0.279	0.394	0.535	0.686	0.789
34	0.000	0.028	0.047	0.062	0.115	0.189	0.278	0.393	0.534	0.685	0.788
35	0.000	0.027	0.046	0.061	0.114	0.188	0.277	0.392	0.533	0.684	0.787
36	0.000	0.026	0.045	0.060	0.113	0.187	0.276	0.391	0.532	0.683	0.786
37	0.000	0.025	0.044	0.059	0.112	0.186	0.275	0.390	0.531	0.682	0.785
38	0.000	0.024	0.043	0.058	0.111	0.185	0.274	0.389	0.530	0.681	0.784
39	0.000	0.023	0.042	0.057	0.110	0.184	0.273	0.388	0.529	0.680	0.783
40	0.000	0.022	0.041	0.056	0.109	0.183	0.272	0.387	0.528	0.679	0.782
41	0.000	0.021	0.040	0.055	0.108	0.182	0.271	0.386	0.527	0.678	0.781
42	0.000	0.020	0.039	0.054	0.107	0.181	0.270	0.385	0.526	0.677	0.780
43	0.000	0.019	0.038	0.053	0.106	0.180	0.269	0.384	0.525	0.676	0.779
44	0.000	0.018	0.037	0.052	0.105	0.179	0.268	0.383	0.524	0.675	0.778
45	0.000	0.017	0.036	0.051	0.104	0.178	0.267	0.382	0.523	0.674	0.777
46	0.000	0.016	0.035	0.050	0.103	0.177	0.266	0.381	0.522	0.673	0.776
47	0.000	0.015	0.034	0.049	0.102	0.176	0.265	0.380	0.521	0.672	0.775
48	0.000	0.014	0.033	0.048	0.101	0.175	0.264	0.379	0.520	0.671	0.774
49	0.000	0.013	0.032	0.047	0.100	0.174	0.263	0.378	0.519	0.670	0.773
50	0.000	0.012	0.031	0.046	0.099	0.173	0.262	0.377	0.518	0.669	0.772
51	0.000	0.011	0.030	0.045	0.098	0.172	0.261	0.376	0.517	0.668	0.771
52	0.000	0.010	0.029	0.044	0.097	0.171	0.260	0.375	0.516	0.667	0.770
53	0.000	0.009	0.028	0.043	0.096	0.170	0.259	0.374	0.515	0.666	0.769
54	0.000	0.008	0.027	0.042	0.095	0.169	0.258	0.373	0.514	0.665	0.768
55	0.000	0.007	0.026	0.041	0.094	0.168	0.257	0.372	0.513	0.664	0.767
56	0.000	0.006	0.025	0.040	0.093	0.167	0.256	0.371	0.512	0.663	0.766
57	0.000	0.005	0.024	0.039	0.092	0.166	0.255	0.370	0.511	0.662	0.765
58	0.000	0.004	0.023	0.038	0.091	0.165	0.254	0.369	0.510	0.661	0.764
59	0.000	0.003	0.022	0.037	0.090	0.164	0.253	0.368	0.509	0.660	0.763
60	0.000	0.002	0.021	0.036	0.089	0.163	0.252	0.367	0.508	0.659	0.762
61	0.000	0.001	0.020	0.035	0.088	0.162	0.251	0.366	0.507	0.658	0.761
62	0.000	0.000	0.019	0.034	0.087	0.161	0.250	0.365	0.506	0.657	0.760
63	0.000	0.000	0.018	0.033	0.086	0.160	0.249	0.364	0.505	0.656	0.759
64	0.000	0.000	0.017	0.032	0.085	0.159	0.248	0.363	0.504	0.655	0.758
65	0.000	0.000	0.016	0.031	0.084	0.158	0.247	0.362	0.503	0.654	0.757
66	0.000	0.000	0.015	0.030	0.083	0.157	0.246	0.361	0.502	0.653	0.756
67	0.000	0.000	0.014	0.029	0.082	0.156	0.245	0.360	0.501	0.652	0.755
68	0.000	0.000	0.013	0.028	0.081	0.155	0.244	0.359	0.500	0.651	0.754
69	0.000	0.000	0.012	0.027	0.080	0.154	0.243	0.358	0.499	0.650	0.753
70	0.000	0.000	0.011	0.026	0.079	0.153	0.242	0.357	0.498	0.649	0.752
71	0.000	0.000	0.010	0.025	0.078	0.152	0.241	0.356	0.497	0.648	0.751
72	0.000	0.000	0.009	0.024	0.077	0.151	0.240	0.355	0.496	0.647	0.750
73	0.000	0.000	0.008	0.023	0.076	0.150	0.239	0.354	0.495	0.646	0.749
74	0.000	0.000	0.007	0.022	0.075	0.149	0.238	0.353	0.494	0.645	0.748
75	0.000	0.000	0.006	0.021	0.074	0.148	0.237	0.352	0.493	0.644	0.747
76	0.000	0.000	0.005	0.020	0.073	0.147	0.236	0.351	0.492	0.643	0.746
77	0.000	0.000	0.004	0.019	0.072	0.146	0.235	0.350	0.491	0.642	0.745
78	0.000	0.000	0.003	0.018	0.071	0.145	0.234	0.349	0.490	0.641	0.744
79	0.000	0.000	0.002	0.017	0.070	0.144	0.233	0.348	0.489	0.640	0.743
80	0.000	0.000	0.001	0.016	0.069	0.143	0.232	0.347	0.488	0.639	0.742
81	0.000	0.000	0.000	0.015	0.068	0.142	0.231	0.346	0.487	0.638	0.741
82	0.000	0.000	0.000	0.014	0.067	0.141	0.230	0.345	0.486	0.637	0.740
83	0.000	0.000	0.000	0.013	0.066	0.140	0.229	0.344	0.485	0.636	0.739
84	0.000	0.000	0.000	0.012	0.065	0.139	0.228	0.343	0.484	0.635	0.738
85	0.000	0.000	0.000	0.011	0.064	0.138	0.227	0.342	0.483	0.634	0.737
86	0.000	0.000	0.000	0.010	0.063	0.137	0.226	0.341	0.482	0.633	0.736
87	0.000	0.000	0.000	0.009	0.062	0.136	0.225	0.340	0.481	0.632	0.735
88	0.000	0.000	0.000	0.008	0.061	0.135	0.224				



DOKUMENTASI PENELITIAN





LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 – 551431 ext. 256 Malang

