



UNIVERSITAS INDONESIA

PENGARUH PEMAKAIAN *PORTLAND COMPOSITE CEMENT* (PCC) TERHADAP KETAHANAN SULFAT PADA *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC)

SKRIPSI

**DAVID SILITONGA
0706266185**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM TEKNIK SIPIL
DEPOK
JUNI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

PENGARUH PEMAKAIAN *PORTLAND COMPOSITE CEMENT* (PCC) TERHADAP KETAHANAN SULFAT PADA *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC)

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelas Sarjana Teknik

**DAVID SILITONGA
0706266185**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM TEKNIK SIPIL
DEPOK
JUNI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : David Silitonga

NPM : 0706266185

Tanda Tangan : 

Tanggal : 30 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : David Silitonga
NPM : 0706266185
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Pemakaian *Portland Composite Cement* (PCC) Terhadap Ketahanan Sulfat Pada *Self Compacting Concrete* (SCC)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. Ir. Elly Tjahjono S., DEA. ()

Pembimbing II : Ir. Riana Herlina, MT ()

Penguji I : Dr. -Ing. Josia Irwan Rastandi, S.T., M.T. ()

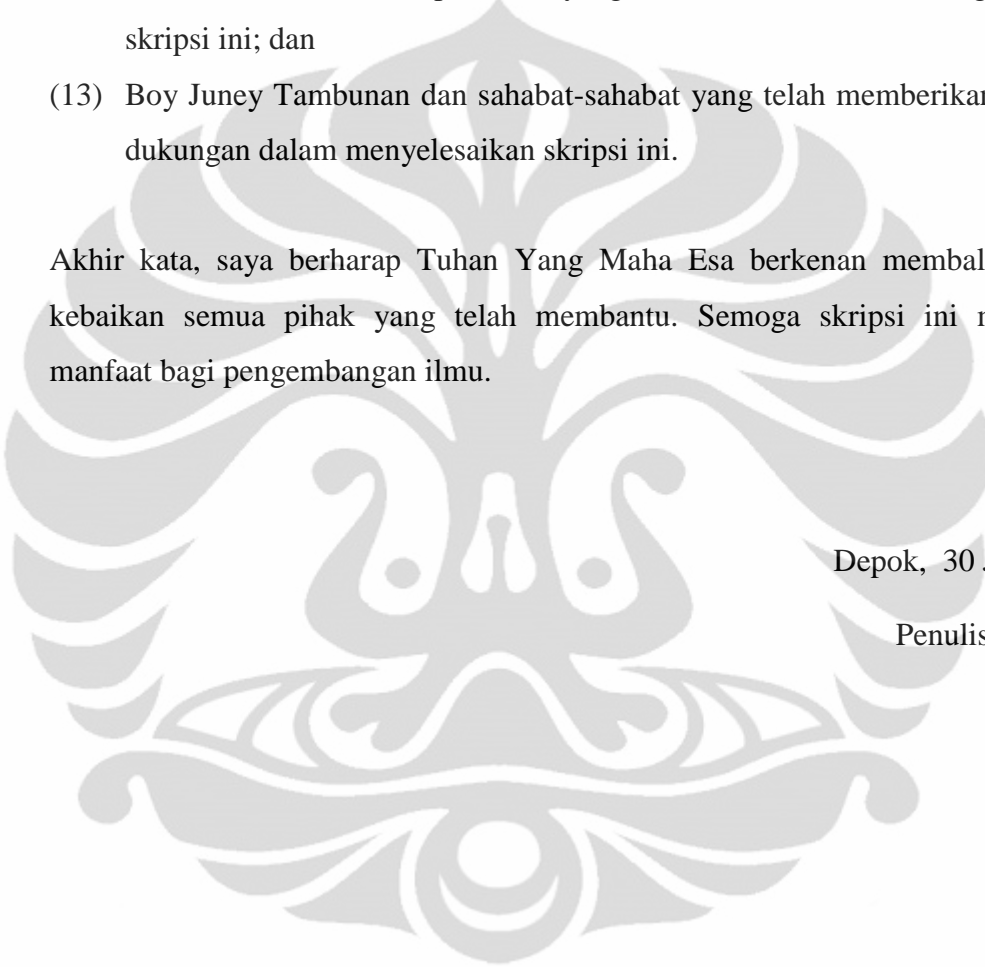
Penguji II : Ir. Essy Ariyuni, Ph.D ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 30 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, karena kasih dan penyertaan-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Ibu Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA., selaku pembimbing utama yang banyak memberikan bantuan dan meluangkan waktu untuk mengarahkan penelitian skripsi ini;
- (2) Ibu Ir. Riana Herlina, MT., selaku pembimbing kedua yang banyak memberikan bantuan, saran serta nasehat baik dalam konsep serta penulisan skripsi ini;
- (3) Bapak Dr. -Ing. Josia Irwan Rastandi, S.T., M.T. selaku dosen penguji pertama yang memberikan masukan dan arahan kepada penulis;
- (4) Ibu Essy Ariyuni, Ph.D., selaku dosen penguji kedua yang memberikan masukan dan arahan kepada saya;
- (5) Laboratorium Struktur dan material departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang telah memberikan bantuan dana dalam penelitian ini;
- (6) Rekan skripsi Monika Kristianti Putri dan Wisnu Adi Prasetyo yang telah memberikan tenaga, saran dan masukan dalam penyelesaian skripsi ini;
- (7) Seluruh staf Departemen Teknik Sipil dan Laboratorium Struktur dan Material Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang telah banyak membantu dalam memperoleh data untuk penelitian ini;
- (8) PT. Adhimix yang telah memberikan bantuan material penelitian yaitu agregat kasar;
- (9) Ibu Niken yang telah memberikan bantuan material penelitian yaitu *visconcrete* 10;

- 
- (10) Orang tua dan keluarga saya, terutama Chrisanto Silitonga yang telah memberikan bantuan dan dukungan untuk penelitian ini;
 - (11) Ibu Yayuk Purba, Theresia Rhabina Noviandari Purba dan keluarga yang telah banyak memberikan dukungan, motivasi, dan penguatan kepada saya untuk menyelesaikan skripsi ini;
 - (12) Teman-teman teknik sipil 2007 yang telah memberikan dukungan untuk skripsi ini; dan
 - (13) Boy Juney Tambunan dan sahabat-sahabat yang telah memberikan bantuan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 30 Juni 2011

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : David Silitonga
NPM : 0706266185
Program Studi : Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Pengaruh Pemakaian *Portland Composite Cement* (PCC) Terhadap
Ketahanan Sulfat Pada *Self Compacting Concrete* (SCC)**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 30 Juni 2011

Yang menyatakan



(David Silitonga)

ABSTRAK

Nama : David Silitonga
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Pengaruh Pemakaian *Portland Composite Cement* (PCC)
Terhadap Ketahanan Sulfat Pada *Self Compacting Concrete*
(SCC)

Skripsi ini membahas tentang pengaruh pemakaian *Portland Composite Cement* (PCC) terhadap ketahanan sulfat pada *Self Compacting Concrete* (SCC). Pada penelitian ini dilakukan uji kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur dan permeabilitas pada metode perendaman air suling, air laut kadar sulfat 0.2%, larutan magnesium sulfat 5%, dan larutan magnesium sulfat 5% pasang surut pada umur 28, 42, dan 56 hari. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa semakin besar kandungan sulfat dan semakin lama perendaman dalam sulfat, maka kekuatan beton yang diperoleh semakin menurun dan penetrasi semakin besar. Karena beton sensitif terhadap sulfat. Besar persentasi penurunan kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur berurutan pada perendaman air laut sebesar 2.92%, 2.56%, -8.04%, pada larutan magnesium sulfat 5% sebesar 3.86%, 7.51%, -2.68%, pada larutan magnesium sulfat 5% sistem pasang surut sebesar 9.66%, 18.09%, 24.11%. Besar persentasi peningkatan penetrasi pada perendaman air laut sebesar 6.41%, dan pada perendaman larutan magnesium sulfat sebesar 6.41%.

Kata kunci: sulfat, *portland composite concrete*, *self compacting concrete*, kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, permeabilitas.

ABSTRACT

Name : David Silitonga
Study Program : Civil Engineering
Title : The Effect of Using Portland Composite Cement (PCC) to the Sulphate Resistance of Self Compacting Concrete (SCC)

The focus of this study discusses about the effect of using Portland Composite Cement (PCC) to the sulphate resistance of Self Compacting Concrete (SCC). On this research, some tests were done to determine the concrete's compressive strength, splitting tensile strength, flexural strength and permeability of the immersion method of distilled water, sea water with 0.2% sulphate concentration, magnesium sulphate solution 5%, and tidal of magnesium sulfate solution 5% at 28, 42, and 56 days. The result showed that the larger the concentrate of sulphate and the longer the immersion of the concrete in sulphate solution, the strength of concrete obtained decreases and the concrete penetration increases. This happens because concrete is basically sensitive of sulphate. The reduction rate of compressive strength, splitting tensile strength, flexural strength respectively in sea water immersion for 2.92%, 2.56%, -8.04%, in the solution of magnesium sulphate are 5% of 3.86%, 7.51%, -2.68%, while in the solution of magnesium sulphate 5% with tidal of 9.66%, 18.09%, 24.11%. The increasing rate of the concrete penetration for the samples immersed in sea water is 6.41%, while the increasing rate for the samples immersed in solution of magnesium sulfate is 6.41%.

Keywords: sulphate, portland composite concrete, self compacting concrete, compressive strength, splitting tensile strength, flexural strength, permeability

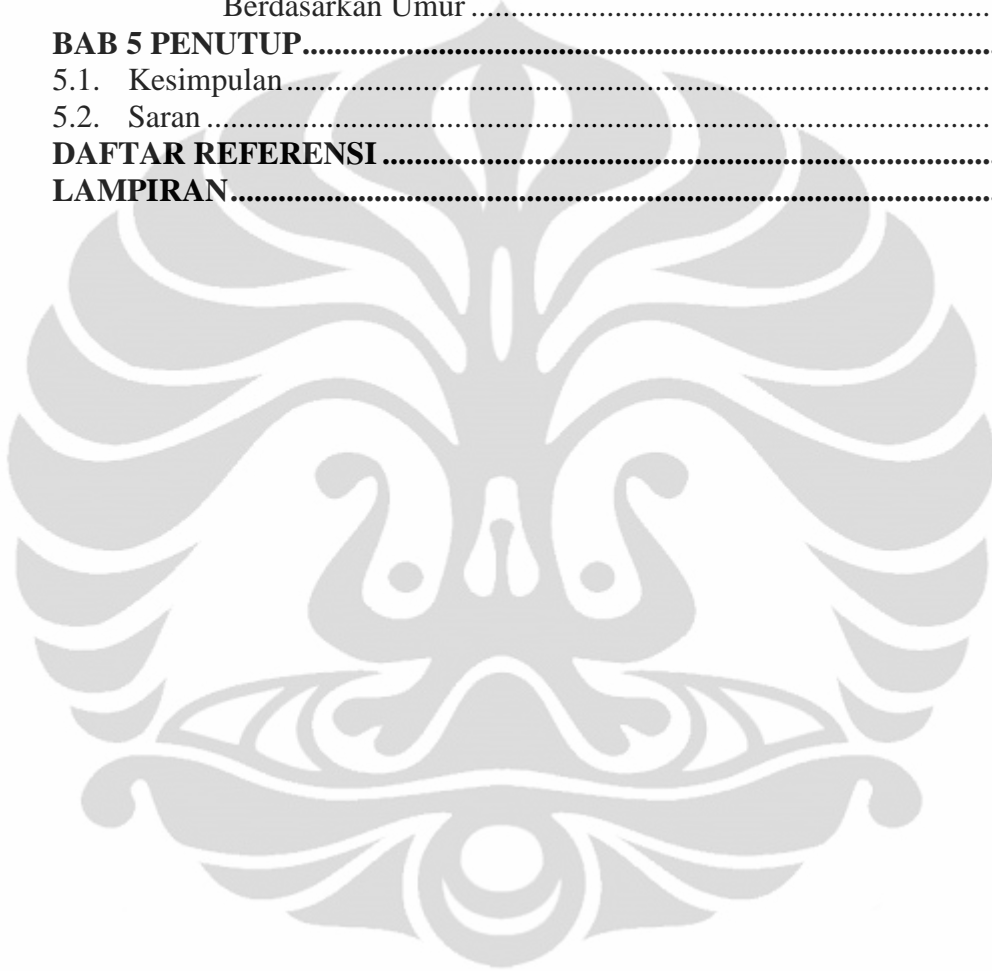
DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiiiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. PERUMUSAN MASALAH.....	2
1.3. TUJUAN PENELITIAN	3
1.4. BATASAN MASALAH.....	3
1.5. HIPOTESIS	4
1.6. METODOLOGI PENELITIAN	4
1.7. SISTEMATIKA PENELITIAN	4
BAB 2 STUDI LITERATUR	6
2.1. GAMBARAN UMUM BETON.....	6
2.2. MATERIAL DASAR PEMBENTUK BETON	6
2.2.1. Semen.....	7
2.2.1.1. Pengertian Semen	7
2.2.1.2. Jenis-Jenis Semen	7
2.2.1.3. Tipe Semen Portland.....	8
2.2.2. Agregat.....	10
2.2.2.1. Pengertian Agregat	10
2.2.2.2. Klasifikasi agregat	11
2.2.3. Air	13
2.2.4. <i>Superplasticizer</i>	13
2.3. SEMEN PCC (<i>PORTLAND COMPOSITE CEMENT</i>)	14
2.3.1. Pengertian Semen PCC (<i>Portland Composite Cement</i>).....	14
2.3.2. Keunggulan Semen PCC (<i>Portland Composite Cement</i>)	15
2.3.3. Bahan-Bahan Tambahan Semen PCC (<i>Portland Composite Cement</i>)	16
2.4. KARAKTERISTIK BETON	16
2.4.1. Faktor air Semen (FAS).....	16
2.4.2. Kuat Tekan Beton	16
2.4.3. Kuat Tarik Beton	17
2.4.4. Kuat Lentur Beton	18
2.4.5. Permeabilitas.....	19
2.5. SCC (<i>SELF COMPACTING CONCRETE</i>).....	22
2.5.1. Defenisi SCC	22
2.5.2. Karakteristik SCC	23
2.5.2.1. Workabilitas.....	23
2.5.2.2. <i>Slump Flow</i>	24

2.5.2.3.	Pengujian <i>L-Shaped Box</i>	24
2.5.2.4.	<i>V-Funnel Test</i>	25
2.5.3.	Keunggulan SCC	26
2.6.	SULFAT	27
2.6.1.	Mekanisme Korosi Pada Beton	27
2.6.2.	Faktor Untuk Mengurangi Korosi Sulfat	28
2.7.	PENGOLAHAN BETON	28
2.7.1.	<i>Mixing</i>	28
2.7.2.	<i>Plancing</i>	28
2.7.3.	<i>Compacting</i>	29
2.7.4.	<i>Curing</i>	30
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1.	RENCANA PENELITIAN	31
3.1.1.	Bagan Penelitian	31
3.1.2.	Jadwal Penelitian	32
3.1.3.	Sampel Penelitian	33
3.2.	STANDAR PENGUJIAAN	34
3.3.	BAHAN BAKU PENELITIAN	34
3.4.	PENGUJIAN BAHAN BAKU	35
3.4.1.	Pengujian Semen	35
3.4.1.1.	Pengujian Konsistensi Normal	35
3.4.1.2.	Pengujian Waktu Pengikatan Hidrolis	37
3.4.2.	Pengujian Agregat Halus	39
3.4.2.1.	Analisa Specific Gravity dan Absorpsi	39
3.4.2.2.	Pemeriksaan Berat Isi dan Rongga Udara	40
3.4.2.3.	Analisa Saringan	42
3.4.2.4.	Pemeriksaan Lewat Saringan No.200	43
3.4.2.5.	Pemeriksaan Kotoran Organik	45
3.4.3.	Pengujian Agregat Kasar	45
3.4.3.1.	Analisa Specific Gravity dan Absorpsi	45
3.4.3.2.	Pemeriksaan Berat Isi dan Rongga Udara	46
3.4.3.3.	Analisa Saringan	48
3.4.3.4.	Pemeriksaan Keausan Agregat	49
3.5.	PERANCANGAN CAMPURAN	50
3.6.	PEMBUATAN BENDA UJI	53
3.7.	PERAWATAN BENDA UJI	55
3.8.	PENGUJIAN BENDA UJI	56
3.8.1.	Pengujian <i>Slump Flow</i>	56
3.8.2.	Pengujian Kuat Tekan	56
3.8.3.	Pengujian Kuat Tarik	57
3.8.4.	Pengujian Kuat Lentur	59
3.8.5.	Pengujian Permeabilitas	60
BAB 4	HASIL PENELITIAN DAN ANALISA	62
4.1.	Analisa Dan Hasil Pengujian Material Penelitian	62
4.1.1.	Agregat Kasar	62
4.1.1.1.	Pengujian Berat Isi	62
4.1.1.2.	Pengujian Analisa Saringan	63

4.1.1.3.	Pengujian Analisa Specific Gravity dan Absorpsi.....	64
4.1.2.	Agregat Halus	65
4.1.2.1.	Berat Isi dan Rongga Udara.....	65
4.1.2.2.	Analisa Saringan	67
4.1.2.3.	Pemeriksaan Lewat saringan no. 200	68
4.1.2.4.	Pemeriksaan Kotoran Organik.....	68
4.1.2.5.	Analisa Spacific Gravity dan Absorpsi	69
4.1.3.	Pengujian Kadar Sulfat dalam Air Laut dan Larutan Magnesium Sulfat.....	70
4.2.	ANALISA RANCANG CAMPUR	70
4.2.1.	Perhitungan Rancangan Campuran.....	70
4.2.2.	Kebutuhan Material	71
4.3.	METODE PENGOLAHAN DATA	72
4.4.	ANALISA HASIL UJI TEKAN.....	72
4.4.1.	Data Hasil Pengujiaan.....	73
4.4.2.	Analisis Data Kuat Tekan	73
4.4.2.1.	Faktor Koreksi Kuat Tekan	73
4.4.2.2.	Perbandingan Kuat Tekan Umur 56 hari Menurut Metode Perendaman.....	74
4.4.2.3.	Perbandingan Kuat Tekan Umur 42 hari Menurut Metode Perendaman.....	76
4.4.2.4.	Perbandingan Kuat Tekan Terhadap Variasi Perendaman Berdasarkan Umur Beton	78
4.4.2.5.	Hubungan Kuat Tekan Berdasarkan Metode Perendaman.....	79
4.5.	ANALISA HASIL UJI TARIK BELAH.....	80
4.5.1.	Data Hasil Pengujian	80
4.5.2.	Analisa Data Kuat Tarik Belah	81
4.5.2.1.	Perbandingan Kuat Tarik Belah Umur 56 Hari Menurut Metode Perendaman	81
4.5.2.2.	Perbandingan Kuat Tarik Belah Umur 42 Hari Menurut Metode Perendaman	82
4.5.2.3.	Perbandingan Kuat tarik Terhadap Metode Perendaman Sesuai Umur Beton	84
4.5.2.4.	Hubungan Kuat Tarik Belah Berdasarkan Metode Perendaman.....	85
4.6.	ANALISA HASIL UJI KUAT LENTUR	86
4.6.1.	Data Hasil Pengujiaan.....	86
4.6.2.	Analisa Data Kuat lentur.....	87
4.6.2.1.	Perbandingan Kuat Lentur Umur 56 Hari Menurut Metode Perendaman.....	87
4.6.2.2.	Perbandingan Kuat Lentur Umur 42 Hari Menurut Metode Perendaman.....	89
4.6.2.3.	Perbandingan Kuat Lentur Terhadap Variasi Perendaman Berdasarkan Umur Beton	90
4.6.2.4.	Hubungan Kuat lentur Berdasarkan Metode Perendaman.....	92
4.7.	HUBUNGAN KUAT TEKAN DENGAN KUAT TARIK LENTUR.....	93
4.8.	HUBUNGAN KUAT TARIK DENGAN KUAT LENTUR	94

4.9. HUBUNGAN KUAT TEKAN DENGAN KUAT TARIK BELAH	95
4.10. UJI PERMEABILITAS	95
4.10.1. Data Hasil Pengujian.....	96
4.10.2. Analisa Data Uji Permeabilitas.....	96
4.10.2.1.Perbandingan Penetrasi Beton Umur 42 Hari Berdasarkan Metode Perendaman	96
4.11. ANALISA TERHADAP HASIL PENELITIAN SEBELUMNYA.....	97
4.11.1. Perbandingan Metode Perendaman Terhadap Kuat Tekan Berdasarkan Umur	98
BAB 5 PENUTUP.....	101
5.1. Kesimpulan.....	101
5.2. Saran	101
DAFTAR REFERENSI	103
LAMPIRAN.....	104



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Senyawa Penyusun Portland	9
Tabel 2. 2	Syarat Gradasi Agregat Kasar.....	12
Tabel 2. 3	Syarat Gradasi Agregat Halus/Pasir	13
Tabel 2. 4	klasifikasi (kemampuan mengalir) Passing Ability	25
Tabel 3. 1	Jadwal Pengujian Sampel Beton.....	32
Tabel 3. 2	Sampel Pengujian	33
Tabel 3. 3	standar pengujian bahan pembentuk beton.....	34
Tabel 3. 4	Dimensi Wadah.....	40
Tabel 3. 5	Contoh Agregat Minimum.....	44
Tabel 3. 6	Jumlah Air yang dibutuhkan dengan metode ACI 211.1-91	51
Tabel 3. 7	Hubungan antara Kuat Tekan dengan Water Cement Ratio (w/c) dengan Metode ACI 211.1-91	52
Tabel 3. 8	Volume Agregat Kasar per unit dari volume beton dengan metode ACI 211.1-91	52
Tabel 3. 9	Massa beton dengan metode ACI 211.1-91	53
Tabel 4. 1	Hasil Uji Berat isi agregat Kasar	63
Tabel 4. 2	hasil Uji Analisa Saringan Agregat Kasar	64
Tabel 4. 3	Hasil Uji <i>Specific Gravity</i> dan <i>Absorbs</i> Agregat Kasar	65
Tabel 4. 4	hasil Uji Berat isi Agregat Halus	66
Tabel 4. 5	Hasil Uji Analisa Saringan Agregat Halus	67
Tabel 4. 6	Pemeriksaan Lewat Saringan no. 200	68
Tabel 4. 7	Pengujian Kotoran Organik Agregat Halus	69
Tabel 4. 8	Absorpsi Agregat Halus.....	70
Tabel 4. 9	Berat Jenis Penyusun Beton.....	71
Tabel 4. 10	Jumlah Kebutuhan Material (kg) per m ³	71
Tabel 4. 11	Jumlah Keseluruhan Material Selama Pembuatan Beton	72
Tabel 4. 12	Rekapitulasi Hasil Uji tekan	73
Tabel 4. 13	Persentasi Penurunan Kuat Tekan Umur 56 Hari	75
Tabel 4. 14	Persentasi Penurunan Kuat Tekan Umur 42 Hari	77
Tabel 4. 15	Persentasi Peningkatan Kuat Tekan Menurut Metode Perendaman	78
Tabel 4. 16	Rekapitulasi Hasil Uji Kuat Tarik Belah	81
Tabel 4. 17	Persentasi Penurunan Kuat Tarik Belah Umur 56 Hari	82
Tabel 4. 18	Persentasi Penurunan Kuat Tarik Belah Umur 42 Hari	83
Tabel 4. 19	Persentasi Peningkatan Kuat Tarik Belah Menurut Metode Perendaman.....	84
Tabel 4. 20	Rekapitulasi Uji Kuat Lentur.....	87
Tabel 4. 21	Persentasi Perubahan Kuat Lentur Umur 56 Hari	88
Tabel 4. 22	Persentasi Perubahan Kuat Lentur Umur 42 Hari	89
Tabel 4. 23	Persentasi Peningkatan Kuat Lentur Menurut Metode Perendaman	91
Tabel 4. 24	Hubungan Kuat Lentur Beton dengan Akar Kuat Tekan (Standar ACI)	93
Tabel 4. 25	Hubungan Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur.....	94
Tabel 4. 26	Hubungan Kuat Tarik dengan Kuat Tekan	95
Tabel 4. 27	Hasil Uji Permeabilitas	96
Tabel 4. 28	Hasil Perbandingan Uji Tekan	98
Tabel 4. 29	Persentasi Perubahan Kuat Tekan Beton	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Mesin Uji kuat tarik beton (ASTM C496)	18
Gambar 2. 2	Mesin Uji Lentur dengan metode One-Point Loading	19
Gambar 2. 3	Mesin Uji Lentur dengan metode Third-Point Loading	19
Gambar 2. 4	Uji Permabilitas Marui	21
Gambar 2. 5	Slump Flow	24
Gambar 2. 6	L-Shaped Box	25
Gambar 2. 7	Pengujian V-Funnel.....	26
Gambar 3. 1	Alur Penelitian.....	31
Gambar 3. 2	Cara penandaan dengan menggunakan alat.....	58
Gambar 3. 3	Uji Lentur	60
Gambar 4. 1	Standar Gradasi Agregat Kasar	64
Gambar 4. 2	Standar Gradasi Agregat Halus	67
Gambar 4. 3	Faktor Koreksi Kuat Tekan antara Silinder Besar dan Kecil	74
Gambar 4. 4	Perbandingan Kuat Tekan Umur 42 hari dengan Metode Perendaman	75
Gambar 4. 5	Perbandingan Kuat Tekan Umur 42 hari dengan Metode Perendaman	76
Gambar 4. 6	Perubahan Kuat Tekan Beton Terhadap Variasi Perendaman	78
Gambar 4. 7	Grafik kuat tekan terhadap umur beton berdasarkan Perendaman	79
Gambar 4. 8	Perbandingan Kuat Tarik Belah vs Metode Perendaman Umur 56 Hari	81
Gambar 4. 9	Perbandingan Kuat Tarik Belah vs Metode Perendaman Umur 42 Hari	83
Gambar 4. 10	Perubahan Kuat Tarik Beton Terhadap Variasi Perendaman.....	84
Gambar 4. 11	Pengaruh Kuat Tarik belah vs Umur Beton menurut Umur.....	85
Gambar 4. 12	Perbandingan Kuat Lentur vs Metode Perendaman Umur 56 Hari.....	87
Gambar 4. 13	Perbandingan Kuat Lentur vs Metode Perendaman Umur 42 Hari.....	89
Gambar 4. 14	Perubahan Kuat Lentur Beton Terhadap Variasi Perendaman.....	90
Gambar 4. 15	Pengaruh Kuat Lentur vs Umur Beton Menurut Metode Perendaman	92
Gambar 4. 19	Perbandingan Penetrasi umur 42 Hari dengan Metode Perendaman	96
Gambar 4. 20	Grafik kuat tekan – Umur beton menurut metode perendaman dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.....	99

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A. 1	PENGUJIAN AGREGAT KASAR
LAMPIRAN A. 2	PENGUJIAN AGREGAT HALUS
LAMPIRAN A. 3	HASIL PENGUJIAN AIR LAUT
LAMPIRAN A. 4	HASIL PENGUJIAN LARUTAN MAGNESIUM SULFAT
LAMPIRAN A. 5	HASIL PENGUJIAN KADAR KLORIDA AIR LAUT PADA BETON
LAMPIRAN A. 6	HASIL PENGUJIAN KADAR KLORIDA LARUTAN MAGNESIUM SULFAT PADA BETON
LAMPIRAN B. 1	PERANCANGAN CAMPURAN BENDA UJI
LAMPIRAN C. 1	UJI TEKAN UMUR 56 HARI
LAMPIRAN C. 2	UJI TEKAN UMUR 42 HARI
LAMPIRAN C. 3	UJI TEKAN UMUR 28 HARI
LAMPIRAN D. 1	UJI TARIK BELAH UMUR 56 HARI
LAMPIRAN D. 2	UJI TARIK BELAH UMUR 42 HARI
LAMPIRAN D. 3	UJI TARIK BELAH UMUR 28 HARI
LAMPIRAN E. 1	UJI LENTUR UMUR 56 HARI
LAMPIRAN E. 2	UJI LENTUR UMUR 42 HARI
LAMPIRAN E. 3	UJI LENTUR UMUR 28 HARI
LAMPIRAN F. 1	HASIL UJI TEKAN RATA-RATA UMUR 56 HARI
LAMPIRAN F. 2	HASIL UJI TEKAN RATA-RATA UMUR 42 HARI
LAMPIRAN F. 3	HASIL UJI TEKAN RATA-RATA UMUR 28 HARI
LAMPIRAN G. 1	HASIL UJI TARIK BELAH RATA-RATA UMUR 56 HARI
LAMPIRAN G. 2	HASIL UJI TARIK BELAH RATA-RATA UMUR 42 HARI
LAMPIRAN G. 3	HASIL UJI TARIK BELAH RATA-RATA UMUR 28 HARI
LAMPIRAN H. 1	HASIL UJI LENTUR RATA-RATA UMUR 56 HARI
LAMPIRAN H. 2	HASIL UJI LENTUR RATA-RATA UMUR 42 HARI
LAMPIRAN H. 3	HASIL UJI LENTUR RATA-RATA UMUR 28 HARI
LAMPIRAN I. 1	HASIL UJI PERMEABILITAS UMUR 42 HARI
LAMPIRAN J. 1	FOTO PENGAMBILAN AIR LAUT
LAMPIRAN J. 2	FOTO PENGUJIAN MATERIAL
LAMPIRAN J. 3	FOTO PEMBUATAN BETON
LAMPIRAN J. 4	FOTO PERENDAMAN BETON
LAMPIRAN J. 5	FOTO PENGETESAN BENDA UJI

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Seiring dengan laju pertumbuhan penduduk yang terjadi di Indonesia, berpengaruh terhadap perkembangan infrastruktur. Perkembangan infrastruktur di Indonesia, turut meningkatkan pertumbuhan di berbagai bidang dan meningkatkan kesejahteraan rakyat, salah satunya di bidang perekonomian. Hal ini didukung dari kelayakan bangunan dengan material yang digunakan. Dalam bidang konstruksi beton merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan hingga saat ini, tidak terkecuali di Indonesia. Dimana beton memiliki kelebihan seperti: harga yang relatif murah, material pembentuk beton mudah didapatkan, keawetan dan kekuatannya yang baik, tahan api, sifatnya yang bisa fleksibel terhadap bentuk yang diinginkan arsitek perencananya. Disamping itu, material beton masih memiliki kelemahan-kelemahan.

Salah satu kelemahan dari beton adalah terjadinya pengembangan pada beton akibat dari faktor-faktor fisis, kimiawi maupun biologis dalam lingkungan konstruksi. Pengembangan yang terjadi disebabkan serangan kimiawi pada beton yang mengakibatkan korosi dan degradasi material beton. Biasanya korosi dan degradasi material beton banyak ditemui pada konstruksi bangunan bawah tanah dan dalam air laut, terutama jika pengerjaan betonnya kurang baik. Pada konstruksi beton bertulang, korosi sering dihubungkan dengan baja tulangnya, baik tulangan lunak maupun baja prategang. Namun sebenarnya pada lingkungan yang agresif, korosi juga terjadi pada bahan betonnya sendiri, yaitu berupa disintegrasi material beton. Korosi adalah terjadinya lubang pada beton yang dapat yang mengurangi kekuatan beton. Serangan kimiawi yang mengakibatkan korosi tersebut adalah mengandung sodium, kalsium, magnesium sulfat, garam sulfat, klorida atau asam lainnya. Unsur kalsium hidroksida di dalam beton telah membuat beton bersifat alkalin. Dengan demikian, menjadikan beton sensitif terhadap serangan sulfat yang kemudian membentuk kalsium sulfat. Selanjutnya garam sulfat ini dapat bereaksi dengan kalsium-aluminat-hidrat menghasilkan kalsium-sulfo-aluminat atau ettringite, yang mempunyai sifat mengembang.

Karena pengembangan volume yang melampaui volume asalnya, maka proses kimiawi ini akan menimbulkan penggelembungan, retak, dan selanjutnya kerusakan yang menjalar sampai kedalam, terutama akan menjadi lebih parah pada beton yang porous.

Untuk mengurangi kelemahan-kelemahan tersebut dilakukan pengembangan bahan konstruksi yaitu beton berkemampuan tinggi dengan tambahan *superplastizier*, yaitu *Self Compacting Concrete* (SCC). SCC adalah beton dengan pemadatan sendiri tanpa menggunakan vibrator dapat memperoleh pemadatan yang baik karena kondisi dan berat sendiri. Dengan pemadatan ini dapat mengeluarkan udara dalam beton segar, sehingga diperoleh beton yang homogen dan tidak terjadi pori-pori udara pada beton. Sehingga akan mengurangi reaksi sulfat pada beton. Dengan demikian, dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh pemakaian *Portland Compasite Concrete* (PCC) terhadap ketahanan sulfat pada *Self Compacting Concrete* (SCC) pada umur 28, 42 dan 56 hari dengan metode perendaman yang berbeda, yaitu: perendaman air suling (AS), air laut kadar sulfat 0.2% (AL), larutan magnesium sulfat 5% (LS), dan larutan magnesium sulfat 5% dengan pasang surut (PS).

1.2. PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan sebelumnya, maka dapat dikemukakan permasalahan utama yang diangkat pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Bagaimana pengaruh serangan sulfat terhadap pemakaian *Portland Compasite Concrete* (PCC) pada *Self Compacting Concrete* (SCC) pada umur 42 dan 56 hari?
- b. Bagaimana pengaruh serangan sulfat bila dilakukan perendaman air suling (AS), air laut kadar sulfat 0.2% (AL), larutan magnesium sulfat 5% (LS), dan larutan magnesium sulfat 5% dengan pasang surut (PS) terhadap pemakaian *Portland Compasite Concrete* (PCC) pada *Self Compacting Concrete* (SCC) terhadap serangan sulfat?

1.3. TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut:

- a. Mengetahui pengaruh serangan sulfat terhadap pemakaian *Portland Composite Concrete* (PCC) pada *Self Compacting Concrete* (SCC) pada umur 42 hari dan 56 hari.
- b. Mengetahui pengaruh perendaman air suling (AS), air laut kadar sulfat 0.2% (AL), larutan magnesium sulfat 5% (LS), dan larutan magnesium sulfat 5% dengan pasang surut (PS) pada pemakaian *Portland Composite Concrete* (PCC) pada *Self Compacting Concrete* (SCC) terhadap serangan sulfat.

1.4. BATASAN MASALAH

Dalam penelitian ini terdapat beberapa batasan-batasan adalah sebagai berikut:

- a. Semen yang digunakan adalah semen *Portland Composite Concrete* (PCC) hasil fabrikasi PT. Indocement Tunggal Prakasa
- b. Air yang digunakan adalah air suling dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Indonesia
- c. Sumber air laut yang digunakan adalah Pantai Ancol Jakarta dengan konsentrasi sulfat 0,2%.
- d. Sumber Magnesium Sulfat adalah Harum Kimia dengan konsentrasi 5%
- e. Perendaman beton dilakukan pada air suling (AS), air laut kadar sulfat 0.2% (AL), larutan magnesium sulfat 5% (LS), dan larutan magnesium sulfat 5% dengan sistem pasang surut (PS).
- f. Pemindahan perendaman sampel beton dari air suling setelah umur 28 hari.
- g. Faktor air semen yang digunakan adalah dalam keadaan optimum dengan 0,45
- h. Mutu beton yang direncanakan adalah 40 MPa
- i. Metode perancangan campuran yang digunakan adalah menggunakan Metode *American Concrete Institute* (ACI).
- j. Benda uji yang digunakan untuk uji kuat tekan adalah silinder besar ukuran 15 x 30 cm dan silinder kecil 10 x 20 cm, uji kuat tarik adalah silinder ukuran

Universitas Indonesia

15 x 30 cm, uji kuat lentur adalah balok ukuran 15 x 15 x 60 cm, dan uji permeabilitas adalah silinder ukuran 15 x 15 x 15 cm

- k. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur dan permeabilitas
- l. Waktu pengujian 28, 42, 56 hari untuk kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur.
- m. Waktu pengujian 42 hari untuk permeabilitas.

1.5. HIPOTESIS

Beton yang berada di pinggir pantai atau bangunan bawah tanah yang bersentuhan dengan kandungan sulfat akan mengalami penurunan kekuatan dibandingkan dengan beton yang tanpa ada kandungan sulfat. Karena semakin besar kandungan sulfat dan semakin lama perendaman dalam larutan magnesium sulfat pada beton mengakibatkan kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur akan semakin menurun dan nilai permeabilitas semakin besar. Hal ini disebabkan beton sangat sensitif terhadap sulfat yang akan membuat beton pengembangan pada beton sehingga mengalami penurunan kekuatan.

1.6. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam pengerjaan penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode eksperimental yang dilaksanakan di Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan studi literatur sebagai acuan penelitian.

1.7. SISTEMATIKA PENELITIAN

BAB I Pendahuluan

Berisi tentang Latar Belakang, Perumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan Penelitian, Hipotesis, Metode Penelitian, dan Sistematika Penulisan.

BAB II Studi Literatur

Tinjauan Pustaka berisikan teori yang menjadi acuan penelitian yaitu mengenai karakteristik beton, material pembentuk beton serta pengujian

material dan sampel. Teori berasal dari beberapa referensi berupa buku literature dan hasil penelitian sebelumnya yang terkait dengan penelitian ini.

BAB III Metodologi Penelitian

Metodologi Penelitian berisikan mengenai metode pengujian bahan penyusun beton yang digunakan, metode rancang campur beton yang digunakan, metode pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat tarik lentur, dan permeabilitas yang dilaksanakan di laboratorium, dengan jumlah sampel dan jadwal penelitian

BAB IV Hasil Penelitian dan Analisa

Pada bab Hasil Penelitian dan Analisa dipaparkan hasil penelitian yang diperoleh berikut dengan analisis.

BAB V Penutup

Berisikan kesimpulan yang merupakan ringkasan penelitian, dan saran yang diberikan untuk perbaikan penelitian ke depan yang lebih baik.

BAB 2

STUDI LITERATUR

2.1. GAMBARAN UMUM BETON

Beton merupakan material yang terdiri dari campuran semen, air, agregat kasar, agregat halus, dan *admixture* bila diperlukan. Semen dan air membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai bahan pengikat, agregat halus dan kasar sebagai bahan pengisi dan penguat, serta *admixture* yang bertujuan untuk memperbaiki satu atau lebih sifat beton. Bahan-bahan ini dipilih dengan sesuai, dicampur dengan perbandingan tertentu dan digunakan sedemikian rupa untuk menghasilkan beton dengan sifat-sifat khusus yang diinginkan untuk bertujuan tertentu dengan cara yang paling ekonomis.

Pada penggunaan beton dalam konstruksi bangunan. Beton mempunyai beberapa kelebihan dan kelemahan, antara lain:

Kelebihan:

- Dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kebutuhan konstruksi,
- Mampu memikul beban yang berat, karena memiliki kuat tekan yang tinggi,
- Tahan terhadap temperatur tinggi,
- Biaya pemeliharaan yang kecil.

Kekurangan:

- Bentuk yang dibuat sulit untuk diubah,
- Kuat tarik rendah,
- Sangat getas,
- Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi,
- Berat,
- Daya pantul suara yang besar. (Mulyono. T, 2004).

2.2. MATERIAL DASAR PEMBENTUK BETON

Untuk mendapatkan kualitas beton yang baik sangat ditentukan oleh kualitas dari material yang digunakan dalam pembuatan beton tersebut. Material dasar pembentuk beton adalah sebagai berikut:

2.2.1. Semen

2.2.1.1. Pengertian Semen

Semen merupakan salah satu material yang terdapat pada beton. Pada abad ke-18, John Smeaton (insinyur asal Inggris) menemukan ramuan dengan memanfaatkan campuran batu kapur dan tanah liat saat membangun menara suar Eddystone di lepas pantai Cornwall, Inggris. Namun, bukan Smeaton yang akhirnya mematenkan proses pembuatan cikal bakal semen ini. Adalah Joseph Aspdin, juga insinyur berkebangsaan Inggris, pada 1824 mengurus hak paten ramuan yang kemudian disebut semen portland.

Bahan utama pembentuk semen yaitu, batu kapur (kaya akan kalsium karbonat) dan tanah lempung yang banyak mengandung silika (sejenis mineral berbentuk pasir), aluminium oksida (alumina) serta oksida besi. Bahan-bahan itu kemudian dihaluskan dan dipanaskan pada suhu tinggi sampai terbentuk campuran baru. Selama proses pemanasan, terbentuklah campuran padat yang mengandung zat besi. Agar tidak mengeras seperti batu, ramuan diberi bubuk gips dan dihaluskan hingga berbentuk partikel-partikel kecil mirip bedak.

2.2.1.2. Jenis-Jenis Semen

Semen merupakan bahan yang mempunyai sifat *adhesive* dan sifat *cohesive*, digunakan sebagai bahan pengikat (*bonding material*), yang dapat mengikat butiran-butiran agregat menjadi bentuk yang kompak. Semen dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

a. Semen Hidraulis

Merupakan semen yang dapat mengeras dalam air, menghasilkan padatan yang stabil dalam air. Contohnya: Semen Portland. Menurut Standar Industri Indonesia (SSI 0013-1981) semen portland didefinisikan sebagai semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis bersama bahan tambahan yang biasanya digunakan adalah gypsum.

b. Semen non-Hidrolis

Merupakan semen yang tidak dapat mengeras dalam air atau tidak stabil dalam air.

2.2.1.3. Tipe Semen *Portland*

Berdasarkan tipe, portland semen dapat dibagi sebagai berikut:

a. Tipe I – *Ordinary Portland Cement*

Semen Portland Jenis I merupakan jenis semen yang cocok untuk berbagai macam aplikasi beton dimana syarat-syarat khusus tidak diperlukan.

b. Tipe II - *Moderate Heat Portland Cement*

Semen Portland Jenis II merupakan jenis semen yang cocok untuk berbagai macam aplikasi beton dimana diperlukan daya tahan yang baik terhadap kadar sulfat sedang. Semen jenis ini banyak digunakan di daerah-daerah yang berkadar sulfat sedang, misal daerah-daerah rawa dan bangunan-bangunan tepi pantai, bendungan, pondasi jembatan, dll

c. Tipe III- *High Early Strength Portland Cement*

Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan yang tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi. Semen tipe III ini dibuat dengan kehalusan yang tinggi blaine biasa mencapai $5000 \text{ cm}^2/\text{gr}$ dengan nilai C3S nya juga tinggi. Beton yang dibuat dengan menggunakan semen Portland tipe III ini dalam waktu 24 jam dapat mencapai kekuatan yang sama dengan kekuatan yang dicapai semen Portland tipe I pada umur 3 hari, dan dalam umur 7 hari semen Portland tipe III ini kekuatannya menyamai beton dengan menggunakan semen portlan tipe I pada umur 28 hari

d. Tipe IV- *Low Heat Portland Cement*

Semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah. Penggunaan semen ini banyak ditujukan untuk struktur Concrete (beton) yang massive dan dengan volume yang besar, seperti bendungan, dam, lapangan udara. Dimana kenaikan temperatur dari panas yang dihasilkan selama periode pengerasan diusahakan

seminimal mungkin sehingga tidak terjadi pengembangan volume beton yang bisa menimbulkan *cracking* (retak). Pengembangan kuat tekan (*strength*) dari semen jenis ini juga sangat lambat jika dibanding semen portland tipe I

e. Type V – *Sulphaten Resisting Portland Cement*

Semen Portland Jenis V merupakan jenis semen yang cocok untuk berbagai macam aplikasi beton dimana diperlukan daya tahan yang baik terhadap kadar sulfat yang tinggi. Semen jenis ini banyak digunakan di daerah-daerah yang berkadar sulfat tinggi, misal daerah-daerah rawa dengan tingkat keasaman tinggi, dermaga (bangunan-bangunan pantai), bendungan, pondasi jembatan.

Senyawa portland terdiri dari oksida kapur (CaO), oksida alumina (Al_2O_3), oksida silika (SiO_2), dan oksida besi (Fe_2O_3). Kandungan kombinasi dari keempat oksida $\pm 90\%$ dari berat semen dan biasanya disebut major oxides. Dari susunan unsur oksida di atas akan membentuk senyawa-senyawa sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Senyawa Penyusun Portland

Senyawa	Rumus Kimia	Simbol
Tri Kalsium Silikat	3CaO SiO_2	C_3S
Di Kalsium Silikat	2CaO SiO_2	C_2S
Tri Kalsium Aluminat	$3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Tetra Kalsium Almina Ferrit	$4\text{CaO Al}_2\text{O}_3$	C_4AF

Sumber: neville, 1981

Adapun sifat-sifat dari keempat senyawa penyusun portland tersebut adalah sebagai berikut:

a. Tri Kalsium Silikat

Apabila dicampur dengan air senyawa ini akan mengeras dalam beberapa jam, dengan melepas panas ± 500 joule/gram. Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan beton pada awal umurnya, terutama dalam 14 hari pertama. Kandungan C_3S pada semen portland bervariasi antara 35%-55%.

b. Di Kalsium Silikat

Pada penambahan air, segera terjadi reaksi yang menyebabkan pasta mengeras dan menimbulkan sedikit panas ± 250 joule/gram. Pasta yang mengeras, perkembangan kelarutannya stabil dan lambat pada beberapa minggu, kemudian mencair kekuatan tekan akhir hampir sama dengan C_3S . Kandungan C_2S pada semen portland bervariasi antara 15%-35%.

c. Tri Kalsium Aluminat

Senyawa ini mengalami hidrasi yang sangat cepat disertai pelepasan panas hidrasi yang tinggi ± 850 joule/gram, menyebabkan pengerasan awal tetapi kurang kontribusinya pada kekuatan tekan akhir, kurang ketahanannya terhadap agresi kimiawi, paling menonjol mengalami desintegrasi oleh sulfat, dan tendensinya sangat besar untuk retak-retak oleh perubahan volume. Kandungan C_3A pada semen portland bervariasi antara 5%-8%.

d. Tetra Kalsium Almina Ferrit

Dengan adanya air bereaksi dengan cepat, dan pasta terbentuk dalam beberapa menit, menimbulkan panas hidrasi ± 420 joule/gram. Warna abu-abu pada semen dipengaruhi oleh senyawa ini. Kandungan C_4AF pada semen portland bervariasi antara 5%-10%.

2.2.2. Agregat

2.2.2.1. Pengertian Agregat

Kandungan agregat dalam campuran beton biasanya sangat tinggi. Komposisi agregat tersebut berkisar 60% - 70% dari berat campuran beton. Walaupun fungsinya hanya sebagai pengisi, tetapi karena komposisinya yang cukup besar, maka agregat ini menjadi sangat penting.

Sifat yang paling penting dari suatu agregat (batu-batuan, kerikil, pasir, dan lain-lain) ialah kekuatan hancur dan ketahanan terhadap benturan, yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, porositas dan karakteristik penyerapan air yang mempengaruhi

daya tahan terhadap proses pembekuan dan agresi kimia serta ketahanan terhadap penyusutan (Brook K.M, Murdock L.J, 1991).

2.2.2.2. Klasifikasi agregat

Klasifikasi agregat berdasarkan ukuran butirannya dibedakan menjadi dua, agregat halus dan agregat kasar. Perbandingan antara agregat halus dan agregat kasar tergantung dari gradasi. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran agregat. Sebagai pernyataan gradasi dipakai nilai persentase dari berat butiran yang tertinggal atau lewat di dalam suatu susunan ayakan dengan ukuran tertentu. Berdasarkan ukuran butiran nominal yang diisyaratkan oleh SNI T-15-1991-03 agregat dapat dibagi 2 yaitu :

1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang semua butirannya tertinggal di atas ayakan 4,8 mm (ASTM C33,1982). Agregat kasar yang baik dan memenuhi syarat untuk digunakan sebagai campuran dalam pembuatan aspal beton harus mempunyai sifat-sifat yaitu: agregat kasar untuk beton dapat berupa kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pecahan batu.

Pada umumnya yang dimaksud dengan agregat kasar adalah agregat dengan besar butir lebih dari 5 mm. Berikut beberapa sifat dari agregat kasar:

- Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Agregat kasar mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat kasar harus dicuci.
- Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.

Tabel 2. 2 Syarat Gradasi Agregat Kasar

Lubang Ayakan (mm)	Persentase berat tembus kumulatif			
	Ukuran butiran nominal (mm)			
	37,5 - 4,75	25 - 4,75	19 - 4,75	19 - 4,75
50	100	-	-	-
37,5	90-100	100	-	-
25	-	95-100	100	-
19	35-70	-	90-100	100
12,5	-	25-60	-	90-100
9,5	30-6	-	20-55	40-70
4,75	0-5	0-10	0-10	0-15
2,36	-	0-5	0-5	0-5

Sumber: ASTM

2. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang semua butirannya menembus ayakan berlubang 4,8 mm (ASTM C33, 1982). Agregat halus yang baik dan memenuhi syarat untuk digunakan sebagai campuran dalam pembuatan beton harus mempunyai sifat-sifat yaitu :

- Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu.
- Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Dimana lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat halus harus dicuci.
- Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Harder (dengan larutan NaOH).
- Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

Tabel 2. 3 Syarat Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persentase berat tembus kumulatif			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
9,6	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber: SKSNI T-15-1990-03

2.2.3. Air

Air adalah salah satu bahan yang penting dalam pembuatan beton, air yang digunakan untuk pembuatan beton atau perawatan beton adalah air yang tidak mengandung minyak, asam alkali, tidak mengandung garam, tidak mengandung bahan-bahan organik atau bahan lain yang dapat merusak beton. Air yang digunakan pada pembuatan beton ialah yang dapat diminum. Sebelum digunakan air terlebih dahulu diperiksa di laboratorium baru kemudian bisa digunakan.

Kekuatan dan mutu beton umumnya sangat dipengaruhi oleh jumlah air yang dipergunakan. Air yang digunakan untuk campuran beton memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- Tidak boleh mengandung minyak, asam alkali, bahan padat sulfat, klorida dan bahan lainnya, yang dapat merusak beton. Sebaiknya digunakan air yang dapat digunakan untuk diminum.
- Air yang keruh sebelum digunakan harus diendapkan minimal 24 jam atau jika dapat disaring terlebih dahulu.

2.2.4. *Superplasticizer*

Superplasticizer merupakan bahan tambahan sebagai pengurang kadar air dengan tingkat angka tinggi. Bahan tambahan adalah berupa bubukan atau cairan yang dibubuhkan ke dalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk merubah beberapa sifatnya. Berdasarkan SNI 03-2495-1991 tentang bahan tambahan untuk beton, *superplasticizer* digolongkan pada tipe F

atau *superplasticizer* adalah bahan tambah yang mengurangi air dalam campuran dengan cukup banyak. Penggunaan bahan ini digunakan membuat beton alir (*flow concrete*) untuk menjangkau tempat yang tak terjangkau oleh pengetar dan beton pompa (*pumping concrete*) pada jenis struktur yang rumit. Selain itu penggunaan bahan ini adalah dapat meningkatkan mutu dari beton.

Untuk menghasilkan beton dengan mutu (kuat tekan beton) sangat tinggi dibutuhkan *superplasticizer* (*high range water reducer*) dan Aditif mineral yang bersifat cementitious yaitu berupa : Abu terbang (*fly ash*), *Pozzofume* (*super fly ash*), dan Mikrosilika (*silicafume*) dengan kadar yang tepat. *Superplasticizer* atau *high range water reducer* dalam hal ini mutlak diperlukan karena kondisi faktor air semen (FAS) yang umumnya sangat rendah pada beton mutu tinggi atau sangat tinggi, untuk bisa mengontrol dan menghasilkan nilai slump yang optimal pada beton segar (*workable*), sehingga bisa dihasilkan kinerja pengecoran beton yang baik.

Namun dalam segala hal, penggunaan *superplasticizer* perlu sesuai dengan standard ASTM-C 494-81 tipe F. Ketepatan dosis penambahan *superplasticizer* umumnya perlu dibuktikan dengan membuat campuran percobaan (*trial mixes*) dengan beberapa variasi dosis penambahan *superplasticizer* hingga mendapatkan hasil yang optimum dalam memenuhi syarat kelecakan yang direncanakan.

2.3. SEMEN PCC (*PORTLAND COMPOSITE CEMENT*)

2.3.1. Pengertian Semen PCC (*Portland Composite Cement*)

Berdasarkan SNI 15-7064-2004: *Portland Composite Cement* adalah semen hidrolis yang terdiri dari campuran antara semen portland dengan *fly ash* dan pozzolan halus yang diproduksi dengan cara menggiling clinker semen *Portland* dan *fly ash* ditambahkan pozzolan bersama-sama. *Portland Composite Cement* (PCC) merupakan jenis semen varian baru yang mempunyai karakteristik mirip dengan semen *portland* pada umumnya, tetapi semen jenis ini mempunyai kualitas yang lebih baik, ramah lingkungan dan mempunyai harga yang lebih ekonomis. Komposisi bahan baku semen PCC adalah *clinker*, *gypsum* dan zat tambahan (*additive*). Bahan aditif yang digunakan yaitu batu kapur (*lime stone*),

abu terbang (*fly ash*) dan trass. Sedangkan tipe OPC tidak menggunakan aditif *fly ash* dan trass

Tipe PCC menggunakan tambahan zat aditif *fly ash* dan *trass*, dimana terdapat senyawa SiO_2 yang dapat meningkatkan kuat tekan. Selain adanya zat aditif *fly ash* dan *trass*, pada semen PCC juga ditambahkan *lime stone* yang berfungsi meningkatkan kuat tekan. *Lime stone* mempunyai bentuk fisik yang mudah halus, sehingga dengan nilai kehalusan tersebut, *lime stone* dapat menutup rongga-rongga yang terdapat di dalam semen.

Berdasarkan defenisi di atas, maka perbedaan semen PCC dan Semen Portland adalah banyaknya trass dan *fly ash* yang digunakan pada proses akhir. Penambahan *fly ash* akan berpengaruh pada struktur beton sebagai hal-hal berikut:

1. Curing time (90 hari) laju reaksi pozzolanic (pengikatan Ca) meningkat, sehingga jumlah Ca(OH)_2 yang akan berinteraksi dengan CO_2 berkurang karena karbodinasi terhambat.
2. Menurunkan alkalinitas beton yang merupakan penyebab terjadinya korosi pada besi beton.

2.3.2. Keunggulan Semen PCC (*Portland Composite Cement*)

Dengan penggunaan *Portland Composite Cement* memiliki keunggulan sebagai berikut:

1. Lebih mudah dikerjakan
2. Suhu beton lebih rendah sehingga tidak mempercepat penguapan dan tidak mudah retak.
3. Permukaan acian beton lebih halus.
4. Lebih kedap air.
5. Lebih tahan terhadap serangan sulfat.
6. Lebih tahan lama.
7. Dapat meminimalkan pemakaian komposisi semen di dalam campuran beton.
8. Mempunyai kekuatan yang tinggi.
9. Mutu produk yang konsisten dan terjamin.
10. Daya rekat dan keplastisan yang tinggi terhadap beton.
11. Praktis, mudah dan cepat.

12. Pekerjaan lebih cepat selesai.

2.3.3. Bahan-Bahan Tambahan Semen PCC (*Portland Composite Cement*)

Berikut adalah bahan-bahan tambahan yang terdapat pada Portland Composite Cement:

1. *Fly ash*, didefinisikan sebagai butiran halus hasil pembakaran batu bara.
2. *Siliceous Fly ash (V)*, terdiri dari reaksi *silicon dioxide* (SiO_2) dan *aluminium oxide* (Al_2O_3).
3. *Calcareous Fly ash (W)*, terdiri dari CaO rekatif, SiO_2 reaktif dan Al_2O_3 .

2.4. KARAKTERISTIK BETON

2.4.1. Faktor air Semen (FAS)

Faktor air semen disebut juga dengan rasio air semen (*water cement ratio*) merupakan angka yang menyatakan perbandingan antara berat air dengan berat semen dalam satuan yang sama pada proses pembuatan beton. Semakin tinggi nilai faktor air semen, maka semakin mengurangi nilai kekuatan beton. Pada *self compacting concrete* (SCC) penggunaan faktor air semen direndahkan, tetapi digunakan bahan tambahan *superplasticizer* untuk meningkatkan *workability*.

2.4.2. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Semakin tinggi nilai beban yang didapatkan, semakin besar tinggi mutu dari beton tersebut. Untuk mendapatkan, nilai kuat tekan yang tinggi, harus dirancang dengan proporsi campuran yang dipengaruhi oleh faktor air semen (FAS). Semakin kecil faktor air semen, maka semakin tinggi nilai kuat tekan beton. Kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

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

Dengan :

P = gaya maksimum dari mesin tekan (kg)

A = luas penampang yang diberi tekanan (cm^2)

f_c' = kuat tekan (kg/cm^2)

2.4.3. Kuat Tarik Beton

Kuat tarik belah benda uji silinder beton adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder, yang diperoleh dari hasil pembebanan. Peralatan: mesin uji tekan untuk uji kuat tarik belah, pelat penekan dengan permukaan rata dengan panjang melebihi ukuran benda uji dan lebar tidak kurang dari 50 mm serta ketebalan tidak kurang dari tebal meja penekan, alat bantu penandaan dan penempatan benda uji, jangka sorong dan alat penata beban.

Bahan penunjang uji lainnya terdiri dari dua buah bantalan penekan terbuat dari kayu lapis dengan tebal 13 mm, lebar ± 25 mm, panjang benda uji. Benda uji dibuat dan dirawat sesuai dengan SNI 03-2492-1991 ketelitian ukuran diameter $\pm 0,1$ mm, ketelitian ukuran panjang ± 1 mm. Benda uji beton ringan: umur 28 hari dalam kondisi kering. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan pelat baja yang tipis untuk uji kuat belah yang diletakkan pada bagian bawah dan atas benda uji. Fungsinya untuk memindahkan beban dari mesin secara merata di sepanjang tinggi silinder. Beban maksimum yang dihasilkan diterima oleh bagian geometris di sepanjang silinder untuk mendapatkan pemisahan kekuatan tarik beton.

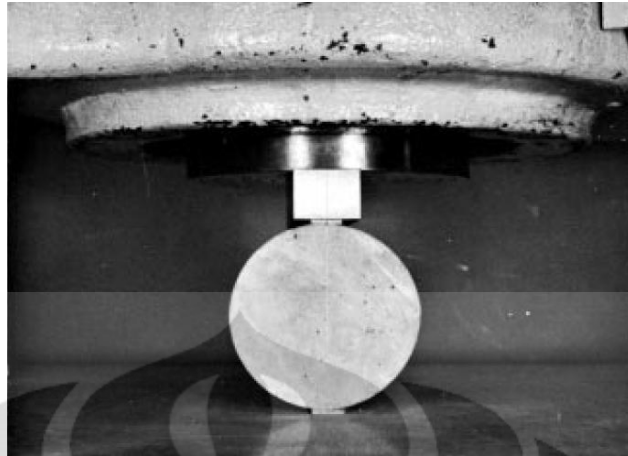
Perhitungan:

Besar kuat tarik ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$\sigma_{tarik} = \frac{P}{L \times d} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

Dimana:

- σ_{tarik} = tegangan tarik (kg/cm^2)
- P = beban maksimum yang terjadi (kg)
- L = panjang bentang (cm)
- d = tinggi specimen (cm)



Gambar 2. 1 Mesin Uji kuat tarik beton (ASTM C496)

2.4.4. Kuat Lentur Beton

Metode ini dimaksudkan sebagai acuan dalam melaksanakan uji kuat tarik lentur di laboratorium dengan tujuan untuk memperoleh kuat lentur beton dalam keperluan pelaksanaan struktur. Benda uji harus sesuai dengan SNI 03-2493-1991, semua bidang permukaan harus rata dan bebas dari cacat, bidang-bidang samping harus tegak lurus terhadap bidang atas dan bidang bawahnya. Adapun cara pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Siapkan benda uji dan balok-balok tumpuan
2. Berikan pembebanan dan catat beban maksimum yang mengakibatkan keruntuhan
3. Ukur penampang keruntuhan, dan hitung kuat lentur.

Perhitungan:

Nilai kuat tekan lentur dihitung dari harga momen di posisi retak dibagi dengan momen statis penampang balok dengan rumus sebagai berikut:

- a. Keruntuhan pada tengah bentang:

$$\sigma_{lentur} = \frac{P \times L}{bd^2} \quad (kg/cm^2)$$

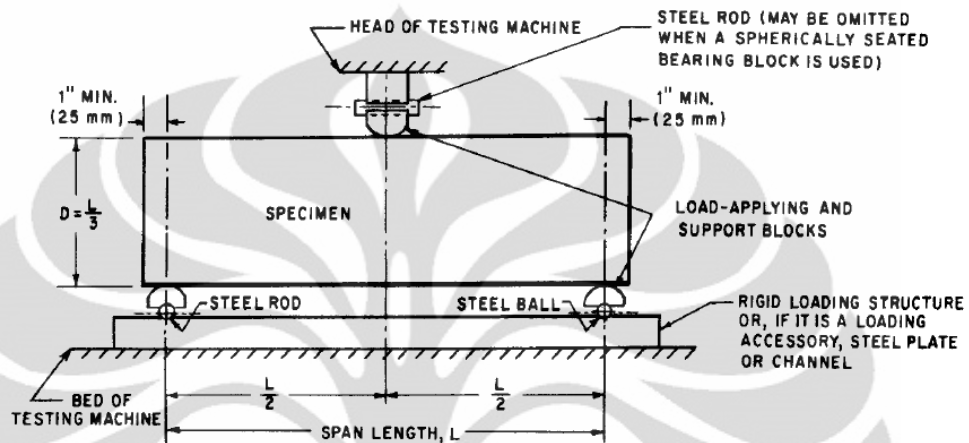
- b. Keruntuhan yang terjadi pada bagian tarik di luar tengah bentang:

$$\sigma_{lentur} = \frac{3P \times a}{bd^2} \quad (kg/cm^2)$$

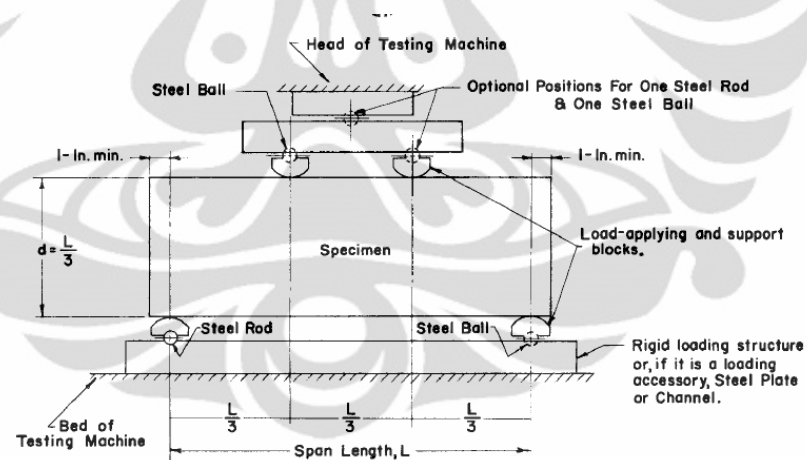
Dimana:

σ_{lentur} = tegangan lentur (kg/cm^2)

- P = beban maksimum yang terjadi (kg)
 L = panjang bentang (cm)
 b = lebar specimen (cm)
 d = tinggi specimen (cm)
 a = jarak rata-rata dari garis keruntuhan dan titik perletakan



Gambar 2. 2 Mesin Uji Lentur dengan metode One-Point Loading



Gambar 2. 3 Mesin Uji Lentur dengan metode Third-Point Loading

2.4.5. Permeabilitas

Permeabilitas beton merupakan sebagai ukuran kemudahan lolos air menembus beton. Uji permeabilitas yang dilakukan antara lain permeabilitas terhadap ion chlorida, permeabilitas terhadap udara, dan permeabilitas terhadap air. Permeabilitas ini sangat penting terutama ditinjau dari keawetan (*durability*), karena dapat mengendalikan laju serangan agresif kimia dan pergerakan air. Salah

satu parameter yang sangat mempengaruhi keawetan (*durability*) dari beton adalah perbandingan air semen. Bila perbandingan air semen dikurangi, maka porositas pasta ikut berkurang sehingga beton menjadi lebih kedap air.

Untuk mengetahui dan mengukur permeabilitas beton perlu dilakukan pengujian. Uji permeabilitas ini terdiri dari dua macam: uji aliran (*flow test*) dan uji penetrasi (*penetration test*). Uji yang pertama digunakan untuk mengukur permeabilitas beton terhadap air bila ternyata air dapat mengalir melalui sampel beton. Uji penetrasi digunakan jika dalam percobaan permeabilitas tidak ada air yang mengalir melalui sampel. Dari data yang dihasilkan oleh uji permeabilitas ini dapat ditentukan koefisien permeabilitas, suatu angka yang menunjukkan kecepatan rembesan fluida dalam suatu zat.

Permeabilitas beton dapat ditentukan dengan pengujian permeabilitas air yang dinyatakan dengan koefisien permeabilitas yang dapat dihitung dengan rumus Darcy sebagai berikut:

1. Pada pengujian aliran, koefisien permeabilitas dihitung dengan rumus Darcy:

$$K = \frac{\rho g L Q}{PA}$$

Dimana:

- | | |
|--------|--|
| K | = koefisien permeabilitas (cm/detik) |
| ρ | = massa jenis air (kg/cm ³) |
| g | = percepatan gravitasi bumi (cm/detik ²) |
| L | = panjang atau tinggi sampel (cm) |
| Q | = debit aliran air (cm ³ /detik) |
| P | = tekanan air (kg dm/detik ² /cm ²) |
| A | = luas penampang sampel (cm ²) |

2. Pada uji penetrasi, rumus yang dipakai adalah:

$$K = \frac{d^2 v}{2Th}$$

Dimana:

- | | |
|---|--------------------------------------|
| K | = koefisien permeabilitas (cm/detik) |
| d | = kedalaman penetrasi (m) |

- T = waktu penetrasi (detik)
 h = tinggi tekanan (m)
 v = angka pori beton

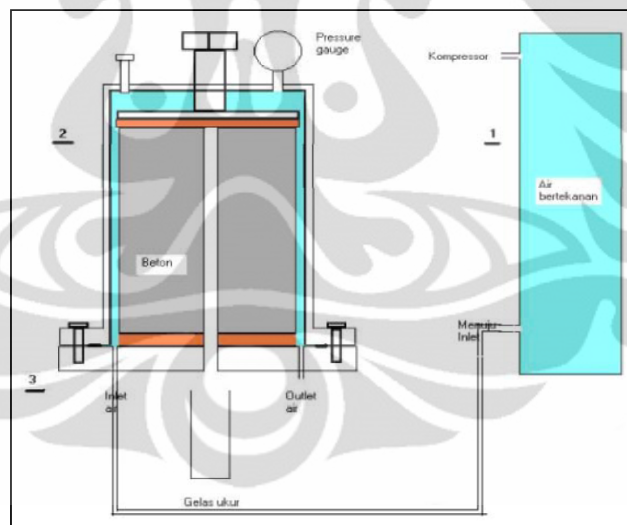
3. Angka pori beton (v), dihitung dengan menggunakan rumus:

$$K = \frac{\{(w/c) \times (100 - \alpha \times 36,15)\}}{(w + 100/g)}$$

Dimana:

- K = angka pori beton
 w/c = faktor air semen
 w = jumlah air bebas dalam beton (gram/cm³)
 g = massa jenis beton (gram/cm³)
 α = derajat hidrasi beton

Alat uji permeabilitas buatan Marui adalah menguji permeabilitas beton dengan cara uji aliran.



Gambar 2. 4 Uji Permabilitas Marui

Berdasarkan gambar di atas, alat ini juga memiliki tiga bagian utama yaitu: (1) tabung cadangan air, (2) tabung penahan beton, dan (3) tutup bawah. Pada tabung penahan beton juga memiliki tiga lubang dengan fungsi yang sama seperti alat uji yang dibuat oleh penulis. Benda uji yang digunakan adalah silinder dengan diameter 15 cm, tinggi 30 cm, dengan lubang memanjang di tengahnya. Ukuran diameter lubang tengah standar adalah 1,5 cm, namun ukuran ini dapat diubah sesuai dengan keperluan. Silinder ini diberi air bertekanan tinggi dari samping

hingga air menetes lewat lubang tengah. Debit air yang mengalir dicatat dan data ini kemudian dipakai untuk menentukan koefisien permeabilitas.

Nilai permeabilitas beton:

1. Permeabilitas dari mesuare hardened pasteadalah $0,1 \times 10^{-12}$ cm/detik untuk water semen ratio yang berkisar 0,3 sampai dengan 0,7
2. Permeabilitas dari batuan (rock) yang umumnya dipakai untuk campuran beton bervariasi antara $1,7 \times 10^{-9}$ sampai dengan $3,5 \times 10^{-13}$
3. Permeabilitas untuk beton yang berkualitas baik kurang 1×10^{-10} cm/detik

2.5. SELF COMPACTING CONCRETE (SCC)

2.5.1. Defenisi *Self Compacting Concrete* (SCC)

Self Compacting Concrete (SCC) memberikan solusi baru dalam dunia teknologi beton karena tidak memerlukan vibrator untuk pematatannya. SCC telah digunakan dan dikembangkan di luar negeri, tetapi di Indonesia belum begitu dikenal. *Self compacting concrete* adalah campuran beton yang dapat memadat sendiri tanpa menggunakan alat pematat (vibrator). *Self Compacting Concrete* yang baik harus tetap homogen, kohesif, tidak segregasi, tidak terjadi blocking, dan tidak *bleeding*. *Self compacting concrete* pertama kali dikembangkan di Jepang pada tahun 1986.

Pemakaian *self compacting concrete* sebagai material *repair* dapat meningkatkan kualitas beton *repair* oleh karena dapat menghindari sebagian dari potensi kesalahan manusia akibat manual compaction. Pematatan yang kurang sempurna pada saat proses pengecoran dapat mengakibatkan berkurangnya durabilitas beton. Sebaliknya dengan *self compacting concrete*, struktur beton *repair* menjadi lebih padat terutama pada daerah pembesian yang sangat rapat, dan waktu pelaksanaan pengecoran juga lebih cepat.

Self compacting concrete cocok untuk struktur-struktur yang sangat sulit untuk dilakukan pematatan manual misalnya karena tulangan yang sangat rapat ataupun karena bentuk bekisting tidak memungkinkan, sehingga dikhawatirkan akan terjadi keropos apabila dipadatkan secara manual. Selain itu bisa juga diaplikasikan untuk lantai, dinding, tunnel, beton *precast* dan lain- lain.

Self compacting concrete adalah suatu beton yang memiliki sifat kecairan (*fluidity*) yang tinggi sehingga mampu mengalir dan mengisi ruang-ruang di dalam cetakan tanpa proses pemadatan atau hanya sedikit sekali memerlukan getaran untuk memadatkannya. Hal ini dapat mengurangi waktu proses pemadatan. Dengan tingkat kecairan yang tinggi, maka *self compacting concrete* mampu diangkat dan dibawa dengan mudah melalui pompa ke tingkat yang tinggi pada pengecoran bangunan berlantai banyak. Salah satu bahan kimia yang mempengaruhi kemampuan SCC untuk mengalir adalah *superplasticizer*. *Superplasticizer* terbagi ke dalam empat basis kelompok yaitu, *polycarboxylate ether*, *modified lignosulfonates*, *sulfonated melamin formadehyded condensate* dan *sulfonated naphtalein formaldehyde condensate*. Tiap jenis *superplasticizer* memberikan reaksi yang berbeda, tergantung konfigurasi kimia dan berat molekulnya. Dosis *superplasticizer*, jenis semen, komposisi *mix design* beton menentukan kemampuan *superplasticizer* untuk melakukan reaksi (Papayianni et. al, 2005).

2.5.2. Karakteristik *Self Compacting Concrete* (SCC)

2.5.2.1. Workabilitas

Berdasarkan spesifikasi *self compacting concrete* dari EFNARC, workabilitas campuran beton segar dapat dikatakan sebagai *self compacting concrete* apabila memenuhi kriteria sebagai berikut yaitu :

- *Filling ability*
Adalah kemampuan *self compacting concrete* untuk mengalir dan mengisi keseluruhan bagian cetakan melalui berat sendirinya.
- *Passing ability*
Adalah kemampuan *self compacting concrete* untuk mengalir melalui celah-celah antar besi tulangan atau bagian celah yang sempit dari cetakan tanpa terjadi adanya segregasi atau *blocking*.
- *Segregation resistance* adalah kemampuan *self compacting concrete* untuk menjaga tetap dalam keadaan komposisi yang homogen selama waktu transportasi sampai pada saat pengecoran.

2.5.2.2. *Slump Flow*

Slump flow test dapat dipakai untuk menentukan *filling ability* baik di laboratorium maupun di lapangan dan dengan memakai alat ini dapat diperoleh kondisi workabilitas beton berdasarkan kemampuan penyebaran beton segar yang dinyatakan dengan besaran diameter yaitu antara 60 cm – 75 cm. Kebutuhan nilai *slump flow* untuk pengecoran konstruksi bidang vertikal berbeda dengan bidang horizontal. Kriteria yang umum dipakai untuk penentuan awal workabilitas *self compacting concrete* berdasarkan tipe konstruksi adalah sebagai berikut :

- Untuk konstruksi vertikal, disarankan menggunakan *slump-flow* antara 65 cm sampai 70 cm.
- Untuk konstruksi horizontal disarankan menggunakan *slump-flow* antara 60 cm sampai 65 cm.



Gambar 2. 5 Slump Flow

2.5.2.3. Pengujaian *L-Shaped Box*

Pengujaian *L-Shaped Box Test* dilakukan untuk mengetahui kemudahan beton mengalir dalam satu kotak yang berbentuk *L-Shaped Box Test*. Di dalam kotak tersebut diberi penyekat berupa tulangan untuk mengetahui kemampuan beton mengalir melalui tulangan tersebut. Hasil akhir pengujaian tersebut dapat dilihat dengan mengetahui kemampuan mengalir (*Passing Ability*) setelah beton mengalir dalam waktu tertentu. Nilai *passing ability* diperhitungkan menggunakan persamaan berikut:

$$PA = \frac{H_2}{H_1}$$

Dengan

H_1 =Ketinggian *self compacting concrete* pada bagian vertikal

H_2 =Ketinggian *self compacting concrete* pada bagian horizontal

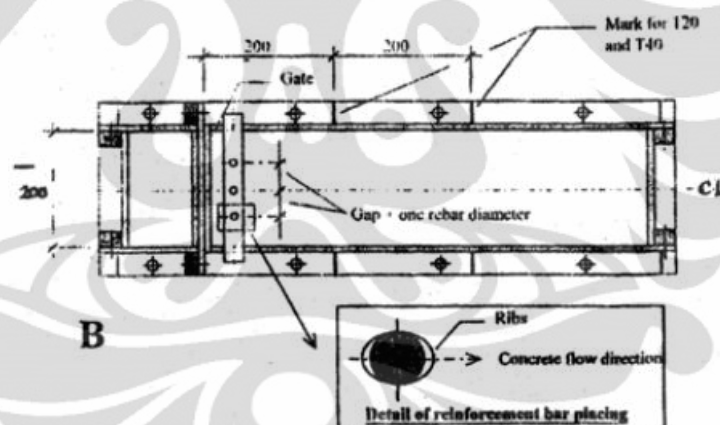
Tabel 2. 4 klasifikasi (kemampuan mengalir) Passing Ability

Class	Passing Ability (%)
PA1	$\geq 0,8$ with 2 rebars
PA2	$\geq 0,8$ with 3 rebars

Keterangan:

PA1 = struktur dengan celah 80 – 100 mm (contoh: perumahan, struktur vertikal)

PA1 = struktur dengan celah 60 – 80 mm (contoh: struktur teknik sipil)

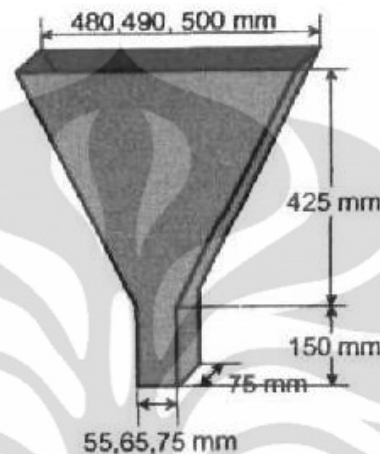


Gambar 2. 6 L-Shaped Box

2.5.2.4. V-Funnel Test

Metode ini dikembangkan pertama kali di Jepang dan digunakan oleh Ozawa. Alat ini terdiri dari corong berbentuk V, seperti pada gambar 2.8 (Morita, S., *Juornal of Advanced Concrete Technology*, 2003). Pengujian dengan *V-Funnel* berguna untuk mengukur flowabilitas dari campuran beton, dimana kemampuan campuran beton untuk mengisi ruang (*Filling Ability*). Selain itu pengujian dengan menggunakan *V-Funnel Test* dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan campuran beton untuk menahan segregasi. Pada pengaplikasiannya *V-Funnel* relatif

lebih mudah untuk dilakukan di lapangan karena tidak membutuhkan keahlian yang khusus dalam pelaksanaannya. Hasil pengujian dari metode *V-Funnel Test* ini saling mendukung dengan hasil pengujian *Slump Test Cone*.



Gambar 2. 7 Pengujian V-Funnel

2.5.3. Keunggulan *Self Compacting Concrete* (SCC)

Beberapa keunggulan dari *self compacting concrete* (SCC) adalah sebagai berikut:

1. Segi durabilitas
 - Meningkatkan homogenitas dari beton.
 - Dapat membungkus tulangan dengan baik.
 - Porositas dari matrik beton yang rendah.
 - *No carbonation, no chloride ingress.*
2. Segi produktivitas
 - Pengecoran yang cepat.
 - Pemompaan yang lebih mudah.
 - Pekerjaan pemadatan tidak perlu dilakukan lagi.
3. Segi tenaga kerja
 - *Human error* akibat pemadatan yang kurang sempurna dapat dihilangkan.
 - Angka kecelakaan tenaga kerja dapat diperkecil.
 - Tidak ada polusi suara akibat vibrator.

- Tidak terjadi *Hand Arm Vibration Syndrom (HAVS)*.
- Tidak terjadi *White Fingers* akibat gangguan peredaran darah.

2.6. SULFAT

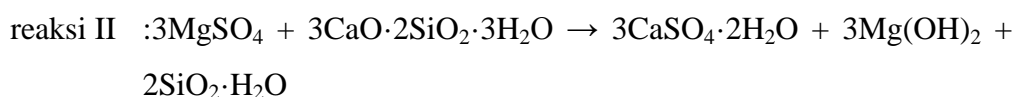
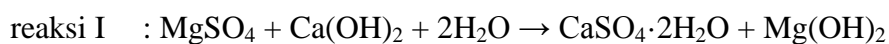
2.6.1. Mekanisme Korosi Pada Beton

Pada konstruksi beton bertulang, korosi sering dihubungkan dengan baja tulungannya, baik tulangan lunak maupun baja prategang. Namun sebenarnya pada lingkungan yang agresif, korosi juga terjadi pada bahan betonnya sendiri, yaitu berupa disintegrasi material beton. Proses disintegrasi material beton ini terjadi karena adanya serangan kimiawi pada beton. Proses disintegrasi sering dijumpai pada bangunan bawah tanah dan air laut.

Bahan kimia yang mengakibatkan korosi tersebut adalah sulfat, yang terdiri atas magnesium sulfat, sodium sulfat, dan kalsium sulfat. Akibat serangan kimiawi tersebut membuat beton bersifat alkalin. Dengan demikian, menjadikan beton sensitif terhadap serangan sulfat yang kemudian membentuk kalsium sulfat. Selanjutnya garam sulfat ini dapat bereaksi dengan kalsium-aluminat-hidrat menghasilkan kalsium-sulfo-aluminat atau ettringite, yang mempunyai sifat mengembang. Karena pengembangan volume yang melampaui volume asalnya, maka proses kimiawi ini akan menimbulkan penggelembungan, retak, dan selanjutnya kerusakan yang menjalar sampai kedalam, terutama akan menjadi lebih parah pada beton yang porous.

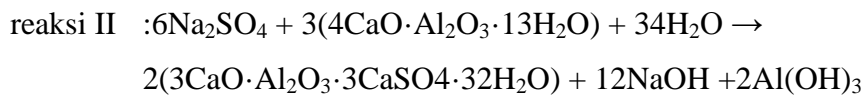
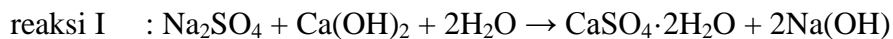
Bahan kimia penyebab korosi tersebut akan bereaksi dengan hasil hidrasi (semen dan air) dan terjadi pada saat pasta semen padat. Berikut reaksi yang terjadi:

a. Magnesium sulfat (MgSO_4)



Berdasarkan reaksi di atas, dimana magnesium sulfat akan bereaksi dengan *calcium silicate hydrate* dan *calcium hydrate* yang menghasilkan gypsum (reaksi pertama). Dan magnesium sulfat akan bereaksi dengan *calcium aluminat hydrate* untuk membentuk *ettringite* (reaksi II).

b. Sodium sulfat (Na_2SO_4)



Berdasarkan reaksi di atas, dimana sodium sulfat akan bereaksi dengan *calcium hidroxide* yang menghasilkan *gypsum* dan $\text{Na}(\text{OH})$ (reaksi pertama).

Dan sodium sulfat akan bereaksi dengan *calcium aluminate hydrate* yang menghasilkan *ettringite* (reaksi II).

c. Kalsium Sulfat (CaSO_4)



Berdasarkan reaksi di atas, dimana kalsium sulfat akan bereaksi dengan *calcium aluminate hydrate* yang menghasilkan *ettringite*.

2.6.2. Faktor Untuk Mengurangi Korosi Sulfat

Untuk meningkatkan ketahanan beton terhadap serangan sulfat, bisa dilakukan dengan cara berikut:

1. Mengurangi jumlah air yang digunakan. Apabila jumlah air berkurang akan meningkatkan mutu beton dan kedapannya.
2. Menggunakan tipe semen dengan kadar C_3A yang rendah
3. Menambahkan adiktif mineral seperti *fly ash* (abu terbang) ke dalam campuran beton.

2.7. PENGOLAHAN BETON

2.7.1. *Mixing*

Mixing adalah pencampuran dari bahan-bahan pembentuk beton (semen, air, agregat halus, agregat kasar, dan admixture)

2.7.2. *Placing*

Pengecoran ini dilaksanakan pada malam hari. Karena kalau pada siang hari suhu cukup tinggi dan dikhawatirkan terjadi keretakan akibat dari penguapan dan pengerasan yang terlalu cepat.

Dari truk *mixer* spesi beton dituangkan dahulu dalam *bucked* untuk selanjutnya diangkat dengan menggunakan *crane* ke tempat yang akan dicor. Pada waktu penuangan beton ini diusahakan sedekat mungkin dengan tempat yang akan dicor untuk menghindari tinggi jatuh yang terlalu jauh yang akan menyebabkan segregasi spesi beton. Ini disebabkan karena bahan-bahan yang terberat dan terbesar akan jatuh ke bawah lebih dahulu, selanjutnya kerikil dan kemudian pasir dan akhirnya pasta semen yang akan jatuh dalam cetakan. Pencampuran sebelumnya yang baik akan terpengaruh dan kualitas beton akan berkurang bahkan buruk sekali.

2.7.3. *Compacting*

Untuk menghilangkan udara yang terdapat antara dinding dan spesi beton juga di dalam campuran beton itu sendiri dilakukan pemadatan. Karena kalau tidak dilakukan maka udara akan membentuk ruang kosong dalam beton. Ruang kosong itu sangat merugikan bagi kualitas beton, selain kekuatannya berkurang hasil cornya akan buruk dan berongga.

Metode pemadatan yang dilakukan adalah dengan tangan dan jarum penggetar. Metode pemadatan dengan tangan yaitu dengan cara menusuk-nusuk dengan sepotong kayu atau batang lain. Sedangkan metode dengan jarum getar yaitu pemadatan dengan menggunakan alat mekanis yang disebut jarum penggetar atau vibrator.

Cara praktis untuk mengetahui cukup tidaknya pemadatan adalah dengan cara menggunakan indera penglihatan dan pendengaran. Untuk indera penglihatan dapat dilihat keluarnya gelembung-gelembung udara yang besar kemudian disertai gelembung-gelembung yang kecil. Pada indera pendengaran digunakan untuk memeriksa frekuensi dari alat penggetar.

Alat penggetar yang berada di luar beton akan mengeluarkan suara yang nyaring berfrekuensi tinggi, tetapi begitu dimasukkan dalam campuran beton maka suaranya menjadi rendah dan frekuensinya rendah pula, kemudian lambat laun suaranya akan meninggi dan mencapai frekuensi yang konstan, bila hal ini terjadi maka pemadatan sudah cukup.

2.7.4. *Curing*

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

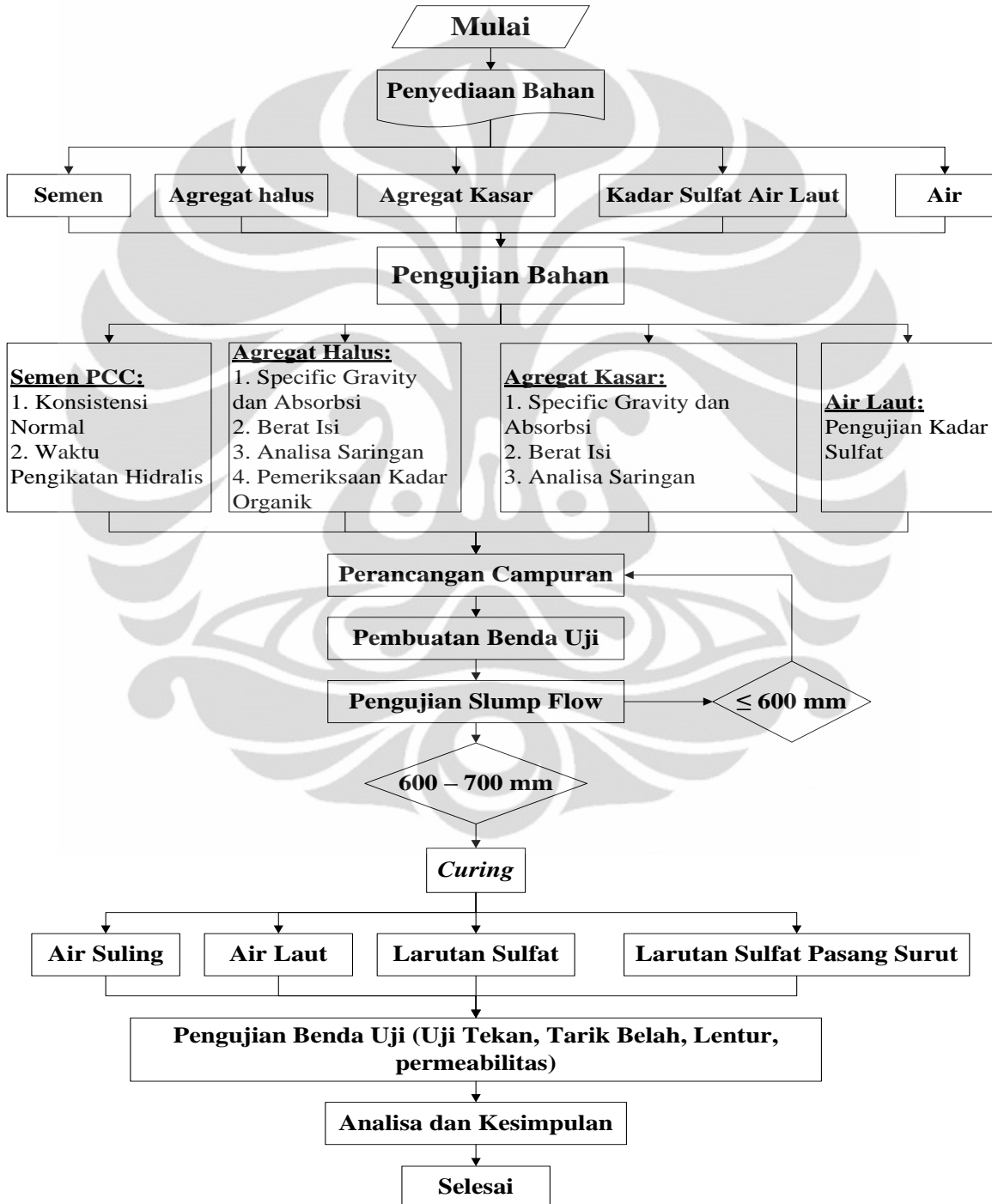
Perawatan beton ada 2 cara yaitu dengan cara penguapan dan pembasahan. Adlah sebagai berikut:

1. Perawatan beton dengan cara pembasahan, yaitu:
 - a. Menaruh beton dalam ruangan lembab.
 - b. Menaruh beton dalam genangan air.
 - c. Menaruh beton dalam air.
 - d. Menyelimuti permukaan beton dengan air.
 - e. Menyelimuti permukaan beton dengan karung basah.
 - f. Menyirami permukaan beton secara kontinu.
2. Perawatan dengan uap yaitu perawatan dengan tekanan rendah dan perawatan dengan tekanan tinggi (Mulyono Tri, 2004).

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. RENCANA PENELITIAN

3.1.1. Bagan Penelitian



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

3.1.2. Jadwal Penelitian

Tabel 3. 1 Jadwal Pengujian Sampel Beton

No	Pekerjaan	Januari				Februari				Maret					April				Mei				Juni		
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
1	perhitungan mix design																								
2	pengadaan material																								
3	persiapan material																								
4	pembuatan sampel																								
5	test tekan 28 hari																								
6	test tekan 42 hari																								
7	test tekan 56 hari																								
8	test tarik 28 hari																								
9	test tarik 42 hari																								
10	test tarik 56 hari																								
11	test lentur 28 hari																								
12	test lentur 42 hari																								
13	test lentur 56 hari																								
17	test permeabilitas 42 hari																								

3.1.3. Sampel Penelitian

Rencana penelitian ini adalah menggunakan metode eksperimental di laboratorium dan studi literatur. Dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh pemakaian semen PCC (*Portland Composite Concrete*) terhadap ketahanan sulfat pada beton pemadatan sendiri. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur, dan permeabilitas pada umur 28, 42, 56 hari. Benda uji yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Jumlah Sampel Pengujian

Metode Perendaman	Kuat Tekan			Kuat Tarik Belah			Kuat Lentur			Permeabilitas	Total	
	Umur 28 Hari		Umur 42 Hari	Umur 56 Hari	Umur 28 Hari	Umur 42 Hari	Umur 56 Hari	Umur 28 Hari	Umur 42 Hari	Umur 56 Hari		Umur 42 Hari
	Besar	Kecil										
Air Suling	3	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	45
Air Laut	3	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	45
Larutan magnesium sulfat	3	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	45
Larutan magnesium sulfat (Rendam-angkat)	3	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	45
Total	32		20	20	20	20	20	12	12	12	12	180

3.2. STANDAR PENGUJIAAN

Standart pengujian yang dilakukan dalam pengujian bahan-bahan pembentuk beton adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 3 standar pengujian bahan pembentuk beton

No	Nama pengujian	Standar yang digunakan
	Semen	
1	Penentuan Konsistensi normal	ASTM C 187 - 98
2	Penentuan waktu pengikatan hidrolis	ASTM C 191 - 04b
	Agregat Halus	
3	Analisa specific Gravity dan absorpsi	ASTM C 128 - 04a
4	Pemeriksaan Berat isi dan rongga udara	ASTM C 29
5	Analisa saringan	ASTM C 136
6	Pemeriksaan lewat saringan No.200	ASTM C 117
7	Pemeriksaan kotoran	ASTM C 40
	Agregat kasar	
8	Analisa specific Gravity dan absorpsi	ASTM C 127
9	Pemeriksaan Berat isi dan rongga udara	ASTM C 29
10	Analisa saringan	ASTM C 136
11	Pemeriksaan keausan	ASTM C 131
	Beton SCC	
12	Slum flow	ASTM C 1611
	Pembuatan benda uji	
13	Curing benda uji	ASTM C 192
	Pengujian beton	
14	Kuat tekan	ASTM C 39
15	Kuat tarik	ASTM C 496
16	Kuat lentur	ASTM C 78
17	Permeabilitas	DIN 1048

Sumber : Modul Praktikum pemeriksaan bahan beton

3.3. BAHAN BAKU PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan bahan-bahan pembentuk beton. Berikut bahan-bahan pembentuk beton:

1. Semen

- Jenis : *Portland Composite Cement (PCC)*
- Sumber : PT. Indocement Tunggal Prakasa

2. Air

- Jenis : Air Suling
- Sumber : Laboratorium Teknik Sipil Universitas Indonesia

3. Superplastizier

- Jenis : *Visconcrete 10*
- Merk :SIKA
- Sumber :PT. SIKI INDONESIA

3.4. PENGUJIAN BAHAN BAKU

3.4.1. Pengujian Semen

3.4.1.1. Pengujian Konsistensi Normal

a. Tujuan Pengujian

Menentukan konsistensi normal dari semen hidrolis untuk keperluan penentuan waktu pengikatan semen. [Menentukan jumlah air yang dibutuhkan untuk mempersiapkan pasta semen hidrolis untuk pengetesan].

b. Peralatan:

- ❖ Mesin aduk (mixer), dengan daun-daun pengaduk dari baja tahan karat
- ❖ serta mangkuk yang dapat dilepas.
- ❖ Alat vicat.
- ❖ Timbangan dengan kepekaan sampai 1,0 gram.
- ❖ Alat pengorek (scrapper) dibuat dari karet yang agak kaku.
- ❖ Gelas ukur dengan kapasitas 150 atau 200 ml.
- ❖ Sendok perata (trowel).
- ❖ Sarung tangan karet.

c. Bahan

- ❖ Semen Portland (tipe I) \pm 3,5 kg (untuk \pm 6 percobaan);
- ❖ Air bersih (dengan suhu kamar).

d. Prosedur Pengujian:

- ❖ Pasang daun pengaduk serta mangkuk pada alat pengaduk.

- ❖ Masukkan bahan untuk percobaan dalam mangkuk dan campurlah sebagai berikut:
1. Tuangkan air ($\pm 155 - 125$ cc untuk semen tipe I dan $\pm 130 - 140$ cc untuk semen tipe III).
 2. Masukkan 500 gram semen kedalam air dan biarkan untuk penyerapan selama 30 detik.
 3. Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan rendah (140 ± 5 ppm) dan aduklah untuk 1 menit.
 4. Hentikan mesin pengaduk untuk 15 detik dan sapulah bahan (pasta) dari dinding sisi mangkuk.
 5. Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan sedang (285 ± 10 ppm) dan aduklah untuk 1menit.
 6. Segera ambil pasta dari mangkuk dan bentuklah sebagai bola. Lemparkan bola pasta tersebut dari tangan yang satu ke tangan yang lain (dengan jarak ± 15 cm) sebanyak 25 kali. Kemudian tempatkan pada alat vicat. Tekankan ke dalam cincin konis sehingga memenuhi cincin tersebut.
 7. Tempatkan cincin tersebut pada pelat gelas dan tuanglah 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 dibawah batang dan sentuhkan dan kuncilah jarum pada permukaan pasta.
 9. Tempatkan indikator tepat pada angka nol yang atas. Lepaskan batang bersamaan jarum dengan memutar kunci. Jarum akan masuk ke dalam pasta.
 10. Bila dalam waktu 30 detik kedalaman masuk jarum kedalam pasta besarnya 10 ± 1 mm dari permukaan, maka konsistensi pasta semen tersebut adalah normal.
 11. Bila konsistensi normal belum tercapai, ulangi langkah-langkah tersebut di atas hingga tercapai konsistensi normal.

3.4.1.2. Pengujian Waktu Pengikatan Hidrolis

a. Tujuan Pengujian

Menentukan waktu pengikatan semen hidrolis (dalam keadaan konsistensi normal) dengan alat vicat.

b. Peralatan:

- ❖ Mesin aduk [*mixer*], dengan daun-daun pengaduk dari baja tahan karat
- ❖ serta mangkuk yang dapat dilepas.
- ❖ Alat vicat.
- ❖ Timbangan dengan kepekaan sampai 1,0 gram.
- ❖ Alat pengorek [*scraper*] dibuat dari karet yang agak kaku.
- ❖ Gelas ukur dengan kapasitas 150 atau 200 ml.
- ❖ Ruang lembab yang mampu memberikan kelembabab relatif minimum 90%.

c. Bahan

- ❖ Semen Portland tipe I (500 x 2) gr,
- ❖ Air bersih dengan suhu kamar

d. Prosedur Pengujian:

- ❖ Tempatkan sudu serta mangkuk [kering] pada alat aduk dalam posisi mengaduk.
- ❖ Tempatkan bahan-bahan untuk satu “batch” ke dalam mangkuk dengan cara sbb :
 1. Masukkan semua air pencampur yang jumlahnya telah ditetapkan sebelumnya dalam pembuatan pasta semen dengan konsistensi normal untuk semen 500 gram.
 2. Masukkan 500 gram semen ke dalam air tersebut dan biarkan menyerap selama 30 detik.
- ❖ Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan rendah [140 ± 5 ppm] dan aduklah selama 30 detik.
- ❖ Hentikan mesin pengaduk untuk 15 detik dan sapulah bahan [pasta] dari dinding sisi mangkuk.

- ❖ Jalankan mesin pengaduk dengan sedang [285 ± 10 ppm] dan aduklah selama 1 menit.
- ❖ Segera ambil pasta semen dari mangkuk dan bentuklah sebagai bola, dan tekankan ke dalam cincin konis sesuai cara dalam penentuan konsistensi normal.
- ❖ Segera masukkan benda coba tersebut ke dalam ruang lembab dan biarkan di sana terus kecuali bila mau dipakai untuk percobaan.
- ❖ Setelah 30 menit di dalam ruang lembab, tempatkan benda coba pada alat vicat. Turunkan jarum D hingga menyentuh permukaan pasta semen. Keraskan sekrup E dan geser jarum penunjuk F pada bagian atas dari skala dan lakukan pembacaan awal.
- ❖ 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.
- ❖ Jarak untuk setiap penetrasi pada pasta tidak boleh lebih kecil dari 6 mm. Untuk setiap semen Tipe I, Percobaan dilakukan 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.
- ❖ Gambarkan penetrasi dalam suatu grafik, besarnya penetrasi jarum vicat sebagai fungsi dari waktu untuk semen-semen tipe I atau III.
- ❖ Catat hasil semua percobaan penetrasi. Tentukan waktu tercapainya penetrasi sebesar 25 mm. Inilah waktu ikat.

3.4.2. Pengujian Agregat Halus

3.4.2.1. Analisa Specific Gravity dan Absorpsi

a. Tujuan Pengujian

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan *bulk* dan *apparent specific gravity* dan absorpsi dari agregat halus menurut ASTM C 128 guna menentukan agregat dalam beton.

b. Peralatan:

- ❖ Neraca timbangan dengan kepekaan 0,1 *gram* dan kapasitas minimum 1 *kg*.
- ❖ Piknometer kapasitas 500 *gram*.
- ❖ Cetakan kerucut pasir.
- ❖ Tongkat pemadat dari logam untuk cetakan kerucut pasir.

c. Bahan

- ❖ Seribu *gram* agregat halus, diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat.

d. Prosedur Pengujian:

- ❖ Agregat halus dibuat jenuh air dengan cara merendam selama 1 hari, kemudian dikeringkan sampai merata (*Free Flowing Condition*).
- ❖ Sebagian benda uji dimasukkan pada *metal sand cone mold*. Benda uji kemudian dipadatkan dengan tongkat pemadat sampai 25 kali tumbukan. Kondisi *SSD (Surface Dry Condition)* diperoleh jika cetakan diangkat, agregat halus runtuh/longsor.
- ❖ Agregat halus dalam keadaan *SSD* sebanyak 500 *gram* dimasukkan ke dalam piknometer dan diisikan air sampai 90 % kapasitas. Gelembung-gelembung udara dihilangkan dengan cara mengoyang-goyangkan piknometer. Rendam dalam air dengan temperatur air 73.4 ± 30 °F selama paling sedikit 1 hari. Tentukan berat piknometer benda uji dan air.
- ❖ Pisahkan benda uji dari piknometer dan dikeringkan pada temperatur 212 – 230°F selama 1 hari.

- ❖ Tentukan berat piknometer berisi air sesuai kapasitas kalibrasi pada temperatur 73.4 ± 30 °F dengan ketelitian 0.1 gram.

e. Perhitungan Pengujian:

$$\text{❖ Bulk Specific Gravity (SSD)} = \frac{500}{B+500-C}$$

$$\text{❖ Apparent Specific Gravity} = \frac{A}{B+A-C}$$

$$\text{❖ Prosentasi Absorpsi} = \frac{A}{B+A-C}$$

Keterangan:

A = Berat (gram) dari benda uji oven dry

B = Berat (gram) dari piknometer berisi air

C = Berat (gram) dari piknometer dengan benda uji dan air sesuai kapasitas kalibrasi

3.4.2.2. Pemeriksaan Berat Isi dan Rongga Udara

a. Tujuan Pengujian

Pemeriksaan ini dimaksud untuk menentukan berat isi agregat halus. Berat isi adalah perbandingan berat dengan isi.

b. Peralatan:

- ❖ Timbangan dengan ketelitian 0.1 % berat contoh
- ❖ Talam kapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat
- ❖ Tongkat pemadat diameter 15 mm, panjang 60 cm dengan ujung bulat sebaiknya terbuat dari baja tahan karat
- ❖ Mistar perata (*straight edge*)
- ❖ Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pemegang, berkapasitas sebagai berikut:

Tabel 3. 4 Dimensi Wadah

Kapasitas (liter)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Tebal Wadah Minimum (mm)		Ukuran Butiran Maksimum (mm)
			Dasar	Sisi	
2,832	152,4 ± 2,5	154,9 ± 2,5	5,08	2,54	12,7
9,435	203,2 ± 2,5	292,1 ± 2,5	5,08	2,54	25,4
14,158	254,0 ± 2,5	279,4 ± 2,5	5,08	3	38,1
28,316	355,6 ± 2,5	284,4 ± 2,5	5,08	3	101,8

c. Bahan

Masukkan contoh agregat ke dalam talam sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah sesuai tabel 3 keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ} \text{C}$ sampai berat tetap.

d. Prosedur Pengujian:

❖ Berat isi lepas

1. Timbang dan catat berat wadah (w_1).
2. Masukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir-butir dari ketinggian maksimum 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh.
3. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
4. Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2).
5. Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$).

❖ Berat isi padat agregat ukuran butir maksimum 36.1 mm (1½") dengan cara penusukkan

1. Timbanglah dan catat berat wadah (w_1).
2. Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada pemadatan tongkat harus tepat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan.
3. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
4. Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2).
5. Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$).

❖ Berat isi pada agregat ukuran butir antara 38.1 mm (1½") sampai 101.8 mm (4") dengan cara penggoyangan

1. Timbanglah dan catat berat wadah (w_1).
2. Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal.

3. Padatkan setiap lapisan dengan cara menggoyang-goyangkan wadah seperti berikut:
 - Letakkan wadah di atas tempat yang kokoh dan datar, angkatlah salah satu sisinya kira-kira setinggi 5 cm kemudian lepaskan.
 - Ulangi hal ini pada sisi yang berlawanan. Padatkan lapisan sebanyak 25 kali untuk setiap sisi.
 - Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
4. Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2).
5. Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$).

e. Perhitungan:

$$\text{Berat Isi Agregat} = \frac{W_3}{V} \left(\frac{kg}{dm^3} \right)$$

3.4.2.3. Analisa Saringan

a. Tujuan Pengujian

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dengan menggunakan saringan.

b. Peralatan:

- ❖ Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0.2 % dari berat benda uji.
- ❖ Satu set saringan : 76.2 mm (3"); 63.5 mm (2½"); 50.8 mm (2"); 37.5 mm (1½"); 25 mm (1"); 19.1 mm (¾"); 12.5 mm (½"); 9.5 mm (¼"); No.4; No.8; No.16; No.30; No.50; No.100; No.200 (standar ASTM).
- ❖ Oven yang dilengkapi dengan pengukur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.
- ❖ Alat pemisah contoh (*sample splitter*).
- ❖ Mesin penggetar saringan.
- ❖ Talam-talam.
- ❖ Kuas, sikat kuningan, sendok, dan alat-alat lainnya.

c. Bahan

- ❖ Benda uji diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat.
 1. Ukuran maksimum No.4 berat minimum 500 *gram*.
 2. Ukuran maksimum No.8 berat minimum 100 *gram*

d. Prosedur Pengujian:

- ❖ Sediakan benda uji sebanyak 500 *gram*.
- ❖ Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
- ❖ Menyaring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran No.8, 16, 30, 50, 100, 200, pan. Kemudian saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.
- ❖ Timbang berat agregat halus pada masing-masing saringan

e. Perhitungan:

Menghitung persentase gerak benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

3.4.2.4. Pemeriksaan Lewat Saringan No.200

a. Tujuan Pengujian

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan jumlah bahan yang terdapat dalam agregat lewat saringan No.200 dengan cara pencucian.

b. Peralatan:

- ❖ Saringan No.16 dan No.200.
- ❖ Wadah pencucian benda uji berkapasitas cukup besar sehingga pada waktu diguncang-guncang, benda uji dan atau air pencuci tidak tumpah.
- ❖ Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $[110\pm 5]^{\circ}\text{C}$.
- ❖ Timbangan dengan ketelitian 0.1 % berat contoh.
- ❖ Talam berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat.

c. Bahan

- ❖ Berat contoh agregat kering minimum tergantung pada ukuran agregat maksimum sesuai tabel dibawah ini :

Tabel 3. 5 Contoh Agregat Minimum

Ukuran agregat Maksimum		Berat Contoh Kering Minimum
mm	inch	Gram
2,36	No. 8	100
1,18	No.4	500
9,5	1/4	2000
19,1	3/4	2500
38,1	1 1/2	5000

d. Persiapan benda Uji:

- ❖ Masukkan contoh agregat lebih kurang 25 kali berat benda uji ke dalam talam, keringkan dalam oven dengan suhu $[110 \pm 5]^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
- ❖ Siapkan benda uji dengan berat $[w_1]$ sesuai dengan tabel III.2.

e. Prosedur Pengujian:

- ❖ Masukkan benda uji ke dalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
- ❖ Guncang-guncangkan wadah dan tuangkan air cucian ke dalam susunan saringan No.16 dan No.200. Pada waktu menuangkan air cucian, usahakan agar bahan-bahan yang kasar tidak ikut tertuang.
- ❖ Masukkan air pencuci baru, dan ulanglah pekerjaan No.2 sampai air cucian menjadi bersih.
- ❖ Semua bahan yang tertahan No.16 dan No.200 kembalikan ke dalam wadah; kemudian masukkan seluruh bahan tersebut ke dalam talam yang telah diketahui beratnya $[w_2]$ dan keringkan dalam oven dengan suhu $[110 \pm 5]^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
- ❖ Setelah kering timbang dan catatlah beratnya $[w_3]$.
- ❖ Hitunglah berat bahan kering tersebut $[w_4 = w_3 - w_2]$.

f. Perhitungan:

$$\text{Jumlah bahan lewat saringan No.200} = \frac{w_1 - w_4}{w_1} \times 100\%$$

3.4.2.5. Pemeriksaan Kotoran Organik

a. Tujuan Pengujian

Menentukan adanya bahan organik dalam pasir alam yang akan digunakan sebagai bahan campuran mortar atau beton.

b. Peralatan:

- ❖ Botol gelas tidak berwarna mempunyai tutup dari karet, gabus atau lainnya yang tidak larut dalam NaOH, dengan isi sekitar 350ml.
- ❖ Standar warna (*organic plate*)
- ❖ Larutan NaOH

c. Bahan

- ❖ Pasir 115ml (kira-kira 1/3 isi botol)

d. Prosedur Pengujian:

- ❖ Masukkan benda uji kedalam botol
- ❖ Tambahkan larutan NaOH 3%. Setelah dikocok, isinya harus mencapai kira-kira 2/3 isi botol
- ❖ Tutup botol, lalu kocok lagi kuat-kuat dan biarkan selama 24 jam
- ❖ Setelah 24 jam bandingkan warna cairan yang terlihat diatas benda uji dengan warna standar no.3

3.4.3. Pengujian Agregat Kasar

3.4.3.1. Analisa Specific Gravity dan Absorpsi

a. Tujuan Pengujian

Menentukan *bulk* dan *apparent specific gravity* dan absorpsi dari agregat kasar menurut ASTM C 127 guna menentukan volume agregat dalam beton.

b. Peralatan:

- ❖ Timbangan dengan ketelitian 0.5 gram, kapasitas minimum 5 kg.
- ❖ Panjang besi 8 in dan tinggi 2.5 in.
- ❖ Alat penggantung keranjang
- ❖ Oven
- ❖ Handuk

c. Bahan

11 liter agregat [SSD] diperoleh dari alat pemisah contoh atau alat perempatan. Bahan benda uji lewat saringan No.4 dibuang.

d. Prosedur Pengujian:

- ❖ Benda uji direndam 24 jam.
- ❖ Benda uji digulung dengan handuk, sehingga air permukaannya habis, tetapi harus masih tampak lembab (kondisi SSD). Timbang.
- ❖ Benda uji dimasukkan ke keranjang dan direndam kembali dalam air. Temperatur air $73,4 + 30^{\circ}\text{F}$ dan ditimbang sebelum *container* diisi benda uji, digoyang-goyang dalam air untuk melepaskan udara yang terperangkap.
- ❖ Benda uji dikeringkan pada temperatur $212 - 230^{\circ}\text{F}$. Didinginkan dan ditimbang.

e. Perhitungan:

- ❖ *Bulk Specific Gravity (SSD)* $= \frac{B}{B-C}$
- ❖ *Apparent Specific Gravity* $= \frac{A}{A-C}$
- ❖ Prosentasi Absorpsi $= \frac{B-A}{A} \times 100\%$

Keterangan:

A = Berat (*gram*) dari benda uji *oven dry di udara*

B = Berat (*gram*) dari benda uji pada kondisi SSD

C = Berat (*gram*) dari benda uji pada kondisi jenuh

3.4.3.2. Pemeriksaan Berat Isi dan Rongga Udara

a. Tujuan Pengujian

Pemeriksaan ini dimaksud untuk menentukan berat isi agregat kasar. Berat isi adalah perbandingan berat dengan isi.

b. Peralatan:

- ❖ Timbangan dengan ketelitian 0.1 % berat contoh
- ❖ Talam kapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat
- ❖ Tongkat pemadat diameter 15 mm, panjang 60 cm dengan ujung bulat sebaiknya terbuat dari baja tahan karat

- ❖ Mistar perata (*straight edge*)
 - ❖ Wadah baja yang cukup kaku berbentuk silinder dengan alat pemegang.
- c. Bahan
- Masukkan contoh agregat ke dalam talam sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah sesuai tabel III.1; keringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
- d. Prosedur Pengujian:
- ❖ Berat isi lepas
 1. Timbang dan catat berat wadah (w_1)
 2. Masukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butir-butir dari ketinggian maksimum 5 cm di atas wadah dengan menggunakan sendok atau sekop sampai penuh
 3. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
 4. Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2)
 5. Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$)
 - ❖ Berat isi padat agregat ukuran butir maksimum 36.1 mm ($1\frac{1}{2}$ "") dengan cara penusukkan
 1. Timbanglah dan catat berat wadah (w_1)
 2. Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali tusukan secara merata. Pada pemadatan tongkat harus tepat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan.
 3. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
 4. Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2)
 5. Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$)
 6. Berat isi pada agregat ukuran butir antara 38,1 mm ($1\frac{1}{2}$ "") sampai 101,8 mm (4"") dengan cara penggoyangan

7. Timbanglah dan catat berat wadah (w_1)
8. Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal
9. Padatkan setiap lapisan dengan cara menggoyang-goyangkan
10. wadah seperti berikut:
11. Letakkan wadah di atas tempat yang kokoh dan datar, angkatlah salah satu sisinya kira-kira setinggi 5 *cm* kemudian lepaskan
12. Ulangi hal ini pada sisi yang berlawanan. Padatkan lapisan sebanyak 25 kali untuk setiap sisi
13. Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
14. Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2)
15. Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$).

3.4.3.3. Analisa Saringan

a. Tujuan Pengujian

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan.

b. Peralatan:

- ❖ Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0.2 % dari berat benda uji.
- ❖ Satu set saringan : 76.2 *mm* (3"); 63.5 *mm* (2½"); 50.8 *mm* (2"); 37.5 *mm* (1½"); 25 *mm* (1"); 19.1 *mm* (¾"); 12.5 *mm* (½"); 9.5 *mm* (¼"); No.4; No.8; No.16; No.30; No.50; No.100; No.200 (standar ASTM).
- ❖ Oven yang dilengkapi dengan pengukur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.
- ❖ Alat pemisah contoh (*sample splitter*).
- ❖ Mesin penggetar saringan.
- ❖ Talam-talam.
- ❖ Kuas, sikat kuningan, sendok, dan alat-alat lainnya.

c. Bahan

Benda uji diperoleh dari alat pemisah.

d. Prosedur Pengujian:

- ❖ Sediakan benda uji sebanyak 2.5 kg.
- ❖ Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
- ❖ Menyaring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran 1, $\frac{3}{4}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{1}{2}$, 4, 8, dan pan. Kemudian saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.
- ❖ Timbang berat agregat halus pada masing-masing saringan

e. Perhitungan:

Menghitung persentase gerak benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.

3.4.3.4. Pemeriksaan Keausan Agregat

a. Tujuan Pengujian

Pemeriksaan ini dimaksudkan ini untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mempergunakan mesin Los Angeles. Keausan agregat tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan No. 12 terhadap berat semula, dalam persen.

b. Peralatan:

- ❖ Saringan $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$.
- ❖ Mesin Los Angeles; mesin terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 71 cm (26") panjang dalam 50 cm (20"). Silinder tertumpu pada dua poros pendek yang tak menerus dan berputar pada poros mendatar. Silinder berlubang untuk memasukkan benda uji. Penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Dibagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 8.9 cm (3.56").
- ❖ Saringan No. 12 dan saringan-saringan lainnya seperti tercantum dalam No.1.

- ❖ Timbangan dengan ketelitian 5 gram.
 - ❖ Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4.68 cm dan berat masing-masing antara 390 gram sampai 445 gram.
 - ❖ Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 ± 5) C.
- c. Bahan
- ❖ Berat dengan gradasi benda uji sesuai tabel III.1.
 - ❖ Bersihkan benda uji dan keringkan dalam oven pada suhu (110 ± 5) C sampai berat tetap.
- d. Prosedur Pengujian:
- ❖ Keringkan aggragat kasar dalam oven (110 ± 5) C selama 1 hari
 - ❖ Saring benda uji dalam saringan $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$
 - ❖ Benda uji dan bola-bola baja dimasukkan ke dalam mesin Los Angeles.
 - ❖ Putar mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm, 500 putaran untuk gradasi A dan B selam 15 menit.
 - ❖ Tunggu 5 menit agar agregat yang menempel pada dinding mesin berkumpul di bawah.
 - ❖ Setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan No.12. Butiran yang tertahan dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven suhu (110 ± 5) C sampai berat tetap.
- e. Perhitungan:

$$\text{Keausan} = \frac{A-B}{B} \times 100 \%$$

Keterangan:

A = Berat benda uji semula (gram)

B = Berat benda uji saringan No. 12 (gram)

3.5. PERANCANGAN CAMPURAN

Dalam penelitian ini, metode perancangan campuran beton yang digunakan adalah metode dengan standar ACI (*American Concrete Institute*), yaitu ACI

211.1-91. Berikut parameter-parameter yang diperlukan dalam perhitungan perancangan campuran beton adalah:

1. Mutu Beton yang akan direncanakan.
2. Penentuan *Maximum size of agregat* (MSA) tidak boleh terlalu besar, karena dapat mempengaruhi *flow ability* SCC.
3. Penentuan *slump* beton dan *slump flow*.

Untuk perhitungan campuran, dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Estimasi jumlah air adukan

Estimasi jumlah air yang dibutuhkan dalam pencampuran beton dapat dihitung berdasarkan tabel dibawah ini.

Tabel 3. 6 Jumlah Air yang dibutuhkan dengan metode ACI 211.1-91

Slump	Mixing Water Quantity (kg/m ³) for the listed Nominal Maximum Aggregate Size (mm)							
	9.5	12.5	19	25	37.5	50	75	100
Non-Air-Entrained PCC								
25 – 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 – 100	228	216	205	195	181	169	145	124
150 – 175	243	228	216	202	190	178	160	-
Typical entrapped air (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Air-Entrained PCC								
25 – 50	181	175	168	160	148	142	122	107
75 – 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 – 175	216	205	197	184	174	166	154	-
Recommended Air Content (percent)								
Mild Exposure	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
Moderate Exposure	6	5,5	5	4,5	4,5	4	3,5	3
Severe Exposure	7,5	7	6	6	5,5	5	4,5	4

2. Menentukan Faktor Air Semen (FAS)

Untuk estimasi air semen (w/c) dapat diperoleh dari tabel di bawah ini, berdasarkan kuat tekan yang telah ditentukan.

Tabel 3. 7 Hubungan antara Kuat Tekan dengan Water Cement Ratio (w/c) dengan Metode ACI 211.1-91

<i>Average compressive strength at 28 days*</i>		<i>Effective water / cement ratio (by mass)</i>	
MPa	psi	<i>Non-air-entrained concrete</i>	<i>Air-entrained concrete</i>
45	-	0,38	-
-	6000	0,41	-
40	-	0,43	-
35	5000	0,48	0,4
30	-	0,55	0,46
-	4000	0,57	0,48
25	-	0,62	0,53
-	3000	0,68	0,59
20	-	0,7	0,61
15	-	0,8	0,71
-	2000	0,82	0,74

3. Menghitung jumlah semen yang diperlukan. Berat satuan semen (C) dapat dihitung dari berat satuan air (W) dan *water cement ratio* (W/C), dengan rumus:

$$C = \frac{W}{W/C}$$

4. Estimasi jumlah agregat kasar. Dalam penentuan jumlah agregat kasar yang digunakan dilakukan berdasarkan nilai *Maximum size of agregat* (MSA).

Tabel 3. 8 Volume Agregat Kasar per unit dari volume beton dengan metode ACI 211.1-91

<i>Nominal Maximum Size of Agregate</i>	<i>Volume of Dry-rodded Coarse Agregate per unit volume of concrete for different fineness modulus of fine agregate</i>			
	2,4	2,6	2,8	3
9,5 mm (0,375 in)	0,5	0,48	0,46	0,44
12,5 mm (0,5 in)	0,59	0,57	0,55	0,53
19 mm (0,75 in)	0,66	0,64	0,62	0,6
25 mm (1 in)	0,71	0,69	0,67	0,65
37,5 mm (1,5 in)	0,75	0,73	0,71	0,69
50 mm (2 in)	0,78	0,76	0,74	0,72

75 mm (3 in)	0,82	0,8	0,78	0,76
150 mm (4 in)	0,87	0,85	0,83	0,81

5. Estimasi jumlah agregat halus.

Untuk estimasi agregat halus dilakukan dengan menjumlahkan semua kebutuhan material yang telah diperoleh (semen, air, agregat kasar), kemudian ditentukan berat beton segar dari tabel 3.8. Jumlah agregat halus yang dibutuhkan, diperoleh dari pengurangan hasil berat beton segar dikurang jumlah semua kebutuhan yang telah diperoleh.

Tabel 3. 9 Massa beton dengan metode ACI 211.1-91

<i>Nominal Maximum Size of Agregate</i>	<i>First estimate concrete unit mass, kg/m³</i>	
	<i>Non-air-entrained concrete</i>	<i>Air-entrained concrete</i>
9,5 mm (0,375 in)	2280	2200
12,5 mm (0,5 in)	2310	2230
19 mm (0,75 in)	2345	2275
25 mm (1 in)	2380	2290
37,5 mm (1,5 in)	2410	2350
50 mm (2 in)	2445	2345
75 mm (3 in)	2490	2405
150 mm (4 in)	2530	2435

6. Menentukan *Superplasticizier*

Untuk menentukan jumlah *superplasticizier* yang dibutuhkan, diperoleh dengan mengalihkan persentase kebutuhan *superplasticizier* yang akan digunakan dengan jumlah material semen. Namun untuk pengurangan material dilakukan adalah pengurangan material air. Dimana jumlah air yang dibutuhkan menjadi jumlah air awal dikurang jumlah *superplasticizier*.

3.6. PEMBUATAN BENDA UJI

Dari perhitungan di atas, maka didapatkan berat semua material beton. Dengan demikian campuran dapat dilakukan percobaan di laboratorium. Berikut adalah dimensi benda uji yang akan dibentuk:

1. Pengujian kuat tekan dengan benda uji silinder besar ukuran 15 x 30 cm dan silinder kecil ukuran 10 x 20 cm
2. Pengujian kuat tarik dengan benda uji silinder ukuran 15 x 30 cm

3. Pengujian kuat lentur dengan benda uji silinder ukuran 15 x 15 x 60 cm
4. Pengujian permeabilitas dengan benda uji silinder ukuran 15 x 15 x 15 cm

Hal-hal yang diperhatikan dalam pembuatan benda uji, adalah sebagai berikut:

1. Benda uji dibuat dengan faktor air semen (FAS) = 0.45
2. Prosedur pengujian

Persiapan cetakan

- a. Satu hari sebelum pembuatan beton, keluarkan cetakan yang akan digunakan untuk pencetakan.
- b. Minyak cetakan dengan oli atau gemuk, agar memudahkan saat cetakan dibuka.

Pengadukan:

- a. Masukkan agregat kasar dan air pencampur sebanyak 30 % sampai 40 % ke dalam pengaduk. Jalankan mesin pengaduk, masukkan agregat halus semen dan sisa air pencampur. Setelah semua bahan campuran beton dimasukkan ke dalam pengaduk, biarkan adukan beton selama 3 menit.
- b. Ambillah tutup pengaduk dan jalankan mesin pengaduk selama 2 menit. Tuangkan beton ke dalam talam dan aduklah lagi dengan sekop merata.
- c. Tentukan *slump*. Apabila *slump* yang didapat tidak sesuai dengan yang dikehendaki, ulangi pekerjaan dengan menambah atau mengurangi agregat sampai mendapat *slump* yang dikehendaki. Kemudian tentukan berat isi.
- d. Isilah cetakan dengan adukan beton dalam 3 lapis, tiap-tiap lapis dipadatkan dengan 25 kali tusukan secara merata. Pada saat pemadatan lapisan kedua serta ketiga, tongkat pemadat tidak boleh masuk kira – kira 25.4 mm ke dalam lapisan di bawahnya. Setelah selesai melakukan pemadatan, ketuklah sisi cetakan perlahan – lahan sampai rongga bekas tusukan tertutup.
- e. Ratakan permukaan beton dan tutuplah segera dengan bahan kedap air serta tahan karat. Kemudian biarkan beton dalam cetakan selama 24 jam, bukalah cetakan dan keluarkan benda uji.

3.7. PERAWATAN BENDA UJI

Perawatan benda uji dilakukan setelah 24 jam pengecoran. Dimana sampel beton dikeluarkan dari bekisting, kemudian dilakukan perendaman dalam bak yang berisi air suling yang telah memenuhi persyaratan untuk perawatan (*curing*) selama waktu yang diinginkan. Perendaman dilakukan sampai satu hari sebelum waktu pengetesan. Dalam penelitian ini terdapat empat metode perendaman yang berbeda, sebagai berikut:

1. Perendaman di air suling (AS)

Untuk sampel beton pada perendaman air suling selama waktu perendaman tetap berada dalam air suling sampai pengetesan.

2. Perendaman di air laut kadar sulfat 0.2% (AL)

Untuk sampel beton pada perendaman air laut dilakukan setelah perendaman pada air suling selama 28 hari, kemudian dilakukan pemindahan *curing* pada bak air laut selama waktu yang dikehendaki sampai dilakukan pengetesan.

3. Perendaman di larutan magnesium sulfat 5% (LS)

Untuk sampel beton pada perendaman larutan magnesium sulfat dilakukan setelah perendaman pada air suling selama 28 hari, kemudian dilakukan pemindahan *curing* pada bak larutan magnesium sulfat selama waktu yang dikehendaki sampai dilakukan pengetesan.

4. Perendaman di larutan magnesium sulfat 5% pasang surut (PS)

Untuk sampel beton pada perendaman larutan magnesium sulfat pasang surut dilakukan setelah perendaman pada air suling selama 28 hari, kemudian dilakukan pemindahan *curing* pada bak larutan magnesium sulfat selama waktu yang dikehendaki sampai dilakukan pengetesan. Selama perendaman pada larutan magnesium sulfat ini dilakukan sistem angkat rendam sebagai modelisasi sistem pasang surut yang terjadi dalam air laut di tepi pantai. Dalam penelitian ini dilakukan angkat rendam setiap hari.

3.8. PENGUJIAN BENDA UJI

3.8.1. Pengujian *Slump Flow*

Pengujian slump dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) pada beton dengan bahan tambah ADVA *superplasticizer*.

Alat yang digunakan:

- ❖ kerucut dengan dimensi diameter bawah 20 cm, diameter atas 10 cm, tinggi 30 cm, dengan bagian atas dan bawah terbuka.
- ❖ Penggaris
- ❖ Tongkat
- ❖ Papan slump ukuran 90 x 90 cm (tempat uji *slump flow*)

Prosedur dari pengujian slump beton adalah :

- ❖ Cetakan dan pelat dibasahi dengan air.
- ❖ Cetakan diletakkan di atas pelat.
- ❖ Mengisi cetakan sampai penuh dengan beton muda dalam 3 lapis, tiap lapis kira-kira sepertiga isi cetakan ditumbuk sebanyak 25 kali.
- ❖ Segera setelah pemadatan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat; Kemudian cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas ± 5 detik.
- ❖ Ukur diameter penyebaran beton segar.

3.8.2. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian ini dilakukan sesuai ASTM C 39/C 39M. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan besarnya beban tekan maksimum dari suatu benda uji beton per satuan luasnya. Umur pengujian adalah 28, 42, dan 56 hari. Benda uji berupa silinder kecil ukuran 10 cm x 20 cm untuk umur 42, 56 hari dan silinder besar ukuran 15 cm x 30 cm untuk umur 28 hari.

a. Peralatan

- Mesin uji tekan Laboratorium Struktur dan Material Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Pelat baja
- Benda uji silinder kecil (diameter 10 cm, tinggi 20 cm)

- Benda uji silinder besar (diameter 15 cm, tinggi 30 cm)
- b. Prosedur pengujian
1. Sampel beton yang akan diuji sesuai dengan umur pengujian diambil dari tempat perawatan satu hari sebelum pengujian dilaksanakan.
 2. Permukaan benda uji silinder diratakan dengan mortar belerang dengan cara sebagai berikut:
 - a. Lelehkan mortar belerang sampai suhu kira-kira 130°C
 - b. Tuang belerang cair ke dalam cetakan pelapis (*capping plate*)
 - c. Letakkan benda uji tegak lurus pada cetakan pelapis sampai mortar belerang cair menjadi keras
 - d. Mengangkat benda uji dari cetakan pelapis setelah mortar belerang mengeras.
 - e. Mendinginkan benda uji selama satu hari
 3. Masing-masing silinder beton ditimbang beratnya
 4. Meletakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris
 5. Jalankan mesin, tekan dengan penambahan beban yang konstan, berkisar antara 2-4 kg/m² per detik
 6. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
- c. Perhitungan

Kuat tekan beton diperhitungkan berdasarkan rumus berikut:

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

Dimana:

f = Tegangan tekan beton (kg/cm²)

P = Gaya tekan (kg)

A = Luas penampang silinder beton (cm²)

3.8.3. Pengujian Kuat Tarik

- a. Peralatan:
- Mesin uji tekan
 - Benda uji *beam mold* 15 x 30 cm

b. Prosedur:

1. Siapkan benda uji 15 x 30 cm
2. Mesin uji tekan disiapkan dengan menggunakan alat yang sama dengan alat untuk uji kuat tekan.
3. Alat uji diatur sedemikian, sehingga memiliki ruang yang cukup untuk perletakan sampel yang akan diuji.
4. timbang sampel beton yang akan diuji
5. sampel beton yang akan diuji diberi tanda berupa garis menuilang pada bagian atas dan bawahnya, kemudian dengan garis melintang di sisi sampingnya.
6. posisikan sampel beton pada alat yang sudah tersedia
7. bebani sampel beton sampai sampel beton terbelah, dan catat beban maksimumnya

c. Perhitungan:

$$\sigma_{tarik} = \frac{P}{L \times d} \quad (kg/cm^2)$$

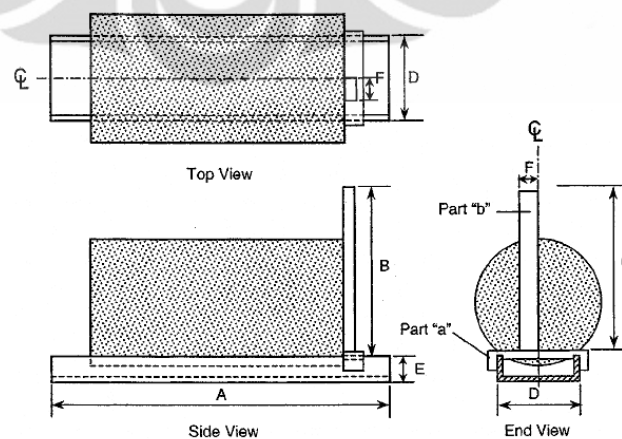
Dimana:

 σ_{tarik} = tegangan tarik (kg/cm^2)

P = beban maksimum yang terjadi (kg)

L = panjang bentang (cm)

d = tinggi specimen (cm)



Gambar 3. 2 Cara penandaan dengan menggunakan alat

(Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02, C496/C496M – 04, 1994)

3.8.4. Pengujian Kuat Lentur

a. Peralatan

- Mesin uji lentur (*flexural strength testing machine*)
- Benda uji *beam mold* 15 x 15 x 60 cm

b. Prosedur pengujian

1. Benda uji balok ukuran 15 x 15 x 60 cm.
2. Tempat benda uji pada posisi dan simetris terhadap *bearing block*.
3. Lakukan pembebanan dimana posisi balok berada tepat di tengah diantara dua perletakan (*support*)
4. Pembebanan dilakukan secara kontinyu hingga benda uji mengalami retak atau runtuh.
5. Tentukan posisi retak pada sample uji.
6. Catat besarnya beban garis P pada saat benda uji runtuh/retak.

c. Perhitungan

Untuk keruntuhan yang terjadi pada bagian tengah bentang, *modulus of rupture* (R) dihitung berdasarkan persamaan berikut:

c. Keruntuhan pada tengah bentang:

$$\sigma_{lentur} = \frac{P \times L}{bd^2} \quad (kg/cm^2)$$

d. Keruntuhan yang terjadi pada bagian tarik di luar tengah bentang:

$$\sigma_{lentur} = \frac{3P \times a}{bd^2} \quad (kg/cm^2)$$

Dimana:

σ_{lentur} = tegangan lentur (kg/cm^2)

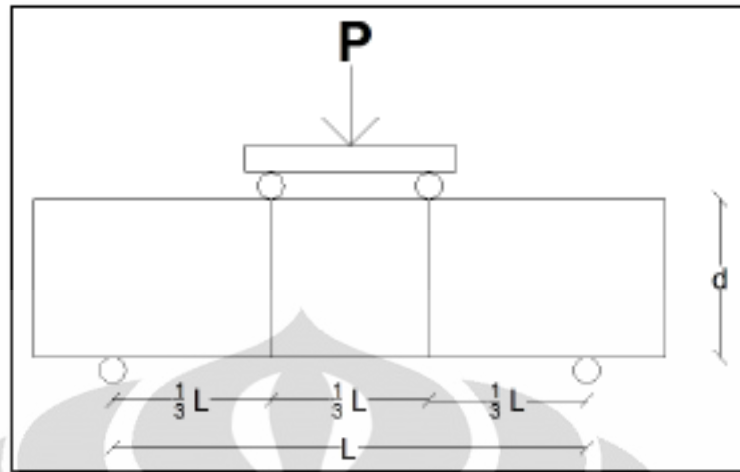
P = beban maksimum yang terjadi (kg)

L = panjang bentang (cm)

b = lebar specimen (cm)

d = tinggi specimen (cm)

a = jarak rata-rata dari garis keruntuhan dan titik perletakan



Gambar 3. 3 Uji Lentur

3.8.5. Pengujian Permeabilitas

a. Peralatan

- Alat Permeabilitas
- Genset
- Palu

b. Prosedur

1. Persiapan bahan

- Benda uji disiapkan pada berumur 28 hari
- Permukaan benda uji di palu sampai retak permukaan.
- Letakkan benda uji pada alat permeabilitas.
- Katup atas dikunci untuk menghindari benda uji bergeser.

2. Isi air sampai 750 ml.

3. Mesin permeabilitas dihidupkan

4. Pelaksanaan pengujian

- Meletakkan benda uji pada mesin uji permeabilitas.
- Benda uji didiamkan selama 3 hari dengan tekanan konstan 3 Bar.
- Selama benda uji berada dalam uji permeabilitas harus menjaga supaya air tetap ada.
- Setelah 3 hari dilakukan pengetesan dengan mengukur air yang masuk ke dalam sampel beton.

c. Perhitungan

Untuk perhitungan permeabilitas, benda uji dibelah. Selanjutnya diukur panjang rembesan air yang meresap dalam benda uji. Maksimum panjang rembesan (penetrasi) yang terdapat pada benda uji adalah 5 cm (standar BIN 1048).



BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN ANALISA

4.1. Analisa Dan Hasil Pengujian Material Penelitian

Sebelum membuat benda uji dalam penelitian ini, pada sub bab ini akan dilakukan pengujian material penelitian yang meliputi pengujian agregat halus, agregat kasar, pengujian kadar sulfat air laut. Adapun tujuan dari pengujian material penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi material yang akan digunakan dalam penelitian. Berikut pengujian yang dilakukan terhadap material benda uji:

4.1.1. Agregat Kasar

Pada pengujian material agregat kasar meliputi pengujian, sebagai berikut: Pengujian Berat Isi, Pengujian Analisa Saringan, Analisa *Specific Gravity* dan Absorpsi.

4.1.1.1. Pengujian Berat Isi

Tujuan pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat isi agregat kasar. Berat isi adalah perbandingan berat dengan isi. Berdasarkan pengujian dan perhitungan berat isi, sehingga didapatkan data sebagai berikut:

Perhitungan:

$$\text{Berat Isi Agregat} = B = \frac{W_3}{V} \text{ kg / dm}^3$$

$$\text{Rongga Udara} = \frac{(A \times W) - B}{(A \times W)} \times 100 \%$$

Keterangan:

V = Isi Wadah (dm³)

A = Bulk Specific Gravity Agregat (kg/dm³)

B = Berat Isi Agregat (kg/dm³)

W = Berat Isi Air (kg/dm³)

Tabel 4. 1 Hasil Uji Berat isi agregat Kasar

	Metode		
	Lepas	Penggoyangan	Penusukan
(1) Weight of Measure (kg)	5.089	5.089	5.089
(2) Weight of Measure + Water (kg)	14.361	14.361	14.361
(3) Weight of Measure + Sample (kg)	17.745	18.541	18.416
(4) Weight of Sample (kg)	12.656	13.452	13.327
(5) Volume of Measure (liter)	9.272	9.272	9.272
(6) Unit Weight of Aggregate (kg/liter)	1.365	1.451	1.437
B) Bulk Spesific Gravity of Aggregate (kg/liter)	2.82		
A) Unit Weight of Water (kg/liter)	1		
Void %	51.60	48.55	49.03

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan dapat disimpulkan:

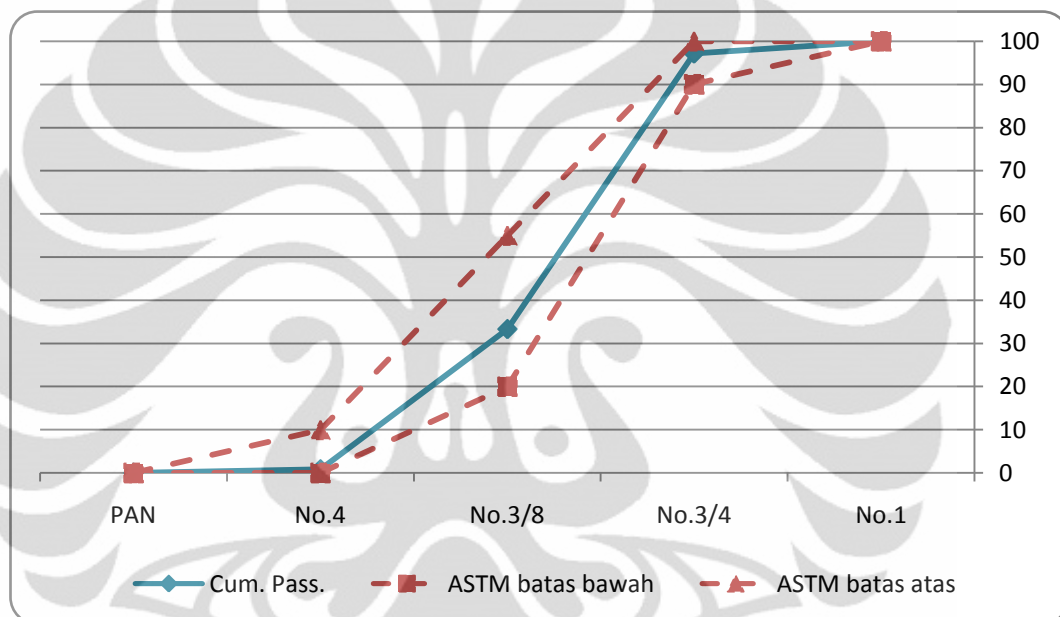
- Nilai berat isi pada ketiga metode pengujian, yaitu: lepas, penggoyangan, dan penusukan adalah sebagai berikut: 1.365, 1.451, 1.437 kg/liter.
- Persentase celah (*void*) agregat kasar pada ketiga metode pengujian, yaitu: penggoyangan, dan penusukan adalah sebagai berikut: 51.6%, 48.55%, 49.03%.
- Pengujian dengan metode lepas menghasilkan nilai berat isi paling kecil dan memiliki persentasi celah yang paling besar. Dan Pengujian dengan metode penggoyangan menghasilkan nilai berat isi paling besar dan memiliki persentasi celah yang paling kecil. Sehingga pengujian dengan metode penggoyangan yang lebih baik dilakukan pada saat pembuatan beton, karena dapat menambah berat isi dan mengurangi celah yang terjadi pada beton.

4.1.1.2. Pengujian Analisa Saringan

Tujuan pengujian analisa saringan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan. Berdasarkan pengujian berat isi didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4. 2 hasil Uji Analisa Saringan Agregat Kasar

Sieve Size	Sample No. 1			
	Weight Ret (gr)	% Ret	% Cum Ret	% Cum Pass
1	0	0	0	100
¾	43	2.867	2.867	97.13
3/8	957	63.800	66.667	33.33
4	487	32.467	99.133	0.87
PAN	13	0.867	100	0
TOTAL	1500	100		



Gambar 4. 1 Standar Gradasi Agregat Kasar

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan dapat disimpulkan:

- Pada grafik menunjukkan gradasi agregat kasar berada di dalam kurva standar gradasi, sehingga gradasi agregat kasar cukup baik dan memenuhi syarat untuk digunakan dalam pembuatan beton.

4.1.1.3. Pengujian Analisa Specific Gravity dan Absorpsi

Tujuan pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan *bulk* dan *apparent specific gravity* dan absorpsi dari agregat kasar menurut ASTM C 127 guna menentukan volume agregat dalam beton. Berdasarkan pengujian berat isi didapatkan data sebagai berikut:

Perhitungan

$$\text{Berat jenis curah (Bulk Specific Gravity)} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Persentasi Absorpsi} = \frac{B - A}{A} \times 100\%$$

Tabel 4. 3 Hasil Uji *Specific Gravity* dan *Absorbstion* Agregat Kasar

A. Weight of Oven-Dry Specimen in Air (gram)	4910
B. Weight of SSD Speciment in Air (gram)	5000
C. Weight of Saturated Specimen in Water (gram)	3318
Bulk Specific Gravity (kg/liter)	2.92
SSD Specific Gravity (kg/liter)	2.97
Apparent Specific Gravity (kg/liter)	3.08
Absorbtion (%)	1.83

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan dapat disimpulkan:

- *Specific Gravity* yang akan digunakan untuk rancang campur adalah pada kondisi *SSD (Saturated Specimen Dry) Specific Gravity*, yaitu: 2.97. Karena mempunyai nilai lebih tinggi dibandingkan *Bulk Specific Gravity* dan *Apparent Specific Gravity*.
- Nilai persentasi absorpsi agregat kasar adalah sebesar 1.83%

4.1.2. Agregat Halus

Pada pengujian material agregat halus meliputi: Berat Isi dan Rongga Udara, Analisa Saringan, Analisa *Specific Gravity* dan Absorpsi, Pemeriksaan Kotoran Organik, Pemeriksaan Lewat Saringan No.200.

4.1.2.1. Berat Isi dan Rongga Udara

Tujuan pengujiaan ini dimaksud untuk menentukan berat isi agregat halus. Berat isi adalah perbandingan berat dengan isi. Berdasarkan pengujian berat isi didapatkan data sebagai berikut:

Perhitungan

$$\text{Berat Isi Agregat} = B = \frac{W}{V} \text{ kg / dm}^3$$

$$\text{Rongga Udara} = \frac{(A \times W) - B}{(A \times W)} \times 100\%$$

Keterangan:

V = Isi Wadah (dm³)

A = Bulk Specific Gravity Agregat (kg/dm³)

B = Berat Isi Agregat (kg/dm³)

W = Berat Isi Air (kg/dm³)

Tabel 4. 4 Hasil Uji Berat isi Agregat Halus

	Metode		
	Lepas	Penggoyangan	Penusukan
(7) Weight of Measure (kg)	1.041	1.041	1.041
(8) Weight of Measure + Water (kg)	3.055	3.055	3.055
(9) Weight of Measure + Sample (kg)	3.793	4.093	4.008
(10) Weight of Sample (kg)	2.752	3.052	2.967
(11) Volume of Measure (liter)	2.014	2.014	2.014
(12) Unit Weight of Aggregate (kg/liter)	1.366	1.515	1.473
C) Bulk Specific Gravity of Aggregate (kg/liter)	2.84		
B) Unit Weight of Water (kg/liter)	1		
Void %	45.01	39.02	40.72

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan dapat disimpulkan:

- Nilai berat isi pada ketiga metode pengujian, yaitu: lepas, penggoyangan, dan penusukan adalah sebagai berikut: 1.366, 1.515, 1.473 kg/liter.
- Persentase celah (*void*) agregat kasar pada ketiga metode pengujian, yaitu: penggoyangan, dan penusukan adalah sebagai berikut: 45.01%, 39.02%, 40.72%.
- Pengujian dengan metode lepas menghasilkan nilai berat isi paling kecil dan memiliki persentasi celah yang paling besar. Dan Pengujian dengan metode penggoyangan menghasilkan nilai berat isi paling besar dan memiliki persentasi celah yang paling kecil.

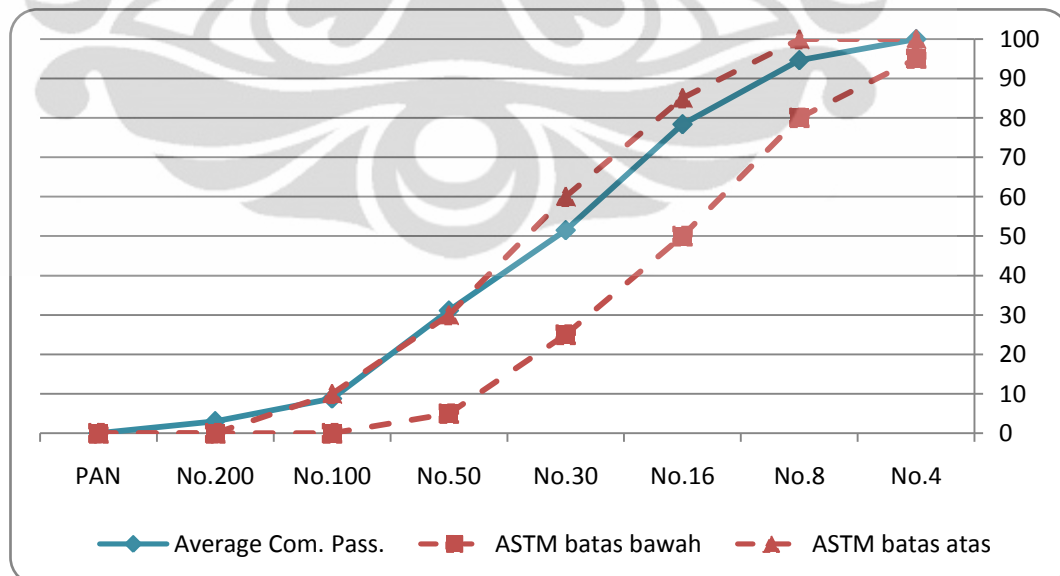
Sehingga pengujian dengan metode penggoyangan yang lebih baik dilakukan pada saat pembuatan beton, karena dapat menambah berat isi dan mengurangi celah yang terjadi pada beton.

4.1.2.2. Analisa Saringan

Tujuan pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dengan menggunakan saringan. Berdasarkan pengujian berat isi didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Hasil Uji Analisa Saringan Agregat Halus

Sieve Size	Sample No. 1				Sample No. 2				Average	
	Weight Ret (gr)	% Ret	% Cum Ret	% Cum Pass	Weight Ret (gr)	% Ret	% Cum Ret	% Cum Pass	% Ret	% Cum Pass
4	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0
8	28	5,6	5,6	94,4	26	5,2	5,2	94,8	5,4	5,4
16	85	17	22,6	77,4	77	15,4	20,6	79,4	16,2	21,6
30	136	27,2	49,8	50,2	133	26,6	47,2	52,8	26,9	48,5
50	102	20,4	70,2	29,8	102	20,4	67,6	32,4	20,4	68,9
100	109	21,8	92	8	114	22,8	90,4	9,6	22,3	91,2
200	25	5	97	3	33	6,6	97	3	5,8	97
PAN	15	3	100	0	15	3	100	0	3	100
TOTAL	500	100			500	100			100	



Gambar 4. 2 Standar Gradasi Agregat Halus

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan dapat disimpulkan:

- Pada tabel menunjukkan nilai FM (*Fine Modulus*) gradasi agregat halus yang akan digunakan pada rancang campur adalah 2.4
- Pada grafik menunjukkan gradasi agregat kasar berada di dalam kurva standar gradasi, sehingga gradasi agregat kasar cukup baik dan memenuhi syarat untuk digunakan dalam pembuatan beton.

4.1.2.3. Pemeriksaan Lewat saringan no. 200

Tujuan pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan jumlah bahan yang terdapat dalam agregat lewat saringan No.200 dengan cara pencucian. Berdasarkan pengujian berat isi didapatkan data sebagai berikut:

Perhitungan

$$A = \frac{B - C}{B} \times 100\%$$

Tabel 4. 6 Pemeriksaan Lewat Saringan no. 200

	I
A. Original dry weight of sample (gr)	500
A. Dry weight of sample, after washing (gr)	487
A. Percentage of material finer than No. 200 sieve, by washing (%)	2.6

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan dapat disimpulkan:

- Nilai persentase kadar lumpur yang terdapa pada agregat halus adalah 2.6%. Hal in sesuai dengan standar yang disarankan, yaitu tidak melebihi 5%. Sehingga agregat halus cukup baik digunakan pada pembuatan beton.

4.1.2.4. Pemeriksaan Kotoran Organik

Tujuan pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan adanya bahan organic dalam pasir alam yang akan digunakan sebagai bahan campuran mortar atau beton. Berdasarkan pengujian berat isi didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4. 7 Pengujian Kotoran Organik Agregat Halus

Nearest Colour of the liquid of the test sample	Organic plate Number
(Lighter) Equal/Darker Colour to	1
	2
	3 (standard)
	4
	5

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan dapat disimpulkan:

- Dengan penambahan NaOH pada agregat halus menghasilkan warna yang terang dengan nomor standar warna no.1 pada *organic plate*. Kandungan organik yang terdapat pada agregat halus sangat sedikit (masih berada pada batas normal), sehingga agregat halus layak digunakan pada pembuatan beton.

4.1.2.5. Analisa Specific Gravity dan Absorpsi

Tujuan pengujian dimaksudkan untuk menentukan *bulk* dan *apparent specific gravity* dan absorpsi dari agregat halus menurut ASTM C 128 guna menentukan agregat dalam beton. Berdasarkan pengujian berat isi didapatkan data sebagai berikut:

Perhitungan

$$\text{Berat jenis curah (Bulk Specific Gravity)} = \frac{A}{B + 500 - C}$$

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD)} = \frac{500}{B + 500 - C}$$

$$\text{Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)} = \frac{A}{B + A - C}$$

$$\text{Penyerapan (Absorpsi)} = \frac{500 - A}{A} \times 100\%$$

Tabel 4. 8 Absorpsi Agregat Halus

	A	B
<i>D. Weight of Oven-Dry Specimen in Air (gram)</i>	496	493
<i>E. Weight of Pycnometer Filled with Water (gram)</i>	676	649
<i>F. Weight of Pycnometer with Specimen and Water to Calibration Mark (gram)</i>	976	951
<i>Bulk Specific Gravity (kg/liter)</i>	2.48	2.49
<i>Average of Above (kg/liter)</i>	2.48	
<i>SSD Specific Gravity (kg/liter)</i>	2.50	2.53
<i>Average of Above (kg/liter)</i>	2.51	
<i>Apparent Specific Gravity (kg/liter)</i>	2.53	2.58
<i>Average of Above (kg/liter)</i>	2.56	
<i>Absorption (%)</i>	0.81	1.42
<i>Average of Above (%)</i>	1.11	
<i>Absorbtion (%)</i>	1.83	

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan dapat disimpulkan:

- *Specific Gravity* yang akan digunakan untuk rancang campur adalah pada kondisi *SSD (Saturated Specimen Dry) Specific Gravity*, yaitu: 2.51. Karena mempunyai nilai lebih tinggi dibandingkan *Bulk Specific Gravity* dan *Apparent Specific Gravity*.
- Nilai persentasi absorpsi agregat kasar adalah sebesar 1.83%

4.1.3. Pengujian Kadar Sulfat dalam Air Laut dan Larutan Magnesium Sulfat

Pada pengujian kadar sulfat dalam air laut dilakukan di dalam laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Indonesia. Di samping menguji kadar sulfat, juga dilakukan pengujian kadar klorida dan pH. Berdasarkan pengujian yang dilakukan diperoleh bahwa air laut tersebut mengandung: 0.2%.

Untuk larutan magnesium sulfat, dilakukan dengan cara mencampurkan sulfat (SO_4) tersebut ke dalam air suling sehingga menghasilkan larutan magnesium sulfat. Jumlah sulfat (SO_4) yang dituangkan adalah sebanyak 5%.

4.2. ANALISA RANCANG CAMPUR

4.2.1. Perhitungan Rancangan Campuran

Rancangan campuran yang digunakan adalah dengan metode ACI, 2000 (. Berdasarkan hasil pengujian material penyusun beton, maka didapatkan data awal sebagai berikut:

Tabel 4. 9 Berat Jenis Penyusun Beton

Komposisi Campuran	Sumber	BJ (kg/m ³)
Agregat Kasar		2,92
Agregat Halus	Cimangkok	2,51
Semen	PT. INDOCEMENT	3,15
Air	Lab FTUI	1
Superplasticizer	PT. SIKA	1,1%

Mutu beton (MPa) = 40 MPa
 Target *Slump Flow* = 600 mm (\pm 50 mm)
 Faktor Air Semen (FAS) = 0,45
 MSA = 25 mm
 Fineness Modulus pasir = 2.4
 Berat normal Agregat Kasar = 1365 kg/m³

Metodologi penelitian:

- Penentuan jumlah air = 203.3 kg/m³
- Penentuan *air content* = 1,9%
- Semen {W/(W/C)} = 451.85 kg/m³
- Jumlah agregat kasar = 912.275 kg/m³
- Jumlah agregat halus = 807.3 kg/m³
- Jumlah superplastizier = 4.97 kg/m³

4.2.2. Kebutuhan Material

Berdasarkan prosedur perancangan sesuai dengan yang telah disebutkan pada Bab 3. Maka didapatkan hasil perhitungan untuk per kg/m³ beton, sebagai berikut:

Tabel 4. 10 Jumlah Kebutuhan Material (kg) per m³

Komposisi Campuran	Jumlah (kg/m ³)
Semen	451,85
Agregat kasar	912.275
Agregat halus	807.3
Air	198,36
SP	4,97

Sedangkan kebutuhan material selama proses pembuatan beton dilaksanakan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Jumlah Keseluruhan Material Selama Pembuatan Beton

Metode Perendaman	Material				
	Semen (kg)	Agregat kasar (kg)	Agregat Halus (kg)	Air (kg)	Superplastizier (kg)
Air Suling (AS)	116.37	234.87	207.83	51.09	1.28
Air laut kadar sulfat 0.2% (AL)	76.79	154.98	137.14	33.71	0.84
Larutan magnesium sulfat 5% (LS)	76.79	154.98	137.14	33.71	0.84
Larutan magnesium sulfat 5% Pasang Surut (PS)	76.79	154.98	137.14	33.71	0.84
Total	346.73	699.82	619.25	152.21	3.81

4.3. METODE PENGOLAHAN DATA

Dalam analisa pengolahan data, metode yang digunakan adalah metode rata-rata. Metode rata-rata adalah dengan menggunakan nilai standar deviasi masing-masing pada setiap uji kuat tekan, uji kuat tarik belah, uji kuat lentur, dan uji permeabilitas.

4.4. ANALISA HASIL UJI TEKAN

Pada pengujian tekan dilakukan untuk mendapatkan hubungan kekuatan tekan beton dengan variasi metode perendaman yang berbeda dan hubungan kekuatan beton dengan variasi waktu perendaman. Dimana benda uji untuk tekan dilakukan perendaman pada air suling (AS), air laut kadar sulfat 0.2% (AL), larutan magnesium sulfat 5% (LS), dan larutan magnesium sulfat 5% dengan pasang surut (PS). Untuk perendaman dilakukan pada umur 28, umur 42, dan umur 56 hari. Benda uji yang digunakan adalah beton silinder diameter 10 cm dan tinggi 20 cm untuk umur 42 dan 56 hari sebanyak 40 buah. Namun pada umur 28 hari digunakan benda uji silinder kecil diameter 10 cm dan tinggi 20 cm sebanyak 3 buah dan benda uji silinder besar diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sebanyak 3 buah. Adapun kegunaan silinder besar dan silinder kecil pada beton umur 28 hari adalah untuk sebagai faktor koreksi dari silinder kecil terhadap silinder besar.

4.4.1. Data Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian laboratorium, maka didapatkan data hasil pengujian seperti yang terdapat pada lampiran. Berikut merupakan rekapitulasi rata-rata kuat tekan beton (MPa) dan standar deviasi terhadap variasi metode perendaman dan umur beton yang diolah dengan menggunakan metode nilai rata-rata ACI:

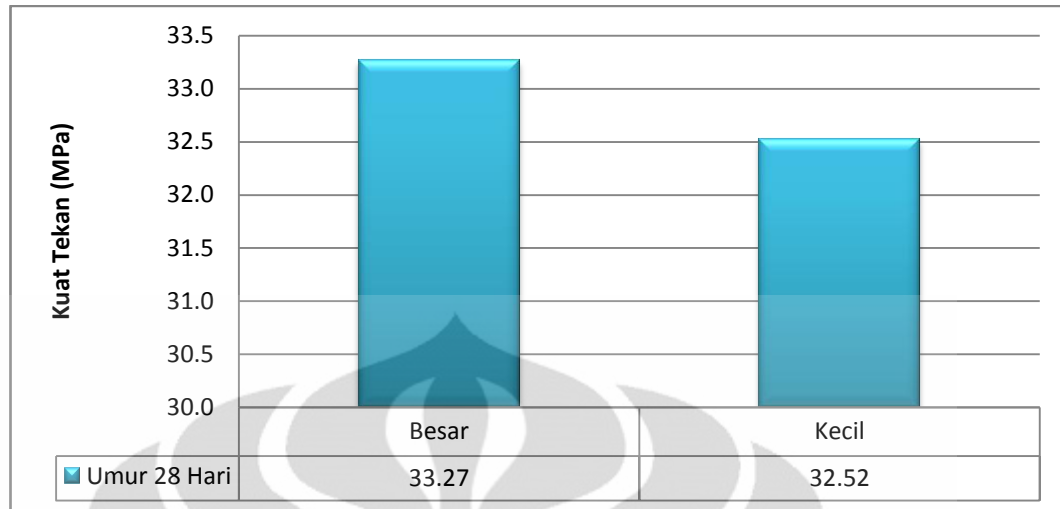
Tabel 4. 12 Rekapitulasi Hasil Uji tekan

Metode Perendaman	Umur	Ukuran	Kuat tekan Rata-Rata (MPa)	Standar Deviasi
Air Suling (AS)	28	Besar	33.27	2.0512
		Kecil	32.52	0.8782
	42	Besar	36.42	1.6696
	56	Besar	42.83	3.5363
Air laut kadar sulfat 0.2% (AL)	28	Besar	33.27	2.0512
	42	Besar	35.35	2.8852
	56	Besar	42.72	0.9544
Larutan magnesium sulfat 5% (LS)	28	Besar	33.27	2.0512
	42	Besar	35.01	4.4268
	56	Besar	41.73	3.6791
Larutan magnesium sulfat 5% Pasang Surut (PS)	28	Besar	33.27	2.0512
	42	Besar	32.90	3.9918
	56	Besar	40.57	2.5054

4.4.2. Analisis Data Kuat Tekan

4.4.2.1. Faktor Koreksi Kuat Tekan

Pada sampel pengujian kuat tekan beton umur 28 hari menggunakan silinder kecil dan silinder besar. Tujuan digunakan silinder besar dan kecil adalah untuk menentukan faktor koreksi dari silinder kecil ke silinder besar. Karena pada umur 42 dan 56 hari menggunakan silinder kecil. Berikut grafik hasil uji tekan umur 28 hari.



Gambar 4. 3 Faktor Koreksi Kuat Tekan antara Silinder Besar dan Kecil

Berdasarkan pengujian tekan umur 28 hari, maka didapatkan faktor koreksi silinder besar dan kecil untuk uji tekan, sebagai berikut:

$$\text{Faktor koreksi (fk)} = \frac{\text{Kuat tekan silinder besar}}{\text{Kuat tekan silinder kecil}} = \frac{33,27 \text{ MPa}}{32,52 \text{ MPa}}$$

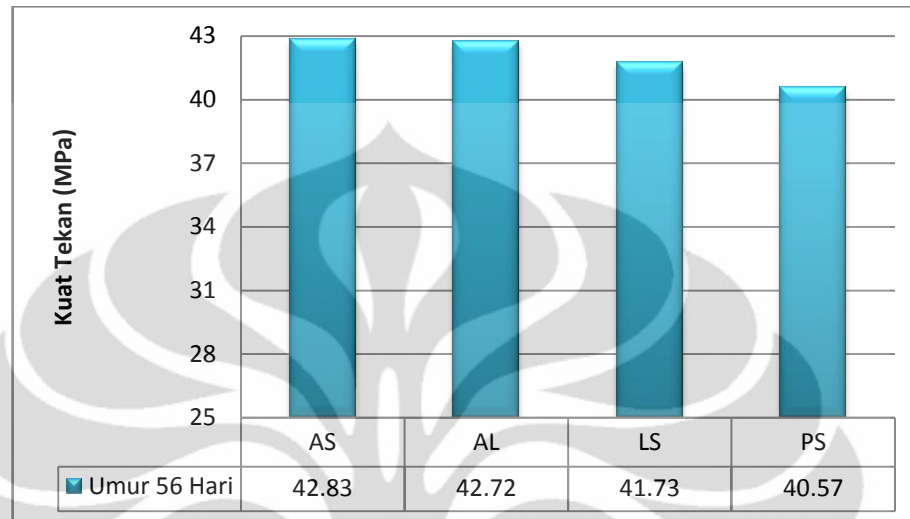
$$\text{Faktor koreksi (fk)} = 1.023$$

Dimana didapatkan faktor koreksi untuk kuat tekan adalah 1.023. Hal ini berbeda dengan standar faktor koreksi yang didapatkan pada literatur. Dimana faktor koreksi dari silinder kecil ke silinder besar adalah 1.07. Perbedaan ini terjadi disebabkan beberapa faktor, yaitu: (1) adanya penambahan superplastizier, dimana karena zat *addiktif* tersebut dapat menambah kuat tekan beton. Sehingga mengakibatkan perubahan nilai faktor koreksi. (2) Metode pengecoran (*mix design*), pada penelitian ini adalah menggunakan beton pepadatan sendiri atau *Self Compacting Concrete* (SCC). Dimana menggunakan standar *slump flow*, hal ini dapat mengakibatkan karakteristik beton berubah dan berpengaruh terhadap kuat tekan beton.

4.4.2.2. Perbandingan Kuat Tekan Umur 56 hari Menurut Metode Perendaman

Berdasarkan pengolahan data dengan menggunakan metode standar deviasi ACI, berikut merupakan bagan hubungan kuat tekan dengan variasi metode perendaman air suling (AS), air laut kadar sulfat

0.2% (AL), larutan magnesium sulfat 5% (LS), dan larutan magnesium sulfat 5% pasang surut (PS) menurut umur 56 hari. Gambar di bawah ini memperlihatkan pengaruh variasi metode perendaman beton.



Gambar 4. 4 Perbandingan Kuat Tekan Umur 42 hari dengan Metode Perendaman

Tabel 4. 13 Persentasi Penurunan Kuat Tekan Umur 56 Hari

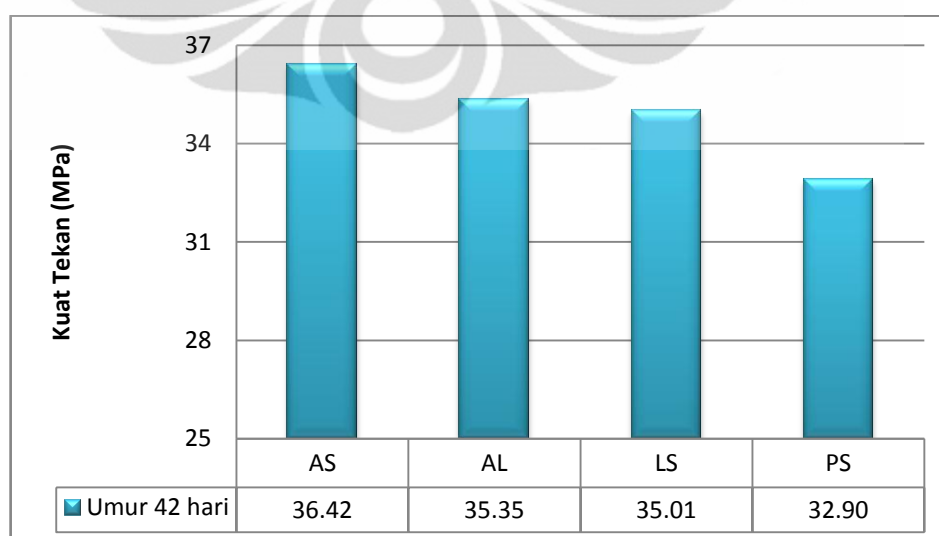
Metode Perendaman	Persentasi Penurunan Kuat Tekan Umur 56 hari (%)
Air Suling (AS)	0.00
Air laut kadar sulfat 0.2% (AL)	0.25
Larutan magnesium sulfat 5% (LS)	2.56
Larutan magnesium sulfat 5% Pasang Surut (PS)	5.28

Berdasarkan gambar 4.4 dan tabel 4.13, dapat diketahui bahwa hasil penelitian untuk kuat tekan pada perendaman air suling lebih tinggi daripada perendaman air laut, perendaman larutan magnesium sulfat, dan larutan magnesium sulfat pasang surut. Besar penurunan kuat tekan beton pada air laut 0.25%, larutan magnesium sulfat 2.56%, dan larutan magnesium sulfat pasang surut 5.28%. Menurut literatur dan hipotesa awal, semakin besar kandungan sulfat yang terdapat pada beton akan menghasilkan kuat tekan beton semakin berkurang untuk umur yang sama.

Untuk metode perendaman larutan magnesium sulfat dan larutan magnesium sulfat pasang surut menggunakan kadar kandungan sulfat yang sama. Namun, persentasi penurunan nilai kuat tekan larutan magnesium sulfat pasang surut lebih rendah daripada larutan magnesium sulfat, yaitu sebesar 2.56% dan 5.28%. Berdasarkan penelitian ini bahwa efek dari pasang surut lebih berpengaruh terhadap penurunan kuat tekan beton. Karena pada kondisi pasang surut dapat menyebabkan proses *supersaturation* dan kristalisasi oleh larutan magnesium sulfat. Dimana pada saat terjadi pasang, maka larutan magnesium sulfat akan menembus ke dalam pori-pori beton yang disebut *supersaturation* dan pada saat terjadi surut, maka larutan magnesium sulfat akan mengendap/tinggal dalam pori-pori beton yang disebut kristalisasi. Hal ini dapat memperbesar proses kimiawi dalam beton.

4.4.2.3. Perbandingan Kuat Tekan Umur 42 hari Menurut Metode Perendaman

Berdasarkan pengolahan data dengan menggunakan metode standar deviasi ACI, berikut merupakan gambar hubungan kuat tekan dengan variasi metode perendaman air suling (AS), air laut kadar sulfat 0.2% (AL), larutan magnesium sulfat 5% (LS), dan larutan magnesium sulfat 5% pasang surut (PS) menurut umur 42 hari. Gambar ini memperlihatkan pengaruh variasi metode perendaman beton.



Gambar 4. 5 Perbandingan Kuat Tekan Umur 42 hari dengan Metode Perendaman

Tabel 4. 14 Persentasi Penurunan Kuat Tekan Umur 42 Hari

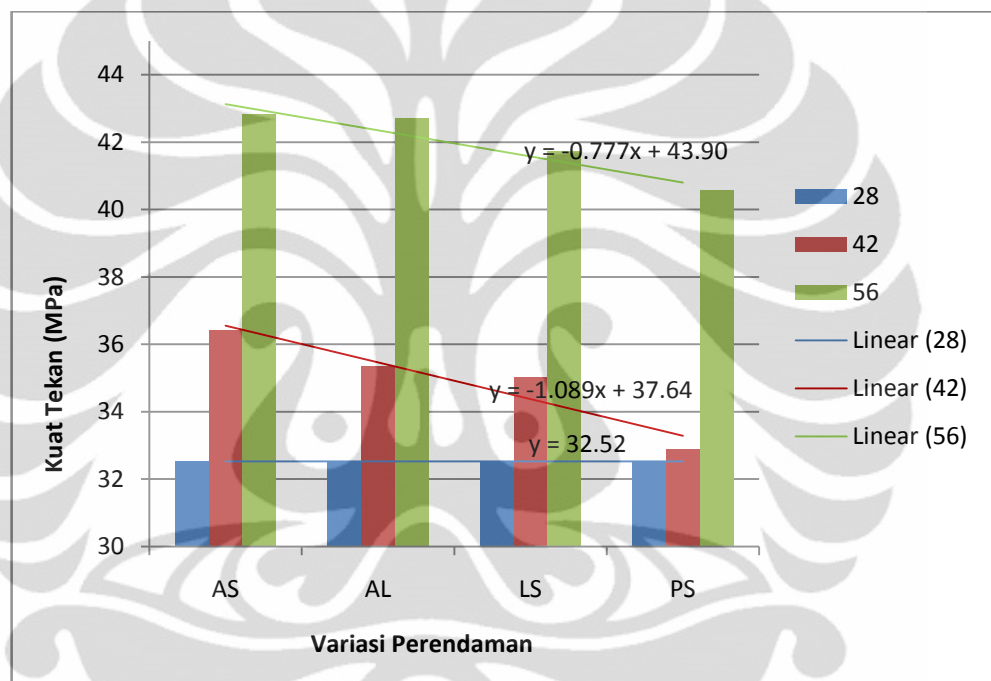
Metode Perendaman	Persentasi Penurunan Kuat Tekan Umur 42 Hari (%)
Air Suling (AS)	0.00
Air laut kadar sulfat 0.2% (AL)	2.92
Larutan magnesium sulfat 5% (LS)	3.86
Larutan magnesium sulfat 5% Pasang Surut (PS)	9.66

Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui bahwa hasil penelitian untuk kuat tekan pada perendaman air suling lebih tinggi daripada perendaman air laut, perendaman larutan magnesium sulfat, dan larutan magnesium sulfat pasang surut. Besar penurunan kuat tekan beton pada air laut 2.92%, larutan magnesium sulfat 3.86%, dan larutan magnesium sulfat pasang surut 9.66%. Menurut literatur dan hipotesa awal, semakin besar kandungan sulfat yang terdapat pada beton akan menghasilkan kuat tekan beton semakin berkurang untuk umur yang sama.

Untuk metode perendaman larutan magnesium sulfat dan larutan magnesium sulfat pasang surut menggunakan kadar kandungan sulfat yang sama. Namun, persentasi penurunan nilai kuat tekan larutan magnesium sulfat pasang surut lebih rendah daripada larutan magnesium sulfat, yaitu sebesar 3.86% dan 9.66%. Berdasarkan penelitian ini bahwa efek dari pasang surut lebih berpengaruh terhadap penurunan kuat tekan beton. Karena pada kondisi pasang surut dapat menyebabkan proses *supersaturation* dan kristalisasi oleh larutan magnesium sulfat. Dimana pada saat terjadi pasang, maka larutan magnesium sulfat akan menembus ke dalam pori-pori beton yang disebut *supersaturation* dan pada saat terjadi surut, maka larutan magnesium sulfat akan mengendap/tinggal dalam pori-pori beton yang disebut kristalisasi. Hal ini dapat memperbesar proses kimiawi dalam beton.

4.4.2.4. Perbandingan Kuat Tekan Terhadap Variasi Perendaman Berdasarkan Umur Beton

Berdasarkan pengolahan data dengan menggunakan metode standar deviasi ACI, berikut merupakan gambar hubungan kuat tekan dengan variasi metode perendaman air suling (AS), air laut kadar sulfat 0.2% (AL), larutan magnesium sulfat 5% (LS), dan larutan magnesium sulfat 5% pasang surut (PS) menurut umur 28, 42, dan 56 hari. Gambar ini memperlihatkan pengaruh variasi metode perendaman beton.



Gambar 4. 6 Perubahan Kuat Tekan Beton Terhadap Variasi Perendaman

Tabel 4. 15 Persentasi Peningkatan Kuat Tekan Menurut Metode Perendaman

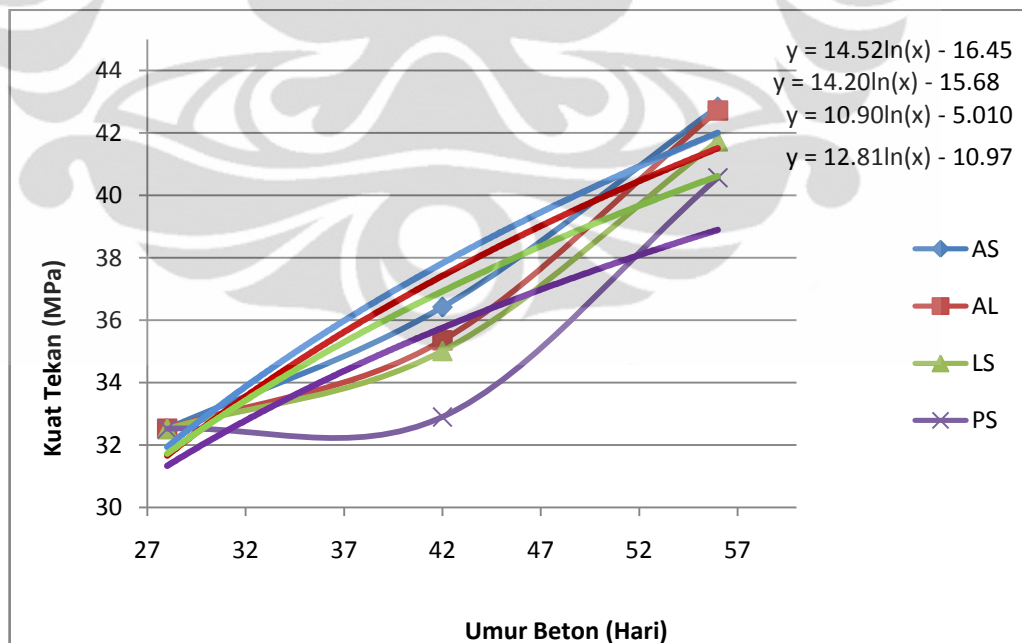
Metode Perendaman	Persentasi Peningkatan Kuat Tekan (%)		
	Umur 28 hari	Umur 42 hari	Umur 56 hari
Air Suling (AS)	0.00	11.98	31.69
Air laut kadar sulfat 0.2% (AL)	0.00	8.71	31.36
Larutan magnesium sulfat 5% (LS)	0.00	7.66	28.31
Larutan magnesium sulfat 5% Pasang Surut (PS)	0.00	1.17	24.74

Pada gambar ini kekuatan beton pada variasi umur 28, 42 dan 56 hari berdasarkan setiap variasi metode perendaman. Menurut literatur dan

hipotesa awal, nilai kuat tekan beton semakin tinggi sesuai umur beton, disebabkan masih terjadi proses hidrasi yang berlanjut pada beton, dimana akan terbentuk butiran semen yang menyebabkan penguatan beton. Untuk penelitian ini umur dibatasi sampai umur 56 hari. Sehingga dari umur 28, 42, dan 56 hari akan mengalami peningkatan kuat tekan beton. Berdasarkan gambar 4.6 dan tabel 4.15 terjadi persentasi peningkatan nilai kuat tekan pada perendaman di air suling, air laut, larutan magnesium sulfat, larutan magnesium sulfat pasang surut.

4.4.2.5. Hubungan Kuat Tekan Berdasarkan Metode Perendaman

Berdasarkan pengolahan data dengan menggunakan metode standar deviasi ACI, berikut merupakan grafik hubungan kuat tekan dengan variasi umur beton (28, 42, 56 hari) menurut variasi metode perendaman air suling (AS), air laut kadar sulfat 0.2% (AL), larutan magnesium sulfat 5% (LS), larutan magnesium sulfat 5% pasang surut (PS). Grafik ini memperlihatkan pengaruh kuat tekan dengan variasi umur beton.



Gambar 4. 7 Grafik kuat tekan terhadap umur beton berdasarkan Perendaman

Berdasarkan grafik di atas, dapat diperlihatkan bahwa hubungan kuat tekan beton terhadap umur beton menurut variasi metode perendaman. Dimana pada grafik kurva logaritma menunjukkan peningkatan kuat tekan beton berdasarkan umur. Namun apabila ditinjau metode perendaman larutan magnesium sulfat pasang surut umur 42 hari kuat tekan tidak mengalami peningkatan yang signifikan. Kesalahan ini terjadi karena pada umur 42 hari terjadi penambahan air pada saat pengecoran, sehingga menurunkan kekuatan beton.

4.5. ANALISA HASIL UJI TARIK BELAH

Pada pengujian tekan dilakukan untuk mendapatkan hubungan kekuatan tarik belah beton dengan variasi metode perendaman yang berbeda dan hubungan kekuatan beton dengan variasi waktu perendaman. Dimana benda uji untuk tekan dilakukan perendaman pada air suling (AS), air laut kadar sulfat 0.2% (AL), larutan magnesium sulfat 5% (LS), dan larutan magnesium sulfat 5% dengan pasang surut (PS). Untuk perendaman dilakukan pada umur 28, umur 42, dan umur 56 hari. Benda uji yang digunakan adalah beton berbentuk silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk umur 28, 42, dan 56 hari sebanyak 45 buah.

4.5.1. Data Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian laboratorium, maka didapatkan data hasil pengujian seperti yang terdapat pada lampiran. Berikut merupakan rekapitulasi rata-rata kuat tarik belah beton (MPa) dan standar deviasi terhadap variasi metode perendaman dan umur beton yang diolah dengan menggunakan metode nilai rata – rata ACI:

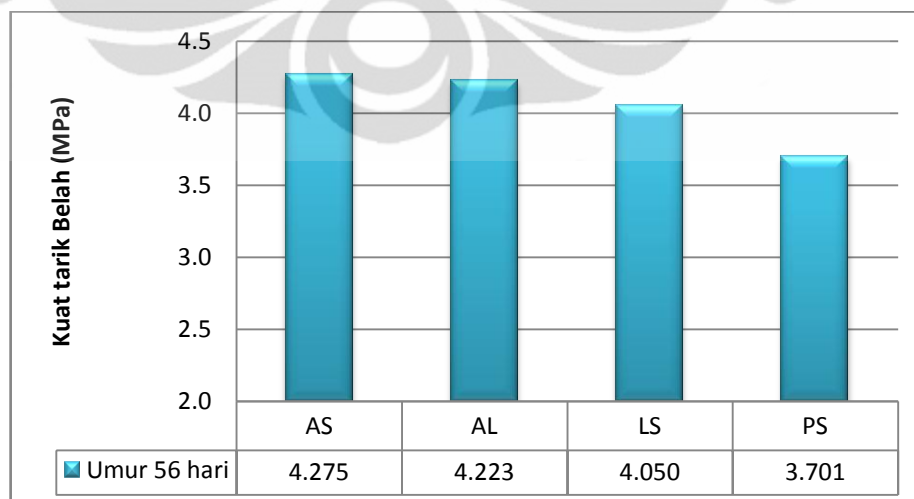
Tabel 4. 16 Rekapitulasi Hasil Uji Kuat Tarik Belah

Metode Perendaman	Umur	Kuat Tarik Belah Rata-Rata (MPa)	Standar Deviasi
Air Suling (AS)	28	3.31	0.2935
	42	4.15	0.1686
	56	4.27	0.4630
Air laut kadar sulfat 0.2% (AL)	28	3.31	0.2935
	42	4.04	0.1741
	56	4.22	0.2452
Larutan magnesium sulfat 5% (LS)	28	3.31	0.2935
	42	3.40	0.1938
	56	4.05	0.2645
Larutan magnesium sulfat 5% Pasang Surut (PS)	28	3.31	0.2935
	42	3.84	0.0956
	56	3.70	0.3793

4.5.2. Analisa Data Kuat Tarik Belah

4.5.2.1. Perbandingan Kuat Tarik Belah Umur 56 Hari Menurut Metode Perendaman

Berdasarkan pengujian dan pengolahan data dengan menggunakan metode standar deviasi ACI, maka didapatkan gambar hubungan antara kuat tarik belah dengan variasi metode perendaman (AS, AL, LS, PS) untuk umur 56 hari. Gambar ini memperlihatkan pengaruh variasi metode perendaman pada beton.



Gambar 4. 8 Perbandingan Kuat Tarik Belah vs Metode Perendaman Umur 56 Hari

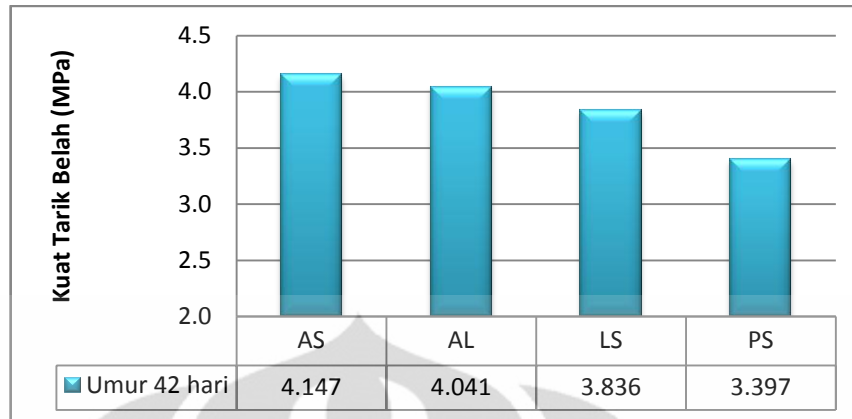
Tabel 4. 17 Persentasi Penurunan Kuat Tarik Belah Umur 56 Hari

Metode Perendaman	Persentasi Penurunan Kuat Tarik Belah Umur 56 Hari (%)
Air Suling (AS)	0.00
Air laut kadar sulfat 0.2% (AL)	1.21
Larutan Magnesium Sulfat 5% (LS)	5.26
Larutan Magnesium Sulfat 5% Pasang Surut (PS)	13.15

Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui bahwa hasil penelitian untuk kuat tarik belah pada perendaman air suling lebih tinggi daripada perendaman air laut, perendaman Larutan Magnesium Sulfat, dan larutan magnesium sulfat pasang surut. Besar penurunan kuat tekan beton pada air laut 1.21%, larutan magnesium sulfat 5.26%, dan larutan magnesium sulfat pasang surut 13.15%. Menurut literatur dan hipotesa awal, semakin besar kandungan sulfat yang terdapat pada beton akan menghasilkan penurunan kuat tarik belah beton yang lebih besar untuk umur yang sama, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

4.5.2.2. Perbandingan Kuat Tarik Belah Umur 42 Hari Menurut Metode Perendaman

Berdasarkan pengujian dan pengolahan data dengan menggunakan metode standar deviasi ACI, maka didapatkan gambar hubungan antara kuat tarik belah dengan variasi metode perendaman (AS, AL, LS, PS) untuk umur 42 hari. Gambar ini memperlihatkan pengaruh variasi metode perendaman pada beton.



Gambar 4. 9 Perbandingan Kuat Tarik Belah vs Metode Perendaman Umur 42 Hari

Tabel 4. 18 Persentasi Penurunan Kuat Tarik Belah Umur 42 Hari

Metode Perendaman	Persentasi Penurunan Kuat Tarik Belah Umur 42 hari (%)
Air Suling (AS)	0.00
Air laut kadar sulfat 0.2% (AL)	2.56
Larutan magnesium sulfat 5% (LS)	7.51
Larutan magnesium sulfat 5% Pasang Surut (PS)	18.09

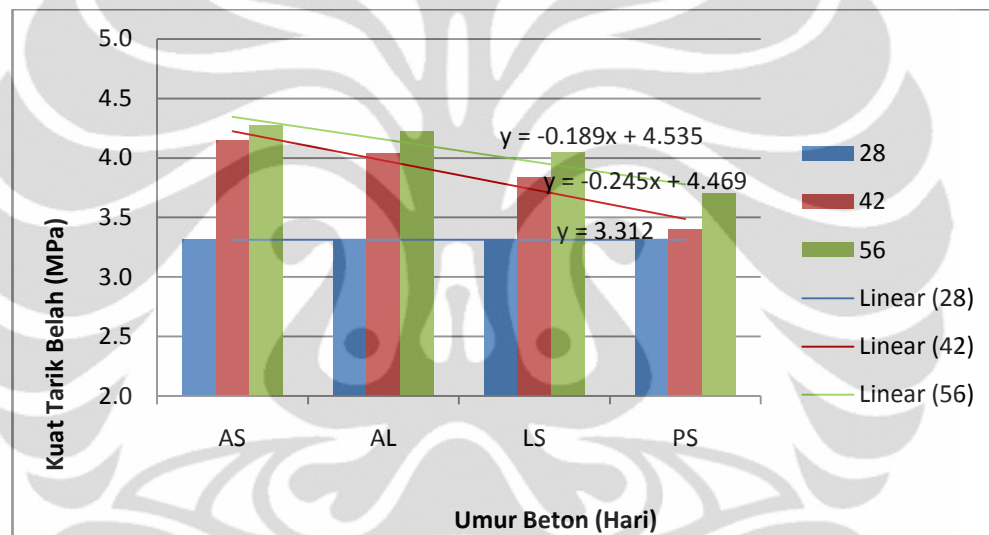
Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui bahwa hasil penelitian untuk kuat tarik belah pada perendaman air suling lebih tinggi daripada perendaman air laut, perendaman larutan magnesium sulfat, dan larutan magnesium sulfat pasang surut. Besar penurunan kuat tekan beton pada air laut 2.56%, larutan magnesium sulfat 7.51%, dan larutan magnesium sulfat pasang surut 18.09%. Menurut literatur dan hipotesa awal, semakin besar kandungan sulfat yang terdapat pada beton akan menghasilkan penurunan kuat tarik belah beton untuk umur yang sama.

Untuk metode perendaman larutan magnesium sulfat dan larutan magnesium sulfat pasang surut menggunakan kadar kandungan sulfat yang sama. Namun, persentasi penurunan nilai kuat tarik belah larutan magnesium sulfat pasang surut lebih rendah daripada larutan magnesium sulfat, yaitu sebesar 7.51% dan 18.09%. Berdasarkan penelitian ini

bahwa efek dari pasang surut lebih berpengaruh terhadap penurunan kuat tarik belah beton, seperti telah dijelaskan sebelumnya.

4.5.2.3. Perbandingan Kuat tarik Terhadap Metode Perendaman Sesuai Umur Beton

Berdasarkan pengolahan data dengan menggunakan metode standar deviasi ACI, berikut merupakan gambar hubungan kuat tarik belah dengan variasi metode perendaman (AS, AL, LS, PS) menurut umur 28, 42, dan 56 hari. Gambar ini memperlihatkan pengaruh variasi metode perendaman beton.



Gambar 4. 10 Perubahan Kuat Tarik Beton Terhadap Variasi Perendaman

Tabel 4. 19 Persentasi Peningkatan Kuat Tarik Belah Menurut Metode Perendaman

Metode Perendaman	Persentasi Peningkatan Kuat Tarik Belah (%)		
	Umur 28 hari	Umur 42 hari	Umur 56 hari
Air Suling (AS)	0.00	25.21	29.06
Air laut kadar sulfat 0.2% (AL)	0.00	22.01	27.49
Larutan magnesium sulfat 5% (LS)	0.00	15.81	22.26
Larutan magnesium sulfat 5% Pasang Surut (PS)	0.00	2.56	11.75

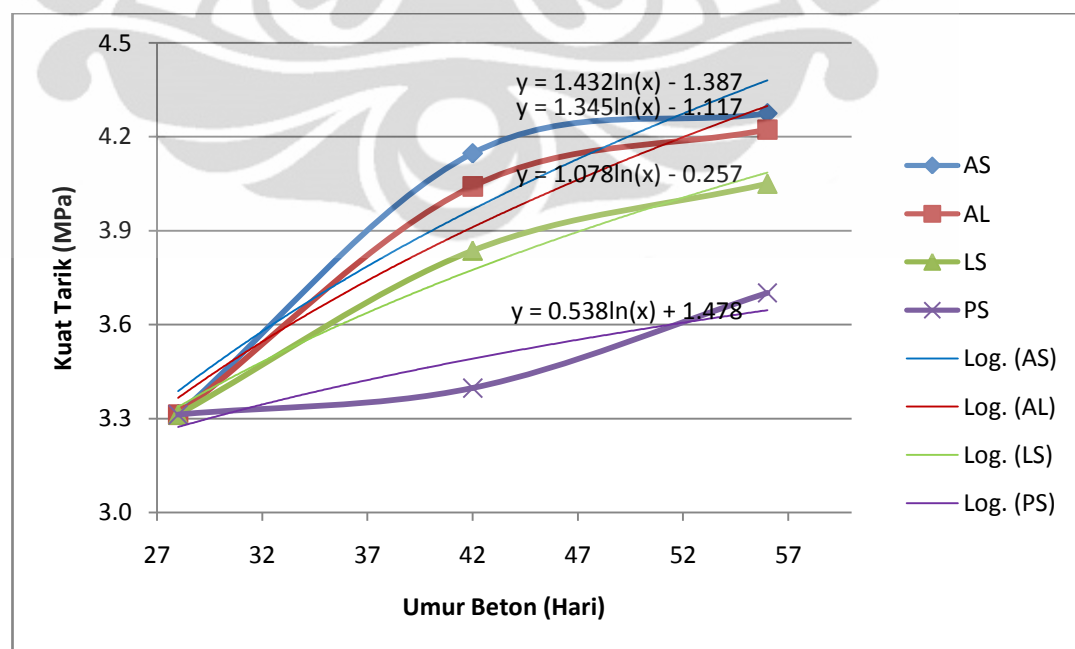
Pada gambar 4.11 menunjukkan kuat tarik belah beton meningkat pada variasi umur 28, 42, dan 56 hari berdasarkan setiap

metode perendaman. Berdasarkan tabel 4.19 terjadi persentasi peningkatan nilai kuat tekan pada perendaman di air suling, air laut, larutan magnesium sulfat, larutan magnesium sulfat pasang surut. Hal ini sesuai dengan literatur dan hipotesa awal, dimana nilai kuat tarik beton mengalami peningkatan sesuai umur beton.

Namun, apabila meninjau perendaman larutan magnesium sulfat pasang surut, dimana persentasi peningkatan kuat tarik belah umur 42 hari sebesar 2.56% dan umur 56 hari 11.75%, terjadi perbedaan sebesar 9.19%. Terjadinya kesalahan tersebut disebabkan pada umur 42 hari dilakukan penambahan air dan *superplasticizier*. Hal ini dapat menurunkan kuat tarik belah beton.

4.5.2.4. Hubungan Kuat Tarik Belah Berdasarkan Metode Perendaman

Berdasarkan pengolahan data dengan menggunakan metode standar deviasi ACI, berikut merupakan grafik hubungan kuat tarik belah dengan variasi umur beton (28, 42, 56 hari) menurut variasi metode perendaman air suling (AS), air laut kadar sulfat 0.2% (AL), larutan magnesium sulfat 5% (LS), pasang surut (PS). Grafik ini memperlihatkan pengaruh kuat tarik belah dengan variasi umur beton.



Gambar 4. 11 Pengaruh Kuat Tarik belah vs Umur Beton menurut Umur

Berdasarkan grafik di atas, menunjukkan peningkatan kuat tarik beton sesuai peningkatan umur beton. Dalam grafik di atas, ditunjukkan bahwa kurva logaritma dengan metode perendaman air suling lebih tinggi dibandingkan dengan kurva logaritma air laut, larutan magnesium sulfat, dan larutan magnesium sulfat pasang surut. Hal ini sesuai literatur bahwa grafik peningkatan kekuatan beton pada perendaman air suling akan lebih tinggi bila dibandingkan dengan metode perendaman air laut, larutan magnesium sulfat, dan larutan magnesium sulfat pasang surut. Hal ini diakibatkan pada kandungan sulfat yang terdapat pada jenis perendaman beton, sehingga mengalami penurunan kekuatan tarik belah.

4.6. ANALISA HASIL UJI KUAT LENTUR

Pada pengujian tekan dilakukan untuk mendapatkan hubungan kekuatan tekan beton dengan variasi metode perendaman yang berbeda dan hubungan kekuatan beton dengan variasi waktu perendaman. Dimana benda uji untuk tekan dilakukan perendaman pada air suling (AS), air laut kadar sulfat 0.2% (AL), larutan magnesium sulfat 5% (LS), dan larutan magnesium sulfat 5% dengan pasang surut (PS). Untuk perendaman dilakukan pada umur 28, umur 42, dan umur 56 hari dengan menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm.

4.6.1. Data Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian laboratorium, maka didapatkan data hasil pengujian seperti yang terdapat pada lampiran. Berikut merupakan rekapitulasi rata-rata kuat lentur beton (MPa) dan standar deviasi terhadap variasi metode perendaman dan umur beton yang diolah dengan menggunakan metode nilai rata – rata ACI:

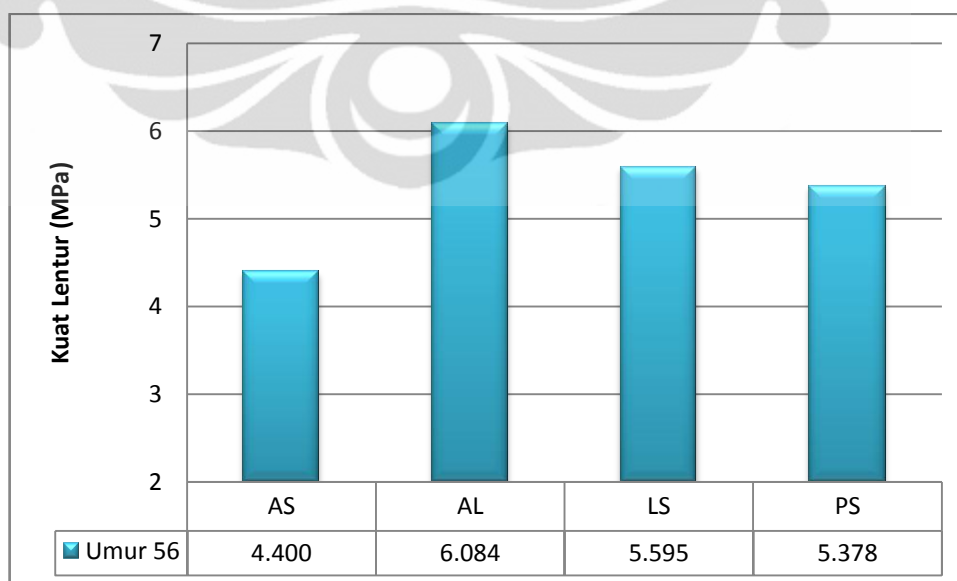
Tabel 4. 20 Rekapitulasi Uji Kuat Lentur

Metode Perendaman	Umur	Kuat Lentur Rata-Rata (MPa)	Standar Deviasi
Air Suling (AS)	28	4.94	0.2489
	42	6.08	0.3392
	56	4.40	0.3217
Air laut kadar sulfat 0.2% (AL)	28	4.94	0.2489
	42	6.57	0.4101
	56	6.79	0.1781
Larutan magnesium sulfat 5% (LS)	28	4.94	0.2489
	42	6.25	0.4704
	56	5.60	0.5723
Larutan magnesium sulfat 5% Pasang Surut (PS)	28	4.94	0.2489
	42	4.62	0.4704
	56	5.38	0.4312

4.6.2. Analisa Data Kuat lentur

4.6.2.1. Perbandingan Kuat Lentur Umur 56 Hari Menurut Metode Perendaman

Berdasarkan pengolahan data dengan menggunakan metode standar deviasi ACI, berikut merupakan gambar hubungan kuat lentur dengan variasi metode perendaman (AS, AL, LS, PS) menurut umur 56 hari. Gambar ini memperlihatkan pengaruh variasi metode perendaman beton.



Gambar 4. 12 Perbandingan Kuat Lentur vs Metode Perendaman Umur 56 Hari

Tabel 4. 21 Persentasi Perubahan Kuat Lentur Umur 56 Hari

Metode Perendaman	Persentasi Peningkatan Kuat Lentur Umur 56 hari (%)
Air Suling (AS)	0.00
Air laut kadar sulfat 0.2% (AL)	38.27
Larutan magnesium sulfat 5% (LS)	27.16
Larutan magnesium sulfat 5% Pasang Surut (PS)	22.22

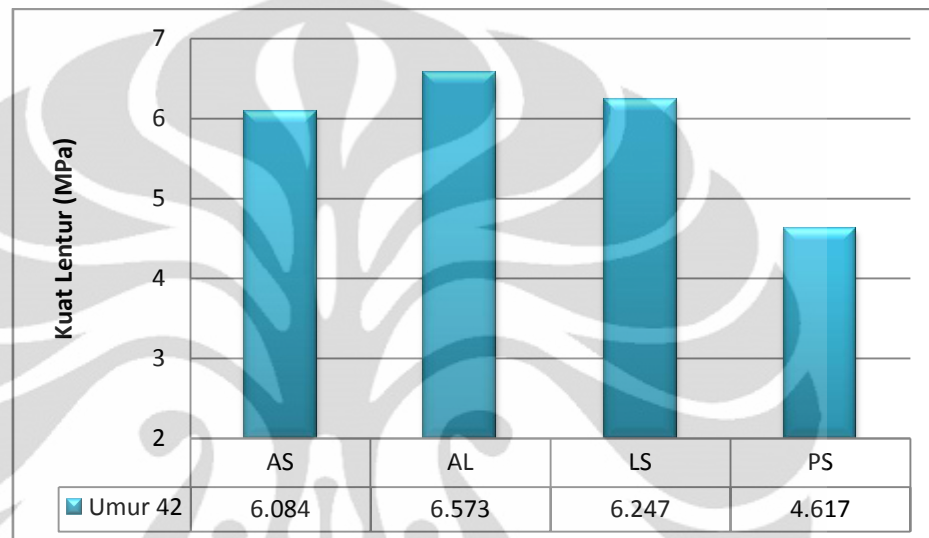
Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui bahwa hasil penelitian untuk kuat lentur umur 56 hari pada perendaman air suling lebih rendah dibandingkan perendaman air laut, perendaman larutan magnesium sulfat, dan larutan magnesium sulfat pasang surut. Dimana besar persentasi peningkatan kuat tekan beton pada air laut 38.27%, larutan magnesium sulfat 27.16%, dan larutan magnesium sulfat pasang surut 22.22%. Hal ini berbeda dengan literatur, hipotesa awal untuk pengujian kuat lentur yang menyatakan bahwa semakin besar kandungan sulfat yang terdapat pada beton akan mengalami penurunan kuat tekan beton untuk umur yang sama.

Kesalahan-kesalahan dan penyimpangan yang terjadi pada pengujian kuat lentur umur 56 hari disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi uji kuat lentur tersebut disebabkan kondisi pelaksanaan pengecoran yang berbeda, perlakuan yang berbeda, metode pemadatan yang berbeda.

Kesalahan pada gambar air suling adalah adanya pengurangan dan penambahan air pada saat pengecoran. 2 sampel uji kuat lentur dilakukan pengurangan air sebanyak 1320 ml, dan 1 sampel dilakukan penambahan air sebanyak 550 ml. Adapun dilakukan pengurangan air tersebut, karena pada saat pengecoran terjadi *bleeding* pada campuran beton, tapi *flow* tercapai. Pengalaman pertama melakukan pengecoran dan ternyata kurang berjalan dengan baik sehingga sampel uji kuat lentur umur 56 hari tidak tercampur dengan merata, yang mengakibatkan penurunan kuat lentur beton pada perendaman air suling.

4.6.2.2. Perbandingan Kuat Lentur Umur 42 Hari Menurut Metode Perendaman

Berdasarkan pengolahan data dengan menggunakan metode standar deviasi ACI, berikut merupakan gambar hubungan kuat lentur dengan variasi metode perendaman (AS, AL, LS, PS) menurut umur 42 hari. Gambar ini memperlihatkan pengaruh variasi metode perendaman beton.



Gambar 4. 13 Perbandingan Kuat Lentur vs Metode Perendaman Umur 42 Hari

Tabel 4. 22 Persentasi Perubahan Kuat Lentur Umur 42 Hari

Metode Perendaman	Persentasi Penurunan (+) /Peningkatan (-) Kuat Lentur Umur 42 hari (%)
Air Suling (AS)	0.00
Air laut kadar sulfat 0.2% (AL)	-8.04
Larutan magnesium sulfat 5% (LS)	-2.68
Larutan magnesium sulfat 5% Pasang Surut (PS)	24.11

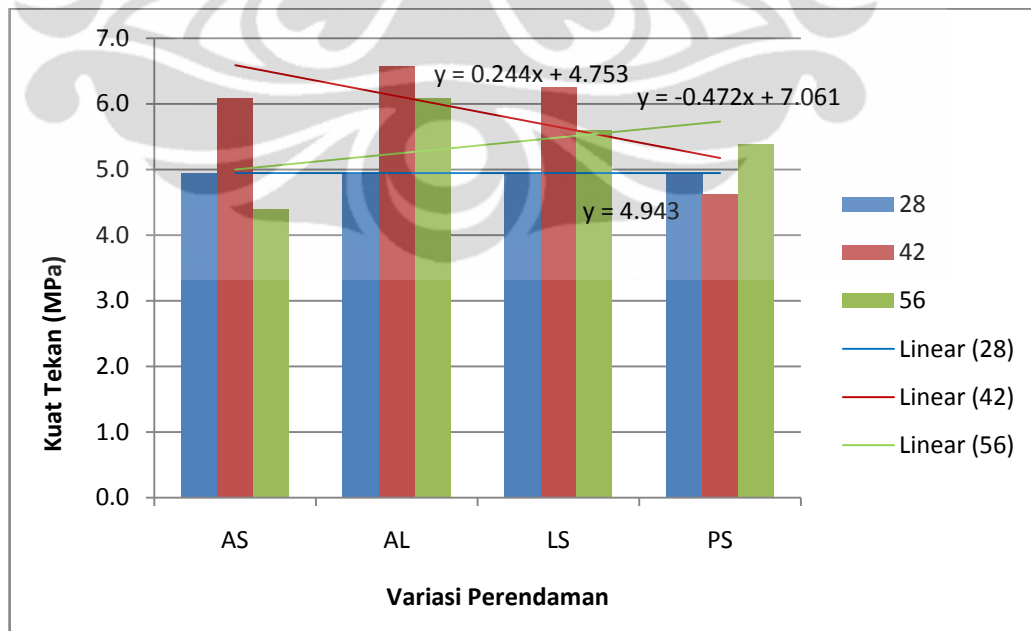
Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui bahwa hasil penelitian untuk kuat lentur umur 42 hari pada perendaman air suling lebih rendah dibandingkan perendaman air laut, perendaman larutan magnesium sulfat, dimana persentasi peningkatan sebesar 8.04% pada air laut dan 2.68% pada larutan magnesium sulfat. Namun apabila

dibandingkan dengan larutan magnesium sulfat pasang surut, maka persentasi kuat lentur mengalami penurunan sebesar 24.11%.

Kesalahan pada gambar air suling adalah adanya penambahan air pada saat pengecoran. 2 sampel uji kuat lentur dilakukan penambahan air sebanyak 600 ml, dan 1 sampel tidak dilakukan penambahan air. Adapun dilakukan penambahan air tersebut, karena pada saat pengecoran belum mendapatkan *slump flow* yang ingin dicapai (650 ± 50 mm) pada kondisi air yang ditentukan. Dimana penyebab tidak tercapainya *slump flow* yang diinginkan karena pada saat pengecoran suhu sekitar cukup panas (suhu $29,6^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban 62%). Sehingga faktor air semen (FAS) menjadi meningkat, hal ini dapat menurunkan kekuatan beton.

4.6.2.3. Perbandingan Kuat Lentur Terhadap Variasi Perendaman Berdasarkan Umur Beton

Berdasarkan pengolahan data dengan menggunakan metode standar deviasi ACI, berikut merupakan gambar hubungan kuat lentur dengan variasi metode perendaman (AS, AL, LS, PS) menurut umur 28, 42, dan 56 hari. Gambar ini memperlihatkan pengaruh variasi metode perendaman beton.



Gambar 4. 14 Perubahan Kuat Lentur Beton Terhadap Variasi Perendaman

Tabel 4. 23 Persentasi Peningkatan Kuat Lentur Menurut Metode Perendaman

Metode Perendaman	Persentasi Peningkatan (+) dan Penurunan (-) Kuat Lentur (%)		
	Umur 28 hari	Umur 42 hari	Umur 56 hari
Air Suling (AS)	0.00	23.08	-10.99
Air laut kadar sulfat 0.2% (AL)	0.00	32.97	23.08
Larutan magnesium sulfat 5% (LS)	0.00	26.37	13.19
Larutan magnesium sulfat 5% Pasang Surut (PS)	0.00	-6.59	8.79

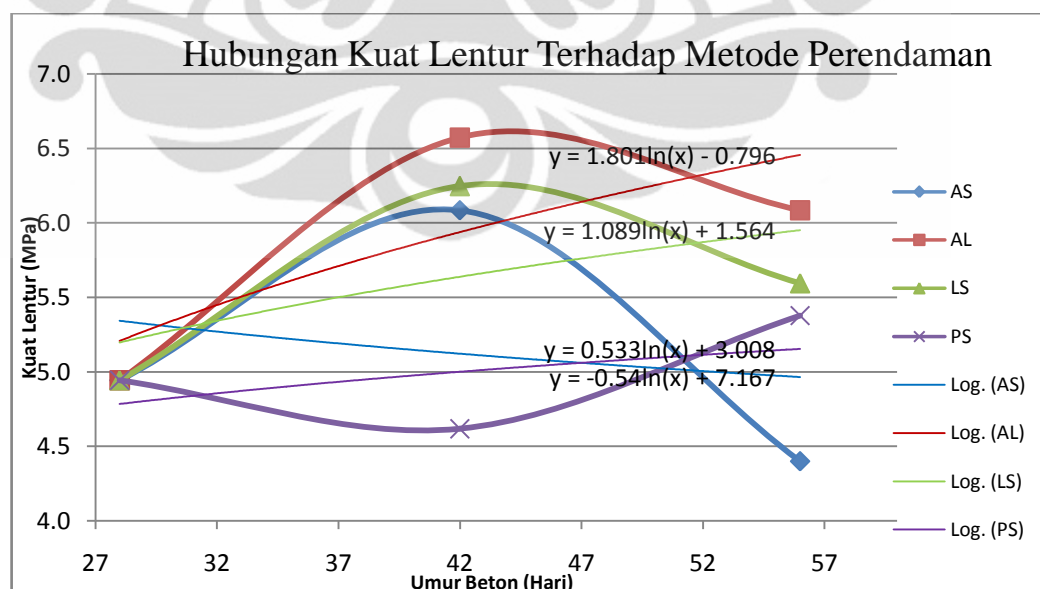
Pada gambar ini kekuatan beton pada variasi umur 28, 42 dan 56 hari berdasarkan setiap variasi metode perendaman. Menurut literatur dan hipotesa awal, nilai kuat lentur beton semakin tinggi sesuai umur beton. Untuk penelitian ini umur dibatasi sampai umur 56 hari. Berdasarkan gambar 4.15 dan tabel 4.23 pada perendaman air suling umur 56 hari terjadi penurunan kuat lentur sebesar 10.99% dan perendaman larutan magnesium sulfat pasang surut umur 42 hari terjadi penurunan sebesar 6.59%. Kesalahan pada yang terjadi pada perendaman air suling adalah adanya pengurangan dan penambahan air pada saat pengecoran. 2 sampel uji kuat lentur dilakukan pengurangan air sebanyak 1320 ml, dan 1 sampel dilakukan penambahan air sebanyak 550 ml. Adapun dilakukan pengurangan air tersebut, karena pada saat pengecoran terjadi *bleeding* pada campuran beton, tapi *flow* tercapai. Pengalaman pertama melakukan pengecoran dan ternyata kurang berjalan dengan baik sehingga sampel uji kuat lentur umur 56 hari tidak tercampur dengan merata, yang mengakibatkan penurunan kuat lentur beton pada perendaman air suling. Kesalahan yang terjadi pada perendaman larutan sulfat umur 42 adalah cuaca pada saat pengecoran yang cukup panas ($31.3 - 31.5^{\circ}\text{C}$) dan kondisi agregat kasar yang kering mengakibatkan terjadi penguapan air, sehingga jumlah air berkurang.

Apabila ditinjau pada perendaman air laut, persentasi peningkatan kuat lentur umur 42 hari lebih besar dibandingkan dengan

umur 56 hari, yaitu sebesar 32.97% dan 23.08% dan pada perendaman air larutan magnesium sulfat, persentasi peningkatan kuat lentur umur 42 hari lebih besar dibandingkan dengan umur 56 hari, yaitu sebesar 26.37% dan 13.19%. Kesalahan pada yang terjadi pada perendaman air laut adalah adanya penambahan air umur 56 hari. 2 sampel uji kuat lentur dilakukan penambahan air sebanyak 300 ml, dan 1 sampel dilakukan penambahan air sebanyak 550 ml. Adapun dilakukan penambahan air, karena pada saat pengecoran belum mendapatkan *slump flow* yang ingin dicapai (650 ± 50 mm) pada kondisi air yang ditentukan. Sehingga faktor air semen (FAS) menjadi meningkat, hal ini dapat menurunkan kekuatan beton.

4.6.2.4. Hubungan Kuat lentur Berdasarkan Metode Perendaman

Berdasarkan pengolahan data dengan menggunakan metode standar deviasi ACI, berikut merupakan grafik hubungan kuat lentur dengan variasi umur beton (28, 42, 56 hari) menurut variasi metode perendaman air suling (AS), air laut kadar sulfat 0.2% (AL), larutan magnesium sulfat 5% (LS), pasang surut (PS). Grafik ini memperlihatkan pengaruh kuat lentur dengan variasi umur beton.



Gambar 4. 15 Pengaruh Kuat Lentur vs Umur Beton Menurut Metode Perendaman

Berdasarkan grafik di atas, menunjukkan peningkatan kuat lenturbeton sesuai peningkatan umur beton. Dalam grafik di atas, ditunjukkan bahwa kurva logritma dengan metode perendaman air suling cenderung menurun sedangkan grafik air laut, larutan magnesium sulfat, dan larutan magnesium sulfat pasang surut cenderung meningkat.

Kesalahan ini terjadi karena dipengaruhi nilai kuat lentur pada perendaman air suling lebih rendah dibandingkan dengan kuat lentur pada perendaman air laut, larutan magnesium sulfat dan larutan magnesium sulfat pasang surut pada umur 56 hari. Hal ini telah dijelaskan pada 4.6.2.1.

4.7. HUBUNGAN KUAT TEKAN DENGAN KUAT TARIK LENTUR

Pada bab studi literatur telah disebutkan bahwa hubungan antara kuat tekan (f_c') dan kuat tarik lentur (f_r) beton menurut SNI 03-1726/2847-2002 adalah $\sigma_{lentur} = 0,7\sqrt{\sigma_{tekan}}$. Sedangkan hubungan antara kuat tekan (f_c') dan kuat tarik lentur (f_r) beton menurut standar ACI 318M-05 adalah $\sigma_{lentur} = 0,62\sqrt{\sigma_{tekan}}$. Dimana: f_r dalam Mpa, dan f_c' dalam MPa.

Tabel 4. 24 Hubungan Kuat Lentur Beton dengan Akar Kuat Tekan (Standar ACI)

Metode Perendaman	fc' (Mpa)			fr (Mpa)			fr/√fc'			Persentasi (%)		
	Umur			Umur			Umur			Umur		
	28	42	56	28	42	56	28	42	56	28	42	56
AS	32.52	36.42	42.83	4.94	6.08	4.40	0.867	1.008	0.672	39.81	62.60	8.44
AL	32.52	35.35	42.72	4.94	6.57	6.08	0.867	1.105	0.931	39.81	78.30	50.13
LS	32.52	35.01	41.73	4.94	6.25	5.60	0.867	1.056	0.866	39.81	70.28	39.70
PS	32.52	32.90	40.57	4.94	4.62	5.38	0.867	0.805	0.844	39.81	29.83	36.18

Berdasarkan tabel 4.24 diperoleh hubungan kuat tarik lentur dengan kuat tekan yang berbeda – beda pada setiap umur beton yang berbeda. Bila dilihat dari hubungannya antara tegangan tarik lentur dengan tegangan tekan seharusnya berkisar 0.62 (menurut standar ACI) dan 0,7 (menurut standar SNI), namun hasil yang diperoleh melebihi nilai standar tersebut. Pada umur 42 hari terjadi peningkatan hubungan tegangan tarik lentur terhadap tegangan tekannya, tetapi untuk umur 56 hari penurunan hubungan tegangan tarik lentur terhadap tegangan

tekannya. Adapun penyebabnya adalah pengaruh penambahan air, metode perendaman dengan sulfat pada uji kuat tekan yang mengakibatkan perubahan kekuatan.

4.8. HUBUNGAN KUAT TARIK DENGAN KUAT LENTUR

Pada bab studi literatur telah disebutkan bahwa hubungan antara kuat tekan (f_c') dan kuat tarik belah (f_t) beton menurut standar ACI 318M-05 adalah $\sigma_{tarik} = 0,556\sqrt{\sigma_{tekan}}$. Dimana: f_t dalam Mpa, dan f_c' dalam MPa. Berdasarkan pada subbab sebelumnya hubungan antara kuat tekan (f_c') dan kuat tarik lentur (f_r) beton menurut standar ACI 318M-05 adalah $\sigma_{lentur} = 0,62\sqrt{\sigma_{tekan}}$. Sehingga dapatkan hubungan antara kuat tarik belah (f_t) dan kuat tarik lentur (f_r) beton menurut standar ACI 318M-05 adalah $\sigma_{lentur} = 1,115 \sigma_{tarik}$.

Tabel 4. 25 Hubungan Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur

Metode Perendaman	ft (MPa)			fr (MPa)			fr/ft			Persentasi (%)		
	Umur			Umur			Umur			Umur		
	28	42	56	28	42	56	28	42	56	28	42	56
AS	3.31	4.15	4.27	4.94	6.08	4.40	1.492	1.467	1.029	33.85	31.57	7.68
AL	3.31	4.04	4.22	4.94	6.57	6.08	1.492	1.627	1.441	33.85	45.88	29.22
LS	3.31	3.84	4.05	4.94	6.25	5.60	1.492	1.629	1.382	33.85	46.06	23.92
PS	3.31	3.40	3.70	4.94	4.62	5.38	1.492	1.359	1.453	33.85	21.90	30.31

Berdasarkan tabel 4.25 diperoleh hubungan kuat lentur dengan kuat tarik belah yang berbeda – beda pada setiap umur beton yang berbeda. Bila dilihat dari hubungannya antara tegangan tarik lentur dengan tegangan tekan seharusnya berkisar 1.115 (menurut standar ACI), namun hasil yang diperoleh melebihi nilai standar tersebut. Pada umur 42 terjadi peningkatan hubungan tegangan tarik lentur terhadap tegangan tarik belah. Adapun penyebabnya adalah pengaruh penambahan air pada uji kuat tekan untuk perendaman air laut dan larutan magnesium sulfat yang mengakibatkan penurunan kekuatan.

4.9. HUBUNGAN KUAT TEKAN DENGAN KUAT TARIK BELAH

Pada bab studi literatur telah disebutkan bahwa hubungan antara kuat tekan (f_c') dan kuat tarik belah (f_t) beton menurut standar ACI 318M-05 adalah $\sigma_{tarik} = 0,556\sqrt{\sigma_{tekan}}$. Dimana: f_t dalam *Mpa*, dan f_c' dalam *MPa*.

Tabel 4. 26 Hubungan Kuat Tarik dengan Kuat Tekan

Metode Perendaman	fc' (MPa)			ft (MPa)			fr/ $\sqrt{fc'}$			Persentasi (%)		
	Umur			Umur			Umur			Umur		
	28	42	56	28	42	56	28	42	56	28	42	56
AS	32.52	36.42	42.83	3.31	4.15	4.27	0.581	0.687	0.653	4.46	23.60	17.48
AL	32.52	35.35	42.72	3.31	4.04	4.22	0.581	0.680	0.646	4.46	22.24	16.20
LS	32.52	35.01	41.73	3.31	3.84	4.05	0.581	0.648	0.627	4.46	16.59	12.75
PS	32.52	32.90	40.57	3.31	3.40	3.70	0.581	0.592	0.581	4.46	6.52	4.52

Berdasarkan tabel 4.26 diperoleh hubungan kuat tarik belah dengan kuat tekan yang berbeda – beda pada setiap umur beton yang berbeda. Bila dilihat dari hubungannya antara tegangan tarik lentur dengan tegangan tekan seharusnya berkisar 0.556 (menurut standar ACI), namun hasil yang diperoleh mendekati nilai standar tersebut. Namun, pada umur 42 dan 56 hari memiliki nilai hubungan tegangan tarik belah terhadap tegangan tekan lebih tinggi dari standar ACI. Adapun penyebabnya adalah pengaruh penambahan air pada uji kuat tekan dan uji tarik belah untuk perendaman air suling, air laut dan larutan magnesium sulfat yang mengakibatkan penurunan kekuatan.

4.10. UJI PERMEABILITAS

Pada pengujian permeabilitas dilakukan untuk mendapatkan hubungan penetrasi beton dengan variasi metode perendaman yang berbeda sesuai umur. Dimana benda uji untuk permeabilitas dilakukan perendaman pada air suling, air laut, larutan magnesium sulfat, dan larutan magnesium sulfat pasang surut. Untuk perendaman dilakukan pada umur 42. Benda uji yang digunakan adalah beton berbentuk kubus dengan ukuran panjang 15 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm.

4.10.1. Data Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian laboratorium, maka didapatkan data hasil pengujian seperti yang terdapat pada lampiran. Berikut merupakan rekapitulasi rata-rata penetrasi beton (cm) dan standar deviasi terhadap variasi metode perendaman dan umur beton yang diolah dengan menggunakan metode nilai rata – rata ACI:

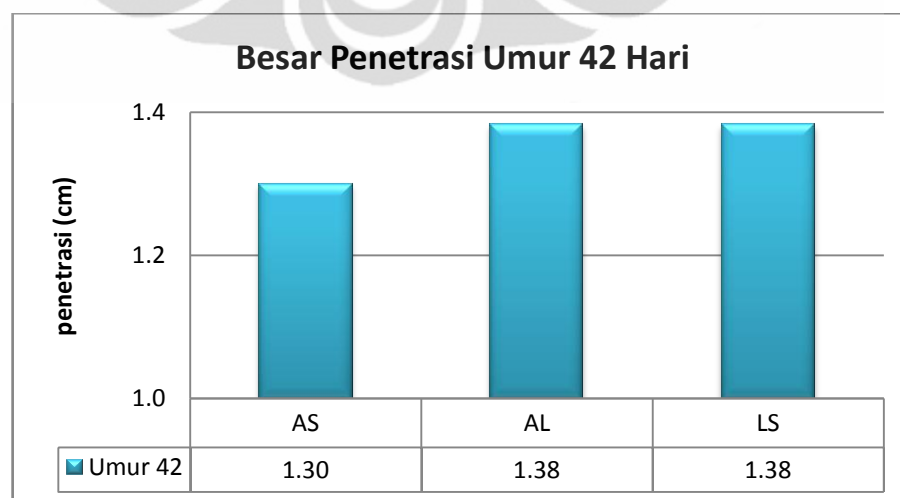
Tabel 4. 27 Hasil Uji Permeabilitas

Metode Perendaman	Umur 42	Penetrasi Rata-Rata (cm)	Presentasi Penetrasi (%)
Air Suling	42	1.30	0.00
Air Laut	42	1.38	6.41
Larutan magnesium sulfat	42	1.38	6.41
Larutan magnesium sulfat (Pasang surut)	42	0.00	

4.10.2. Analisa Data Uji Permeabilitas

4.10.2.1. Perbandingan Penetrasi Beton Umur 42 Hari Berdasarkan Metode Perendaman

Berdasarkan pengujian dan pengolahan data dengan menggunakan metode standar deviasi ACI, maka didapatkan gambar hubungan antara penetrasi beton dengan variasi metode perendaman (AS, AL, LS, PS) untuk umur 42 hari. Gambar ini memperlihatkan pengaruh variasi metode perendaman pada beton.



Gambar 4. 16 Perbandingan Penetrasi umur 42 Hari dengan Metode Perendaman

Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui bahwa hasil penelitian nilai penetrasi pada perendaman air suling lebih rendah daripada perendaman air laut, perendaman larutan magnesium sulfat. Adanya pengaruh akibat perendaman yang mengandung sulfat terhadap penetrasi beton. Menurut literatur dan hipotesa awal, dimana semakin besar kandungan sulfat yang terjadi, maka penetrasi beton semakin besar. Dimana persentasi penetrasi pada perendaman air laut sebesar 6.4% dan perendaman larutan magnesium sulfat sebesar 6.4%. Hal ini terjadi pada penelitian ini. Namun apabila ditinjau pada metode perendaman air laut dengan larutan sulfat, nilai persentasi penetrasi tersebut memiliki nilai yang sama, yaitu 6.4%. Terjadinya kesalahan tersebut, diakibatkan beton pada pengujian permeabilitas larutan magnesium sulfat lebih rapat dibandingkan dengan beton pengujian permeabilitas air laut. Hal ini menyebabkan tekanan air yang diberikan sulit menembus sampel beton.

4.11. ANALISA TERHADAP HASIL PENELITIAN SEBELUMNYA

Pada subbab ini membahas tentang perbandingan hasil kuat tekan dari penelitian ini terhadap penelitian sebelumnya yaitu FX Supartono yang dilaksanakan oleh Laboratorium Struktur dan Material Departemen Teknik Sipil FTUI. Perbandingan yang akan dilakukan adalah perbandingan kuat tekan.

Penelitian ini dilakukan untuk meneliti pengaruh pemakaian semen PCC terhadap ketahanan sulfat pada beton dengan pemadatan sendiri. Dimana menggunakan bahan dasar lokal dan dilakukan dengan metode perendaman pada air suling (AS), air laut kadar sulfat 0.2% (AL), larutan magnesium sulfat 5% (LS), dan larutan magnesium sulfat 5% dengan pasang surut (PS) pada umur 28, 42, dan 56 hari.

Pada penelitian sebelumnya, meneliti tentang pengaruh pemakaian semen PCC terhadap ketahanan sulfat pada beton. Dimana menggunakan bahan dasar lokal dan dilakukan dengan metode perendaman pada air suling (AS), larutan magnesium sulfat 5% (LS).

4.11.1. Perbandingan Metode Perendaman Terhadap Kuat Tekan Berdasarkan Umur

Untuk perbandingan yang akan dilakukan adalah perbandingan dengan metode perendaman air suling (AS) dan larutan magnesium sulfat 5% (LS) terhadap kuat tekan sesuai umur 28, 42, dan 56 hari. **Penelitian A** merupakan penelitian pada skripsi ini, **penelitian B** merupakan penelitian dengan semen PCC, dan **penelitian C** merupakan penelitian dengan semen PCC ditambah *fly ash*. Berikut data penelitian tersebut:

Tabel 4. 28 Hasil Perbandingan Uji Tekan

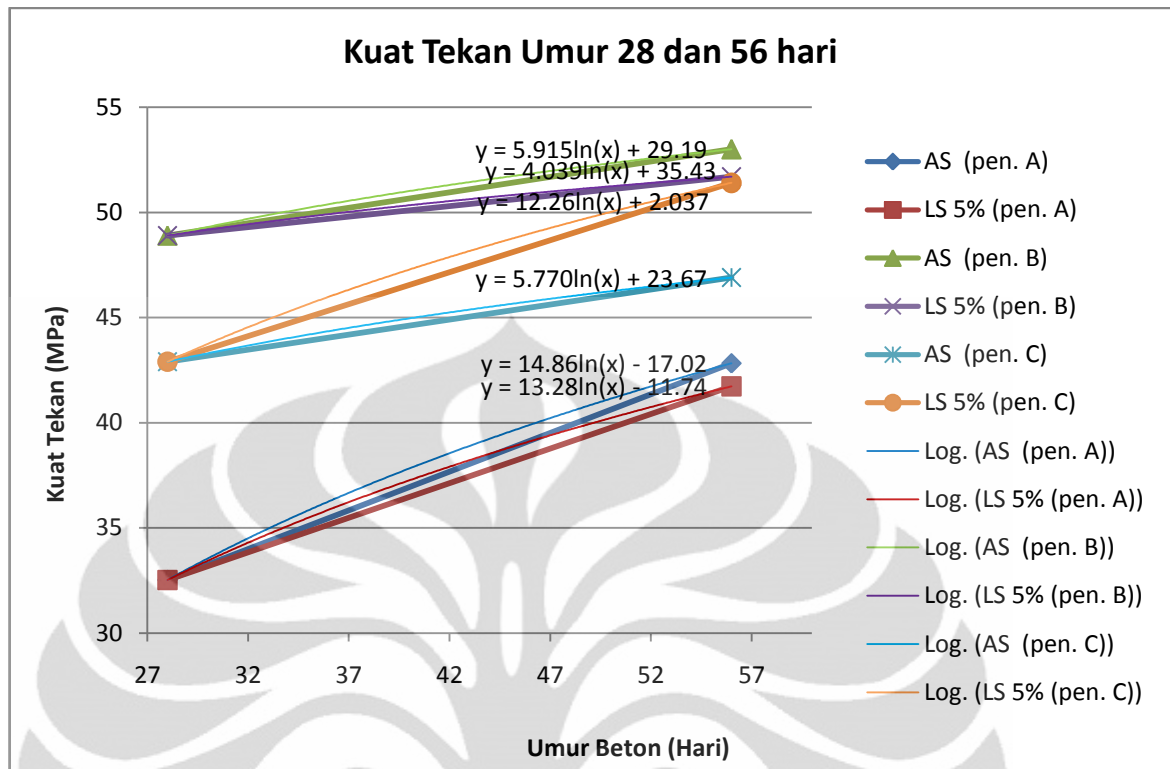
Metode Perendaman	Penelitian A		Penelitian B		Penelitian C	
	28	56	28	56	28	56
Air Suling	32.52	42.83	48.90	53.00	42.90	46.90
Larutan magnesium sulfat 5%	32.52	41.73	48.90	51.70	42.90	51.40

Tabel 4. 29 Persentasi Perubahan Kuat Tekan Beton

Metode Perendaman	Persentasi Perubahan Kuat tekan (%)					
	Penelitian A		Penelitian B		Penelitian C	
	Umur 28	Umur 56	Umur 28	Umur 56	Umur 28	Umur 56
Air Suling						
Larutan magnesium sulfat 5%	0.00	2.56	0.00	2.45	0.00	-9.59

Keterangan: Nilai negatif = persentasi kenaikan kuat tekan

Nilai positif = persentasi penurunan kuat tekan



Gambar 4. 17 Grafik kuat tekan – Umur beton menurut metode perendaman dibandingkan dengan penelitian sebelumnya

Berdasarkan kurva logaritma di atas, ditunjukkan pada metode perendaman air suling kuat tekan semakin meningkat sesuai umur beton. Begitu juga dengan metode perendaman larutan magnesium sulfat, dimana kuat tekannya semakin meningkat sesuai dengan umur beton. Apabila ditinjau pada kurva logaritma antara metode perendaman air suling dan larutan magnesium sulfat pada penelitian A, B akan terlihat peningkatan kuat tekan dengan perendaman air suling lebih tinggi dibandingkan dengan metode perendaman larutan magnesium sulfat sesuai umur beton. Namun berbeda dengan kurva logaritma antara metode perendaman air suling dan larutan magnesium sulfat pada penelitian C akan terlihat peningkatan kuat tekan dengan perendaman air suling lebih rendah dibandingkan dengan metode perendaman larutan magnesium sulfat sesuai umur beton. Pada penelitian A menunjukkan penurunan kekuatan beton pada umur 56 hari sebesar 2.56% dan penelitian B menunjukkan penurunan kekuatan sebesar 2.45%. Perbedaan nilai penurunan tersebut disebabkan perlakuan yang berbeda pada saat pembuatan sampel, tetapi nilai tersebut hampir sama. Berdasarkan

perbandingan ini menunjukkan, bahwa pada perendaman larutan sulfat umur 56 hari beton sudah mengalami penurunan kekuatan sebesar 2.45%-2.56%.



BAB 5 PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa pengolahan data yang telah dilakukan mengenai pengaruh pemakaian *portland cement composite* (PCC) terhadap ketahanan sulfat pada *self compacting concrete* (SCC) dengan metode perendaman air suling, air laut, larutan magnesium sulfat 5%, dan larutan magnesium sulfat 5% pasang surut terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, dan permeabilitas dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada saat pengecoran tidak boleh dilakukan terlalu cepat, karena dapat mengakibatkan campuran beton menjadi *bleeding*. Idealnya 15 -20 menit, sehingga campuran pembentuk beton merata dengan baik.
2. Penurunan kekuatan beton dipengaruhi besar kandungan sulfat yang menyerang beton.
3. Pada waktu lama terjadi penurunan kekuatan beton yang terserang larutan magnesium sulfat.
4. Terjadi penurunan kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur pada perendaman beton yang terserang sulfat. Persentasi penurunan pada perendaman air laut sebesar 2.92%, 2.56%, -8.04%. Persentasi penurunan pada larutan magnesium sulfat 5% sebesar 3.86%, 7.51%, -2.68%. Persentasi penurunan pada larutan magnesium sulfat 5% sistem pasang surut sebesar 9.66%, 18.09%, 24.11%.
5. Terjadi peningkatan penetrasi pada uji permeabilitas umur 42 hari terhadap metode perendaman. Persentasi peningkatan pada perendaman air laut 6.41% dan perendaman larutan magnesium sulfat sebesar 6.41%

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa pengolahan data yang telah dilakukan dapat dikemukakan saran-saran untuk penelitian lebih lanjut. Karena secara umum penelitian ini belum sepenuhnya sempurna. Sehingga diperlukan peningkatan untuk penelitian selanjutnya, berikut beberapa saran:

1. Melakukan uji kandungan sulfat pada air laut, larutan magnesium sulfat saat sebelum dimasukkan sampel, setelah sampel dimasukkan, dan setelah sampel dikeluarkan. Sehingga dapat dilihat rata-rata kandungan sulfat yang dimiliki.
2. Tidak melakukan penambahan atau pengurangan air dan *superplasticizer* pada saat pengecoran, karena dapat menurunkan kekuatan beton.
3. Suhu dan kelembaban perlu dicatat pada semua pengecoran. Karena sangat berpengaruh pada penambahan air.
4. Pada saat pelaksanaan pengecoran, perendaman, *capping*, dan pengetesan dilakukan perlakuan yang hampir sama untuk semua pengecoran untuk mendapatkan data yang lebih akurat.
5. Kondisi material harus diperhatikan terutama agregat kasar, dimana pada saat pengecoran agregat kasar harus dalam kondisi SSD untuk semua pengecoran. Sehingga tidak terjadi penambahan air pada saat pengecoran.
6. Untuk mengantisipasi terjadinya *bleeding* pada saat pengecoran, maka pada saat memasukkan air kedalam *mixer* dilakukan secara bertahap dan pengecoran dilakukan dalam waktu yang agak lama (15-20 menit).
7. Konsistensi penggunaan *superplasticizer* pada saat pengecoran.

Demikianlah saran dapat dikemukakan dalam penelitian ini. Dengan saran yang disampaikan di atas dapat meningkatkan keakuratan dalam penelitian selanjutnya.

DAFTAR REFERENSI

- Wenshong Zho., Bartos, Peter J.M. (2002). Permeation Properties Of Self Compacting Concrete. *Journal science direct*. 1-6
- Kumar, P. (2006). Self-Compacting Concrete : Methods of Testing and Design. *Journal-CV,86*, 145-150.
- Shen Yang., Xu Zhongzi., & Tang Mingshu. (1996). The Process of Sulfate Attack on Cement Mortars. Nanjing University of Chemical Tecnology.1-5.
- Jin Juquan., Sun Wei., Zhang Yunsheng., Jian Jinyang., Lai Jianzhong. (2007). Interaction between sulfate and chloride solution attack of concretes with and without fly ash. *Cement and Concrete Research* 37 (2007) 1223–1232.
- Supartono, FX. (1999). *Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Serangan Sulfat*. Laporan Penelitian, Universitas Indonesia.
- Pedoman Praktikum Pemeriksaan Bahan Beton dan Mutu Beton*. Depok: Laboratorium Bahan Jurusan Sipil FTUI.
- Yunita, N. (2008). *Rancang Campur High Strength Self Compacting Concrete (HSSCC) Dengan Menggunakan ADVA Superplasticizer*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Driana, Riana S. (2010). *Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur pada Beton Normal menggunakan Semen Portland Biasa*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Gani, M.S.J. (1997). *Cement and Concrete*. London, Chapman & Hall.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta, Andi
- ASTM. (1996). Annual Book of ASTM Standard, Volume 04.02, Concrete and Aggregates. 100 Barr Harbour Drive, West Conshohocken, PA 19428.
- Standard Nasional Indonesia, SNI.T-15-7064-2004 (*Standard Tata Cara Semen Portland Komposit*).
- Standard Nasional Indonesia, SNI.T-03-1974-1990 (Standard Tata Cara Metode Pengujian Kuat Tekan Beton).
- Standard Nasional Indonesia, SNI.T-03-24914-1991 (Standard Tata Cara Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton).
- Standard Nasional Indonesia, SNI.T-03-4154-1996 (Standard Tata Cara Metode Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton).

LAMPIRAN

LAMPIRAN A. 1 PENGUJIAN AGREGAT KASAR

TEST UNIT WEIGHT IN COARSE AGGREGATE (ASTM C-29)

Sample : Agregat Kasar
Size : Maksimum 20 mm
Source :

	Metode		
	Lepas	Penggoyangan	Penusukan
(13) Weight of Measure (kg)	5,089	5,089	5,089
(14) Weight of Measure + Water (kg)	14,361	14,361	14,361
(15) Weight of Measure + Sample (kg)	17,745	18,541	18,416
(16) Weight of Sample (kg)	12,656	13,452	13,327
(17) Volume of Measure (liter)	9,272	9,272	9,272
(18) Unit Weight of Aggregate (kg/liter)	1,365	1,451	1,437
D) Bulk Spesific Gravity of Aggregate (kg/liter)	2,82		
C) Unit Weight of Water (kg/liter)	1		
Void %	51,60	48,55	49,03

Perhitungan

$$\text{Berat Isi Agregat} = B = \frac{W}{V} \text{ kg / dm}^3$$

$$\text{Rongga Udara} = \frac{(A \times W) - B}{(A \times W)} \times 100 \%$$

Keterangan:

V = Isi Wadah (dm³)

A = Bulk Specific Gravity Agregat (kg/dm³)

B = Berat Isi Agregat (kg/dm³)

W = Berat Isi Air (kg/dm³)

TEST FOR SPESIFIC GAIVITY AND ABSORBTION – TEST OF COARSE
AGGREGATE (ASTM C-127)

Sample : Agregat Kasar
Size : Maksimum 20 mm
Source :

G. Weight of Oven-Dry Specimen in Air (gram)	4910
H. Weight of SSD Speciment in Air (gram)	5000
I. Weight of Saturated Specimen in Water (gram)	3318
Bulk Specific Gravity (kg/liter)	2,92
SSD Specific Gravity (kg/liter)	2,97
Apparent Specific Gravity (kg/liter)	3,08
Absorption (%)	1,83

Perhitungan

$$\text{Berat jenis curah (Bulk Specific Gravity)} = \frac{A}{B - C}$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)} = \frac{B}{B - C}$$

$$\text{Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)} = \frac{A}{A - C}$$

$$\text{Persentasi Absorbsi} = \frac{B - A}{A} \times 100\%$$

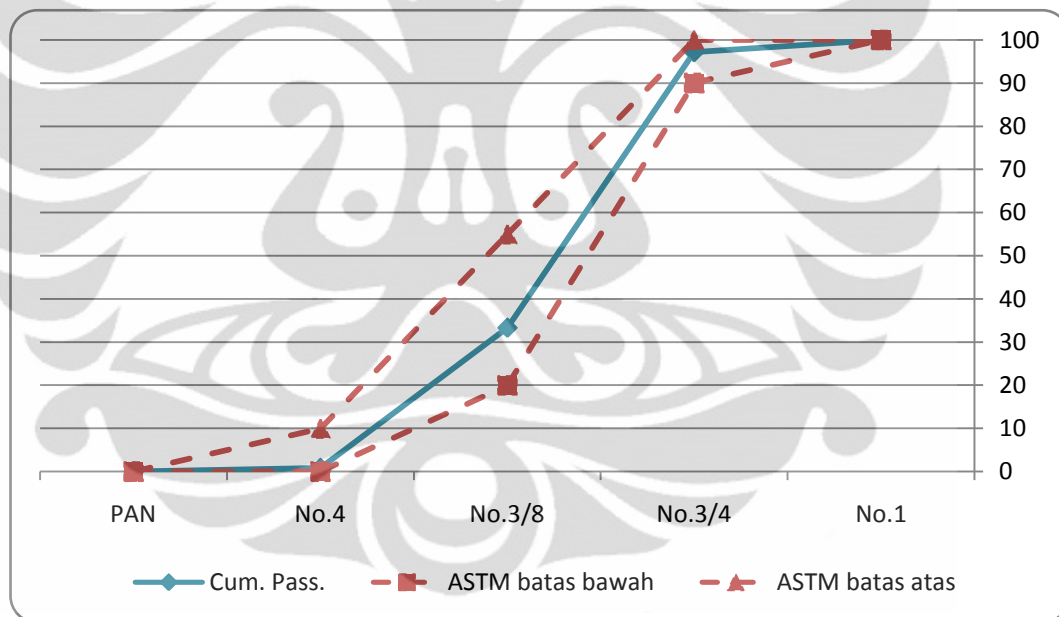
SIEVE ANALYSIS OF COARSE AGGREGAT (ASTM C-136)

Sample : Agregat Kasar

Size : Maksimum 20 mm

Source :

Sieve Size	Sample No. 1			
	Weight Ret (gr)	% Ret	% Cum Ret	% Cum Pass
1	0	0	0	100
3/4	43	2,867	2,867	97,13
3/8	957	63,800	66,667	33,33
4	487	32,467	99,133	0,87
PAN	13	0,867	100	0
TOTAL	1500	100		



LAMPIRAN A. 2 PENGUJIAN AGREGAT HALUS

TEST UNIT WEIGHT IN FINE AGGREGATE (ASTM C-29)

Sample : Agregat Halus
 Size : 0,074 – 4,75 mm
 Source :

	Metode		
	Lepas	Penggoyangan	Penusukan
(1) Weight of Measure (kg)	1,041	1,041	1,041
(2) Weight of Measure + Water (kg)	3,055	3,055	3,055
(3) Weight of Measure + Sample (kg)	3,793	4,093	4,008
(4) Weight of Sample (kg)	2,752	3,052	2,967
(5) Volume of Measure (liter)	2,014	2,014	2,014
(6) Unit Weight of Aggregate (kg/liter)	1,366	1,515	1,473
E) Bulk Specific Gravity of Aggregate (kg/liter)	2,84		
D) Unit Weight of Water (kg/liter)	1		
Void %	45,01	39,02	40,72

Perhitungan

$$\text{Berat Isi Agregat} = B = \frac{W}{V} \text{ kg / dm}^3$$

$$\text{Rongga Udara} = \frac{(A \times W) - B}{(A \times W)} \times 100\%$$

Keterangan:

V = Isi Wadah (dm³)

A = Bulk Specific Gravity Agregat (kg/dm³)

B = Berat Isi Agregat (kg/dm³)

W = Berat Isi Air (kg/dm³)

TEST FOR SPESIFIC GAVITY AND ABSORBTION – TEST OF FINE
AGGREGATE (ASTM C-128)

Sample : Agregat Halus
Size : 0,074 – 4,75 mm
Source :

	A	B
A. Weight of Oven-Dry Specimen in Air (gram)	496	493
B. Weight of Pycnometer Filled with Water (gram)	676	649
C. Weight of Pycnometer with Specimen and Water to Calibration Mark (gram)	976	951
Bulk Specific Gravity (kg/liter)	2,48	2,49
Average of Above (kg/liter)	2,48	
SSD Specific Gravity (kg/liter)	2,50	2,53
Average of Above (kg/liter)	2,51	
Apparent Specific Gravity (kg/liter)	2,53	2,58
Average of Above (kg/liter)	2,56	
Absorption (%)	0,81	1,42
Average of Above (%)	1,11	

Perhitungan

$$\text{Berat jenis curah (Bulk Specific Gravity)} = \frac{A}{B + 500 - C}$$

$$\text{Berat jenis jenuh kering permukaan (SSD)} = \frac{500}{B + 500 - C}$$

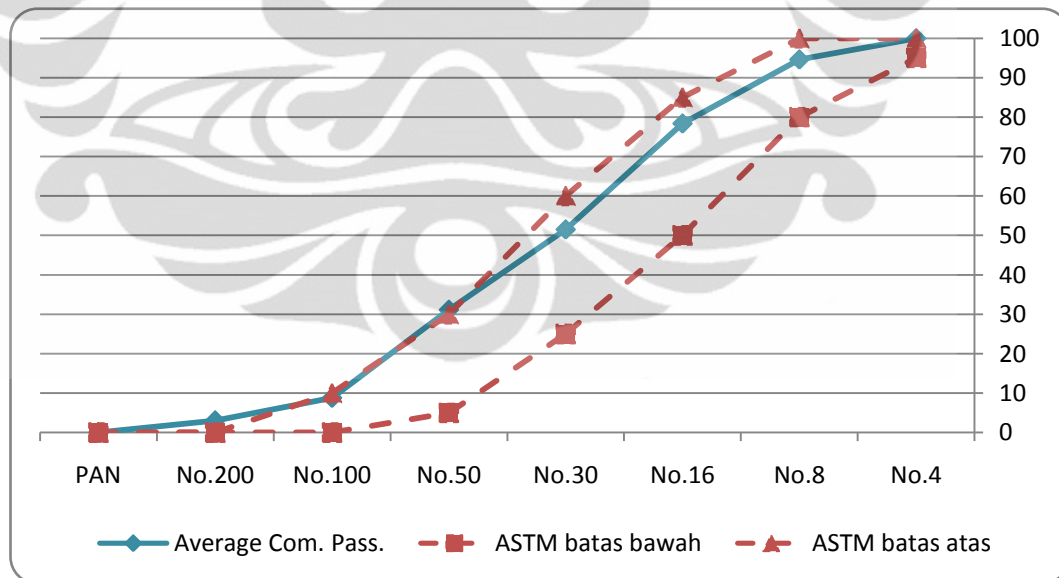
$$\text{Berat Jenis Semu (Apparent Specific Gravity)} = \frac{A}{B + A - C}$$

$$\text{Penyerapan (Absorpsi)} = \frac{500 - A}{A} \times 100\%$$

SIEVE ANALYSIS OF FINE AGGREGAT (ASTM C-136)

Sample : Agregat Halus
 Size : 0,074 – 4,75 mm
 Source :

Sieve Size	Sample No. 1				Sample No. 2				Average	
	Weight Ret (gr)	% Ret	% Cum Ret	% Cum Pass	Weight Ret (gr)	% Ret	% Cum Ret	% Cum Pass	% Ret	% Cum Pass
4	0	0	0	100	0	0	0	100	0	0
8	28	5,6	5,6	94,4	26	5,2	5,2	94,8	5,4	5,4
16	85	17	22,6	77,4	77	15,4	20,6	79,4	16,2	21,6
30	136	27,2	49,8	50,2	133	26,6	47,2	52,8	26,9	48,5
50	102	20,4	70,2	29,8	102	20,4	67,6	32,4	20,4	68,9
100	109	21,8	92	8	114	22,8	90,4	9,6	22,3	91,2
200	25	5	97	3	33	6,6	97	3	5,8	97
PAN	15	3	100	0	15	3	100	0	3	100
TOTAL	500	100			500	100			100	



TEST FOR MATERIALS FINER THAN NO. 200 SIEVE IN MINERAL
AGGREGATE BY WASHING (ASTM C-177)

Sample : Agregat Halus
Size : 0,074 – 4,75 mm
Source :

	I
A. Original dry weight of sample (gr)	500
B. Dry weight of sample, after washing (gr)	487
C. Percentage of material finer than No. 200 sieve, by washing (%)	2,6

Perhitungan

$$A = \frac{B - C}{B} \times 100\%$$

TEST FOR ORGANIC IMPURITIES IN FINE AGGREGATE (ASTM C-40)

Sample : Agregat Halus
Size : 0,074 – 4,75 mm
Source :

Nearest Colour of the liquid of the test sample	Organic plate Number
(Lighter/Equal/Darker Colour to	①
	2
	3 (standard)
	4
	5

Determination of Colour Value

Lighter/Equal/Darker Colour to that the reference standard (No. 3)

LAMPIRAN A. 3 HASIL PENGUJIAN AIR LAUT



UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK - DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM TEKNIK PENYEHATAN & LINGKUNGAN
Kampus Baru UI Telp : (021) 7875031, 7270029 Fax. (021) 7270028 Depok 16424 Indonesia

HASIL ANALISA KIMIA DAN FISIKA

Nomor Laboratorium : PM. 01.04/19/I/2011
Nama Pengirim / Instansi : David Silitonga
Nama Contoh / Kedalaman : Air Laut
Kode Sampel : 19
Lokasi Pengambilan Sampel : Pantai Ancol, Jakarta
Tanggal Penerimaan Sampel : 07 Februari 2011

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL ANALISA			Rata-rata
			1	2	3	
1	pH		7.15	7.18	7.15	7.16
2	Klorida (Cl)	mg/L	11650	11650	11700	11656
3	Sulfat (SO ₄)	mg/L	1600	1600	1600	1666

Catatan :

- Pengambilan sample dilakukan oleh konsumen bukan merupakan tanggung jawab laboratorium

Depok, 08 Februari 2011
Kepala Lab. Teknik Penyehatan dan Lingkungan



[Signature]
Ir. Irma Gusniati, MSc.
NIP. 195501031985032001

Tembusan : Arsip



HASIL ANALISA KIMIA DAN FISIKA

Nomor Laboratorium : PM. 01.04/02/III/2011
Nama Pengirim / Instansi : David Silitonga
Nama Contoh / Kedalaman : Air Laut
Kode Sampel : 22
Lokasi Pengambilan Sampel : Pantai Ancol, Jakarta
Tanggal Penerimaan Sampel : 22 Maret 2011

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL ANALISA
1	pH		6,99
2	Klorida (Cl)	mg/L	9200
3	Sulfat (SO ₄)	mg/L	2000

Catatan :

- Pengambilan sample dilakukan oleh konsumen bukan merupakan tanggung jawab laboratorium

Depok, 22 Maret 2011
Kepala Lab. Teknik Penyehatan dan Lingkungan



Ir. Irma Gusniarti, MSc.
NIP. 195501031985032001

Tembusan : Arsip



HASIL ANALISA KIMIA DAN FISIKA

Nomor Laboratorium : PM. 01.04/02/VI/2011
Nama Pengirim / Instansi : David Silitonga
Nama Contoh / Kedalaman : Air Laut
Kode Sampel : 32
Lokasi Pengambilan Sampel : Pantai Ancol, Jakarta
Tanggal Penerimaan Sampel : 09 Juni 2011

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL ANALISA
1	pH		7.66
2	Klorida (Cl)	mg/L	23.600
3	Sulfat (SO ₄)	mg/L	2000

Catatan :

- Pengambilan sample dilakukan oleh konsumen bukan merupakan tanggung jawab laboratorium

Depok, 17 Juni 2011
Kepala Lab. Teknik Penyehatan dan Lingkungan



[Signature]
I. Irma Gusniani, MSc.
NIP. 195501031985032001

Tembusan : Arsip

LAMPIRAN A. 4 HASIL PENGUJIAN LARUTAN MAGNESIUM SULFAT



UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK - DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM TEKNIK PENYEHATAN & LINGKUNGAN
Kampus Baru UI Telp : (021) 7875031, 7270029 Fax. (021) 7270028 Depok 16424 Indonesia

HASIL ANALISA KIMIA DAN FISIKA

Nomor Laboratorium : PM. 01.04/03/VI/2011
Nama Pengirim / Instansi : David Silitonga
Nama Contoh / Kedalaman : Larutan Sulfat
Kode Sampel : 33
Lokasi Pengambilan Sampel :
Tanggal Penerimaan Sampel : 09 Juni 2011

NO	PARAMETER	SATUAN	HASIL ANALISA
1	pH		8.13
2	Sulfat (SO ₄)	mg/L	13.800

Catatan :

- Pengambilan sample dilakukan oleh konsumen bukan merupakan tanggung jawab laboratorium

Depok, 17 Juni 2011
Kepala Lab. Teknik Penyehatan dan Lingkungan



Dr. Irma Gusniani, MSc.
NIP. 195501031985032001

Tembusan : Arsip

**LAMPIRAN A. 5 HASIL PENGUJIAN KADAR KLORIDA AIR LAUT
PADA BETON**



UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK - DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM TEKNIK PENYEHATAN & LINGKUNGAN
Kampus Baru UI Telp : (021) 7875031, 7270029 Fax. (021) 7270028 Depok 16424 Indonesia

HASIL ANALISIS

No : PM. 01.04/2P/VI/2011
Pengirim : David Silitonga
Jenis Sampel : Beton
Tanggal Penerimaan : 09/06/2011
Tanggal Analisa : 09/06/2011 – 17/06/2011
Analisis : Analisis Kimia
Deskripsi Sampel : Sampling dilakukan oleh pengirim
Packing : Dalam plastik tidak bersegel
Identifikasi Sampel : Abu beton Kode PCC-56-AL

Parameter	Unit	Hasil Tes	Kadar Maksimum**	Nomor Metode*
Klorida (Cl)	%	0.29	0.15	C-1152/ C-1152M-04

* ASTM C 1152/C 1152M-04, "Standard test Method for Acid-Soluble Chloride In Mortar and Concrete"
** Konsentrasi maksimum mengacu ASTM D512, "Standard Test Methode for Chloride Ion in Water"

Kesimpulan

Melebihi standar yang ditentukan.

Depok, 17 Juni 2011
Kepala Laboratorium Penyehatan dan Lingkungan



[Signature]
Rochana Gusniani, MSc.
NIP. 195501031985032001

Tembusan : Arsip

**LAMPIRAN A. 6 HASIL PENGUJIAN KADAR KLORIDA LARUTAN
MAGNESIUM SULFAT PADA BETON**



UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK - DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
LABORATORIUM TEKNIK PENYEHATAN & LINGKUNGAN
Kampus Baru UI Telp : (021) 7875031, 7270029 Fax. (021) 7270028 Depok 16424 Indonesia

HASIL ANALISIS

No : PM. 01.04/1P/VI/2011
Pengirim : David Silitonga
Jenis Sampel : Beton
Tanggal Penerimaan : 09/06/2011
Tanggal Analisa : 09/06/2011 – 17/06/2011
Analisis : Analisis Kimia
Deskripsi Sampel : Sampling dilakukan oleh pengirim
Packing : Dalam plastik tidak bersegel
Identifikasi Sampel : Abu beton Kode PCC-42-LS

Parameter	Unit	Hasil Tes	Kadar Maksimum**	Nomor Metode*
Klorida (Cl)	%	0.12	0.15	C-1152/ C-1152M-04

* ASTM C 1152/C 1152M-04, "Standard test Method for Acid-Soluble Chloride In Mortar and Concrete"
** Konsentrasi maksimum mengacu ASTM D512, "Standard Test Methode for Chloride Ion in Water" J.43

Kesimpulan

Memenuhi standar yang ditentukan.

Depok, 17 Juni 2011
Kepala Laboratorium Penyehatan dan Lingkungan



H. Irma Gusriani, MSc.
NIP: 195501031985032001

Tembusan : Arsip

LAMPIRAN B. 1 PERANCANGAN CAMPURAN BENDA UJI

Kriteria Desain :

- Kuat tekan, f_c' : 40 MPa
- Faktor Air Semen (FAS) : 0,45
- *Slump flow* : 650 ± 50 mm
- MSA : 20 mm
- *Superplasticizer* : 1,1%
- Agregat Halus
 - Specific Gravity : 2,51 kg/liter
 - Fines Modulus : 2,36
- Agregat Kasar
 - Specific Gravity : 2,92 kg/liter
 - Berat Isi : 1437 kg/m³
- Semen
 - Specific Gravity : 3,15 kg/liter

Tahapan perancangan campuran beton sesuai dengan standar ACI 211.1-91:

- Menentukan jumlah air adukan dan rongga udara
 Jumlah Air Campuran dan Kandungan Udara Untuk Slump dan Ukuran Agregat Maksimum yang Berbeda

(ACI 211.1-91, 2000)

Slump	Mixing Water Quantity in kg/m ³ (lb/yd ³) for the listed Nominal Maximum Aggregate Size							
	9.5 mm	12.5 mm	19 mm	25 mm	37.5 mm	50 mm	75 mm	100 mm
Non-Air-Entrained PCC								
25 – 50	207	199	190	179	166	154	130	113
75 – 100	228	216	205	195	181	169	145	124
150 – 175	243	228	216	202	190	178	160	-
Typical entrapped air (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Air-Entrained PCC								
25 – 50	181	175	168	160	148	142	122	107
75 – 100	202	193	184	175	165	157	133	119
150 – 175	216	205	197	184	174	166	154	-

Recommended Air Content (percent)								
Mild Exposure	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
Moderate Exposure	6	5,5	5	4,5	4,5	4	3,5	3
Severe Exposure	7,5	7	6	6	5,5	5	4,5	4

Dari tabel dengan ukuran MSA 20 mm dan slump 100 mm, didapatkan:

Dengan menggunakan perbandingan, sebagai berikut:

Water	MSA
205	19
203,3	20
195	25

Air Content	MSA
2	19
1,9	20
1,5	25

Water : 203,3 kg/m³

Air content : 1,9%

- Menghitung jumlah semen

$$\text{jumlah semen} = \frac{\text{jumlah air}}{w/c} = \frac{203,3}{0,45} = 451,85 \text{ kg/m}^3$$

Menghitung jumlah agregat kasar

Tabel Volume Agregat Kasar per Unit Volume untuk Modulus Kehalusan yang Berbeda (ACI 211.1-91, 2000)

Nominal Maximum Aggregate Size	Fine Aggregate Fineness Modulus			
	2,4	2,6	2,8	3
9.5 mm (0.375 inches)	0,5	0,48	0,46	0,44
12.5 mm (0.5 inches)	0,59	0,57	0,55	0,53
19 mm (0.75 inches)	0,66	0,69	0,62	0,6
25 mm (1 inches)	0,71	0,69	0,67	0,65
37.5 mm (1.5 inches)	0,75	0,73	0,71	0,69
50 mm (2 inches)	0,78	0,76	0,74	0,72

Berdasarkan tabel dengan MSA = 20 mm dan FM = 2,36 didapatkan volume agregat kasar per unit volume adalah 0,668 dan banyaknya agregat kasar = 0,668 x 1437 = 960,395 kg/m³

- Menghitung kandungan total agregat halus

$$= 1 - \left(\frac{\text{jumlah air}}{1000} \right) - \left(\frac{\text{jumlah semen}}{SG_{\text{semen}} \times 1000} \right) - \left(\frac{\text{jumlah agregat kasar}}{SG_{\text{aggkasar}} \times 1000} \right) - \left(\frac{\text{rongga udara}}{100} \right)$$

$$= 1 - \left(\frac{203,3}{1000} \right) - \left(\frac{451,85}{3,15 \times 1000} \right) - \left(\frac{960,395}{2,92 \times 1000} \right) - \left(\frac{1,9}{100} \right) = 0,31$$

- Menghitung jumlah agregat halus

$$\begin{aligned} \text{Jumlah agregat halus} &= \text{kandungan agregat halus} \times \text{berat jenis agregat halus} \\ &= 0,31 \times 2,51 \times 1000 \\ &= 765,93 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Menentukan jumlah *superplasticizer*

Jumlah *superplasticizer* yang digunakan adalah 1,1% dari berat semen.

$$\begin{aligned} \text{jumlah superplasticizer} &= 0,011 \times \text{jumlah semen} = 0,011 \times 451,85 \\ &= 4,97 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Menghitung ulang jumlah air campuran akhir

Jumlah air campuran yang diperlukan setelah dikurangi dengan jumlah *superplasticizer* : $203,3 - 4,79 = 198,36 \text{ kg/m}^3$

- Dari hasil perhitungan, komposisi campuran per m^3 adalah sebagai berikut:

Semen	: 451,85 kg
Air	: 198,36 kg = 198,36 liter
Agg. Kasar	: 960,395 kg
Agg. Halus	: 765,93 kg
SP	: 4,97 kg = 4,69 liter

**LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL**

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 4878 - 727 0029 (Ext.110/111) - 727 0028 (Fax)

LAMPIRAN C. 1 UJI TEKAN UMUR 56 HARINo. Surat :
Untuk :
Penelitian :
Alamat :**HASIL UJI KUAT TEKAN BETON****CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST**

No	Tanggal		Umur (Hari)	Kode	Bentuk	Luas Penampang (cm ²)	Slump (cm)	Berat (kg)	Beban (Ton)	Tegangan (kg/cm ²)	Keterangan
	Dicor	Dites									
1	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-T-56-AS	Silinder	78,5	600	3,743	28770	366,497	B
2	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-T-56-AS	Silinder	78,5	600	3,73	32810	417,962	C
3	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-T-56-AS	Silinder	78,5	600	3,705	36350	463,057	C
4	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-T-56-AS	Silinder	78,5	600	3,608	33600	428,025	C
5	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-T-56-AS	Silinder	78,5	600	3,745	32810	417,962	B
6	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-T-56-AL	Silinder	78,5	600	3,736	22750	289,809	B
7	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-T-56-AL	Silinder	78,5	600	3,789	32420	412,994	C
8	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-T-56-AL	Silinder	78,5	600	3,748	31270	398,344	C
9	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-T-56-AL	Silinder	78,5	600	3,711	33630	428,408	B
10	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-T-56-AL	Silinder	78,5	600	3,761	32310	411,592	B
11	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-T-56-LS	Silinder	78,5	600	3,703	31350	399,363	C
12	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-T-56-LS	Silinder	78,5	600	3,882	30490	388,408	B
13	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-T-56-LS	Silinder	78,5	600	3,724	33100	421,656	B
14	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-T-56-LS	Silinder	78,5	600	3,682	34850	443,949	C
15	14/04/2011	09/06/2011	56	PCC-T-56-LS	Silinder	78,5	600	3,751	30340	386,497	B
16	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-T-56-PS	Silinder	78,5	600	3,75	27660	352,357	C
17	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-T-56-PS	Silinder	78,5	600	3,764	29730	378,726	C
18	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-T-56-PS	Silinder	78,5	600	3,777	30270	385,605	C
19	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-T-56-PS	Silinder	78,5	600	3,683	33450	426,115	C
20	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-T-56-PS	Silinder	78,5	600	3,783	34560	440,255	B

Ditests oleh : Sony
Diperiksa oleh : David Silitonga

Depok,

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA

LAMPIRAN C. 1 UJI TEKAN UMUR 56 HARI (LANJUTAN)

No.	Kode	Tanggal Cor	Tanggal Tes	Umur	Slump Flow	Air	SP	suhu	kelembaban	Sesi	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan (Koreksi Kalibrasi)	
				(hari)	(mm)	ml	%	°C	%		(cm ²)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	MPa
1	PCC-T-56-AS	10/03/2011	05/05/2011	56		550	17 ml	30,5	67	I	78,5	28770	366,497	374,882	37,488
2	PCC-T-56-AS	10/03/2011	05/05/2011	56	530	700	-	28,4	75	III	78,5	32810	417,962	427,524	42,752
3	PCC-T-56-AS	10/03/2011	05/05/2011	56	530	700	-	28,4	75	III	78,5	36350	463,057	473,651	47,365
4	PCC-T-56-AS	10/03/2011	05/05/2011	56	530	700	-	28,4	75	III	78,5	33600	428,025	437,818	43,782
5	PCC-T-56-AS	10/03/2011	05/05/2011	56	530	700	-	28,4	75	III	78,5	32810	417,962	427,524	42,752
6	SP2-T-56-AL	10/03/2011	05/05/2011	56		-1320	-	29,8	62	II	78,5	22750	289,809	296,439	29,644
7	SP2-T-56-AL	10/03/2011	05/05/2011	56	580	300	-	28,4	68	IV	78,5	32420	412,994	422,442	42,244
8	SP2-T-56-AL	10/03/2011	05/05/2011	56	580	300	-	28,4	68	IV	78,5	31270	398,344	407,457	40,746
9	SP2-T-56-AL	10/03/2011	05/05/2011	56	580	300	-	28,4	68	IV	78,5	33630	428,408	438,209	43,821
10	SP2-T-56-AL	10/03/2011	05/05/2011	56	580	300	-	28,4	68	IV	78,5	32310	411,592	421,009	42,101
11	SP2-T-56-LS	12/03/2011	09/05/2011	56	560	-	1,2	30	56	III	78,5	31350	399,363	408,500	40,850
12	SP2-T-56-LS	12/03/2011	09/05/2011	56	560	-	1,2	30	56	III	78,5	30490	388,408	397,294	39,729
13	SP2-T-56-LS	12/03/2011	09/05/2011	56	560	-	1,2	30	56	III	78,5	33100	421,656	431,303	43,130
14	SP2-T-56-LS	12/03/2011	09/05/2011	56	570	-	1,2	29,9	56	IV	78,5	34850	443,949	454,106	45,411
15	SP2-T-56-LS	14/04/2011	09/06/2011	56	600	-	-	29,6	62	II	78,5	30340	386,497	395,339	39,534
16	SP2-T-56-PS	12/03/2011	09/05/2011	56	560	-	1,2	30	56	III	78,5	27660	352,357	360,418	36,042
17	SP2-T-56-PS	10/03/2011	05/05/2011	56	580	300	-	28,4	68	IV	78,5	29730	378,726	387,391	38,739
18	SP2-T-56-PS	10/03/2011	05/05/2011	56	580	300	-	28,4	68	IV	78,5	30270	385,605	394,427	39,443
19	SP2-T-56-PS	10/03/2011	05/05/2011	56	580	300	-	28,4	68	IV	78,5	33450	426,115	435,863	43,586
20	SP2-T-56-PS	10/03/2011	05/05/2011	56	580	300	-	28,4	68	IV	78,5	34560	440,255	450,327	45,033

LAMPIRAN C. 2 UJI TEKAN UMUR 42 HARI



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 4878 - 727 0029 (Ext.110/111) - 727 0028 (Fax)

No. Surat :
Untuk :
Penelitian :
Alamat :

HASIL UJI KUAT TEKAN BETON

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

No	Tanggal		Umur (Hari)	Kode	Bentuk	Luas Penampang (cm ²)	Slump (cm)	Berat (kg)	Beban (Ton)	Tegangan (kg/cm ²)	Keterangan
	Dicor	Dites									
1	14/04/2011	26/05/2011	42	PCC-T-42-AS	Silinder	78,5	600	3,703	28090	357,834	C
2	14/04/2011	26/05/2011	42	PCC-T-42-AS	Silinder	78,5	600	3,779	29480	375,541	C
3	14/04/2011	26/05/2011	42	PCC-T-42-AS	Silinder	78,5	600	3,82	27880	355,159	C
4	14/04/2011	26/05/2011	42	PCC-T-42-AS	Silinder	78,5	600	3,802	26350	335,669	C
5	14/04/2011	26/05/2011	42	PCC-T-42-AS	Silinder	78,5	600	3,737	17450	222,293	C
6	14/04/2011	26/05/2011	42	PCC-T-42-AL	Silinder	78,5	600	3,661	26810	341,529	B
7	14/04/2011	26/05/2011	42	PCC-T-42-AL	Silinder	78,5	600	3,734	25240	321,529	B
8	14/04/2011	26/05/2011	42	PCC-T-42-AL	Silinder	78,5	600	3,751	30310	386,115	C
9	14/04/2011	26/05/2011	42	PCC-T-42-AL	Silinder	78,5	600	3,765	26170	333,376	C
10	14/04/2011	26/05/2011	42	PCC-T-42-AL	Silinder	78,5	600	3,73	21490	273,758	B
11	14/04/2011	26/05/2011	42	PCC-T-42-LS	Silinder	78,5	600	3,837	28290	360,382	B
12	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-T-42-LS	Silinder	78,5	600	3,744	25340	322,803	C
13	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-T-42-LS	Silinder	78,5	600	3,732	32170	409,809	B
14	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-T-42-LS	Silinder	78,5	600	3,736	23920	304,713	C
15	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-T-42-LS	Silinder	78,5	610	3,754	24630	313,758	B
16	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-T-42-PS	Silinder	78,5	600	3,66	22710	289,299	C
17	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-T-42-PS	Silinder	78,5	610	3,847	24100	307,006	B
18	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-T-42-PS	Silinder	78,5	610	3,659	22130	281,911	B
19	20/04/2011	01/06/2011	42	PCC-T-42-PS	Silinder	78,5	600	3,723	24490	311,975	B
20	22/04/2011	03/06/2011	42	PCC-T-42-PS	Silinder	78,5	600	3,773	29700	378,344	C

Ditest oleh :
Diperiksa oleh :

Depok,

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA

LAMPIRAN C. 2 UJI TEKAN UMUR 42 HARI (LANJUTAN)

No.	Kode	Tanggal Cor	Tanggal Tes	Umur	Slump Flow	Air	SP	suhu	kelembaban	Sesi	Luas	Beban	Kuat Tekan	Kuat Tekan (Koreksi Kalibrasi)	
				(hari)	(mm)	ml	%	°C	%		(cm ²)	(kg)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	MPa
1	PCC-T-42-AS	14/04/2011	26/05/2011	42	600	500	-	28,9	67	I	78,5	28090	357,834	366,021	36,602
2	PCC-T-42-AS	14/04/2011	26/05/2011	42	600	500	-	28,9	67	I	78,5	29480	375,541	384,133	38,413
3	PCC-T-42-AS	14/04/2011	26/05/2011	42	600	500	-	28,9	67	I	78,5	27880	355,159	363,285	36,328
4	PCC-T-42-AS	14/04/2011	26/05/2011	42	600	500	-	28,9	67	I	78,5	26350	335,669	343,348	34,335
5	PCC-T-42-AS	14/04/2011	26/05/2011	42	600	500	-	28,9	67	I	78,5	17450	222,293	227,379	22,738
6	PCC-T-42-AL	14/04/2011	26/05/2011	42	600	500	-	28,9	67	I	78,5	26810	341,529	349,342	34,934
7	PCC-T-42-AL	14/04/2011	26/05/2011	42	600	500	-	28,9	67	I	78,5	25240	321,529	328,885	32,888
8	PCC-T-42-AL	14/04/2011	26/05/2011	42	600	-	-	29,6	62	II	78,5	30310	386,115	394,948	39,495
9	PCC-T-42-AL	14/04/2011	26/05/2011	42	600	-	-	29,6	62	II	78,5	26170	333,376	341,003	34,100
10	PCC-T-42-AL	14/04/2011	26/05/2011	42	600	-	-	29,6	62	II	78,5	21490	273,758	280,021	28,002
11	PCC-T-42-LS	14/04/2011	26/05/2011	42	600	-	-	29,6	62	II	78,5	28290	360,382	368,627	36,863
12	PCC-T-42-LS	18/04/2011	30/05/2011	42	600	-	-	29,6	59	I	78,5	25340	322,803	330,188	33,019
13	PCC-T-42-LS	18/04/2011	30/05/2011	42	600	-	-	30,1	56	II	78,5	32170	409,809	419,185	41,918
14	PCC-T-42-LS	18/04/2011	30/05/2011	42	600	-	-	30,1	56	II	78,5	23920	304,713	311,685	31,168
15	PCC-T-42-LS	18/04/2011	30/05/2011	42	610	-	-	30,4	56	III	78,5	24630	313,758	320,936	32,094
16	PCC-T-42-PS	18/04/2011	30/05/2011	42	600	-	-	30,1	56	II	78,5	22710	289,299	295,918	29,592
17	PCC-T-42-PS	18/04/2011	30/05/2011	42	610	-	-	30,4	56	III	78,5	24100	307,006	314,030	31,403
18	PCC-T-42-PS	18/04/2011	30/05/2011	42	610	-	-	30,4	56	III	78,5	22130	281,911	288,360	28,836
19	PCC-T-42-PS	20/04/2011	01/06/2011	42	600	1000	-	30	58	I	78,5	24490	311,975	319,112	31,911
20	PCC-T-42-PS	22/04/2011	03/06/2011	42	600	-	-	30,6	67	I	78,5	29700	378,344	387,000	38,700

LAMPIRAN C. 2 UJI TEKAN UMUR 28 HARI



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 4878 - 727 0029 (Ext.110/111) - 727 0028 (Fax)

No. Surat :
Untuk :
Penelitian :
Alamat :

HASIL UJI KUAT TEKAN BETON

CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST

No	Tanggal		Umur (Hari)	Kode	Bentuk	Luas Penampang (cm ²)	Slump	Berat	Beban	Tegangan	Keterangan
	Dicor	Dites					(cm)	(kg)	(Ton)	(kg/cm ²)	
1	25/04/2011	23/05/2011	28	PCC-T-28-AS	Silinder	78,5	600	3,697	24760	315,414	B
2	25/04/2011	23/05/2011	28	PCC-T-28-AS	Silinder	78,5	600	3,836	26090	332,357	C
3	25/04/2011	23/05/2011	28	PCC-T-28-AS	Silinder	78,5	600	3,695	25740	327,898	C
1	25/04/2011	23/05/2011	28	PCC-T-28-AS	Silinder	176,625	600	12,395	56320	318,868	C
2	25/04/2011	23/05/2011	28	PCC-T-28-AS	Silinder	176,625	600	12,337	62920	356,235	C
3	25/04/2011	23/05/2011	28	PCC-T-28-AS	Silinder	176,625	600	12,275	57030	322,887	C

Ditest oleh : Sony
Diperiksa oleh : David Silitonga

Depok,
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA

LAMPIRAN C. 3 UJI TEKAN UMUR 28 HARI (LANJUTAN)

No.	Kode	Tanggal Cor	Tanggal Tes	Umur (hari)	Slump Flow (mm)	Air ml	SP %	suhu °C	kelembaban %	Sesi	Luas (cm ²)	Beban (kg)	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Kuat Tekan (koreksi kalibrasi)	
														(kg/cm ²)	MPa
1	PCC-T-28-AS	25/04/2011	23/05/2011	28	600	500	-	30,4	61	I	78,5	24760	315,414	315,414	31,541
2	PCC-T-28-AS	25/04/2011	23/05/2011	28	600	500	-	30,4	61	III	78,5	26090	332,357	332,357	33,236
3	PCC-T-28-AS	25/04/2011	23/05/2011	28	600	500	-	30,4	61	III	78,5	25740	327,898	327,898	32,790
4	PCC-T-28-AS	25/04/2011	23/05/2011	28	600	500	-	30,4	61	III	176,6	56320	318,868	318,868	31,887
5	PCC-T-28-AS	25/04/2011	23/05/2011	28	600	500	-	29,8	61	III	176,6	62920	356,235	356,235	35,623
6	PCC-T-28-AS	25/04/2011	23/05/2011	28	600	500	-	29,8	61	III	176,6	57030	322,887	322,887	32,289

**LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL**

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 4878 - 727 0029 (Ext.110/111) - 727 0028 (Fax)

LAMPIRAN D. 1 UJI TARIK BELAH UMUR 56 HARINo. Surat :
Untuk :
Penelitian :
Alamat :**HASIL UJI KUAT TARIK BELAH BETON****TEST RESULT OF SPLTTING TENSILE OF CONCRETE**

No	Tanggal		Umur (Hari)	Kode	Bentuk Sampel	Tinggi (l) (cm)	Diameter (d) (cm)	Beban Maksimum (P) (kg)	Kuat Belah (T) (kg/cm ²)	Keterangan
	Dicor	Dites								
1	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-TB-56-AS	Silinder	30	15	30500	43,171	
2	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-TB-56-AS	Silinder	30	15	27500	38,924	
3	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-TB-56-AS	Silinder	30	15	30000	42,463	
4	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-TB-56-AS	Silinder	30	15	35500	50,248	
5	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-TB-56-AS	Silinder	30	15	27500	38,924	
6	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-TB-56-AL	Silinder	30	15	26500	37,509	
7	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-TB-56-AL	Silinder	30	15	20500	29,016	
8	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-TB-56-AL	Silinder	30	15	29500	41,755	
9	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-TB-56-AL	Silinder	30	15	30500	43,171	
10	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-TB-56-AL	Silinder	30	15	29500	41,755	
11	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-TB-56-LS	Silinder	30	15	27500	38,924	
12	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-TB-56-LS	Silinder	30	15	26750	37,863	
13	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-TB-56-LS	Silinder	30	15	27550	38,995	
14	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-TB-56-LS	Silinder	30	15	30500	43,171	
15	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-TB-56-LS	Silinder	30	15	30750	43,524	
16	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-TB-56-PS	Silinder	30	15	27750	39,278	
17	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-TB-56-PS	Silinder	30	15	29000	41,047	
18	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-TB-56-PS	Silinder	30	15	28000	39,632	
19	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-TB-56-PS	Silinder	30	15	23000	32,555	
20	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-TB-56-PS	Silinder	30	15	23000	32,555	

Ditest oleh : Sony
Diperiksa oleh : David SilitongaDepok,
Kepala Laboratorium**Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA**

LAMPIRAN D. 2 UJI TARIK BELAH UMUR 56 HARI (LANJUTAN)

No.	Kode	Tanggal Cor	Tanggal Tes	Umur	Slump Flow	Air	SP	suhu	kelembaban	Sesi	Luas	Beban	Kuat Tarik Belah	
				(hari)	(mm)	ml	%	°C	%		(cm ²)	(kg)	(kg/cm ²)	(MPa)
1	SP2-TB-56-AS	10/03/2011	05/05/2011	56	600	550		30,5	67	I	1413	30500	43,171	4,317
2	SP2-TB-56-AS	10/03/2011	05/05/2011	56	600	550		30,5	67	I	1413	27500	38,924	3,892
3	SP2-TB-56-AS	10/03/2011	05/05/2011	56	600	700		28,4	75	III	1413	30000	42,463	4,246
4	SP2-TB-56-AS	10/03/2011	05/05/2011	56	600	700		28,4	75	III	1413	35500	50,248	5,025
5	SP2-TB-56-AS	10/03/2011	05/05/2011	56	600	700		28,4	75	III	1413	27500	38,924	3,892
6	SP2-TB-56-AL	10/03/2011	05/05/2011	56	600	-1320		29,8	62	II	1413	26500	37,509	3,751
7	SP2-TB-56-AL	10/03/2011	05/05/2011	56	600	-1320		29,8	62	II	1413	20500	29,016	2,902
8	SP2-TB-56-AL	10/03/2011	05/05/2011	56	600	700		28,4	75	III	1413	29500	41,755	4,176
9	SP2-TB-56-AL	10/03/2011	05/05/2011	56	600	700		28,4	75	III	1413	30500	43,171	4,317
10	SP2-TB-56-AL	10/03/2011	05/05/2011	56	600	700		28,4	75	III	1413	29500	41,755	4,176
11	SP2-TB-56-LS	12/03/2011	09/05/2011	56	600	500	17 ml	29,3	64	I	1413	27500	38,924	3,892
12	SP2-TB-56-LS	12/03/2011	09/05/2011	56	600	500	17 ml	29,3	64	I	1413	26750	37,863	3,786
13	SP2-TB-56-LS	12/03/2011	09/05/2011	56	600	500	17 ml	29,3	64	I	1413	27550	38,995	3,900
14	SP2-TB-56-LS	12/03/2011	09/05/2011	56	600	-	1,2	30,1	56	II	1413	30500	43,171	4,317
15	SP2-TB-56-LS	12/03/2011	09/05/2011	56	600	-	1,2	30	56	III	1413	30750	43,524	4,352
16	SP2-TB-56-PS	12/03/2011	09/05/2011	56	600	-	1,2	30	56	III	1413	27750	39,278	3,928
17	SP2-TB-56-PS	12/03/2011	09/05/2011	56	600	-	1,2	30	56	III	1413	29000	41,047	4,105
18	SP2-TB-56-PS	12/03/2011	09/05/2011	56	600	-	1,2	30	56	III	1413	28000	39,632	3,963
19	SP2-TB-56-PS	12/03/2011	09/05/2011	56	600	-	1,2	30	56	III	1413	32250	45,648	4,565
20	SP2-TB-56-PS	12/03/2011	09/05/2011	56	600	-	1,2	30	56	III	1413	23000	32,555	3,255

**LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL**

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 4878 - 727 0029 (Ext.110/111) - 727 0028 (Fax)

LAMPIRAN D. 3 UJI TARIK BELAH UMUR 42 HARINo. Surat :
Untuk :
Penelitian :
Alamat :**HASIL UJI KUAT TARIK BELAH BETON****TEST RESULT OF SPLTTING TENSILE OF CONCRETE**

No	Tanggal		Umur (Hari)	Kode	Bentuk Sampel	Tinggi (l)	Diameter (d)	Beban Maksimum (P)	Kuat Belah (T)	Keterangan
	Dicor	Dites				(cm)	(cm)	(kg)	(kg/cm ²)	
1	14/04/2011	26/05/2011	42	PCC-TB-42-AS	Silinder	30	15	27500	38,924	
2	14/04/2011	26/05/2011	42	PCC-TB-42-AS	Silinder	30	15	28750	40,694	
3	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-TB-42-AS	Silinder	30	15	29750	42,109	
4	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-TB-42-AS	Silinder	30	15	30000	42,463	
5	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-TB-42-AS	Silinder	30	15	30500	43,171	
6	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-TB-42-AL	Silinder	30	15	29500	41,755	
7	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-TB-42-AL	Silinder	30	15	29750	42,109	
8	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-TB-42-AL	Silinder	30	15	29000	41,047	
9	20/04/2011	01/06/2011	42	PCC-TB-42-AL	Silinder	30	15	27000	38,217	
10	20/04/2011	01/06/2011	42	PCC-TB-42-AL	Silinder	30	15	27500	38,924	
11	22/04/2011	03/06/2011	42	PCC-TB-42-LS	Silinder	30	15	26000	36,801	
12	22/04/2011	03/06/2011	42	PCC-TB-42-LS	Silinder	30	15	24500	34,678	
13	22/04/2011	03/06/2011	42	PCC-TB-42-LS	Silinder	30	15	24000	33,970	
14	22/04/2011	03/06/2011	42	PCC-TB-42-LS	Silinder	30	15	23000	32,555	
15	22/04/2011	03/06/2011	42	PCC-TB-42-LS	Silinder	30	15	22500	31,847	
16	20/04/2011	01/06/2011	42	PCC-TB-42-PS	Silinder	30	15	26250	37,155	
17	20/04/2011	01/06/2011	42	PCC-TB-42-PS	Silinder	30	15	27500	38,924	
18	20/04/2011	01/06/2011	42	PCC-TB-42-PS	Silinder	30	15	26500	37,509	
19	20/04/2011	01/06/2011	42	PCC-TB-42-PS	Silinder	30	15	27750	39,278	
20	20/04/2011	01/06/2011	42	PCC-TB-42-PS	Silinder	30	15	27500	38,924	

Ditests oleh : Sony

Diperiksa oleh : David Silitonga

Depok,

Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA

LAMPIRAN D. 4 UJI TARIK BELAH UMUR 42 HARI (LANJUTAN)

No.	Kode	Tanggal Cor	Tanggal Tes	Umur	Slump Flow	Air	SP	Suhu	Kelembaban	Sesi	Luas Selimut	Beban	Kuat Tarik Belah	
				(hari)	(mm)	ml	%	°C	%		(cm ²)	(kg)	(kg/cm ²)	(MPa)
1	PCC-TB-42-AS	14/04/2011	26/05/2011	42	600	500	-	28,9	67	I	1413	27500	38,924	3,892
2	PCC-TB-42-AS	14/04/2011	26/05/2011	42	600	500	-	28,9	67	I	1413	28750	40,694	4,069
3	PCC-TB-42-AS	18/04/2011	30/05/2011	42	600	-	-	29,6	59	I	1413	29750	42,109	4,211
4	PCC-TB-42-AS	18/04/2011	30/05/2011	42	600	-	-	29,6	59	I	1413	30000	42,463	4,246
5	PCC-TB-42-AS	18/04/2011	30/05/2011	42	600	-	-	30,1	56	II	1413	30500	43,171	4,317
6	PCC-TB-42-AL	18/04/2011	30/05/2011	42	600	-	-	30,1	56	II	1413	29500	41,755	4,176
7	PCC-TB-42-AL	18/04/2011	30/05/2011	42	600	-	-	30,4	52	III	1413	29750	42,109	4,211
8	PCC-TB-42-AL	18/04/2011	30/05/2011	42	600	-	-	30,4	52	III	1413	29000	41,047	4,105
9	PCC-TB-42-AL	20/04/2011	01/06/2011	42	600	-	-	30	58	I	1413	27000	38,217	3,822
10	PCC-TB-42-AL	20/04/2011	01/06/2011	42	600	1000	-	30	58	I	1413	27500	38,924	3,892
11	PCC-TB-42-LS	20/04/2011	01/06/2011	42	600	1000	-	30	58	I	1413	26250	37,155	3,715
12	PCC-TB-42-LS	20/04/2011	01/06/2011	42	600	1000	-	30	58	I	1413	27500	38,924	3,892
13	PCC-TB-42-LS	20/04/2011	01/06/2011	42	600	1000	-	30	58	I	1413	26500	37,509	3,751
14	PCC-TB-42-LS	20/04/2011	01/06/2011	42	600	1000	-	30	58	I	1413	27750	39,278	3,928
15	PCC-TB-42-LS	20/04/2011	01/06/2011	42	600	1000	-	30	58	I	1413	27500	38,924	3,892
16	PCC-TB-42-PS	22/04/2011	03/06/2011	42	600	-	-	30,6	67	I	1413	26000	36,801	3,680
17	PCC-TB-42-PS	22/04/2011	03/06/2011	42	600	-	-	31,3	59	II	1413	24500	34,678	3,468
18	PCC-TB-42-PS	22/04/2011	03/06/2011	42	600	-	-	30,6	67	I	1413	24000	33,970	3,397
19	PCC-TB-42-PS	22/04/2011	03/06/2011	42	600	-	-	31,3	59	II	1413	23000	32,555	3,255
20	PCC-TB-42-PS	22/04/2011	03/06/2011	42	600	-	-	31,5	53	III	1413	22500	31,847	3,185

LAMPIRAN D. 5 UJI TARIK BELAH UMUR 28 HARI



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 4878 - 727 0029 (Ext.110/111) - 727 0028 (Fax)

No. Surat :
Untuk :
Penelitian :
Alamat :

HASIL UJI KUAT TARIK BELAH BETON

TEST RESULT OF SPLTTING TENSILE OF CONCRETE

No	Tanggal		Umur (Hari)	Kode	Bentuk Sampel	Tinggi (l) (cm)	Diameter (d) (cm)	Beban Maksimum (P) (kg)	Kuat Belah (T) (kg/cm ²)	Keterangan
	Dicor	Dites								
1	25/04/2011	23/05/2011	28	PCC-TB-28-AS	Silinder	30	15	25000	35,386	
2	25/04/2011	23/05/2011	28	PCC-TB-28-AS	Silinder	30	15	24000	33,970	
3	25/04/2011	23/05/2011	28	PCC-TB-28-AS	Silinder	30	15	25000	35,386	
4	25/04/2011	23/05/2011	28	PCC-TB-28-AS	Silinder	30	15	20000	28,309	
5	25/04/2011	23/05/2011	28	PCC-TB-28-AS	Silinder	30	15	23000	32,555	

Ditest oleh : Sony
Diperiksa oleh : David Silitonga

Depok,
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA

LAMPIRAN D. 6 UJI TARIK BELAH UMUR 28 HARI (LANJUTAN)

No.	Kode	Tanggal Cor	Tanggal Tes	Umur	Slump Flow	Air	SP	suhu	kelembaban	Sesi	Luas Selimut	Beban	Kuat Tarik Belah	
				(hari)	(mm)	ml	%	°C	%		(cm ²)	(kg)	(kg/cm ²)	(MPa)
1	PCC-TB-28-AS	25/04/2011	23/05/2011	28	600	550		30,5	67	I	1413	25000	35,386	3,539
2	PCC-TB-28-AS	25/04/2011	23/05/2011	28	600	550		30,5	67	II	1413	24000	33,970	3,397
3	PCC-TB-28-AS	25/04/2011	23/05/2011	28	530	700		28,4	75	II	1413	25000	35,386	3,539
4	PCC-TB-28-AS	25/04/2011	23/05/2011	28	530	700		28,4	75	II	1413	20000	28,309	2,831
5	PCC-TB-28-AS	25/04/2011	23/05/2011	28	530	700		28,4	75	II	1413	23000	32,555	3,255

**LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL**

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 4878 - 727 0029 (Ext.110/111) - 727 0028 (Fax)

LAMPIRAN E. 1 UJI LENTUR UMUR 56 HARI

No. Surat :
Untuk :
Penelitian :
Alamat :

HASIL UJI KUAT LENTUR BALOK BETON**CONCRETE FLEXURAL STRENGTH TEST**

No	Tanggal		Umur (Hari)	Kode	Bentuk	Bentang (cm)	Dimensi		Beban (P) (kg)	W $1/6 \cdot b \cdot h^2$	Momen Lentur $M = 1/6 \cdot P \cdot L$ (kg.cm)	Tegangan Lentur (kg/cm ²)	Keterangan
	Dicor	Dites					b (cm)	h (cm)					
1	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-TL-56-AS	Balok	55	15	15	3000	562,5	27500	48,889	
2	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-TL-56-AS	Balok	55	15	15	2500	562,5	22917	40,741	
3	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-TL-56-AS	Balok	55	15	15	2600	562,5	23833	42,370	
4	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-TL-56-AL	Balok	55	15	15	3500	562,5	32083	57,037	
5	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-TL-56-AL	Balok	55	15	15	3500	562,5	32083	57,037	
6	10/03/2011	05/05/2011	56	PCC-TL-56-AL	Balok	55	15	15	4200	562,5	38500	68,444	
7	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-TL-56-LS	Balok	55	15	15	3800	562,5	34833	61,926	
8	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-TL-56-LS	Balok	55	15	15	3400	562,5	31167	55,407	
9	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-TL-56-LS	Balok	55	15	15	3100	562,5	28417	50,519	
10	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-TL-56-PS	Balok	55	15	15	3000	562,5	27500	48,889	
11	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-TL-56-PS	Balok	55	15	15	3500	562,5	32083	57,037	
12	12/03/2011	09/05/2011	56	PCC-TL-56-PS	Balok	55	15	15	3400	562,5	31167	55,407	

Ditest oleh : Sony
Diperiksa oleh : David Silitonga

Depok,
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA

LAMPIRAN E. 2 UJI LENTUR UMUR 56 HARI (LANJUTAN)

No.	Kode	Tanggal Cor	Tanggal Tes	Umur (hari)	Slump Flow (mm)	Air ml	SP %	suhu °C	kelembaban %	Sesi	W 1/6.b.h ²	Beban (kg)	Momen Lentur M = 1/6.P.L	Tegangan Lentur	
														(kg/cm ²)	(MPa)
1	SP2-TL-56-AS	10/03/2011	05/05/2011	56	600	550	-	30,5	67	I	562,5	3000	27500,000	48,889	4,889
2	SP2-TL-56-AS	10/03/2011	05/05/2011	56	600	-1320	-	29,8	62	II	562,5	2500	22916,667	40,741	4,074
3	SP2-TL-56-AS	10/03/2011	05/05/2011	56	600	-1320	-	29,8	62	II	562,5	2600	23833,333	42,370	4,237
4	SP2-TL-56-AL	10/03/2011	05/05/2011	56	600	550	-	30,5	67	I	562,5	3500	32083,333	57,037	5,704
5	SP2-TL-56-AL	10/03/2011	05/05/2011	56	600	300	-	28,4	68	IV	562,5	3500	32083,333	57,037	5,704
6	SP2-TL-56-AL	10/03/2011	05/05/2011	56	600	300	-	28,4	68	IV	562,5	4200	38500,000	68,444	6,844
7	SP2-TL-56-LS	12/03/2011	09/05/2011	56	600	-	1,2	30,1	56	II	562,5	3800	34833,333	61,926	6,193
8	SP2-TL-56-LS	12/03/2011	09/05/2011	56	600	-	1,2	29,9	56	IV	562,5	3400	31166,667	55,407	5,541
9	SP2-TL-56-LS	12/03/2011	09/05/2011	56	600	-	1,2	29,9	56	IV	562,5	3100	28416,667	50,519	5,052
10	SP2-TL-56-PS	12/03/2011	09/05/2011	56	600	500	17 ml	29,3	64	I	562,5	3000	27500,000	48,889	4,889
11	SP2-TL-56-PS	12/03/2011	09/05/2011	56	600	500	17 ml	29,3	64	I	562,5	3500	32083,333	57,037	5,704
12	SP2-TL-56-PS	12/03/2011	09/05/2011	56	600	-	1,2	30,1	56	II	562,5	3400	31166,667	55,407	5,541

LAMPIRAN E. 3 UJI LENTUR UMUR 42 HARI



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 4878 - 727 0029 (Ext.110/111) - 727 0028 (Fax)

No. Surat :
Untuk :
Penelitian :
Alamat :

HASIL UJI KUAT LENTUR BALOK BETON

CONCRETE FLEXURAL STRENGTH TEST

No	Tanggal		Umur (Hari)	Kode	Bentuk	Bentang (cm)	Dimensi		Beban (P) (kg)	W 1/6. b.h ²	Momen Lentur M = 1/6. P.L (kg.cm)	Tegangan Lentur (kg/cm ²)	Keterangan
	Dicor	Dites					b (cm)	h (cm)					
1	14/04/2011	26/05/2011	42	PCC-TL-42-AS	Balok	55	15	15	3900	562,5	35750	63,556	
2	14/04/2011	26/05/2011	42	PCC-TL-42-AS	Balok	55	15	15	3800	562,5	34833	61,926	
3	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-TL-42-AS	Balok	55	15	15	3500	562,5	32083	57,037	
4	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-TL-42-AL	Balok	55	15	15	3800	562,5	34833	61,926	
5	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-TL-42-AL	Balok	55	15	15	4300	562,5	39417	70,074	
6	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-TL-42-AL	Balok	55	15	15	4000	562,5	36667	65,185	
7	22/04/2011	03/06/2011	42	PCC-TL-42-LS	Balok	55	15	15	4000	562,5	36667	65,185	
8	22/04/2011	03/06/2011	42	PCC-TL-42-LS	Balok	55	15	15	3500	562,5	32083	57,037	
9	22/04/2011	03/06/2011	42	PCC-TL-42-LS	Balok	55	15	15	4000	562,5	36667	65,185	
10	22/04/2011	03/06/2011	42	PCC-TL-42-PS	Balok	55	15	15	3000	562,5	27500	48,889	
11	22/04/2011	03/06/2011	42	PCC-TL-42-PS	Balok	55	15	15	3000	562,5	27500	48,889	
12	22/04/2011	03/06/2011	42	PCC-TL-42-PS	Balok	55	15	15	2500	562,5	22917	40,741	

Ditest oleh : Sony
Diperiksa oleh : David Silitonga

Depok,
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA

LAMPIRAN E. 4 UJI LENTUR UMUR 42 HARI (LANJUTAN)

No.	Kode	Tanggal Cor	Tanggal Tes	Umur	Slump Flow	Air	SP	suhu	Kelembaban	Sesi	W	Beban	Momen Lentur	Tegangan Lentur	
				(hari)	(mm)	ml	%	°C	%		1/6.b.h ²	(kg)	M = 1/6.P.L	(kg/cm ²)	(MPa)
1	PCC-TL-42-AS	14/04/2011	26/05/2011	42	600	0	0	29,6	62	II	562,5	3900	35750,000	63,556	6,356
2	PCC-TL-42-AS	14/04/2011	26/05/2011	42	600	0	0	29,6	62	II	562,5	3800	34833,333	61,926	6,193
3	PCC-TL-42-AS	18/04/2011	30/05/2011	42	600	-	-	29,6	59	I	562,5	3500	32083,333	57,037	5,704
4	PCC-TL-42-AL	18/04/2011	30/05/2011	42	600	-	-	29,6	59	I	562,5	3800	34833,333	61,926	6,193
5	PCC-TL-42-AL	18/04/2011	30/05/2011	42	600	-	-	30,1	56	II	562,5	4300	39416,667	70,074	7,007
6	PCC-TL-42-AL	18/04/2011	30/05/2011	42	600	-	-	30,1	56	II	562,5	4000	36666,667	65,185	6,519
7	PCC-TL-42-PS	22/04/2011	03/06/2011	42	600	-	-	31,3	59	II	562,5	3000	27500,000	48,889	4,889
8	PCC-TL-42-PS	22/04/2011	03/06/2011	42	600	-	-	31,5	53	III	562,5	3000	27500,000	48,889	4,889
9	PCC-TL-42-PS	22/04/2011	03/06/2011	42	600	-	-	31,5	53	III	562,5	2500	22916,667	40,741	4,074
10	PCC-TL-42-LS	22/04/2011	03/06/2011	42	600	-	-	30,6	67	I	562,5	4000	36666,667	65,185	6,519
11	PCC-TL-42-LS	22/04/2011	03/06/2011	42	600	-	-	31,3	59	II	562,5	3500	32083,333	57,037	5,704
12	PCC-TL-42-LS	22/04/2011	03/06/2011	42	600	-	-	30,6	67	I	562,5	4000	36666,667	65,185	6,519

LAMPIRAN E. 5 UJI LENTUR UMUR 28 HARI



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 4878 - 727 0029 (Ext.110/111) - 727 0028 (Fax)

No. Surat :
Untuk :
Penelitian :
Alamat :

HASIL UJI KUAT LENTUR BALOK BETON

CONCRETE FLEXURAL STRENGTH TEST

No	Tanggal		Umur (Hari)	Kode	Bentuk	Bentang (cm)	Dimensi		Beban (P) (kg)	W $1/6 \cdot b \cdot h^2$	Momen Lentur $M = 1/6 \cdot P \cdot L$ (kg.cm)	Tegangan Lentur (kg/cm ²)	Keterangan
	Dicor	Dites					b (cm)	h (cm)					
1	25/04/2011	23/05/2011	28	PCC-TL-28-AS	Balok	55	15	15	2900	562,5	26583	47,259	
2	25/04/2011	23/05/2011	28	PCC-TL-28-AS	Balok	55	15	15	3000	562,5	27500	48,889	
3	25/04/2011	23/05/2011	28	PCC-TL-28-AS	Balok	55	15	15	3200	562,5	29333	52,148	

Ditest oleh : Sony
Diperiksa oleh : David Silitonga

Depok,
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA

LAMPIRAN E. 6 UJI LENTUR UMUR 28 HARI

No.	Kode	Tanggal Cor	Tanggal Tes	Umur (hari)	Slump Flow (mm)	Air ml	SP %	suhu °C	kelembaban %	Sesi	W 1/6.b.h ²	Beban (kg)	Momen Lentur M = 1/6.P.L	Tegangan Lentur	
														(kg/cm ²)	(MPa)
1	PCC-TL-28-AS	25/04/2011	23/05/2011	28	600	500	-	29,8	61	I	562,5	2900	26583,333	47,259	4,726
2	PCC-TL-28-AS	25/04/2011	23/05/2011	28	600	500	-	29,8	61	I	562,5	3000	27500,000	48,889	4,889
3	PCC-TL-28-AS	25/04/2011	23/05/2011	28	600	500	-	30,4	61	II	562,5	3200	29333,333	52,148	5,215

LAMPIRAN F. 1 HASIL UJI TEKAN RATA-RATA UMUR 56 HARI

No.	Kode	Kuat Tekan (Koreksi Kalibrasi)		Rata-Rata	Standar deviasi	% error	Rata-Rata Baru	% error	Standar deviasi baru
		(kg/cm ²)	MPa						
1	PCC-T-56-AS	374,882	37,488	42,828	3,536	9,43%	42,828	9,43%	3,54
2	PCC-T-56-AS	427,524	42,752			8,27%		8,27%	
3	PCC-T-56-AS	473,651	47,365			7,47%		7,47%	
4	PCC-T-56-AS	437,818	43,782			8,08%		8,08%	
5	PCC-T-56-AS	427,524	42,752			8,27%		8,27%	
6	SP2-T-56-AL	296,439	29,644	39,711	5,732	19,34%	42,722		0,95
7	SP2-T-56-AL	422,442	42,244			13,57%		2,26%	
8	SP2-T-56-AL	407,457	40,746			14,07%			
9	SP2-T-56-AL	438,209	43,821			13,08%		2,18%	
10	SP2-T-56-AL	421,009	42,101			13,62%		2,27%	
11	SP2-T-56-LS	408,500	40,850	41,731	2,505	6,13%	41,731	6,13%	2,51
12	SP2-T-56-LS	397,294	39,729			6,31%		6,31%	
13	SP2-T-56-LS	431,303	43,130			5,81%		5,81%	
14	SP2-T-56-LS	454,106	45,411			5,52%		5,52%	
15	SP2-T-56-LS	395,339	39,534			6,34%		6,34%	
16	SP2-T-56-PS	360,418	36,042	40,569	3,679	10,21%	40,569	10,21%	3,68
17	SP2-T-56-PS	387,391	38,739			9,50%		9,50%	
18	SP2-T-56-PS	394,427	39,443			9,33%		9,33%	
19	SP2-T-56-PS	435,863	43,586			8,44%		8,44%	
20	SP2-T-56-PS	450,327	45,033			8,17%		8,17%	

LAMPIRAN F. 2 HASIL UJI TEKAN RATA-RATA UMUR 42 HARI

No.	Kode	Kuat Tekan (Koreksi Kalibrasi)		Rata-Rata	Standar deviasi	% error	Rata-Rata Baru	% error	Standar deviasi baru
		(kg/cm ²)	MPa						
1	PCC-T-42-AS	366,021	36,602	33,683	6,287	17,18%	36,420	4,56%	1,670
2	PCC-T-42-AS	384,133	38,413			16,37%		4,35%	
3	PCC-T-42-AS	363,285	36,328			17,31%		4,60%	
4	PCC-T-42-AS	343,348	34,335			18,31%		4,86%	
5	PCC-T-42-AS	227,379	22,738			27,65%			
6	PCC-T-42-AL	349,342	34,934	33,884	4,130	11,82%	35,354	8,26%	2,885
7	PCC-T-42-AL	328,885	32,888			12,56%		8,77%	
8	PCC-T-42-AL	394,948	39,495			10,46%		7,31%	
9	PCC-T-42-AL	341,003	34,100			12,11%		8,46%	
10	PCC-T-42-AL	280,021	28,002			14,75%			
11	PCC-T-42-LS	368,627	36,863	35,012	4,427	12,01%	35,012	12,01%	4,427
12	PCC-T-42-LS	330,188	33,019			13,41%		13,41%	
13	PCC-T-42-LS	419,185	41,918			10,56%		10,56%	
14	PCC-T-42-LS	311,685	31,168			14,20%		14,20%	
15	PCC-T-42-LS	320,936	32,094			13,79%		13,79%	
16	PCC-T-42-PS	295,918	29,592	32,088	3,906	13,20%	32,901	12,43%	3,992
17	PCC-T-42-PS	314,030	31,403			12,44%		11,72%	
18	PCC-T-42-PS	288,360	28,836			13,55%			
19	PCC-T-42-PS	319,112	31,911			12,24%		11,53%	
20	PCC-T-42-PS	387,000	38,700			10,09%		9,51%	

LAMPIRAN F. 3 HASIL UJI TEKAN RATA-RATA UMUR 28 HARI

No.	Kode	Kuat Tekan (koreksi kalibrasi)		Rata-Rata	Standar deviasi	% error	Rata-Rata Baru	% error	Standar deviasi baru
		(kg/cm ²)	MPa						
1	PCC-T-28-AS	315,414	31,541	32,522	0,878	2,78%	32,522	2,78%	0,878
2	PCC-T-28-AS	332,357	33,236			2,64%		2,64%	
3	PCC-T-28-AS	327,898	32,790			2,68%		2,68%	
4	PCC-T-28-AS	318,868	31,887	33,266	2,051	6,43%	33,266	6,43%	2,051
5	PCC-T-28-AS	356,235	35,623			5,76%		5,76%	
6	PCC-T-28-AS	322,887	32,289			6,35%		6,35%	

LAMPIRAN G. 1 HASIL UJI TARIK BELAH RATA-RATA UMUR 56 HARI

No.	Kode	Kuat Tarik Belah		Rata-Rata	Standar deviasi	% error	Rata-Rata Baru	% error	Standar deviasi baru
		(kg/cm ²)	(MPa)						
1	SP2-TB-56-AS	43,171	4,317	4,275	0,463	10,72%	0,463	10,72%	4,275
2	SP2-TB-56-AS	38,924	3,892			11,89%		11,89%	
3	SP2-TB-56-AS	42,463	4,246			10,90%		10,90%	
4	SP2-TB-56-AS	50,248	5,025			9,21%		9,21%	
5	SP2-TB-56-AS	38,924	3,892			11,89%		11,89%	
6	SP2-TB-56-AL	37,509	3,751	4,105	0,578	15,42%	0,245	6,54%	4,223
7	SP2-TB-56-AL	29,016	2,902			19,93%			
8	SP2-TB-56-AL	41,755	4,176			13,85%		5,87%	
9	SP2-TB-56-AL	43,171	4,317			13,40%		5,68%	
10	SP2-TB-56-AL	41,755	4,176			13,85%		5,87%	
11	SP2-TB-56-LS	38,924	3,892	4,050	0,264	6,79%	0,264	6,79%	4,050
12	SP2-TB-56-LS	37,863	3,786			6,99%		6,99%	
13	SP2-TB-56-LS	38,995	3,900			6,78%		6,78%	
14	SP2-TB-56-LS	43,171	4,317			6,13%		6,13%	
15	SP2-TB-56-LS	43,524	4,352			6,08%		6,08%	
16	SP2-TB-56-PS	39,278	3,928	3,963	0,470	11,97%	0,293	7,47%	4,140
17	SP2-TB-56-PS	41,047	4,105			11,45%		7,14%	
18	SP2-TB-56-PS	39,632	3,963			11,86%		7,40%	
19	SP2-TB-56-PS	45,648	4,565			10,30%		6,42%	
20	SP2-TB-56-PS	32,555	3,255			14,44%			

LAMPIRAN G. 2 HASIL UJI TARIK BELAH RATA-RATA UMUR 42 HARI

No.	Kode	Kuat Tarik Belah		Rata-Rata	Deviasi	% error	Deviasi	% error	Rata2 Baru
		(kg/cm ²)	(MPa)						
1	PCC-TB-42-AS	38,924	3,892	4,147	0,169	4,33%	0,169	4,33%	4,147
2	PCC-TB-42-AS	40,694	4,069			4,14%		4,14%	
3	PCC-TB-42-AS	42,109	4,211			4,00%		4,00%	
4	PCC-TB-42-AS	42,463	4,246			3,97%		3,97%	
5	PCC-TB-42-AS	43,171	4,317			3,91%		3,91%	
6	PCC-TB-42-AL	41,755	4,176	4,041	0,174	4,17%	0,174	4,17%	4,041
7	PCC-TB-42-AL	42,109	4,211			4,13%		4,13%	
8	PCC-TB-42-AL	41,047	4,105			4,24%		4,24%	
9	PCC-TB-42-AL	38,217	3,822			4,55%		4,55%	
10	PCC-TB-42-AL	38,924	3,892			4,47%		4,47%	
11	PCC-TB-42-LS	36,801	3,680	3,397	0,194	5,27%	0,194	5,27%	3,397
12	PCC-TB-42-LS	34,678	3,468			5,59%		5,59%	
13	PCC-TB-42-LS	33,970	3,397			5,71%		5,71%	
14	PCC-TB-42-LS	32,555	3,255			5,95%		5,95%	
15	PCC-TB-42-LS	31,847	3,185			6,09%		6,09%	
16	PCC-TB-42-PS	37,155	3,715	3,836	0,096	2,57%	0,096	2,57%	3,836
17	PCC-TB-42-PS	38,924	3,892			2,46%		2,46%	
18	PCC-TB-42-PS	37,509	3,751			2,55%		2,55%	
19	PCC-TB-42-PS	39,278	3,928			2,43%		2,43%	
20	PCC-TB-42-PS	38,924	3,892			2,46%		2,46%	

LAMPIRAN G. 3 HASIL UJI TARIK BELAH RATA-RATA UMUR 28 HARI

No.	Kode	Kuat Tarik Belah		Rata-Rata	Deviasi	% error	Deviasi	% error	Rata2 Baru
		(kg/cm ²)	(MPa)						
1	PCC-TB-28-AS	35,386	3,539	3,312	0,294	8,29%	0,294	8,29%	3,312
2	PCC-TB-28-AS	33,970	3,397			8,64%		8,64%	
3	PCC-TB-28-AS	35,386	3,539			8,29%		8,29%	
4	PCC-TB-28-AS	28,309	2,831			10,37%		10,37%	
5	PCC-TB-28-AS	32,555	3,255			9,02%		9,02%	

LAMPIRAN H. 1 HASIL UJI LENTUR RATA-RATA UMUR 56 HARI

No.	Kode	Tegangan Lentur		Rata-Rata	Deviasi	% error	Rata2 Baru
		(kg/cm ²)	(MPa)				
1	SP2-TL-56-AS	48,889	4,889	4,400	0,431	8,82%	4,400
2	SP2-TL-56-AS	40,741	4,074			10,58%	
3	SP2-TL-56-AS	42,370	4,237			10,18%	
4	SP2-TL-56-AL	57,037	5,704	6,084	0,659	11,55%	6,084
5	SP2-TL-56-AL	57,037	5,704			11,55%	
6	SP2-TL-56-AL	68,444	6,844			9,62%	
7	SP2-TL-56-LS	61,926	6,193	5,867	0,572	9,24%	5,595
8	SP2-TL-56-LS	55,407	5,541			10,33%	
9	SP2-TL-56-LS	50,519	5,052			11,33%	
10	SP2-TL-56-PS	48,889	4,889	5,622	0,431	8,82%	5,378
11	SP2-TL-56-PS	57,037	5,704			7,56%	
12	SP2-TL-56-PS	55,407	5,541			7,78%	

LAMPIRAN H. 2 HASIL UJI LENTUR RATA-RATA UMUR 42 HARI

No.	Kode	Tegangan Lentur		Rata-Rata	Deviasi	% error	Rata2 Baru
		(kg/cm ²)	(MPa)				
1	PCC-TL-42-AS	63,556	6,356	6,274	0,339	5,34%	6,084
2	PCC-TL-42-AS	61,926	6,193			5,48%	
3	PCC-TL-42-AS	57,037	5,704			5,95%	
4	PCC-TL-42-AL	61,926	6,193	6,356	0,410	6,62%	6,573
5	PCC-TL-42-AL	70,074	7,007			5,85%	
6	PCC-TL-42-AL	65,185	6,519			6,29%	
7	PCC-TL-42-PS	48,889	4,889	4,617	0,470	9,62%	4,617
8	PCC-TL-42-PS	48,889	4,889			9,62%	
9	PCC-TL-42-PS	40,741	4,074			11,55%	
10	PCC-TL-42-LS	65,185	6,519	5,704	0,470	7,22%	6,247
11	PCC-TL-42-LS	57,037	5,704			8,25%	
12	PCC-TL-42-LS	65,185	6,519			7,22%	

LAMPIRAN H. 3 HASIL UJI LENTUR RATA-RATA UMUR 28 HARI

No.	Kode	Tegangan Lentur		Rata-Rata	Deviasi	% error	Rata2 Baru
		(kg/cm ²)	(MPa)				
1	PCC-TL-28-AS	47,259	4,726	4,943	0,249	5,27%	4,943
2	PCC-TL-28-AS	48,889	4,889			5,09%	
3	PCC-TL-28-AS	52,148	5,215			4,77%	

LAMPIRAN I. 1 HASIL UJI PERMEABILITAS UMUR 42 HARI



LABORATORIUM STRUKTUR DAN MATERIAL

Departemen Teknik Sipil – Fakultas Teknik

Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok, Telp. 787 4878 - 727 0029 (Ext.110/111) - 727 0028 (Fax)

No. Surat :
 Untuk :
 Penelitian :
 Alamat :

HASIL UJI PERMEABILITAS BETON

CONCRETE PERMEABILITY TEST

No	Tanggal		Umur (Hari)	Kode	Bentuk	Dimensi			Penetrasi		Keterangan
	Dicor	Dites				b (cm)	h (cm)	t (cm)	cm	cm	
1	12/03/2011	23/04/2011	42	PCC-TL-42-AS	kubus	15	15	15	1,3	1,5	
2	12/03/2011	23/04/2011	42	PCC-TL-42-AS	kubus	15	15	15	0,9	1,6	
3	12/03/2011	23/04/2011	42	PCC-TL-42-AS	kubus	15	15	15	1,5	1	
4	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-TL-42-AL	kubus	15	15	15	2	1,7	
5	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-TL-42-AL	kubus	15	15	15	1,4	1	
6	18/04/2011	30/05/2011	42	PCC-TL-42-AL	kubus	15	15	15	1,2	1	
7	22/04/2011	03/06/2011	42	PCC-TL-42-LS	kubus	15	15	15	1,2	1,4	beton lebih padat
8	22/04/2011	03/06/2011	42	PCC-TL-42-LS	kubus	15	15	15	1,1	1,6	beton lebih padat
9	22/04/2011	03/06/2011	42	PCC-TL-42-LS	kubus	15	15	15	2	1	beton lebih padat

Ditest oleh : Sony
 Diperiksa oleh : David Silitonga

Depok,
 Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA

LAMPIRAN I. 2 HASIL UJI PERMEABILITAS UMUR 42 HARI (LANJUTAN)

No.	Kode	Tanggal Cor	Tanggal Tes	Umur	Penetrasi		Rata-Rata	Rata-Rata
				(hari)	(cm)	(cm)		
1	PCC-TL-42-AS	12/03/2011	23/04/2011	42	1,3	1,5	1,4	1,30
2	PCC-TL-42-AS	12/03/2011	23/04/2011	42	0,9	1,6	1,25	
3	PCC-TL-42-AS	12/03/2011	23/04/2011	42	1,5	1	1,25	
4	PCC-TL-42-AL	18/04/2011	30/05/2011	42	2	1,7	1,85	1,38
5	PCC-TL-42-AL	18/04/2011	30/05/2011	42	1,4	1	1,2	
6	PCC-TL-42-AL	18/04/2011	30/05/2011	42	1,2	1	1,1	
7	PCC-TL-42-LS	22/04/2011	03/06/2011	42	1,2	1,4	1,3	1,38
8	PCC-TL-42-LS	22/04/2011	03/06/2011	42	1,1	1,6	1,35	
9	PCC-TL-42-LS	22/04/2011	03/06/2011	42	2	1	1,5	
10	PCC-TL-42-PS			42				
11	PCC-TL-42-PS			42				
12	PCC-TL-42-PS			42				

LAMPIRAN J. 1 FOTO PENGAMBILAN AIR LAUT

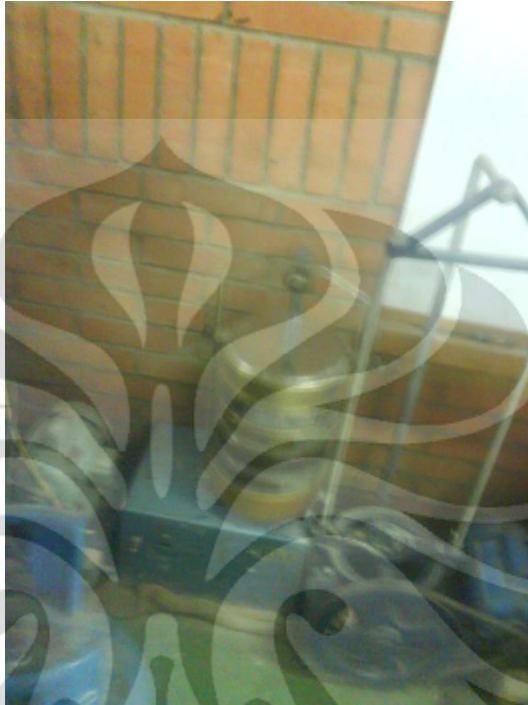


Pengambilan Air Laut di Kawasan Pantai Ancol, Jakarta



Pengambilan Air Laut di Kawasan Pantai Ancol, Jakarta

LAMPIRAN J. 2 FOTO PENGUJIAN MATERIAL



Pengujian Analisa Saringan



Pengujian Kotoran Organik Agregat Halus

LAMPIRAN J. 3 FOTO PEMBUATAN BETON



Pengujian *Slump Flow* (1)

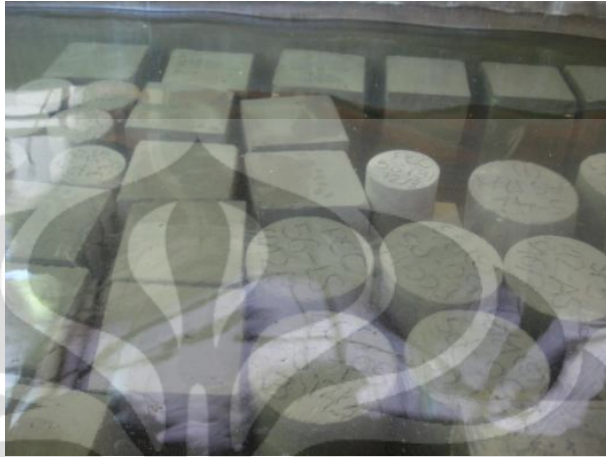


Pengujian *Slump Flow* (2)



Beton Segar (*Fresh Concrete*)

LAMPIRAN J. 4 FOTO PERENDAMAN BETON



Perendaman pada air suling (AS)



Perendaman pada air laut kadar sulfat 0.2% (AL)



Perendaman pada larutan magnesium sulfat (LS)

LAMPIRAN J. 5 FOTO PENGETESAN BENDA UJI



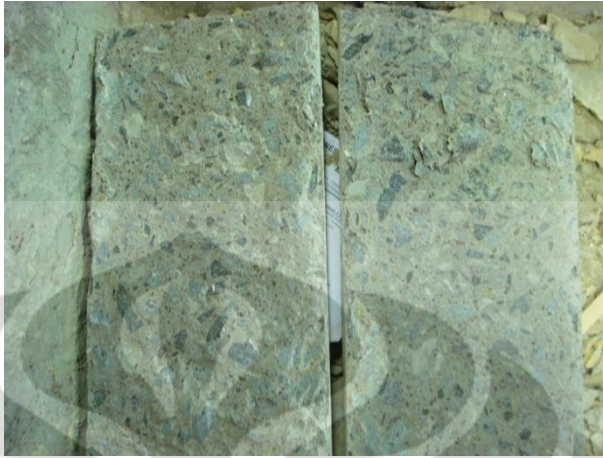
Pengujian Kuat Tekan



Hasil Pengujian Kuat Tekan



Pengujian Tarik Belah



Hasil pengujian Tarik Belah



Pengujian Kuat Lentur



Hasil Pengujian Kuat Lentur



Pengujian Permeabilitas



Penetrasi Pengujian Permeabilitas