



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH FAKTOR AIR SEMEN TERHADAP KUAT
TEKAN, KUAT TARIK BELAH DAN KUAT LENTUR BETON
NORMAL MENGGUNAKAN SEMEN PORTLAND
KOMPOSIT**

SKRIPSI

**PRAMUDIA WIDARYANTO
0606072521**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JULI 2010**

965/FT.01/SKRIP/07/2010



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH FAKTOR AIR SEMEN TERHADAP KUAT
TEKAN, KUAT TARIK BELAH DAN KUAT LENTUR BETON
NORMAL MENGGUNAKAN SEMEN PORTLAND
KOMPOSIT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**PRAMUDIA WIDARYANTO
0606072521**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPOK
JULI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Pramudia Widaryanto

NPM : 0606072521

Tanda Tangan :

Tanggal : 7 Juli 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Pramudia Widaryanto
NPM : 0606072521
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan,
Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur Beton Normal
Menggunakan Semen Portland Komposit

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 : Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA

Pembimbing : Ir. H. Madsuri, M.T.

Penguji : Dr. -Ing. Josia I. Rastandi

Penguji : Mulia Orientilize, S.T., M.Eng

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 7 Juli 2010

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

- (1) Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA dan Ir. H Madsuri, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan dan membimbing penulisan skripsi ini.
- (2) Laboratorium Struktur dan Material FTUI yang telah menyediakan tempat penelitian dan memberikan bantuan material berupa semen PCC Tiga Roda.
- (3) PT. Jayamix yang telah memberikan bantuan material berupa *split* kusuma.
- (4) PT. JHS yang telah memberikan bantuan material berupa pasir galunggung.
- (5) Seluruh staf pengajar Departemen Teknik Sipil FTUI yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan tentang teknik sipil.
- (6) Para pegawai laboratorium struktur dan material yang telah banyak membantu dalam kegiatan penelitian di laboratorium.
- (7) Keluarga yang telah memberikan dukungan moral dan materi.
- (8) Teman-teman yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini khususnya Bastian, Raina, Ari, David, Denis, dan Uud.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Depok, 7 Juli 2010

Penulis

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

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

Nama : Pramudia Widaryanto
NPM : 0606072521
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

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

Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur Beton Normal Menggunakan Semen Portland Komposit

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 : 7 Juli 2010

Yang menyatakan



(Pramudia Widaryanto)

ABSTRAK

Nama : Pramudia Widaryanto
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur Beton Normal Menggunakan Semen Portland Komposit

Portland Composite Cement (PCC) merupakan campuran *clinker* dan bahan mineral tambahan seperti *fly ash*, *pozzolan*, dll. Produksi semen PCC yang lebih sedikit mengandung *clinker* ini dapat mengurangi ketergantungan terhadap *clinker* yang produksinya semakin berkurang. Seiring beredarnya semen PCC di pasaran, beton dengan semen PCC perlu diuji kekuatannya. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai-nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton menggunakan semen PCC. Beton didesain dengan menggunakan faktor air semen 0,3; 0,35; 0,45; 0,55; 0,65; 0,75; dan 0,8. Pengujian dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari. Hasil pengujian diolah dengan metode rata-rata dan metode *chi-square*.

Hasil pengolahan data menunjukkan metode *chi-square* menghasilkan data yang lebih akurat dengan jumlah error yang lebih sedikit. Grafik yang dihasilkan menunjukkan hubungan antara kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur dengan umur adalah berbanding lurus. Sedangkan hubungan antara kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur dengan FAS adalah berbanding terbalik. Dengan membandingkan kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur didapatkan hubungan kuat tekan dan kuat lentur adalah $f_r = 0,623 \times \sqrt{f_c'}$, hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah adalah $f_t = 0,656 \times \sqrt{f_c'}$, dan hubungan kuat tarik belah dan kuat lentur adalah $f_r = 0,948 \times f_t$.

Kata kunci:

beton, *chi-square*, faktor air semen, kuat lentur, kuat tekan, kuat tarik belah, *mix-design*, semen PCC

ABSTRACT

Name : Pramudia Widaryanto
Study Program : Civil Engineering
Title : The Effect of Water Cement Ratio on Compressive Strength, Splitting Tensile Strength and Flexural Strength of Normal Concrete using Portland Composite Cement

Portland Composite Cement (PCC) is a mixture of clinker and mineral additions such as fly ash, pozzolan, etc.. PCC's production which contain fewer clinker, can reduce the dependence on clinker, whose the production has decreased. Along the spread of PCC in the market, concrete using PCC need to be tested. This study aimed to obtain the values of compressive strength, splitting tensile, and flexural strength of concrete using PCC. Concrete is designed with water cement ratio 0,3; 0,35; 0,45; 0,55; 0,65; 0,75; dan 0,8. Tests are performed at the age of 7, 14 and 28 days. The test results are processed by average method and chi-square method. Data processing results show chi-square method produces more accurate data with a smaller number of errors. The resulting graphs show the relationship between compressive strength, splitting tensile and flexural strength is directly proportional to the age. While the relationship between compressive strength, splitting tensile and flexural strength is inversely proportional to the water cement ratio. By comparing the compressive strength, splitting tensile and flexural strength, we can also obtain the relationship between compressive and flexural strength is $f_r = 0,623 \times \sqrt{f_c'}$, the relationship between compressive and splitting tensile strength is $f_t = 0,656 \times \sqrt{f_c'}$, and the relationship between splitting tensile and flexural strength is $f_r = 0,948 \times f_t$.

Key words:

chi-square, compressive strength, concrete, flexural strength, mix-design, portland composite cement, splitting tensile strength, water cement ratio

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Penelitian	3
1.5. Hipotesis	3
1.6. Metodologi Penelitian	4
1.7. Sistematika Penulisan	4
2. LANDASAN TEORI	5
2.1. Teori Umum Beton	5
2.2. Bahan Pembentuk Beton.....	6
2.2.1. Semen Portland	6
2.2.2. Agregat	13
2.2.3. Air	16
2.3. Karakteristik Beton Segar	16
2.3.1. Workabilitas	16
2.3.2. Konsistensi dan <i>Slump</i>	17
2.3.3. Pemisahan Butiran (<i>Segregation</i>)	19
2.3.4. Pemisahan Air ke Permukaan (<i>Bleeding</i>)	19
2.4. Karakteristik Beton Keras.....	19
2.4.1. Kuat Tekan.....	19
2.4.2. Kuat Tarik Belah.....	20
2.4.3. Kuat Lentur	21
2.5. Faktor Air Semen	22
2.6. Teori Statistik untuk Sampel Kecil	23
2.6.1. Ukuran Sampel.....	23
2.6.2. Ukuran Pemusatan	24
2.6.3. Rata-rata Hitung.....	24
2.6.4. Simpangan Baku (Standar Deviasi).....	24
2.6.5. Distribusi <i>Chi-Square</i>	25
2.6.6. Interval Keyakinan Dari χ^2	25
2.6.7. Derjat Kebebasan	25

3. METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1. Prosedur Penelitian	26
3.1.1. Alur Penelitian	26
3.1.2. Bahan Penelitian	27
3.1.3. Standar Penelitian	28
3.2. Pengujian Material Penelitian	28
3.2.1. Pengujian Semen PCC	28
3.2.2. Pengujian Agregat Halus	32
3.2.3. Pengujian Agregat Kasar	38
3.3. Perhitungan Rancang Campur (<i>Mix-Design</i>)	44
3.3.1. Menentukan Ukuran Butir Maksimum Agregat Kasar	44
3.3.2. Menentukan <i>Slump</i> Beton	44
3.3.3. Menentukan <i>Water-Cement Ratio</i>	45
3.3.4. Menentukan Jumlah Air Adukan	45
3.3.5. Menghitung Perbandingan Proporsi Campuran	47
3.4. Pembuatan Benda Uji	47
3.4.1. Pengadukan	47
3.4.2. Pencetakan sampel	48
3.4.3. Perawatan	48
3.5. Pengujian Beton	48
3.5.1. Uji <i>Slump</i>	48
3.5.2. Uji Kuat Tekan	50
3.5.3. Uji Tarik Belah	50
3.5.4. Uji Lentur	52
3.6. Pemberian Kode Benda Uji	53
4. HASIL DAN ANALISA PENELITIAN	54
4.1. Pengujian Material	54
4.1.1. Pengujian Semen PCC	54
4.1.2. Pengujian Agregat Halus (Pasir Galunggung)	55
4.1.3. Pengujian Agregat Kasar (Batu Pecah Kusuma)	59
4.2. Rancang Campur (<i>Mix-Design</i>)	62
4.3. Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	64
4.3.1. Persiapan Material	64
4.3.2. Pengadukan dan Pencetakan Benda Uji	65
4.3.3. Perawatan Benda Uji	65
4.4. Pengujian terhadap Beton Segar (<i>Fresh Concrete</i>)	65
4.5. Pengujian terhadap Beton Keras (<i>Hardened Concrete</i>)	67
4.5.1. Pengujian Kuat Tekan Beton PCC	67
4.5.2. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton PCC	78
4.5.3. Pengujian Kuat Lentur Beton PCC	88
4.5.4. Persentase Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur terhadap Kekuatan 28 Hari	98
4.6. Hubungan antara Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur	101
4.6.1. Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur	101
4.6.2. Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah	103
4.6.3. Hubungan Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur	105

4.7. Perbandingan dengan Penelitian Lain.....	107
4.7.1. Penelitian Strategis Nasional (2009).....	107
4.7.2. SNI - 03 - 2834 - 1993	111
5. PENUTUP.....	115
5.1. Kesimpulan	115
5.2. Saran	118
DAFTAR REFERENSI.....	120



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Komponen Kimia Utama Semen.....	8
Tabel 2. 2	Komposisi Kimia Semen PCC Tiga Roda.....	13
Tabel 2. 3	Persyaratan Keausan Agregat Kasar	15
Tabel 2. 4	Gradasi Standar Agregat Halus Alam ASTM C 33 - 78	15
Tabel 2. 5	Gradasi Standar Agregat Kasar Alam ASTM C 33 - 78	16
Tabel 3. 1	Jumlah Benda Uji	26
Tabel 3. 2	Kapasitas Wadah Pemeriksaan Berat Isi	34
Tabel 3. 3	Berat Contoh Agregat Kering Minimum.....	37
Tabel 3. 4	Ukuran Agregat Maksimum yang Dianjurkan dalam Konstruksi	44
Tabel 3. 5	Ukuran <i>Slump</i> Maksimum untuk Konstruksi Beton.....	45
Tabel 3. 6	Perkiraan Kuat Tekan Beton untuk berbagai Nilai FAS (w/c).....	45
Tabel 3. 7	Perkiraan Jumlah Agregat Kasar dan Jumlah Air per meter kubik Beton dan Proporsi Pasir terhadap Total Agregat	46
Tabel 3. 8	Tabel Koreksi untuk Perhitungan S/A dan W	46
Tabel 4. 1	Hasil Pengujian Konsistensi Semen PCC.....	54
Tabel 4. 2	Hasil Pengujian Waktu Ikat Semen PCC	54
Tabel 4. 3	Hasil Pengujian <i>Specific gravity</i> dan Absorpsi Agregat Halus	56
Tabel 4. 4	Hasil Pengujian <i>Sieve analysis</i> Agregat Halus.....	57
Tabel 4. 5	Hasil Pegujian Berat isi dan <i>Void</i> Agregat Halus.....	58
Tabel 4. 6	Hasil Pengujian <i>Specific gravity</i> dan Absorpsi Agregat Kasar	60
Tabel 4. 7	Hasil Pengujian <i>Sieve analysis</i> Agregat Kasar	60
Tabel 4. 8	Hasil Pengujian Berat Isi dan <i>Void</i> Agregat Kasar	62
Tabel 4. 9	Kebutuhan Material untuk Pengecoran 1m ³	63
Tabel 4. 10	Kebutuhan Material Tiap Benda Uji	64
Tabel 4. 11	Hasil Uji <i>Slump</i>	66
Tabel 4. 12	Perhitungan Kuat Tekan FAS 0,45 dengan Metode Rata-rata	69
Tabel 4. 13	Perhitungan Kuat Tekan FAS 0,45 dengan Metode <i>Chi-square</i>	70
Tabel 4. 14	Hasil Kuat Tekan dengan Metode Rata-Rata	70
Tabel 4. 15	Hasil Kuat Tekan dengan Metode <i>Chi-square</i>	71
Tabel 4. 16	Persamaan Kuat Tekan vs Umur	73

Tabel 4. 17 Persamaan Kuat Tekan vs FAS	75
Tabel 4. 18 Perhitungan Kuat Tarik Belah FAS 0,55 Metode Rata-rata.....	79
Tabel 4. 19 Perhitungan Kuat Tarik Belah FAS 0,55 Metode <i>Chi-square</i>	80
Tabel 4. 20 Hasil Kuat Tarik Belah dengan Metode Rata-Rata	81
Tabel 4. 21 Hasil Kuat Tarik Belah dengan Metode <i>Chi-square</i>	81
Tabel 4. 22 Persamaan Kuat Tarik Belah vs Umur	83
Tabel 4. 23 Persamaan Kuat Tarik Belah vs FAS	85
Tabel 4. 24 Perhitungan Kuat Lentur FAS 0,65 dengan Metode Rata-rata.....	89
Tabel 4. 25 Perhitungan Kuat Lentur FAS 0,65 dengan Metode <i>Chi-square</i>	90
Tabel 4. 26 Hasil Kuat Lentur dengan Metode Rata-Rata	91
Tabel 4. 27 Hasil Kuat Lentur dengan Metode <i>Chi-square</i>	91
Tabel 4. 28 Persamaan Kuat Lentur vs Umur	93
Tabel 4. 29 Persamaan Kuat Lentur vs FAS	95
Tabel 4. 30 Kuat Tekan Hasil Persamaan Metode <i>Chi-Square</i>	98
Tabel 4. 31 Kuat Tarik Belah Hasil Persamaan Metode <i>Chi-Square</i>	98
Tabel 4. 32 Kuat Lentur hasil Persamaan Metode <i>Chi-Square</i>	99
Tabel 4. 33 Persentase terhadap Kuat Tekan 28 Hari.....	99
Tabel 4. 34 Persentase terhadap Kuat Tarik Belah 28 Hari.....	100
Tabel 4. 35 Persentase terhadap Kuat Lentur 28 Hari.....	100
Tabel 4. 36 Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Umur 28 hari	102
Tabel 4. 37 Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Umur 28 hari.....	104
Tabel 4. 38 Hubungan Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur Umur 28 hari.....	106
Tabel 4. 39 Kuat Tekan Hasil Penelitian Strategis Nasional (2009)	108
Tabel 4. 40 Kuat Tekan Hasil Penelitian Penulis (Metode Rata-rata).....	108
Tabel 4. 41 Kuat Tekan Hasil Penelitian Penulis (Metode <i>Chi-square</i>)	108
Tabel 4. 42 Persentase Perbedaan Kuat Tekan Penelitian Penulis (Rata-rata) dan Penelitian Strategis Nasional.....	109
Tabel 4. 43 Persentase Perbedaan Kuat Tekan Penelitian Penulis (<i>Chi-square</i>) dan Penelitian Strategis Nasional.....	109
Tabel 4. 44 Perbandingan Material Penelitian Penulis dengan Penelitian Strategis Nasional.....	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Grafik Compressive Strength-Time dari Komponen Kimia Semen Portland	9
Gambar 2. 2	Jenis–Jenis <i>Slump</i>	19
Gambar 2. 3	Uji Tarik Belah	21
Gambar 2. 4	Uji Lentur	22
Gambar 3. 1	Flowchart Penelitian	27
Gambar 3. 3	Permodelan Uji Tarik.....	51
Gambar 3. 2	Permodelan Uji Lentur.....	52
Gambar 4. 1	Grafik Waktu Ikut Semen PCC.....	55
Gambar 4. 2	Gradasi Agregat Halus	57
Gambar 4. 3	Pengujian Kadar Organik Agregat Halus.....	59
Gambar 4. 4	Gradasi Agregat Kasar	61
Gambar 4. 5	Grafik Hubungan <i>Slump</i> dengan FAS.....	66
Gambar 4. 6	Konversi Kuat Tekan Berdasarkan Ukuran Silinder Beton	68
Gambar 4. 7	Grafik Hubungan Kuat Tekan Vs Umur Metode Rata-rata	72
Gambar 4. 8	Grafik Hubungan Kuat Tekan Vs Umur Metode <i>Chi-square</i>	72
Gambar 4. 9	Grafik Hubungan Kuat Tekan Vs FAS Metode Rata-rata	74
Gambar 4. 10	Grafik Hubungan Kuat Tekan Vs FAS Metode <i>Chi-square</i>	74
Gambar 4. 11	Sampel FAS 0,45 28 Hari yang Belum Kering Saat Diuji.....	76
Gambar 4. 12	Pori-pori pada Sampel TK-0,3-7-3 Akibat Pemadatan Kurang	77
Gambar 4. 13	Pola Retak Tidak Merata Sampel TK-0,75-II-3 dan TK-0,75 II-5 78	
Gambar 4. 14	Grafik Hubungan Kuat Tarik belah Vs Umur Metode Rata-rata...82	
Gambar 4. 15	Grafik Hubungan Kuat Tarik belah Vs Umur Metode <i>Chi-square</i> 82	
Gambar 4. 16	Grafik Hubungan Kuat Tarik belah Vs FAS Metode Rata-rata.....84	
Gambar 4. 17	Grafik Hubungan Kuat Tarik belah Vs FAS Metode <i>Chi-square</i> .84	
Gambar 4. 18	Sampel FAS 0,55 28 Hari yang Belum Kering Saat Diuji.....86	
Gambar 4. 19	Patah pada Salah Satu Belahan Sampel TB-0,45-28-IV-5	87
Gambar 4. 20	Lubang Akibat Pelepasan Kerikil pada Sampel TB-0,75-28-I-2.....88	
Gambar 4. 21	Grafik Hubungan Kuat Lentur Vs Umur Metode Rata-rata	92
Gambar 4. 22	Grafik Hubungan Kuat Lentur Vs Umur Metode <i>Chi-square</i>	92

Gambar 4. 23	Grafik Hubungan Kuat Lentur Vs FAS Metode Rata-rata	94
Gambar 4. 24	Grafik Hubungan Kuat Lentur Vs FAS Metode <i>Chi-square</i>	94
Gambar 4. 25	Sampel FAS 0,55 28 hari yang Belum Kering Saat Diuji	96
Gambar 4. 26	Lubang Akibat Pelepasan Kerikil pada Sampel TL-0,35-14-IV-2 97	
Gambar 4. 27	Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Umur 28 hari	103
Gambar 4. 28	Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Umur 28 hari	105
Gambar 4. 29	Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur Umur 28 hari	107
Gambar 4. 30	Perbandingan Grafik Kuat Tekan vs FAS Penelitian Penulis (Rata- rata) dan Penelitian Strategis Nasional	110
Gambar 4. 31	Perbandingan Grafik Kuat Tekan vs FAS Penelitian Penulis (Chi- square) dan Penelitian Strategis Nasional.....	110
Gambar 4. 32	Perbandingan Grafik Kuat Tekan vs FAS Penelitian Penulis (Rata- rata) dengan SNI - 03 - 2834 - 1993	112
Gambar 4. 33	Perbandingan Grafik Kuat Tekan vs FAS Penelitian Penulis (<i>Chi- square</i>) dengan SNI - 03 - 2834 - 1993	113

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan di Indonesia terus berkembang dari waktu ke waktu. Kebutuhan akan bangunan yang memadai guna mendukung laju pertumbuhan ekonomi menyebabkan dunia konstruksi juga ikut berkembang dengan bermunculannya teknologi baru, baik dalam segi material maupun teknologi konstruksi.

Beton sebagai bahan yang banyak digunakan dalam industri konstruksi terus dikembangkan melalui berbagai penelitian untuk mendapatkan kualitas yang lebih baik dan harga yang ekonomis. Beton sendiri merupakan campuran dari semen portland, air, agregat kasar, agregat halus dengan atau tanpa bahan tambahan (*additive* atau *admixture*) yang membentuk massa padat. Oleh karena itu, jika ingin mendapatkan beton dengan mutu yang baik, kita harus memperhatikan sifat dan karakteristik dari masing-masing penyusunnya.

Semen sebagai salah satu material pembentuk beton, mempunyai pengaruh besar terhadap karakteristik beton seperti kekuatan dan harga. Pada awal penemuannya, semen terbuat dari *clinker* yang kemudian dicampur dengan gipsum. Saat ini produksi *clinker* di Indonesia menurun dikarenakan jumlah bahannya yang terbatas. Semen *portland* tipe I yang mengandung 90% *clinker* mau tidak mau mulai berkurang produksinya. Oleh karena itu, diproduksilah *Portland Composite Cement (PCC)* yang merupakan campuran *clinker* dan bahan mineral tambahan (alami maupun buatan) seperti *fly ash*, *pozzolan*, *silicafume*, *slag*, dll. Produksi semen PCC yang lebih sedikit mengandung *clinker* ini dapat mengurangi ketergantungan produksi semen terhadap *clinker* yang produksinya semakin hari semakin berkurang.

Seiring beredarnya semen PCC di pasaran, beton yang menggunakan semen PCC haruslah diuji kekuatannya untuk menghindari penurunan mutu beton akibat perubahan komposisi semen. Perubahan komposisi semen ini diantaranya akan berpengaruh pada perhitungan rancang campur (*mix design*), terutama pada faktor air semen yang digunakan. Faktor air semen merupakan bagian penting dalam perhitungan rancang campur beton, karena selama ini nilai faktor air semen

digunakan untuk menentukan kekuatan rencana beton. Selain itu, faktor air semen juga mempengaruhi tingkat kemudahan pengerjaan beton (*workability*). Penggunaan semen PCC tentu akan memberikan perilaku yang berbeda dalam hal hubungan faktor air semen dengan sifat dan karakteristik beton.

Penelitian tentang beton menggunakan semen PCC sendiri telah banyak dilakukan, namun pada umumnya membahas tentang kuat tekan beton. Padahal selain kuat tekan, beton juga memiliki kuat tarik belah dan kuat lentur yang berpengaruh pada retak beton. Retak beton sangat dipengaruhi oleh faktor air semen yang menentukan seberapa besar kemungkinan terjadinya retak.

Banyaknya penggunaan semen PCC dalam industri konstruksi saat ini membuat perlunya penelitian mengenai pengaruh faktor air semen terhadap sifat dan karakteristik beton seperti kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

- Berapakah nilai-nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton dengan menggunakan semen PCC.
- Bagaimana pengaruh variasi nilai faktor air semen terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton dengan menggunakan semen PCC.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai-nilai kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton menggunakan semen PCC. Nilai-nilai tersebut didapatkan dengan pengujian menggunakan nilai faktor air semen yang bervariasi. Kemudian nilai-nilai tersebut dibentuk ke dalam grafik hubungan antara faktor air semen dengan setiap nilai karakteristik beton yang diuji. Dari grafik tersebut dapat dilihat pengaruh perbedaan nilai faktor air semen terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton dengan menggunakan semen PCC. Sehingga didapatkan nilai faktor air semen yang tepat untuk berbagai keperluan penggunaan beton dalam industri konstruksi.

1.4. Batasan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan membuat sampel beton menggunakan semen PCC, dimana nilai faktor air semen yang dipakai bervariasi. Batasan dari penelitian ini adalah:

1. Beton didesain dengan menggunakan variasi faktor air semen: 0,3; 0,35; 0,45; 0,55; 0,65; 0,75; dan 0,8.
2. Semen yang digunakan adalah semen PCC Tiga Roda produksi PT. Indocement.
3. Agregat Kasar yang digunakan adalah *split ex. kusuma* dari PT. Jayamix.
4. Agregat halus yang digunakan adalah pasir Galunggung dari PT. JHS.
5. Air yang digunakan adalah air PAM di Laboratorium Struktur dan Material Departemen Sipil FTUI.
6. Pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari.
7. Ukuran sampel yang digunakan adalah silinder Ø10x20 (uji tekan), silinder Ø15x30 (uji tarik belah), dan balok 15x15x60 (uji lentur).
8. Perhitungan rancang campur beton (mix design) menggunakan metode *US Bureau of Reclamation* yang telah dikembangkan oleh *Japan Society of Civil Engineer (JSCE)*.
9. Pengujian benda uji yang dilakukan sesuai dengan *American Society for Testing Material (ASTM)*.
10. Penelitian dilakukan di Laboratorium Struktur dan Material Departemen Sipil FTUI.

1.5. Hipotesis

Kenaikan faktor air semen akan mengurangi kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur beton menggunakan semen PCC. Hal ini disebabkan faktor air semen yang tinggi akan mengurangi jumlah semen dan menambah jumlah air dalam campuran beton sehingga akan mengurangi kekuatan beton. Selain itu kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur akan meningkat seiring bertambahnya umur beton yang disebabkan oleh proses hidrasi yang terjadi.

1.6. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah :

1. Studi Pustaka

Dengan cara mengumpulkan literatur yang berkaitan dengan topik penelitian khususnya tentang beton, semen PCC, perhitungan *mix design*, dan metode pengujian beton.

2. Studi ekperimental

Dengan cara melakukan pengujian beton di laboratorium. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi uji material, uji tekan, uji tarik belah dan uji lentur.

3. Analisa

Dengan cara melakukan analisa terhadap hasil pengujian yang didapat di laboratorium.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisikan penjelasan secara umum tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan, hipotesis, metodologi dan sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Berisikan kajian yang mengacu pada beberapa referensi mengenai sifat-sifat beton serta bahan-bahan pembentuknya dan pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan metoda penelitian, alat dan bahan, proses kerja, serta prosedur pekerjaan.

BAB 4 HASIL DAN ANALISA PENELITIAN

Berisi hasil penelitian dan analisa terhadap hasil yang diperoleh.

BAB 5 PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dari penelitian dan saran untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1. Teori Umum Beton

Beton didefinisikan sebagai campuran antara semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*additive* atau *admixture*) yang membentuk massa padat (SNI 03-1729-2002). Semua material pembentuk beton tersebut setelah dicampur akan bersifat plastis untuk sementara waktu dan kemudian akan berubah mengeras semakin padat yang dapat dipakai untuk kebutuhan teknis bangunan.

Proses awal terjadinya beton adalah pasta semen yaitu proses hidrasi antara air dengan semen, selanjutnya jika ditambahkan dengan agregat halus menjadi mortar dan jika ditambahkan dengan agregat kasar menjadi beton.

Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200-2500) kg/m³ dengan menggunakan agregat alam yang dipecah (SNI: 03-2834-1993). Penggunaan beton normal umumnya pada industri konstruksi yang dapat dijumpai dalam pembuatan gedung-gedung, jalan (*rigid pavement*), bendung, saluran dan lainnya.

Agregat alam yang dipakai berupa agregat halus yaitu pasir dan agregat kasarnya yaitu kerikil, keduanya merupakan hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dengan ukuran butir antara 5-40mm. Agregat ini biasanya berasal dari granit, basalt, kuarsa, dan sebagainya. Berat jenis rata-ratanya adalah 2.5-2.7. Beton normal yang dihasilkan mempunyai berat 2.200-2.500 kg/m³ dan kuat tekan sekitar 15-40 Mpa (150-400 kg/cm³).

Karakteristik beton yang baik dapat ditinjau dari kepadatan, kekuatan, faktor air semen, dan tekstur. Berikut adalah parameter-parameter yang mempengaruhi kualitas beton :

1. Kualitas semen.
2. Proporsi semen terhadap air dalam campurannya.
3. Kekuatan dan kebersihan agregat.
4. Interaksi atau adhesi antara pasta semen dan agregat.
5. Pencampuran yang cukup dari bahan-bahan pembentuk beton.

6. Penempatan yang benar, penyelesaian dan kompaksi beton segar.
7. Perawatan pada temperatur yang tidak lebih rendah dari 50°F pada saat beton hendak mencapai kekuatannya.

Dalam keadaan yang mengeras, beton bagaikan batu dengan kekuatan tinggi. Dalam keadaan segar, beton dapat dibentuk dengan berbagai macam bentuk. Selain tahan terhadap serangan api, beton juga tahan terhadap serangan korosi. Secara umum kelebihan dan kekurangan beton adalah sebagai berikut:

1. Kelebihan

- Beton menggunakan bahan-bahan dasar yang mudah didapat.
- Mempunyai kekuatan yang sangat tinggi terutama kuat tekan.
- Tahan terhadap temperatur tinggi.
- Biaya pemeliharaan yang kecil.
- Beton segar dapat dengan mudah diangkut dan dicetak dalam bentuk apapun dan ukuran sebarang tergantung keinginan.

2. Kekurangan

- Beton mempunyai kuat tarik yang rendah yang akan membuat beton mudah retak, oleh karena itu diperlukan baja tulangan untuk mengatasinya.
- Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian tinggi.
- Beton mempunyai bobot yang berat.
- Panas hidrasi pada beton massa akan sangat tinggi, perkembangan panas ini dapat mengakibatkan masalah yakni timbulnya retak pada saat pendinginan.

2.2. Bahan Pembentuk Beton

2.2.1. Semen Portland

Semen Portland merupakan bahan dasar pembuatan beton yang mempunyai sifat menyatu dan mengeras bila bercampur air karena adanya reaksi kimia.

Semen Portland dibuat dengan menggerinda *clinker* (>90%) dan mencampurkan dengan *gypsum* (5%), serta 5% bahan lainnya sesuai

pengaturannya. Beberapa material pembentuk lainnya adalah *clay*, biji besi, bauksit, *fly ash* dan *slag*. Bahan dasar ini berinteraksi satu sama lain sehingga menghasilkan suatu produk yang lebih kompleks yang disebut semen (Neville A.M, 1995).

Semen portland dibuat dari 3 buah material dasar dan dapat ditambah dengan bahan tambahan, yaitu:

1. Kapur (CaO) Didapat dari batu kapur
2. Silika (SiO₂). Didapat dari lempung
3. Alumina (Al₂O₃). Didapat dari lempung
4. Bahan Tambahan, misalnya besi oksida, magnesia, sulfur trioksida, alkali dan karbon dioksida.

Semen Portland dibuat dengan salah satu dari 2 proses dasar, yaitu proses basah dan proses kering. Dalam kedua proses, bahan dasar dihomogenisasi dengan menghancurkan, menghaluskan, dan mencampurkan bahan sampai 80% bahan dasar lolos saringan 200.

Dalam proses basah, campuran (mengandung 30 – 40% air) dipanaskan pada suhu sekitar 1510 °C dalam *kiln* (wadah) horizontal yang berputar. Pada temperatur yang tinggi ini, oksidasi dari kalsium, silika, aluminium dan besi, secara kimia dikombinasi menjadi *clinker* semen. Perputaran dan bentuk dari wadah memungkinkan campuran mengalir keluar dari wadah, yang kemudian suhunya akan naik secara bertahap.

Dalam proses kering, campuran dimasukkan ke dalam *kiln* dan dibakar secara kering, sehingga menghemat bahan bakar dan air yang digunakan, tetapi prosesnya lebih berdebu. Walaupun sistem basah lebih efisien, namun penggunaan bahan bakarnya membuat sistem ini menjadi lebih tidak ekonomis.

Di dalam *kiln*, air dari material dasar dibuang, dan batu kapur didekomposisi menjadi kapur (CaO) dan karbon dioksida. Kemudian, silika dan alumina dari lempung bereaksi secara kimia dengan kapur membentuk kalsium aluminat, kemudian material dipindahkan menuju area yang lebih panas dimana kalsium silikat terbentuk. Hasilnya inilah yang disebut *clinker* semen. *Clinker*

semen ini kemudian disimpan didalam *silo*, dan ketika diperlukan *clinker* akan dicampur dengan 2 – 5% gipsum.

Semen Portland biasanya terdiri dari sekitar 65% CaO, 21% SiO₂, 4,5% Al₂O₃ dan 3% Fe₂O₃, dan dapat mengandung kurang dari 2,5% SO₃, MgO, Na₂O dan K₂O. Komponen kimia utama dalam semen dapat dilihat pada tabel di berikut.

Tabel 2. 1 Komponen Kimia Utama Semen

Komponen	Rumus Kimia	Rumus IUPAC	Persen Kandungan	Proses Hidrasi
Trikalsium Silikat	3CaO·SiO ₂	C ₃ S	35 – 65	Sedang
Dikalsium Silikat	2CaO·SiO ₂	C ₂ S	15 – 40	Lambat
Trikalsium Aluminat	3CaO·Al ₂ O ₃	C ₃ A	0 – 15	Cepat
Tetrakalsium Aluminoforit	4CaO·Al ₂ O ₃ ·Fe ₂ O ₃	C ₄ AF	6 – 20	Sedang

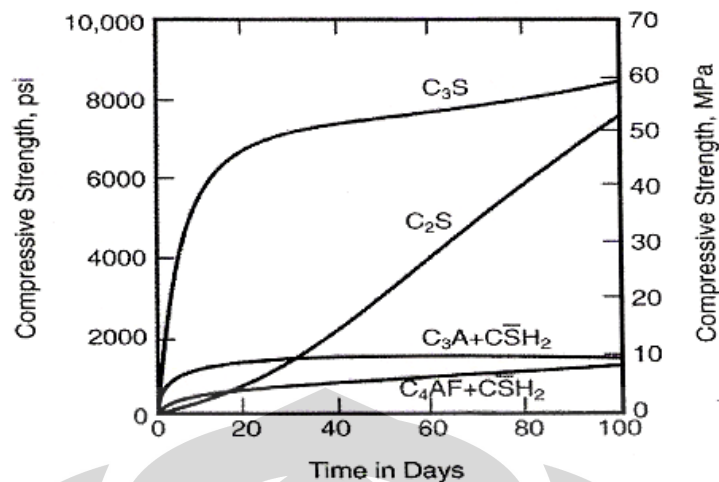
(Sumber : Shan Somayaji, Civil Engineering Materials, 2001)

Unsur C₃S merupakan unsur yang paling dominan dalam memberikan sifat semen. Bila terkena air akan langsung berhidrasi dan menghasilkan panas, dan berpengaruh terhadap pengerasan semen sebelum 14 hari.

Sebaliknya unsur C₂S lebih lambat bereaksi dengan air, menghasilkan panas hidrasi yang lebih rendah dan mulai berpengaruh terhadap pengerasan semen umur 7 hari sampai kekuatan akhir tercapai. Unsur ini juga membuat semen tahan terhadap *chemical attack* dan memperkecil susut.

Reaksi C₃A dengan air sangat cepat dan menimbulkan pengkakuan semen yang seketika. Unsur ini berguna untuk mengurangi temperatur pada proses pembakaran *clinker*, tapi menimbulkan panas hidrasi yang terjadi pada waktu semen bereaksi dengan air. Unsur ini juga bersifat mengurangi ketahanan semen terhadap sulfat, yang dapat menyebabkan pengembangan dan keretakan pada beton.

Sedangkan C₄AF kurang berpengaruh terhadap pengerasan pasta semen, tapi sangat reaktif terhadap air dalam proses hidrasi. Selain itu banyak kandungan unsur ini menyebabkan warna semen yang semakin tua.



Gambar 2. 1 Grafik Compressive Strength-Time dari Komponen Kimia Semen Portland

(Sumber: S. Mindess and J. F. Young, 1981)

2.2.1.1. Hidrasi Semen Portland

Hidrasi adalah proses ketika semen bereaksi dengan air yang pada akhirnya menghasilkan campuran yang terikat setelah mengeras. Proses hidrasi dapat dibagi 2 tahap, yaitu

1. *Setting* (Pengikatan)

Ketika semen dicampur dengan air dalam jumlah yang cukup, pasta yang dihasilkan akan kehilangan plastisitasnya dan perlahan-lahan berubah menjadi keras. Pengikatan adalah proses melalui reaksi kimia, yang timbul setelah penambahan air pencampur, yang menghasilkan peningkatan rigiditas dari campuran semen secara gradual (ASTM C 125 – 03). Dalam kondisi yang mendukung, dalam waktu 1 – 2 jam, campuran sudah kehilangan kencerannya (*fluidity*), setelah beberapa jam, campuran akan mengeras. Proses inilah yang disebut *setting*. Proses ini dibagi dua, yaitu:

- Waktu ikat awal, yaitu ketika campuran mulai kaku
- Waktu ikat akhir, yaitu ketika campuran mulai mengeras dan mampu menahan beban

Waktu ikat dipengaruhi oleh kehalusan semen, komposisi kimia semen, kondisi penyimpanan, jumlah air dan suhu ruangan. Semakin halus

semen, maka waktu ikat dan proses hidrasi menjadi lebih cepat. Penambahan C_3A dan C_3S memperlambat waktu ikat.

2. *Hardening* (Pengerasan)

Pengerasan itu sendiri adalah hasil dari proses hidrasi. Proses hidrasi tergantung dari komponen dari semen itu sendiri, ada yang cepat, sedang dan lambat mengalami hidrasi.

Proses hidrasi selalu dibarengi dengan pelepasan panas, dengan kata lain proses hidrasi adalah proses eksotermik. Panas yang dilepaskan tergantung dari komposisi kimia dari semen, kehalusan, dan suhu ruangan. Panas hidrasi ini meningkatkan suhu beton. C_3A menghasilkan panas yang paling besar, sedangkan C_2A adalah yang paling sedikit. Panas hidrasi ini harus dikontrol, karena pada kondisi tertentu dapat mengakibatkan retak pada beton.

2.2.1.2. Sifat Fisik Semen Portland

1. Kehalusan butiran

Kehalusan butiran semen yang tinggi akan mengurangi terjadinya *bleeding* atau naiknya air ke permukaan, tetapi menambah kecenderungan beton untuk menyusut lebih banyak dan memudahkan terjadinya retak .

2. Berat Jenis

Berat semen yang disyaratkan oleh ASTM adalah 3150 kg/m^3 . Berat jenis semen berpengaruh pada proporsi semen dalam campuran beton.

3. Konsistensi

Konsistensi pada semen portland lebih banyak berpengaruh pada saat pencampuran awal, yaitu ketika terjadinya pengikatan sampai pada saat beton mengeras.

4. Waktu pengikatan

Waktu dari saat pencampuran semen dengan air sampai kehilangan sifat keplastisannya disebut waktu ikat awal, pada semen portland biasanya tidak boleh kurang dari 45 menit. Waktu sampai pasta semen menjadi massa yang keras disebut waktu ikat akhir, pada semen portland tidak boleh lebih dari 480 menit.

5. Panas hidrasi

Panas hidrasi adalah panas yang terjadi pada saat semen bereaksi dengan air. Dalam pelaksanaan, perkembangan panas hidrasi yang sangat tinggi dapat mengakibatkan masalah yakni timbulnya retak pada saat pendinginan. Untuk jenis semen biasa, panas hidrasi bervariasi antara 37 kalori/gram pada 5°C sampai dengan 80 kalori/gram pada 40°C.

2.2.1.3. *Portland Composite Cement*

Portland Composite Cement adalah semen hidrolis yang terdiri dari campuran homogen antara semen Portland dengan *fly ash* dan *pozzolan* halus yang diproduksi dengan cara menggiling *clinker* semen Portland dan *fly ash* ditambah *pozzolan* bersama-sama (SNI 15–7064–2004).

Berdasarkan definisi di atas maka yang membedakan PCC dengan semen Portland biasa adalah banyaknya *fly ash* yang ditambahkan pada proses akhir (*finish mill*). Penambahan *fly ash* akan berpengaruh pada struktur beton dalam hal-hal sebagai berikut :

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

Kriteria ini akan meningkatkan ketahanan beton terhadap oksidasi akibat lingkungan yang bersifat asam (utamanya daerah rawa). Kelebihan dari penggunaan semen PCC adalah:

- Lebih mudah dikerjakan
- Suhu beton lebih rendah, sehingga tidak mudah retak
- Permukaan acian dan beton lebih halus
- Lebih kedap air
- Lebih tahan terhadap serangan sulfat
- Mempunyai kekuatan yang tinggi
- Lebih tahan lama

Berikut adalah bahan-bahan tambahan yang terdapat pada PCC:

1. *Limestone* (L, LL)

Limestone harus memenuhi persyaratan kandungan *calcium carbonat* (CaCO_3), dihitung dari kandungan CaO minimal 75% berat.

2. *Blastfurnace slag* (S)

Granulated blastfurnace dibuat dengan pendinginan cepat dari lelehan slag yang dihasilkan dari pembakaran *iron ore* dalam tanur tinggi, dan minimal dua per tiga bagiannya terdiri dari *glassy slag*. *Granulated blastfurnace slag*, terdiri dari minimal jumlah dua per tiga bagiannya terdiri dari *calcium oxide* (CaO), *magnesium oxide* (MgO) dan *silicon dioxide* (SiO_2). Perbandingan berat $(\text{CaO} + \text{MgO})/(\text{SiO}_2)$ tidak lebih dari 5%.

3. *Pozzolan Material* (P, Q)

Pozzolan material adalah bahan alami yang terdiri dari komposisi siliceous atau silico-aluminous atau kombinasi keduanya. *Pozzolan material* tidak dapat mengeras ketika dicampur dengan air, butiran halusny dapat bereaksi secara kimia pada suhu normal dengan *calcium hydroxide* (Ca(OH)_2) membentuk *calcium silicate* dan *calcium aluminate*, campuran tersebut berbentuk material hidrolis yang keras.

Pozzolan terdiri dari *silicon dioxide* (SiO_2) reaktif dan aluminium *oxide* (Al_2O_3), kandungan lainnya adalah *iron oxide* (Fe_2O_2) dan oksida lainnya. Kandungan *silicon* (SiO_2) reaktif tidak boleh lebih dari 25.0% berat. *Pozzolan material* harus dipersiapkan dengan baik meliputi seleksi, homogenisasi, pengeringan atau pemanasan.

Proporsi bahan-bahan penyusun semen PCC Tiga Roda terdapat dalam tabel berikut.

Tabel 2. 2 Komposisi Kimia Semen PCC Tiga Roda

	Chemical Properties			
1	SiO ₂	%		21,66
2	Al ₂ O ₃	%		5,95
3	Fe ₂ O ₃	%		3,39
4	CaO	%		57,84
5	MgO	%		3,15
6	SO ₃	%	≤ 4,0	1,73
7	Free Lime	%		1,09
8	Total Alkali	%		0,50
9	Insoluble Residue	%		7,77
10	Loss on Ignition	%		4,72

(PT. Indocement Tunggal Prakarsa)

2.2.2. Agregat

Agregat adalah material berbutir seperti pasir, kerikil, batu pecah atau ampas pembakaran besi yang digunakan dengan media pengikat untuk membentuk mortar atau beton, atau dapat digunakan untuk lapisan dasar atau balas jalan kereta api (ASTM C 125 – 03).

Agregat terutama didapat dari berbagai jenis batu. Kebanyakan agregat didapat dari menghancurkan atau memecah batu. Batu dan batu pecah yang digunakan sebagai agregat pada berbagai proyek konstruksi, pada umumnya sangat tahan lama. Batu yang daya tahannya lemah cenderung menyebabkan kerusakan pada komponen struktur. Kerusakan yang terjadi tergantung dari tekstur butirannya, komposisi mineralnya, dan strukturnya. Tekstur butiran halus lebih mampu menahan perubahan suhu daripada tekstur butiran kasar. Batu yang padat lebih sedikit tembus air daripada batu berpori.

Agregat pada beton mempunyai tiga fungsi utama yaitu :

1. Sebagai material pengisi yang relatif lebih murah dari semen.
2. Sebagai material padat yang tahan terhadap beban yang bekerja, abrasi, perkolasi air dan pengaruh cuaca.
3. Mengurangi kembang-susut dari pasta semen.

2.2.3.1. Klasifikasi Agregat

Berdasarkan ukuran butirannya (Mulyono, T., 2003) :

1. Agregat halus

Agregat halus adalah agregat yang semua butirannya lolos ayakan dengan lubang 4,75 mm (ASTM C 33,1982).

2. Agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan butiran-butiran tertahan diatas ayakan dengan lubang 4,75 mm (ASTM C 33,1982).

2.2.3.1. Karakteristik Agregat

1. Penyerapan air dalam agregat

Persentase air yang mampu diserap oleh agregat, jika agregat direndam dalam air sampai jenuh, disebut serapan air atau daya serap air dalam agregat. Jika agregat yang didalamnya jenuh dengan air yang diambil dari rendaman, agregat tersebut dalam keadaan basah. Jika air diluar agregat sudah menguap (permukaan agregat kering), agregat dalam keadaan jenuh kering muka.

Nilai absorpsi yang baik dari agregat halus adalah di bawah 2% (ASTM C 128). Sedangkan nilai absorpsi yang baik dari agregat kasar adalah di bawah 4% (ASTM C127).

2. Kadar air dalam agregat

Keadaan air dalam agregat dibedakan atas beberapa hal berikut :

- Keadaan kering oven, yaitu agregat benar-benar dalam keadaan kering atau tidak mengandung air. Keadaan ini menyebabkan agregat dapat secara penuh menyerap air.
- Kering udara, permukaan butir-butir dalam keadaan kering tetapi dalam butiran masih mengandung air. Pasir atau kerikil dalam keadaan ini masih dapat menyerap sedikit air.
- Jenuh kering muka (*saturated and surface-dry, SSD*). Pada keadaan ini permukaan agregat kering (tidak ada air), tetapi butiran-butiran agregat jenuh dengan air. Sehingga pada keadaan ini tidak menyerap air dan tidak menambah jumlah air bila dipakai dalam campuran beton.
- Basah, pada keadaan ini butiran-butiran agregat banyak mengandung air, baik dalam butiran maupun dalam permukaan agregat sehingga jika dipakai dalam campuran beton penggunaan air harus dikurangi.

3. Kadar Lumpur Agregat Halus

Keberadaan lumpur akan meningkatkan kebutuhan air atau mengurangi rongga udara. Keberadaan material yang lebih halus dari ayakan 75- μm (No.200) dapat ditoleransi asal bebas dari kandungan lumpur. Kadar lumpur yang diizinkan pada agregat halus menurut ASTM C 117 adalah 0.2 – 6 %.

4. Keausan Agregat Kasar

Ketahanan terhadap keausan dengan menggunakan *Los Angeles Testing Machine*, kehilangan berat setelah pengujian harus berkisar antara 15 - 50% (ASTM C 131 dan C 535).

Tabel 2. 3 Persyaratan Keausan Agregat Kasar

Kekuatan beton	Maksimum bagian yang hancur dengan Mesin Los Angeles, lolos ayakan 1,7 mm (%)
Kelas I (sampai 10 MPa)	50
Kelas II (10 MPa – 20 MPa)	40
Kelas III (di atas 20 MPa)	27

5. Gradasi agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butiran agregat memiliki ukuran yang sama (seragam), volume pori antar butiran akan menjadi besar. Dan sebaliknya jika ukuran butiran bervariasi, maka pori antar butiran menjadi kecil karena sebagian poripori akan terisi oleh butiran yang lebih kecil, sehingga pori-porinya berkurang.

Tabel 2. 4 Gradasi Standar Agregat Halus Alam Berdasarkan ASTM C 33 - 78

Diameter ayakan	Persentase Lolos
9.5 mm (No.2)	100
4.75 mm (no.4)	95 sampai 100
2.36 mm (No.8)	80 sampai 100
1.18 mm (No.16)	50 sampai 85
600 μm (No.30)	25 sampai 60
300 μm (No.50)	10 sampai 30
150 μm (No.100)	2 sampai 10

Tabel 2. 5 Gradasi Standar Agregat Kasar Alam Berdasarkan ASTM C 33 - 78

Diameter ayakan	Prosentase Lolos
25.4 mm (1")	100
19.0 mm (3/4")	90 sampai 100
9.50 mm (3/8")	20 sampai 55
4.75 mm (No.4)	0 sampai 10
2.36 mm (No.8)	0 sampai 5

6. Modulus Kehalusan (*Fineness Modulus*)

Modulus kehalusan (*fineness modulus*) atau biasa disingkat dengan FM ialah suatu indeks yang dipakai untuk mengukur kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat. Makin besar nilai FM suatu agregat berarti semakin besar butiran agregatnya. Umumnya agregat halus mempunyai FM sekitar 1,50-3,8 (Mulyono, T., 2003).

2.2.3. Air

Kualitas dari air sangat penting, karena ketidakmurnian air dapat mempengaruhi pengikatan dari semen, mempengaruhi kekuatan beton atau dapat menodai permukaann, dan dapat membawa beton menuju korosi. Kualitas air pencampur yang baik secara umum adalah air yang dapat diminum (Neville, A.M.,1987).

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

2.3. Karakteristik Beton Segar

2.3.1. Workabilitas

Workabilitas dari beton dapat didefinisikan sebagai kemudahan bagaimana campuran beton dapat dikerjakan dari mesin pencampur ke struktur akhir yang diinginkan (Somayaji, Shan, 2001).

Sifat workabilitas (biasa disebut kelecakan) beton dapat diklasifikasikan menjadi:

1. *Compactibility*, mewakili sifat kemudahan pemampatan beton dengan cara menghilangkan rongga udara yang ada.
2. *Stability*, yaitu ketahanan beton terhadap segregasi materialnya selama masa pengangkutan atau saat pemadatan.
3. *Mobility*, yaitu kemudahan beton segar untuk mengisi seluruh sudut cetakan dan rongga antar tualangan.
4. *Finishability*, yaitu sifat yang menolong untuk memperoleh penyelesaian permukaan beton yang licin dan baik.

Sifat workabilitas beton ini sedikit banyak dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti rasio air-semen, gradasi agregat, ukuran maksimum agregat, bentuk dan tekstur permukaan agregat, rasio pasir-agregat, kepadatan agregat, absorpsi agregat dan kekayaan atau proporsi campuran beton.

Pengukuran derajat workabilitas beton dilakukan dengan pengujian-pengujian seperti:

1. Uji *Slump* (ASTM C 143 - 78), untuk mengetahui variasi dari keseragaman dan konsistensi dari campuran beton tertentu.
2. *Flow Test* (ASTM C 124 - 39), merupakan uji laboratorium untuk mengetahui konsistensi beton dan ketahanan terhadap segregasi dengan cara mengukur sebaran beton yang dijatuhkan dari ketinggian tertentu.

2.3.2. Konsistensi dan *Slump*

Konsistensi adalah ukuran dari kebasahan atau tingkat fluiditas dari beton, dan tergantung dari proporsi campuran dan sifat-sifat dari material pencampur (Somayaji, Shan, Civil Engineering Materials, 2001).

Konsistensi merupakan mobilitas relatif atau kemampuan untuk mengalir atau tercurah (ASTM C 125 – 03). Campuran basah secara umum lebih mudah dikerjakan dari campuran yang kering, namun campuran dari konsistensi yang sama bisa memiliki workabilitas yang berbeda.

Konsistensi biasanya diukur dengan menggunakan tes *slump* (ASTM C-143). *Slump* juga merupakan ukuran tidak langsung dari workabilitas, walaupun yang dites hanya konsistensinya. Nilai *slump* diukur dari penurunan campuran

yang terjadi, sehingga semakin besar penurunannya, maka beton akan lebih mudah dikerjakan, dan nilai konsistensinya lebih tinggi, demikian sebaliknya.

Tes *slump* beton dilakukan segera setelah beton selesai dicampur, hal ini untuk mengukur *slump* beton secara akurat, karena semakin lama waktu jeda yang dipakai untuk melakukan tes *slump*, maka ikatan beton akan semakin mengeras, dan *slump* yang dihasilkan tidak akurat lagi.

Berikut adalah penjelasan mengenai berbagai macam *slump*:

1. *Near-Zero Slump*

Campuran yang sangat kering, yaitu yang kandungan airnya sangat kecil, akan memiliki *slump* yang mendekati nol. Agregat yang ringan akan lebih banyak menyerap air, sehingga campuran menjadi kasar dan *slump* lebih rendah.

2. *Normal Slump*

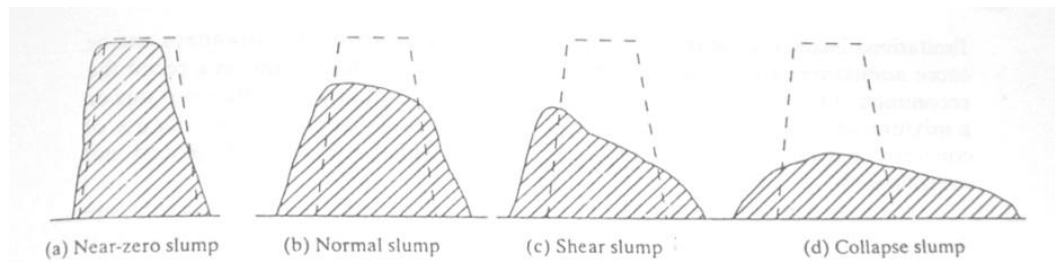
Beton yang memiliki proporsi campuran yang baik akan turun (*slump*) secara bertahap dan mendapatkan bentuk awalnya, artinya ikatan dalam campuran tidak terlepas, dan homogenitas campuran tetap terjaga. *Slump* jenis ini merupakan *slump* yang dianjurkan karena daya serapnya kecil namun tidak terlalu encer sehingga kestabilan beton dapat terjamin.

3. *Shear Slump*

Campuran yang buruk akan terjadi pemisahan, dan campuran akan jatuh karena ikatannya terlepas. Beton yang nilai plastisitas dan kohesinya rendah akan menghasilkan *shear slump*. *Shear Slump* merupakan jenis *slump* yang komposisi airnya terlalu banyak sehingga kestabilan beton tidak dapat terjamin.

4. *Collapse Slump*

Beton yang sangat basah akan menghasilkan *collapse slump*, dimana pemisahan dari material halus dari partikel yang lebih kasar akan terlihat. *Slump* ini merupakan jenis *slump* yang sangat buruk karena komposisi airnya sangat banyak dan jauh melebihi dari komposisi agregat penyusunnya sehingga tingkat konsistensinya sangat rendah.



Gambar 2. 2 Jenis – Jenis *Slump*

(Sumber : Shan Somayaji, Civil Engineering Materials, 2001)

2.3.3. Pemisahan Butiran (*Segregation*)

Campuran beton dikatakan mengalami *segregation* bila kerikil terpisah dari campuran beton selama pengangkutan, pengecoran dan pemadatan.

Resiko *segregation* akan timbul jika (Neville, A.M., 1995) :

- Campuran beton yang kadar semennya rendah
- Campuran beton yang kadar airnya terlalu tinggi
- Campuran beton yang kurang pasir
- Pengecoran yang tidak memperhatikan tinggi jatuhnya penuangan beton.

2.3.4. Pemisahan Air ke Permukaan (*Bleeding*)

Bleeding adalah pemisahan air dari campuran beton, hal ini terjadi dengan merembesnya air ke permukaan beton selama beton diangkat, digetar dalam pemadatan atau setelah beton selesai pada pengecoran. Hal ini biasanya terjadi pada beton yang mempunyai kelebihan air atau campuran beton yang memiliki nilai *slump* tinggi. Tindakan pencegahannya dengan menambahkan *filler* atau dengan menambah kadar semen (Neville, A.M., 1995).

2.4. Karakteristik Beton Keras

2.4.1. Kuat Tekan

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Semakin tinggi kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dibutuhkan.

Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur uji ASTM C-39 atau SNI 03-1974-1990 pada umur 28 hari.

Beton harus dirancang proporsi campurannya agar menghasilkan suatu kuat tekan rata-rata yang disyaratkan. Pada tahap pelaksanaan konstruksi, beton yang telah dirancang campurannya harus diproduksi sedemikian rupa sehingga memperkecil frekuensi terjadinya beton dengan kuat tekan yang lebih rendah dari f'_c seperti yang telah disyaratkan.

Kriteria penerimaan beton tersebut harus sesuai dengan syarat yang berlaku. Menurut Standar Nasional Indonesia, kuat tekan harus memenuhi $0.85 f'_c$ untuk kuat tekan rata-rata dua silinder dan memenuhi $f'_c + 0.82 S$ untuk rata-rata empat buah benda uji yang berpasangan dengan S adalah simpangan baku.

2.4.2. Kuat Tarik Belah

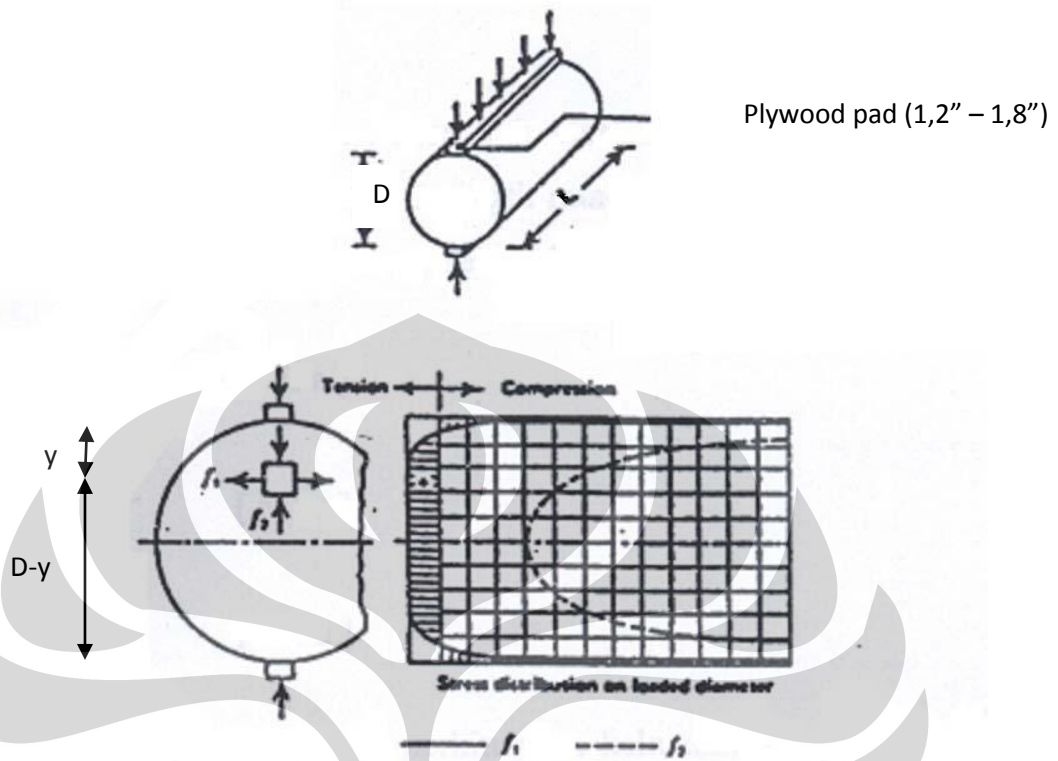
Untuk menentukan tegangan tarik beton dilakukan uji silinder belah yang diperkenalkan oleh Fernando Carneiro, berkebangsaan Brazilia, sehingga uji ini dikenal juga dengan "Brazilian Test" atau "Splitting Test".

Kuat belah dapat dihitung dengan rumus

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots(2. 1)$$

Untuk beton normal, berdasarkan ACI 318M-05 ditetapkan hubungan antara kuat tarik (f_t dalam MPa) dengan kuat tekannya (f'_c dalam MPa), sebagai berikut:

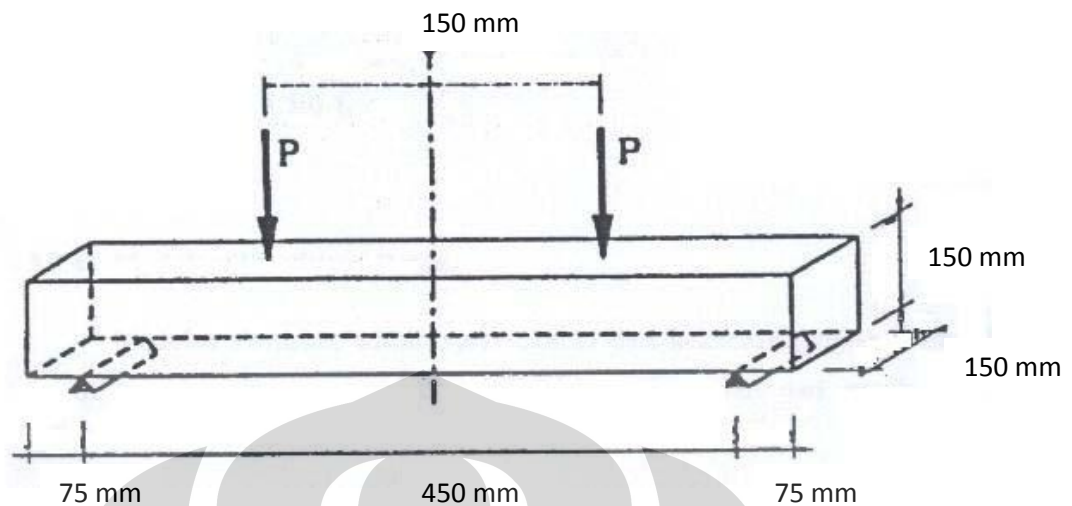
$$f_t = (0,556) \times (f'_c)^{0,5} \dots\dots\dots(2. 2)$$



Gambar 2. 3 Uji Tarik Belah
(Sumber : Chandra, Johanes, 2008)

2.4.3. Kuat Lentur

Dalam desain campuran beton untuk konstruksi jalan dan perkerasan bandara, kriteria dari kuat lentur dianggap lebih penting dari kuat tekan. Nilai MOR ditentukan dari nilai tegangan tarik maksimum yang terjadi pada serat bawah balok. Kuat Lentur sebenarnya merupakan kuat tarik beton, karena retak yang terjadi merupakan akibat tegangan tarik yang terjadi. Kuat lentur didapat dari uji lentur, dimana balok uji yang digunakan harus memiliki ukuran panjang minimum 3 kali dari tinggi balok. Uji ini dikenal dengan pembebanan dua titik. Uji ini menghasilkan tegangan tarik di bagian bawah balok dan tegangan tekan di bagian atas. Karena beton lemah terhadap tarik, maka ketika balok terbelah, disebut retak lentur. Dari uji ini dapat dihasilkan MOR (*Modulus of Rupture*), yang dipengaruhi oleh nilai momen, inersia, dan jarak dari titik berat. Nilainya tergantung dari rasio air-semen, usia uji, dan *curing*-nya.



Gambar 2. 4 Uji Lentur

(Sumber : Chandra, Johannes, 2008)

$$\text{Tegangan lentur} = \text{Kuat Tarik} = \frac{My}{I} \dots\dots\dots(2.3)$$

Jika retak terjadi di sepertiga tengah dari bentang balok, maka nilai MOR dapat dihitung sebesar

$$\text{MOR} = \frac{PL}{bd^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Menurut ASTM C 78, jika retak terjadi diluar sepertiga bentang tengah dari balok, maka hasil pengujian tidak dapat digunakan.

Berdasarkan ACI 318M-05, untuk beton normal, didapat nilai MOR (f_c' dalam MPa)

$$\text{MOR} = 0,62 \times (f_c')^{0,5} \dots\dots\dots(2.5)$$

2.5. Faktor Air Semen

Faktor air semen adalah rasio berat air terhadap berat semen yang digunakan dalam campuran beton. Faktor air semen memiliki pengaruh penting pada kualitas beton yang dihasilkan. Faktor air semen yang lebih rendah mengarah pada kekuatan dan daya tahan lebih tinggi, namun dapat membuat campuran lebih sulit dibentuk.

Terlalu banyak air akan menghasilkan pemisahan pasir dan batu (lebih pasir di lapisan atas karena batu akan menetap di bagian bawah). Selain itu, setiap air yang tidak dikonsumsi oleh reaksi hidrasi pada akhirnya akan meninggalkan

beton seperti yang mengeras, sehingga pori-pori atau lubang mikroskopis yang akan mengurangi kekuatan akhir beton. Campuran dengan terlalu banyak air akan mengalami penyusutan lebih, menyebabkan keretakan terutama di sekitar dalam sudut-sudut yang akan mengurangi kekuatan akhir beton.

Secara umum diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS, akan semakin rendah mutu kekuatan beton. Namun demikian, nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu berarti kekuatan beton akan semakin tinggi. Ada batas-batas dalam hal ini. Nilai FAS yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu pada saat pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Umumnya nilai FAS minimum yang diberikan sekitar 0,4 dan maksimum 0,65. Rata-rata ketebalan lapisan yang memisahkan antar partikel dalam beton sangat bergantung pada FAS yang digunakan dan kehalusan butir semennya. Hubungan antara FAS dengan kuat tekan beton (Abraham, 1920) dinyatakan dalam persamaan:

$$f'c = A / (B^{1,5X}) \dots\dots\dots(2. 6)$$

Di mana A dan B merupakan nilai konstanta serta X merupakan nilai FAS. Pada praktiknya untuk mengatasi kesulitan pengerjaan karena rendahnya nilai FAS ini digunakan bahan tambah (*admixture*) yang bersifat menambah keenceran (*plasticity or plasticilizer admixture*).

2.6. Teori Statistik untuk Sampel Kecil

2.6.1. Ukuran Sampel

Sampel besar adalah sampel yang berukuran $N > 30$, distribusi penarikan sampel dari kebanyakan statistik mendekati normal, dan pendekatan ini semakin sempurna jika N semakin besar. Untuk sampel yang berukuran $N < 30$, disebut sampel kecil, pendekatan normal ini kurang sempurna dan semakin memburuk jika N semakin kecil, sehingga diperlukan penyesuaian-penyesuaian seperlunya. Untuk sampel kecil umumnya digunakan analisis menggunakan ukuran pemusatan.

2.6.2. Ukuran Pemusatan

Metode ukuran pemusatan dilakukan dengan mengambil pusat data dari kelompok data yang disusun menurut besar kecilnya nilai. Metode ini mempunyai kecenderungan memusat (*measures of central tendency*). Pengambilan nilainya dari himpunan atau sekelompok data tersebut dinamakan rata-rata (*average*). Beberapa jenis rata-rata yang sering digunakan ialah rata-rata hitung (*geometric mean*) dan rata rata harmonis (*harmonic mean*). Setiap rata-rata tersebut selain mempunyai keunggulan juga memiliki kelemahan, dan ketepatan penggunaannya sangat bergantung pada sifat dari data dan tujuannya.

2.6.3. Rata-rata Hitung

Rata-rata hitung sering digunakan sebagai dasar perbandingan antara dua kelompok nilai atau lebih. Jika, terdapat nilai variabel X, sebagai hasil pengamatan atau observasi sebanyak N kali, yaitu $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$, maka:

$$\text{Rata-rata sebenarnya (populasi): } \mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \dots\dots\dots(2.7)$$

Rata-rata ini dihitung berdasarkan populasi, karena itu rata-rata sebenarnya sering disebut rata-rata populasi.

2.6.4. Simpangan Baku (Standar Deviasi)

Perhitungan rata-rata hanya menghasilkan pusat data tanpa memperhatikan sebarannya (dispersi). Simpangan baku adalah yang paling banyak dipergunakan untuk analisis disperse, sebab mempunyai sifat-sifat matematis yang sangat penting.

Simpangan baku diperoleh dari akar kuadrat positif varians, dimana varians adalah rata-rata hitung dari kuadrat simpangan setiap pengamatan terhadap rata-rata hitungnya. Rumus varians (σ^2) sebagai berikut:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2 \dots\dots\dots(2.8)$$

Maka simpangan bakunya adalah,

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N}} \dots\dots\dots(2.9)$$

2.6.5. Distribusi *Chi-Square*

Sampel-sampel sebesar N yang diambil dari populasi normal dengan deviasi standar σ , jika setiap sampel menghitung χ^2 . Distribusi ini disebut distribusi *chi-square* dirumuskan sebagai

$$\chi^2 = \frac{Ns^2}{\sigma^2} = \frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_N - \bar{X})^2}{\sigma^2} \dots\dots\dots(2. 10)$$

2.6.6. Interval Keyakinan Dari χ^2

Jika $\chi_{0,025}^2$ dan $\chi_{0,975}^2$ merupakan nilai-nilai χ^2 di mana 2,5% dari daerah di bawah kurva terletak pada masing-masing ujung distribusi maka interval keyakinan 95% adalah $\chi_{0,025}^2 < \frac{Ns^2}{\sigma^2} < \chi_{0,975}^2$, dari rumus itu dapat dilihat bahwa σ terletak dalam interval $\frac{s\sqrt{N}}{\chi_{0,975}} < \sigma < \frac{s\sqrt{N}}{\chi_{0,025}}$ dengan 95% keyakinan. Cara yang sama digunakan untuk interval-interval keyakinan yang lain dapat dicari. Nilai $\chi_{0,025}^2$ dan $\chi_{0,975}^2$ masing-masing mewakili nilai-nilai persentil 2,5 dan 97,5.

2.6.7. Derjat Kebebasan

Derajat kebebasan dari suatu statistik yang biasanya dinyatakan sebagai ν adalah jumlah N observasi yang bebas dalam sampel dikurangi dengan sejumlah k parameter populasi yang harus disuga dari observasi sampel, $\nu = N - k$. Di dalam statistik jumlah observasi bebas dalam sampel adalah sebesar N , dan dapat menghitung X dan s . Namun, harus menduga μ , $k = 1$ dan $\nu = N - 1$.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

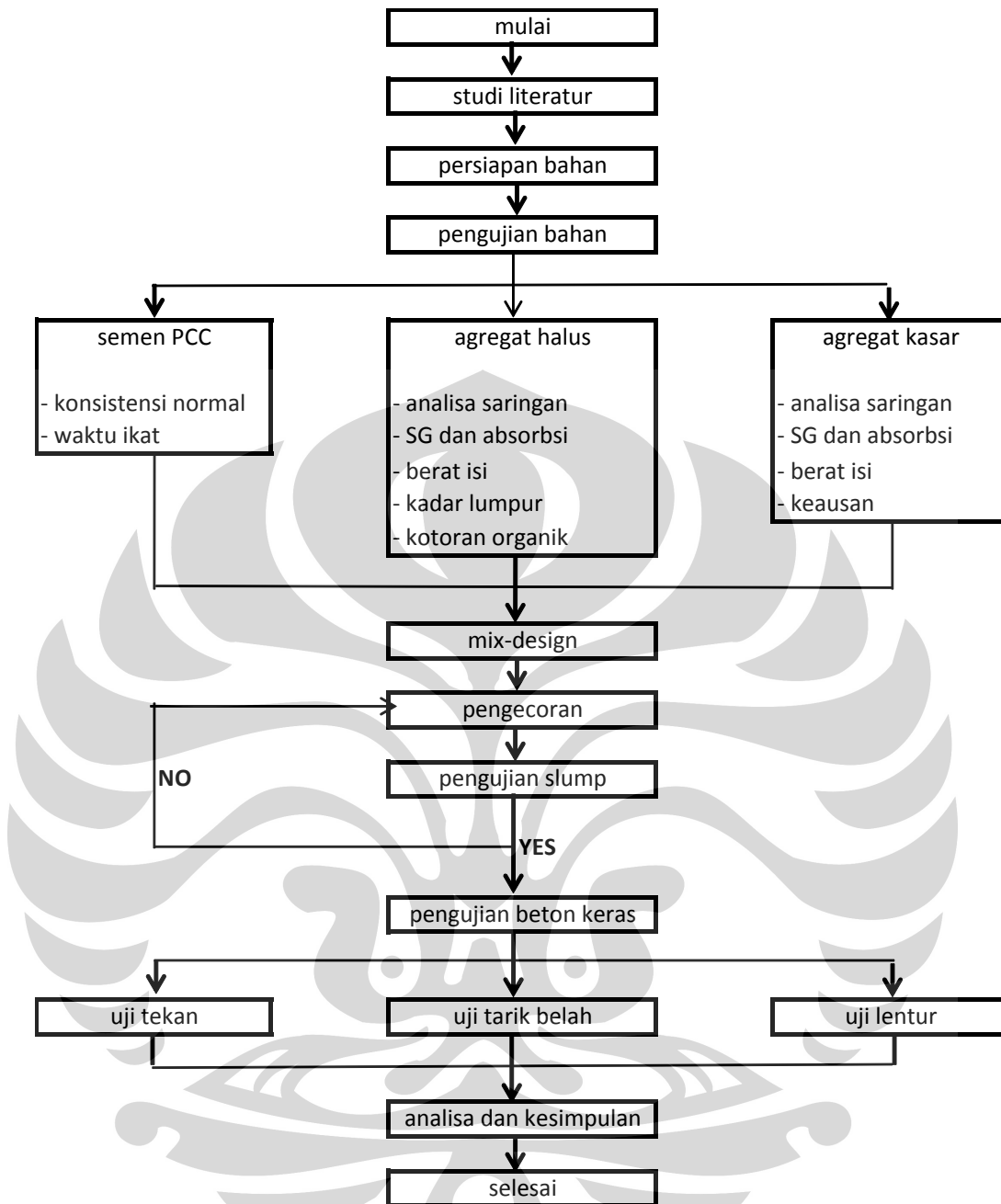
3.1. Prosedur Penelitian

3.1.1. Alur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan mempersiapkan bahan yang terdiri dari semen PCC, agregat kasar, agregat halus, dan air. Kemudian dilakukan pemeriksaan terhadap agregat kasar dan halus untuk mengetahui karakteristik masing-masing agregat. Setelah itu dilakukan perhitungan *mix-design* menggunakan nilai faktor air semen yang bervariasi. Perhitungan *mix-design* dilakukan dengan metode *US Bureau of Reclamation* yang dikembangkan oleh JSCE (*Japan Society of Civil Engineer*). Setelah itu dilakukan pembuatan benda uji beton sebanyak yang tertera pada tabel 3.1, yang dilanjutkan dengan pengujian beton muda yaitu uji *slump* dan uji *setting time*. Setelah beton mengeras, dilakukan uji kuat lentur dan tarik belah pada umur 7, 14 dan 28 hari.

Tabel 3. 1 Jumlah Benda Uji

Faktor Air Semen	Uji Tarik Lentur Balok (15x15x55)			Uji Tarik Belah Silinder (15x30)			Uji Tekan Silinder (10x20)			
	Jumlah			Jumlah			Jumlah			
	Umur 7 hari	Umur 14 hari	Umur 28 hari	Umur 7 hari	Umur 14 hari	Umur 28 hari	Umur 7 hari	Umur 14 hari	Umur 28 hari	
0.3	3	3	3	5	5	5	5	5	5	
0.35	3	3	3	5	5	5	5	5	5	
0.45	3	3	3	5	5	5	5	5	5	
0.55	3	3	3	5	5	5	5	5	5	
0.65	3	3	3	5	5	5	5	5	5	
0.75	3	3	3	5	5	5	5	5	5	
0.8	3	3	3	5	5	5	5	5	5	
Total	21	21	21	35	35	35	35	35	35	273



Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian

3.1.2. Bahan Penelitian

Material dasar pembentuk beton yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agregat Kasar

Tipe : Batu Pecah (*split*) kusuma

Sumber : PT. Jayamix

2. Agregat Halus

Tipe : Pasir alam (Pasir Hitam)

Sumber : Galunggung

3. Air

Jenis : Air PAM

Sumber : Laboratorium Struktur dan Material Departemen Sipil FTUI

4. Semen

Tipe : PCC (*Portland Composite Cement*)

Sumber : PT. Indocement

3.1.3. Standar Penelitian

Dalam penelitian ini, standar yang digunakan adalah standar dalam pengujian material bahan pembentuk beton, khususnya agregat kasar dan agregat halus, serta pengujian terhadap beton muda dan beton yang sudah mengeras. Standar yang digunakan diambil dari standard ASTM (*American Society For Testing And Materials*).

Sedangkan metode perhitungan mix-design yang digunakan adalah metode *US Bureau of Reclamation* yang telah dikembangkan oleh *Japan Society of Civil Engineer* (JSCE).

3.2. Pengujian Material Penelitian

3.2.1. Pengujian Semen PCC

1. Penentuan Konsistensi Normal Semen Hidrolis

Pengujian ini dilakukan berdasarkan ASTM C 187 – 98.

a. Tujuan :

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. Bahan :

Semen PCC \pm 3,5 kg (untuk \pm 6 percobaan); Air bersih (dengan suhu kamar).

c. Peralatan:

- 1) Mesin aduk (mixer), dengan daun-daun pengaduk dari baja tahan karat serta mangkuk yang dapat dilepas.
 - 2) Alat vikat.
 - 3) Timbangan dengan kepekaan sampai 1,0 gram.
 - 4) Alat pengorek (scraper) dibuat dari karet yang agak kaku.
 - 5) Gelas ukur dengan kapasitas 150 atau 200 ml.
 - 6) Sendok perata (trowel).
 - 7) Sarung tangan karet.
- d. Prosedur:
- 1) Pasang daun pengaduk serta mangkuk pada alat pengaduk.
 - 2) Masukkan bahan untuk percobaan dalam mangkuk dan campurlah sebagai berikut:
 - Tuangkan air ($\pm 155 - 125$ cc untuk semen tipe I dan $\pm 130 - 140$ cc untuk semen tipe III).
 - Masukkan 500 gram semen kedalam air dan biarkan untuk penyerapan selama 30 detik.
 - Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan rendah (140 ± 5 ppm) dan aduklah untuk 1 menit.
 - Hentikan mesin pengaduk untuk 15 detik dan sapulah bahan (pasta) dari dinding sisi mangkuk.
 - Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan sedang (285 ± 10 ppm) dan aduklah untuk 1menit.
 - 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 vikat. Tekankan ke dalam cincin konis sehingga memenuhi cincin tersebut.
 - 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.

- Pusatkan cincin berisi pasta tersebut dibawah batang dan sentuhkan dan kuncilah jarum pada permukaan pasta.
- Tempatkan indikator tepat pada angka nol yang atas. Lepaskan batang bersamaan jarum dengan memutar kunci. Jarum akan masuk ke dalam pasta.
- Bila dalam waktu 30 detik kedalaman masuk jarum kedalam pasta besarnya 10 ± 1 mm dari permukaan, maka konsistensi pasta semen tersebut adalah normal.
- Bila konsistensi normal belum tercapai, ulangi langkah-langkah tersebut di atas hingga tercapai konsistensi normal.

2. Penentuan Waktu Ikat Semen Hidrolis

Pengujian ini dilakukan berdasarkan ASTM C 191 – 04b.

a. Tujuan :

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

b. Bahan :

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

Peralatan :

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

c. Prosedur :

- 1) Tempatkan sudu serta mangkuk (kering) pada alat aduk dalam posisi mengaduk.
- 2) Tempatkan bahan-bahan untuk satu “BATCH” ke dalam mangkuk dengan cara sbb :

- 3) Masukkan semua air pencampur yang jumlahnya telah ditetapkan sebelumnya dalam pembuatan pasta semen dengan konsistensi normal untuk semen 500 gram.
- 4) Masukkan 500 gram semen ke dalam air tersebut dan biarkan menyerap selama 30 detik.
- 5) Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan rendah (140 ± 5 ppm) dan aduklah selama 30 detik.
- 6) Hentikan mesin pengaduk untuk 15 detik dan sapulah bahan (pasta) dari dinding sisi mangkuk.
- 7) Jalankan mesin pengaduk dengan sedang (285 ± 10 ppm) dan aduklah selama 1 menit.
- 8) Segera ambil pasta semen dari mangkuk dan bentuklah sebagai bola, dan tekankan ke dalam cincin konis sesuai cara dalam penentuan konsistensi normal.
- 9) Segera masukkan benda coba tersebut ke dalam ruang lembab dan biarkan di sana terus kecuali bila mau dipakai untuk percobaan.
- 10) 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.
- 11) 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.
- 12) 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.

- 13) Gambarkan penetrasi dalam suatu grafik, besarnya penetrasi jarum vikat sebagai fungsi dari waktu untuk semen-semen tipe I atau III.
- 14) Catat hasil semua percobaan penetrasi. Tentukan waktu tercapainya penetrasi sebesar 25 mm. Inilah waktu ikat.

3.2.2. Pengujian Agregat Halus

1. Pengujian Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM C 128 - 93.

a. Tujuan:

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:

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

c. Bahan:

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

d. Prosedur:

- 1) Agregat halus dibuat jenuh air dengan cara merendam selama 1 hari, kemudian dikeringkan sampai merata (*Free Flowing Condition*).
- 2) 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.
- 3) 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.

- 4) Pisahkan benda uji dari piknometer dan dikeringkan pada temperatur 212 – 230°F selama 1 hari.
- 5) Tentukan berat piknometer berisi air sesuai kapasitas kalibrasi pada temperatur 73.4 ± 30 °F dengan ketelitian 0.1 gram.

e. Perhitungan:

$$\bullet \text{ Bulk Specific gravity (SSD)} : \frac{500}{B + 500 - C} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$\bullet \text{ Apparent Specific gravity} : \frac{A}{B + A - C} \dots\dots\dots (3.2)$$

$$\bullet \text{ Prosentasi Absorpsi} : \frac{500 - A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (3.3)$$

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

2. Pemeriksaan Berat Isi Agregat

Pengujian ini berdasarkan ASTM C 29/29M - 97.

a. Tujuan Percobaan

Pemeriksaan ini dimaksud untuk menentukan berat isi agregat halus.

Berat isi adalah perbandingan berat dengan isi.

b. Peralatan

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

Tabel 3. 2 Kapasitas Wadah Pemeriksaan Berat Isi

Kapasitas (liter)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Tebal Wadah Minimum (mm)		Ukuran Butir 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	3.00	38.1
28.316	355.6 ± 2.5	284,4 ± 2.5	5.08	3.00	101.8

- c. Benda Uji
- d. 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.
- e. Prosedur
 - 1) Berat isi lepas
 - a) Timbang dan catat berat wadah (w_1).
 - b) 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.
 - c) Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
 - d) Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2).
 - e) Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$).
 - 2) Berat isi padat agregat ukuran butir maksimum 36.1 mm ($1\frac{1}{2}$ "") dengan cara penusukkan
 - a) Timbanglah dan catat berat wadah (w_1).
 - b) 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.
 - c) Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
 - d) Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2).

- e) Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$).
- 3) Berat isi pada agregat ukuran butir antara 38.1 mm (1½") sampai 101.8 mm (4") dengan cara penggoyangan
- Timbanglah dan catat berat wadah (w_1).
 - Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal.
 - 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.
 - Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2).
 - Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$).

f. Perhitungan

$$\text{Berat Isi Agregat} = \frac{W_3}{V} \text{ kg/dm}^3 \dots\dots\dots (3.4)$$

3. Analisa Saringan

Pengujian ini berdasarkan standar ASTM C 136 – 95a

a. Tujuan:

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 $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$.

- 4) Alat pemisah contoh (*sample splitter*).
- 5) Mesin penggetar saringan.
- 6) Talam-talam.
- 7) Kuas, sikat kuningan, sendok, dan alat-alat lainnya.

c. Bahan:

Benda uji diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat.

- Ukuran maksimum No.4 berat minimum 500 *gram*.
- Ukuran maksimum No.8 berat minimum 100 *gram*

d. Prosedur

- 1) Sediakan benda uji sebanyak 500 *gram*.
- 2) Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
- 3) 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.
- 4) 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.

4. Pemeriksaan Bahan Lewat Saringan No. 200

Pemeriksaan Bahan Lewat Saringan No. 200 sesuai dengan standar ASTM C 117 - 04.

a. Tujuan Percobaan :

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

b. Peralatan

- 1) Saringan No.16 dan No.200.
- 2) Wadah pencucian benda uji berkapasitas cukup besar sehingga pada waktu diguncang-guncang, benda uji dan atau air pencuci tidak tumpah.

- 3) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- 4) Timbangan dengan ketelitian 0.1 % berat contoh.
- 5) 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. 3 Berat Contoh Agregat Kering Minimum

Ukuran Agregat Maksimum		Berat Contoh Agregat Kering Minimum
<i>mm</i>	<i>inci</i>	<i>Gram</i>
2,36	No. 8	100
1,18	No. 4	500
9,5	$\frac{1}{4}$	2000
19,1	$\frac{3}{4}$	2500
38,1	$1\frac{1}{2}$	5000

d. Persiapan benda uji

- 1) 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.
- 2) Siapkan benda uji dengan berat (w_1) sesuai dengan tabel III.2.

e. Prosedur

- 1) Masukkan benda uji ke dalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
- 2) 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.
- 3) Masukkan air pencuci baru, dan ulanglah pekerjaan No.2 sampai air cucian menjadi bersih.

- 4) 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.
- 5) Setelah kering timbang dan catatlah beratnya (w_3).
- 6) Hitunglah berat bahan kering tersebut ($w_4 = w_3 - w_2$).

f. Perhitungan

$$\text{Jumlah bahan lewat saringan No.200} = \frac{w_1 - w_4}{w_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3.5)$$

5. Pemeriksaan Kotoran Organik Dalam Agregat Halus (ASTM C-40)

a. Tujuan :

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

b. Bahan :

pasir 115ml (kira-kira 1/3 isi botol)

c. Peralatan :

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

d. Prosedur

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

3.2.3. Pengujian Agregat Kasar

1. Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Kasar

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM C 127 - 88.

a. Tujuan:

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

b. Peralatan:

- 1) Timbangan dengan ketelitian 0.5 gram, kapasitas minimum 5 kg.
- 2) Panjang besi 8 in dan tinggi 2.5 in.
- 3) Alat penggantung keranjang
- 4) Oven
- 5) 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:

- 1) Benda uji direndam 24 jam.
- 2) Benda uji digulung dengan handuk, sehingga air permukaannya habis, tetapi harus masih tampak lembab (kondisi SSD). Timbang.
- 3) Benda uji dimasukkan ke keranjang dan direndam kembali dalam air. Temperatur air $73,4 \pm 3^{\circ}\text{F}$ dan ditimbang sebelum *container* diisi benda uji, digoyang-goyang dalam air untuk melepaskan udara yang terperangkap.
- 4) Benda uji dikeringkan pada temperatur $212 - 230^{\circ}\text{F}$. Didinginkan dan ditimbang.

e. Perhitungan:

$$\bullet \text{ Bulk Specific gravity (SSD)} : \frac{B}{B - C} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$\bullet \text{ Apparent Specific gravity} : \frac{A}{A - C} \dots\dots\dots(3.7)$$

$$\bullet \text{ Persentase Absorpsi} : \frac{B - A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(3.8)$$

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.

2. Pemeriksaan Berat Isi Agregat

Pengujian ini berdasarkan ASTM C 29/29M - 97.

a. Tujuan Percobaan

Pemeriksaan ini dimaksud untuk menentukan berat isi agregat kasar.

Berat isi adalah perbandingan berat dengan isi.

b. Peralatan

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

c. Benda Uji

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

- 1) Berat isi lepas
 - a) Timbang dan catat berat wadah (w_1)
 - b) 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
 - c) Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
 - d) Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2)
 - e) Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$)
- 2) Berat isi padat agregat ukuran butir maksimum 36.1 mm ($1\frac{1}{2}$ "") dengan cara penusukkan
 - a) Timbanglah dan catat berat wadah (w_1)

- b) 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.
 - c) Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
 - d) Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2)
 - e) Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$)
- 3) Berat isi pada agregat ukuran butir antara 38,1 mm ($1\frac{1}{2}$ "") sampai 101,8 mm (4") dengan cara penggoyangan
- a) Timbanglah dan catat berat wadah (w_1)
 - b) Isilah wadah dengan benda uji dalam tiga lapis yang sama tebal
 - c) Padatkan setiap lapisan dengan cara menggoyang-goyangkan wadah seperti berikut:
 - d) Letakkan wadah di atas tempat yang kokoh dan datar, angkatlah salah satu sisinya kira-kira setinggi 5 cm kemudian lepaskan
 - e) Ulangi hal ini pada sisi yang berlawanan. Padatkan lapisan sebanyak 25 kali untuk setiap sisi
 - f) Ratakan permukaan benda uji dengan menggunakan mistar perata
 - g) Timbang dan catatlah berat wadah beserta benda uji (w_2)
 - h) Hitunglah berat benda uji ($w_3 = w_2 - w_1$).

3. Analisa Saringan

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM C 136 – 95a.

a. Tujuan:

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

b. Peralatan:

- 1) Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0.2 % dari berat benda uji.
- 2) Satu set saringan : 76.2 mm (3"); 63.5 mm ($2\frac{1}{2}$ ""); 50.8 mm (2"); 37.5 mm ($1\frac{1}{2}$ ""); 25 mm (1"); 19.1 mm ($\frac{3}{4}$ ""); 12.5 mm ($\frac{1}{2}$ ""); 9.5 mm ($\frac{1}{4}$ ""); No.4; No.8; No.16; No.30; No.50; No.100; No.200 (standar ASTM).

- 3) Oven yang dilengkapi dengan pengukur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- 4) Alat pemisah contoh (*sample splitter*).
- 5) Mesin penggetar saringan.
- 6) Talam-talam.
- 7) Kuas, sikat kuningan, sendok, dan alat-alat lainnya.

c. Bahan:

Benda uji diperoleh dari alat pemisah.

d. Prosedur

- 1) Sediakan benda uji sebanyak 2.5 kg.
- 2) Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
- 3) 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.
- 4) 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.

4. Pemeriksaan Abrasi dengan Menggunakan Mesin Los Angeles

Pemeriksaan ini dilakukan berdasarkan standar ASTM C 131 - 89.

a. Tujuan:

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

- 1) Saringan $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$.
- 2) 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”).

- 3) Saringan No. 12 dan saringan-saringan lainnya seperti tercantum dalam No.1.
- 4) Timbangan dengan ketelitian 5 gram.
- 5) Bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4.68 cm dan berat masing-masing antara 390 gram sampai 445 gram.
- 6) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

c. Bahan:

- Berat dengan gradasi benda uji sesuai tabel III.1.
- Bersihkan benda uji dan keringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.

d. Prosedur

1. Keringkan aggeragat kasar dalam oven $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ selama 1 hari
2. Saring benda uji dalam saringan $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$
3. Benda uji dan bola-bola baja dimasukkan ke dalam mesin Los Angeles.
4. Putar mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm, 500 putaran untuk gradasi A dan B selam 15 menit.
5. Tunggu 5 menit agar agregat yang menempel pada dinding mesin berkumpul di bawah.
6. Setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan No.12. Butiran yang tertahan dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.

e. Perhitungan:

$$\text{Keausan} = \frac{A - B}{B} \times 100\% \dots\dots\dots(3.9)$$

Keterangan:

A = Berat benda uji semula (*gram*)

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

3.3. Perhitungan Rancang Campur (*Mix-Design*)

Setelah mendapatkan nilai-nilai dari properti agregat maka selanjutnya adalah menentukan komposisi campuran beton, yaitu *mix design*. Berikut adalah langkah-langkah perhitungan dari campuran beton dengan menggunakan metode *US Bureau of Reclamation* yang telah dikembangkan oleh *Japan Society of Civil Engineer (JSCE)*.

3.3.1. Menentukan Ukuran Butir Maksimum Agregat Kasar

Ukuran maksimum butir agregat kasar ditentukan berdasarkan jenis, dimensi dan kerapatan tulangan pada struktur tersebut. Dalam menentukannya digunakan tabel berikut.

Tabel 3. 4 Ukuran Agregat Maksimum yang Dianjurkan dalam Konstruksi

Dimensi Bagian Konstruksi (cm)	Ukuran Agregat Maksimum (mm) untuk :		
	Dinding, Balok, Kolom Bertulang	Slab dengan Penulangan Maksimum	Slab dengan Penulangan Minimum
12,5	-	20 – 40	20 – 40
15 – 30	20 – 40	40	40 – 80
30 – 75	40 – 80	80	80 – 150
75	40 – 80	80	150

(Sumber : US Bureau of Reclamation, "Concrete Manual", 8th Edition, 1975)

3.3.2. Menentukan *Slump* Beton

Slump beton menentukan workabilitas beton. Semakin tinggi nilai *slump* berarti semakin tinggi tingkat kemudahannya, dan dalam hal ini semakin banyak air yang diperlukan, dimana juga akan menghasilkan kuat tekan beton yang semakin rendah. Dalam beberapa standar telah ditentukan nilai *slump* beton untuk beberapa jenis konstruksi yang terdapat pada tabel berikut.

Tabel 3. 5 Ukuran *Slump* Maksimum untuk bermacam – macam Konstruksi Beton

Jenis konstruksi	<i>Slump</i> maksimum (cm)
1. heavy mass concrete	5
2. canal lining dengan tabel >8cm	8
3. slap dan tunnel invert	5
4. walls, pier, parapet, dan curb	5
5. side walls, tunnel lining	10
6. konstruksi lainnya	8

(Sumber: US Bureau of Reclamation, "Concrete Manual", 8th edition, 1975)

3.3.3. Menentukan *Water-Cement Ratio*

Faktor air semen ditentukan berdasarkan kuat tekan beton yang diinginkan dengan menggunakan tabel berikut.

Tabel 3. 6 Perkiraan Kuat Tekan Beton untuk berbagai Nilai FAS (w/c)

<i>Water-cement ratio</i> (W/C)	<i>Compressive strength</i> pada umur 28 hari (kg/cm ²)	
	Beton dengan A.E saja	Beton dengan A.E+W.R.A
0.40	400	450
0.45	340	390
0.50	290	340
0.55	250	290
0.60	220	250
0.65	180	220
0.70	150	190

(Sumber: US Bureau of Reclamation, "Concrete Manual", 8th edition, 1975)

3.3.4. Menentukan Jumlah Air Adukan

Jumlah air adukan ditentukan berdasarkan ukuran butir maksimum agregat kasar. Selain itu juga dapat ditentukan kandungan udara dalam beton dan persentase pasir terhadap total agregat (S/A). nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. 7 Perkiraan Jumlah Agregat Kasar dan Jumlah Air per meter kubik Beton dan Proporsi Pasir terhadap Total Agregat

Max Size of Agregate (mm)	Uint Coarse agregate Content by Volume (%)	Concrete without AE ad.			
		Entrapped Air (%)	Sand Percent S/A(%)	Water content W (kg)	Air Content (%)
15	53	2.5	49	190	7.0
20	61	2.0	45	185	6.0
25	66	1.5	41	175	5.0
40	72	1.2	36	165	4.5
50	75	1.0	33	155	4.0
80	81	0.5	31	140	3.5

(Sumber: Japan Society of Civil Engineer (JSCE), "The Concrete Standart Specification")

Tabel di atas berlaku untuk beton yang menggunakan pasir alam dengan FM = 2,8 dan *slump* 8 cm. Untuk pasir dengan FM dan *slump* yang berbeda, maka dilakukan penyesuaian sesuai dengan tabel berikut.

Tabel 3. 8 Tabel Koreksi untuk Perhitungan S/A dan W

Change in Material or Proportion	Corection on S/A and W	
	Sand Percent S/A (%)	Water content W (kg)
1. Each 0.1 increase or decrease in FM of sand	± 0.5	No correction
2. Each 1 cm increase or decrease in <i>slump</i>	No correction	± 1.2 %
3. Each 1 % increase or decrease in air content	± 0.5 ~ 1	± 3 %
4. Using crushed coarse aggregate	± 3 ~ 5	± 9 ~ 15
5. Using crushed coarse sand	± 2 ~ 3	± 6 ~ 9
6. Each 0.05 increase or decrease in water cement ratio	± 4	No correction
7. Each 1 % increase or decrease in S/A	No correction	± 1.5

(Sumber : Japan Society of Civil Engineer (JSCE), "The Concrete Standart Specification")

3.3.5. Menghitung Perbandingan Proporsi Campuran

1. Menghitung berat satuan semen dari berat satuan air dan water cement ratio, yaitu.

$$C = \frac{w}{W/C} \dots\dots\dots(3.11)$$

2. Kandungan total agregat dapat dicari dengan persamaan

$$A_g = 1 - \frac{W}{g_w} - \frac{C}{g_c} - A \dots\dots\dots(3.12)$$

dimana : g_w = berat jenis air

g_c = berat jenis semen

3. Dengan diketahuinya kandungan agregat total dan presentase pasir terhadap agregat kasar, maka dapat dihitung volume pasir (S) yaitu

$$S = A_g \times S/A \dots\dots\dots(3.13)$$

begitu juga dengan kandungan agregat kasar, yaitu

$$C_a = A_g(1 - S/A) \dots\dots\dots(3.14)$$

Kemudian volume kandungan pasir dan agregat kasar ini diubah kedalam berat dengan dibagi oleh *specific gravity* masing-masing.

Setelah langkah-langkah di atas dilakukan, maka dapat ditentukan komposisi campuran beton.

3.4. Pembuatan Benda Uji

3.4.1. Pengadukan

1. Bahan baku disiapkan dan ditimbang sesuai dengan proporsi berat yang telah ditentukan pada masing-masing campuran
2. Pasir dan semen seluruhnya dimasukkan ke dalam mesin pengaduk lalu diaduk hingga merata.
3. Masukkan air secara perlahan.
4. Kemudian matikan mesin, lalu masukkan kerikil dan aduk lagi.
5. Mesin dimatikan setelah 2 menit, lalu material yang berada di dasar mesin pengaduk diaduk dengan sendok semen sehingga teraduk dengan merata.
6. Mesin dijalankan kembali setelah 2 menit sambil menuangkan sisa air sedikit demi sedikit

3.4.2. Pencetakan sampel

1. Siapkan cetakan sebelumnya dan beri pelumas pada bagian dinding dalam cetakan
2. Untuk nilai *slump* 25-75 mm pemadatan dapat ditusuk atau digetar, sedangkan untuk nilai *slump* > 100 mm, pemadatan dilakukan dengan cara ditusuk.
3. Adukan dimasukkan ke dalam cetakan dalam 3 lapisan. Setiap pengambilan campuran beton diaduk kembali dengan menggunakan sendok aduk agar tidak terjadi segregasi
4. Pada lapisan akhir ditambahkan adukan beton sampai melebihi permukaan sehingga tidak perlu penambahan kembali setelah beton dipadatkan
5. Setelah cetakan terisi penuh dan pemadatan telah selesai dilakukan bagian luar cetakan dipukul-pukul dengan palu ringan dengan tujuan untuk menutup lubang-lubang sisa pemadatan dan untuk melepas gelembung-gelembung udara yang ada.
6. Lalu permukaan beton diratakan dan dapat ditambahkan lapisan tipis pasta semen untuk merapikan dan meratakan permukaan beton
7. Kemudian benda uji dидiamkan di udara terbuka kurang lebih 24 jam hingga mengeras dan dihindari adanya hubungan langsung dengan air.

3.4.3. Perawatan

1. Perawatan dilakukan dengan cara merendam benda uji dalam bak air sampai umur 6 hari untuk uji tekan 7 hari, 13 hari untuk uji tekan 14 hari dan 27 hari untuk uji tekan 28 hari.
2. Suhu air rata-rata pada saat perendaman berkisar 25-27° C
3. Berikan tanda atau kode pada benda uji untuk memudahkan identifikasi

3.5. Pengujian Beton

3.5.1. Uji *Slump*

Pengujian ini berdasarkan Pengujian ini dilakukan sesuai dengan ASTM C 143. Pengecekan *slump* bermaksud untuk mengukur kekentalan dari adukan beton yang dihasilkan pada setiap proses pengadukan. Kekentalan beton akan

mempunyai pengaruh pada tingkat workability dari beton. Adukan beton untuk keperluan pengujian ini harus diambil langsung dari mesin pengaduk. Prosedurnya adalah sebagai berikut :

Peralatan yang digunakan :

1. Cetakan berupa kerucut terpancung dengan diameter bagian bawah 20 cm, bagian atas 10 cm dan tinggi 30 cm. Bagian bawah dan atas cetakan terbuka.
2. Tongkat pemadat dengan diameter 16 mm, panjang 60 cm, ujung dibulatkan dan sebaiknya dibuatkan dari baja tahan karat.
3. Pelat logam dengan permukaan yang kokoh rata dan kedap air.
4. Sendok Cekung.
5. Mistar ukur

Proses pengujian :

1. Cetakan dan pelat dibasahi dengan kain basah.
2. Letakan cetakan diatas pelat
3. Isilah cetakan sampai penuh dengan beton muda dalam 3 lapis, tiap lapis berisi kira-kira 1/3 isi cetakan. Setiap lapis dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 tusukan secara merata. Pada pemadatan, tongkat harus tepat masuk sampai lapisan bagian bawah tiap-tiap lapisan.
4. Pada lapisan pertama penusukan bagian tepi, tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan cetakan.
5. Segera setelah selesai pemadatan, ratakan permukaan benda uji dengan tongkat; tunggu selama setengah menit dan dalam jangka waktu ini semua benda uji yang jatuh disekitar cetakan harus disingkirkan.
6. Kemudian cetakan diangkat perlahan-perlahan tegak lurus ke atas.
7. Baliklah cetakan dan letakkan perlahan-lahan di samping benda uji.
8. Ukurlah *slump* yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji.

3.5.2. Uji Kuat Tekan

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai f_c' yaitu kuat tekan beton dengan benda uji silinder. Pengujian ini dilakukan berdasarkan ASTM C 39.

- Persiapan pengujian
 1. Ambil benda uji dan bersihkan dari kotoran yang menempel dengan kain lembab.
 2. Tentukan berat dan ukuran benda uji.
 3. Lapislah (capping) permukaan atas dan bawah benda uji dengan mortar belerang.
 4. Benda uji sudah siap untuk diperiksa.
- Cara pengujian:
 1. Letakan benda uji pada mesin tekan secara sentris
 2. Jalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm² per detik
 3. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
 4. Gambar bentuk pecah dan catatlah keadaan benda uji.
- Perhitungan

Kuat tekan beton = $\frac{P}{A}$

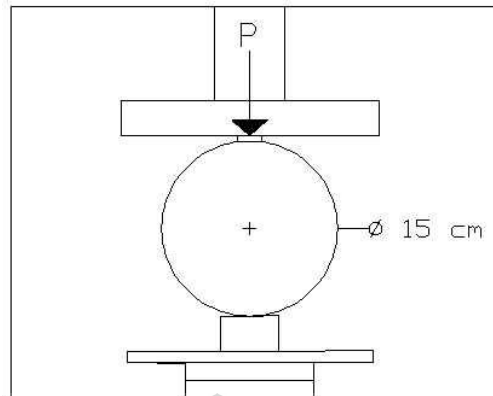
di mana:

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang benda, uji (cm²)

3.5.3. Uji Tarik Belah

Pengujian terhadap sampel beton untuk mendapatkan nilai tegangan tariknya dilakukan mengacu pada standar ASTM C 496, yaitu uji kuat tarik dengan metode *splitting tensile strength*, yaitu uji tarik belah dengan pembebanan langsung. Pengujian ini menggunakan sampel beton silinder dengan ukuran $\phi 15 \times 30$ cm. Jumlah sampel yang akan dibuat sebanyak :



Gambar 3. 2 Permodelan Uji Tarik

Prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Siapkan peralatan untuk uji tarik belah. Alat yang digunakan sama dengan alat untuk uji kuat tekan
2. Atur alat uji sedemikian sehingga memiliki ruang yang cukup untuk perletakkan sampel yang akan diuji.
3. Timbang sampel beton yang akan diuji
4. Sampel beton yang akan diuji, diberi tanda berupa garis menyilang pada bagian atas dan bawahnya, kemudian di hubungkan dengan garis melintang di sisi sampingnya.
5. Posisikan sampel beton pada alat yang sudah tersedia
6. Bebani sampel beton sampai sampel beton terbelah, dan catat beban maksimumnya.

Perhitungan:

Nilai kuat tarik belah dapat dihitung dengan persamaan :

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi DL} \dots \dots \dots (3.16)$$

Dimana f_{ct} = tegangan tarik belah (kg/cm² atau MPa)

P = gaya tekan yang menyebabkan beton terbelah (kg atau kN)

D = diameter silinder (cm atau mm)

L = Panjang silinder

3.5.4. Uji Lentur

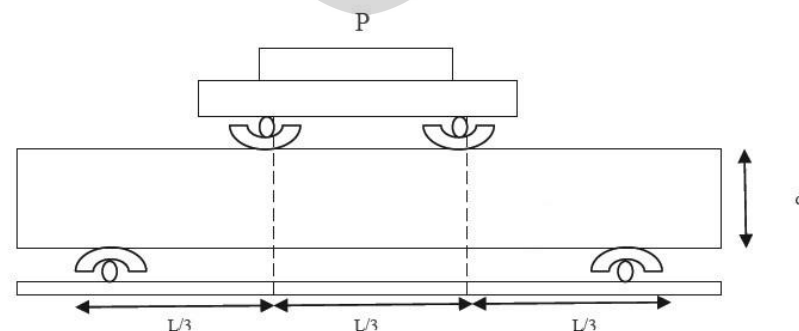
Pengujian ini dilakukan dengan metode *Third-Point Loading* (ASTM C 78 – 94). Sedangkan umur pengujian adalah 7 dan 28 hari. Adapun tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui *modulus of rupture*, yaitu kuat lentur maksimum yang diderita oleh serat bawah balok pada beton yang mengeras dengan umur 28 hari. Benda uji balok beton ukuran 15 cm x 15 cm x 60 cm. Jumlah sampel yang akan dibuat sebanyak:

Peralatan:

1. Mesin Uji Lentur (*Flexural Strength Testing Machine*) Beton Kapasitas 100 kN Laboratorium Beton Universitas Indonesia
2. *Beam mold* 15 cm x 15 cm x 60 cm

Prosedur Pengujian:

1. Benda uji balok yang sudah mengalami proses perawatan dan pengeringan disiapkan, diukur dimensinya (juga untuk mengetahui balok tersebut memenuhi persyaratan keseragaman sampel).
2. Tentukan panjang bentang yaitu tiga kali tinggi balok pada posisi simetris memanjang dan mengatur posisi roda baja bagian bawah untuk meletakkan benda uji.
3. Balok diletakkan di kedua perletakan mesin uji lentur secara simetris dan diberi beban garis sejarak 1/3 bagian dari perletakan secara simetris.
4. Hidupkan mesin dan berikan beban secara tetap dan berkesinambungan tanpa ada beban kejut sampai keruntuhan terjadi.
5. Besar beban maksimum yang terjadi catat untuk perhitungan.



Gambar 3. 3 Permodelan Uji Lentur

Perhitungan:

Perhitungan nilai modulus of rupture tergantung dari lokasi patahan yang terjadi pada balok, yaitu:

- Bila patahan terjadi pada 1/3 bagian tengah bentang dari balok, tidak lebih dari 5% panjang bentang balok, maka perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{Pl}{bd^2} \dots \dots \dots (3.14)$$

Dimana :

R = Modulus Runtuh, *psi* atau *Mpa*

P = Maksimum Beban, *lbf* atau *N*

l = Panjang bentang, *in* atau *mm*

b = Rata-rata lebar benda uji, *in* atau *mm*

d = Rata-rata ketinggian benda uji, *in* atau *mm*

- Bila patahan terjadi pada 1/3 bagian tepi bentang balok dengan jarak lebih dari 5 % panjang bentang, hasil ini harus dianulir.

3.6. Pemberian Kode Benda Uji

Dalam Penelitian ini, Format pengkodean ditulis sebagai berikut

XX – XX – XXX – XX – X

Dimana variabel pertama, menunjukkan jenis pengujian pada Benda Uji, yaitu TB untuk Tarik Belah , TL untuk Tarik Lentur, dan TK untuk Tekan. Variabel kedua adalah Umur Benda Uji saat dilakukan pengujian. Variabel ketiga adalah nilai faktor air semen yang digunakan seperti 0,30 ; 0,35 ; 0,45 ; dan seterusnya. Variabel keempat adalah urutan pengecoran dalam sehari. Dan variable terakhir adalah nomor benda uji, yaitu 1 – 5.

Contoh: Benda Uji TB-07-0,45-III-2, berarti benda uji untuk tarik belah pada umur 7 hari, dengan faktor air semen 0,45, dicor pada pengecoran ketiga dan merupakan benda uji kedua.

BAB 4 HASIL DAN ANALISA PENELITIAN

4.1. Pengujian Material

Sebelum membuat benda uji dalam penelitian ini, terlebih dahulu dilakukan berbagai pengujian terhadap material yang akan digunakan. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui spesifikasi material yang akan digunakan dalam penelitian. Material yang diuji adalah semen, agregat halus, dan agregat kasar.

4.1.1. Pengujian Semen PCC

Semen PCC yang digunakan adalah semen PCC Tiga Roda. Pengujian pada semen PCC meliputi konsistensi normal, dan waktu ikat. Sedangkan untuk berat jenis semen PCC ditetapkan sebelumnya 3150 kg/m³. Pengujian waktu ikat dan konsistensi normal menggunakan alat vicat dilakukan sesuai dengan metode ASTM C 187 dan C 191.

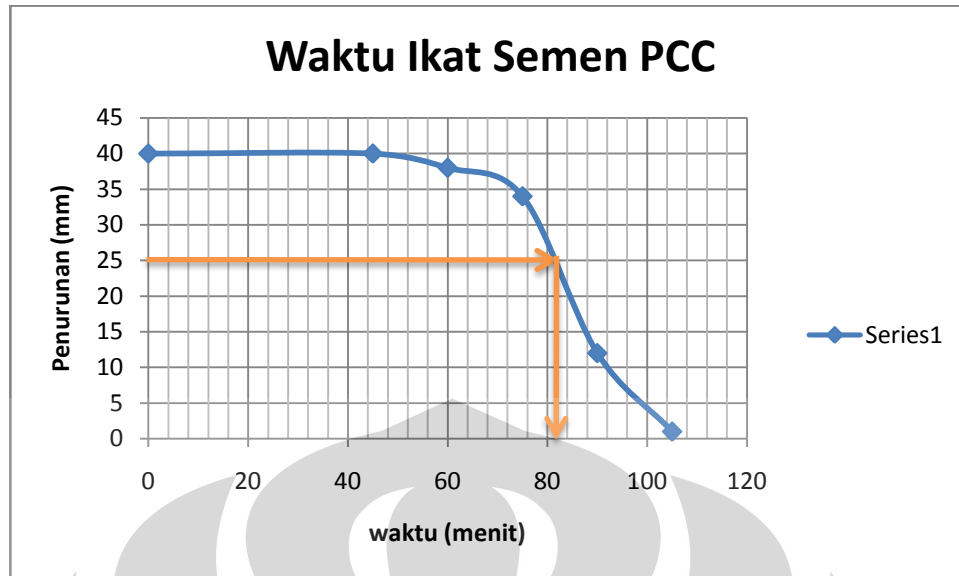
Setelah dilakukan pengujian konsistensi normal dan waktu ikat terhadap semen PCC, diperoleh hasil pengujian seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Konsistensi Semen PCC

	Percobaan		
	I	II	III
berat semen (gr)	500	500	500
berat air (gr)	120	130	135
kadar air (%)	19.35	20.63	21.26
penetrasi jarum (mm)	3	8	9
konsistensi normal (10±1)mm	X	X	Ok

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Waktu Ikat Semen PCC

No	Waktu (menit)	Penurunan (mm)
1	45	40
2	60	38
3	75	34
4	90	12
5	105	1



Gambar 4. 1 Grafik Waktu Ikat Semen PCC

Dari tabel hasil pengujian konsistensi diketahui bahwa untuk 500 gr semen PCC dibutuhkan air sejumlah 135 gr agar tercapai konsistensi normal yaitu penetrasi batang vicat sebesar 10 ± 1 mm. Sehingga kadar air yang dibutuhkan untuk mencapai konsistensi normal adalah 21,26 %.

Dari tabel hasil pengujian dan grafik waktu ikat diketahui bahwa waktu ikat awal semen PCC adalah 82 menit. Waktu ikat awal adalah waktu ketika jarum vicat melakukan penetrasi sedalam 25 mm. Berdasarkan SNI 15-7064-2004 ditetapkan waktu ikat awal minimal semen Portland adalah 45 menit. Maka, waktu ikat awal semen PCC telah memenuhi standar.

4.1.2. Pengujian Agregat Halus (Pasir Galunggung)

1. Pengujian *Specific gravity* dan Absorpsi

Pengujian ini berdasarkan ASTM C 128-01. Pengujian berat jenis dan absorpsi dari agregat halus bertujuan untuk menentukan Berat Jenis Curah, SSD, dan *Apparent* dari agregat halus, disamping itu dari pengujian ini juga akan diketahui besar nilai absorpsi dari agregat halus. Percobaan dilakukan dengan menggunakan dua benda uji dengan hasil diperoleh sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian *Specific gravity* dan Absorpsi Agregat Halus

Perhitungan	Sampel I	Sampel II	Rata-rata
Berat Jenis Curah (<i>Bulk Specific Gravity</i>)	2.500	2.482	2.491
Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)	2.551	2.538	2.545
Berat Jenis Semu (<i>Apparent Specific Gravity</i>)	2.634	2.629	2.632
Penyerapan (Absorpsi) (%)	2.041	2.249	2.145

Nilai berat jenis SSD yang didapatkan senilai 2,545 yang digunakan dalam perhitungan rancang campur. Kondisi SSD digunakan karena pada kondisi ini kandungan air pada agregat jenuh (mengisi seluruh pori-pori) namun air tidak ada yang berada diantara butiran agregat, sehingga pada saat pengecoran air yang digunakan tidak lagi diserap oleh agregat dan tidak ada air tambahan yang berasal dari celah antar butiran agregat. Nilai absorpsi agregat halus sebesar 2,145%. Berdasarkan ASTM C 128-01, nilai absorpsi yang baik untuk agregat halus adalah maksimal 2%. Dengan demikian, pasir galunggung memiliki kemampuan menyerap air yang sedikit lebih tinggi dari standar.

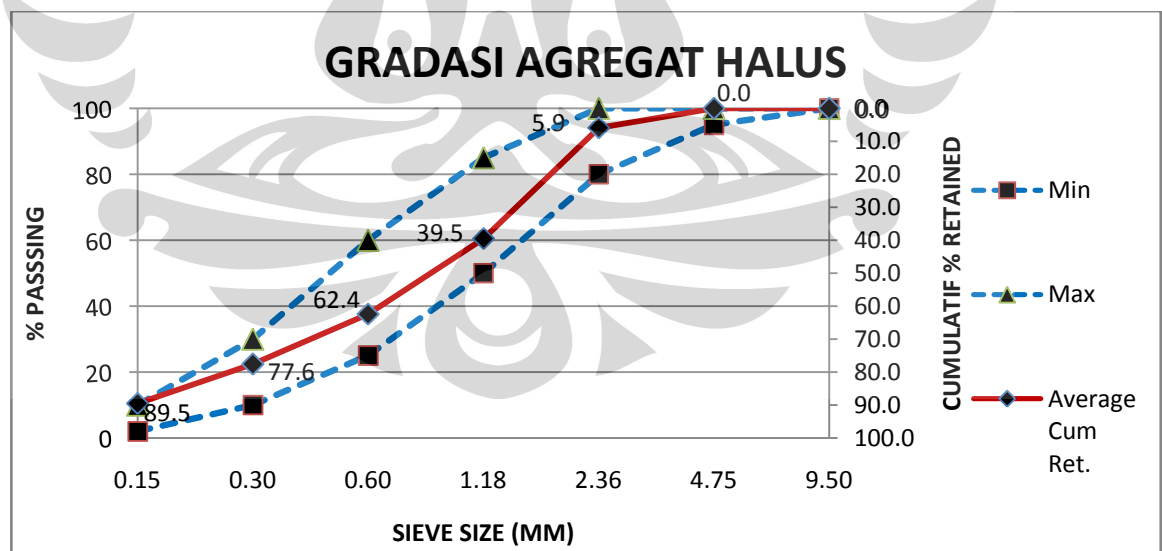
2. Pengujian Analisa Saringan (*Sieve analysis*)

Pengujian Analisa Saringan agregat halus ini berdasarkan ASTM C 136-04. Analisa Saringan bertujuan untuk mengetahui pembagian butiran dari agregat halus yang digunakan. Pengujian analisa saringan agregat halus ini dilakukan sebanyak 2 kali, kemudian hasilnya dirata-rata. Hasil pengujiannya adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian *Sieve analysis* Agregat Halus

Sieve Size		Sample No. 1			Sample No. 2			Average		
		Weight Ret. Grams	Ind. % Ret.	Cum. % Ret.	Weight Ret. Grams	Ind. % Ret.	Cum. % Ret.	Ind. % Ret.	Cum. % Ret.	Total % Passing
mm	No.									
9.50	$\frac{3}{8}$ "		0	0		0	0	0	0	100
4.75	No. 4	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0.0	100.0
2.36	No. 8	9	1.8	1.8	50	10.0	10.0	5.9	5.9	94.1
1.18	No. 16	212	42.4	44.2	124	24.8	34.8	33.6	39.5	60.5
0.60	No. 30	112	22.4	66.6	117	23.4	58.2	22.9	62.4	37.6
0.30	No. 50	67	13.4	80.0	85	17.0	75.2	15.2	77.6	22.4
0.15	No. 100	51	10.2	90.2	68	13.6	88.8	11.9	89.5	10.5
0.074	No. 200	34	6.8	97.0	39	7.8	96.6	7.3	96.8	3.2
PAN		15	3.0	100	17	3.4	92	3.2	100	0
TOTAL		500	100		500	100		100		
FM		2.749								

Dari tabel di atas diketahui FM pasir yang digunakan sebesar 2,749, yang digunakan dalam perhitungan rancang campur. Berdasarkan ASTM C 33 nilai FM yang baik adalah berkisar antara 2,2 – 3,1. Sehingga nilai FM yang diperoleh memenuhi standar ASTM.



Gambar 4. 2 Gradasi Agregat Halus

Dari grafik gradasi agregat halus dapat dilihat bahwa agregat halus yang digunakan berada dalam batasan yang telah disyaratkan oleh ASTM C 33. Dari

grafik tersebut juga dapat diketahui bahwa gradasi butiran tersebut adalah *continous gradation*, gradasi ini memiliki ukuran butiran yang tersebar pada setiap ukurannya, gradasi ini baik karena setiap ukurannya akan saling mengisi satu dengan yang lainnya. Sehingga penggunaan pasir galunggung ini cukup baik untuk pembuatan beton.

3. Pengujian Berat Isi dan *Void*

Pengujian berat isi dan *void* dilakukan berdasarkan ASTM C 29. Pengujian berat isi bertujuan untuk menentukan berat isi dan rongga udara dalam agregat halus. Pengujian ini dilakukan dengan tiga metode yaitu lepas, penusukan dan penggoyangan. Hasil pengujiannya adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 5 Hasil Pegujian Berat isi dan *Void* Agregat Halus

Hasil Pengujian	Metode		
	Lepas	Penusukan	Penggoyangan
Berat Isi Agregat (kg/L)	1.507	1.6515	1.6935
<i>Void</i> (%)	39.5	33.7	32.01

Dari hasil percobaan diketahui berat isi agregat halus terbesar adalah dengan metode pengoyangan yaitu 1,6935 kg/liter dan yang terkecil adalah metode lepas sebesar 1,507 kg/liter. Dari ketiga metode didapatkan nilai *void* sebesar 39,5% (lepas), 33,7% (penusukan), dan 32,01% (penggoyangan). Nilai-nilai *void* tersebut telah memenuhi batasan ASTM sebesar 30-50%.

4. Pengujian Kadar Organik

Pengujian ini untuk mengetahui kadar organik yang ada pada agregat halus. Standar pengujiannya adalah ASTM C 40. Dari pengujian diperoleh kadar organik sesuai dengan standar No.3. Sehingga dapat disimpulkan kotoran organik pada agregat halus yang digunakan kecil dan tidak akan mempengaruhi kekuatan dari beton yang dibuat.



Gambar 4. 3 Pengujian Kadar Organik Agregat Halus

5. Pemeriksaan Bahan Lewat Saringan No.200

Pemeriksaan Bahan Lewat Saringan No.200 sesuai dengan standar ASTM C 117 - 04. Tujuan penelitian ini untuk menentukan jumlah bahan yang terdapat dalam agregat lewat saringan No.200 dengan cara pencucian.

Setelah dilakukan percobaan didapatkan persentase kadar lumpur pada agregat halus sebesar 1,4%. Kandungan material halus yang diizinkan pada agregat halus adalah berkisar antara 0,2-6% (ASTM C-117). Sehingga nilai kadar lumpur yang diperoleh memenuhi. Keberadaan lumpur tidak dianjurkan dikarenakan sifatnya yang tidak dapat bereaksi dengan pasta semen sehingga melemahkan ikatan yang ada dan akhirnya akan menurunkan kekuatan beton.

4.1.3. Pengujian Agregat Kasar (Batu Pecah Kusuma)

1. Pengujian *Specific gravity* dan Absorpsi

Pengujian ini berdasarkan ASTM C 128-01. Pengujian berat jenis dan absorpsi dari agregat kasar bertujuan untuk menentukan Berat Jenis Curah, SSD, dan *Apparent* dari agregat kasar, disamping itu dari pengujian ini juga akan diketahui besar nilai absorpsi dari agregat kasar.

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian *Specific gravity* dan Absorpsi Agregat Kasar

Perhitungan	Sampel I	Sampel II	Rata-rata
Berat Jenis Curah (Bulk Specific Garvity)	2.501	2.504	2.503
Berat Jenis Kering Permukaan (SSD)	2.592	2.593	2.593
Berat Jenis Semu (Apparent Specific Garvity)	2.751	2.749	2.750
Penyerapan (Absorpsi) (%)	3.627	3.563	3.595

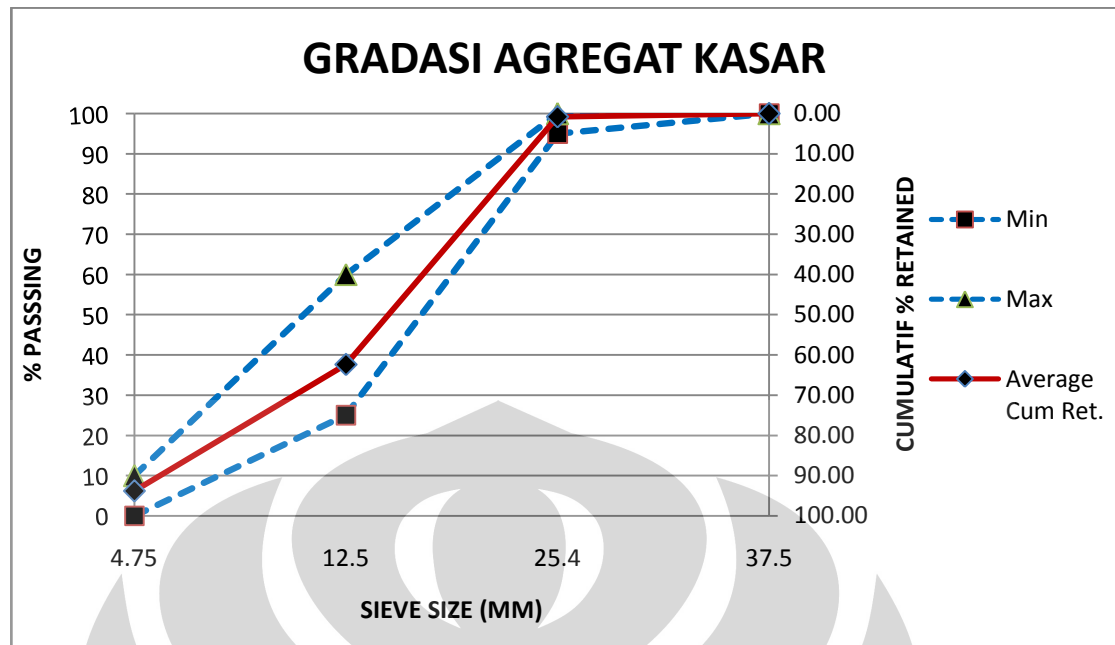
Nilai berat jenis SSD yang didapatkan senilai 2,503 yang digunakan dalam perhitungan rancang campur. Nilai *absorpsi* agregat kasar sebesar 3,595%. Berdasarkan ASTM C 128-01, nilai absorpsi yang baik untuk agregat kasar adalah maksimal 4%. Dengan demikian, batu pecah kusuma memiliki kemampuan absorpsi yang memenuhi standar ASTM.

2. Pengujian Analisa Saringan (*Sieve analysis*)

Pengujian analisa saringan agregat halus ini berdasarkan ASTM C 136-04. Analisa saringan bertujuan untuk mengetahui pembagian butiran dari agregat kasar yang digunakan. Hasil pengujiannya adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian *Sieve analysis* Agregat Kasar

Sieve Size		Sample No. 1			Sample No. 2			Average		
		Weight Ret. Grams	Ind. % Ret.	Cum. % Ret.	Weight Ret. Grams	Ind. % Ret.	Cum. % Ret.	Ind. % Ret.	Cum. % Ret.	Total % Passing
25.4	No. 1	60	1.2	1.2	22	0.44	0.44	0.82	0.82	99.18
19	No.3/4	760	15.2	16.4	1122	22.44	22.88	18.82	19.64	80.36
12.5	No. 1/2	2116	42.32	58.72	2162	43.24	66.12	42.78	62.42	37.58
9.50	No. 3/8	958	19.16	77.88	796	15.92	82.04	17.54	79.96	20.04
4.75	No. 4	796	15.92	93.8	594	11.88	93.92	13.9	93.86	6.14
PAN		310	6.2	100	304	6.08	100	6.14	100	0
TOTAL		5000	100		5000	100		100		



Gambar 4. 4 Gradasi Agregat Kasar

Hasil dari analisa saringan dapat dilihat dari grafik yang telah disajikan, dapat dilihat bahwa agregat halus yang digunakan berada dalam batasan yang telah disyaratkan oleh ASTM C 136. Dari grafik tersebut juga dapat diketahui bahwa gradasi butiran tersebut adalah *continous gradation*, gradasi ini memiliki ukuran butiran yang tersebar pada setiap ukurannya, gradasi ini baik karena akan setiap ukurannya akan saling mengisi satu dengan yang lainnya. Sehingga penggunaan batu pecah kusuma ini cukup baik untuk pembuatan beton.

3. Pengujian Berat Isi dan *Void*

Pengujian berat isi dan *void* dilakukan berdasarkan ASTM C 29. Pengujian berat isi bertujuan untuk menentukan berat isi dan rongga udara dalam agregat kasar. Pengujian ini dilakukan dengan tiga metode yaitu lepas, penusukan dan penggoyangan. Hasil pengujiannya adalah sebagai berikut.

Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Berat Isi dan *Void* Agregat Kasar

Hasil Pengujian	Metode		
	Lepas	Penusukan	Penggoyangan
Berat Isi Agregat (kg/L)	1.3785	1.5345	1.536
<i>Void</i> (%)	44.92	38.68	38.62

Dari hasil percobaan diketahui berat isi agregat kasar terbesar adalah dengan metode penggoyangan yaitu 1,536 kg/liter dan yang terkecil adalah metode lepas sebesar 1,3785 kg/liter. Dari ketiga metode didapatkan nilai *void* sebesar 44,92% (lepas), 38,68% (penusukan), dan 38,62% (penggoyangan). Nilai-nilai *void* tersebut telah memenuhi batasan ASTM sebesar 30-50%.

4. Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin *Los Angeles*

Pengujian keausan dilakukan berdasarkan ASTM C 131-03. Tujuan penelitian 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. Pengujian ini dilakukan sebanyak 2 kali, kemudian hasilnya dirata-rata. Untuk sampel dengan ukuran maksimum 20 mm digunakan *grade* B. Dari hasil percobaan didapatkan tingkat keausan agregat kasar sebesar 28,83%. Berdasarkan ASTM, standar keausan agregat kasar dengan ukuran maksimum 19 mm antara 10% - 45%, maka hasil pengujian abrasi telah memenuhi standar.

4.2. Rancang Campur (*Mix-Design*)

Dalam perhitungan rancang campur (*mix design*) digunakan metode yang merupakan modifikasi dari *US Bureau* dan *JSCE (Japan Society of Civil Engineering)*. Data-data yang dibutuhkan dalam *mix-design* adalah:

Ukuran maksimum agregat kasar	= 25 mm
<i>Sand Specific gravity</i> (SSD)	= 2,545
<i>Coarse Speific Gravity</i> (SSD)	= 2,593

$$\text{Fineness Modulus (FM) of Sand} = 2,75$$

Setelah dilakukan perhitungan sesuai dengan langkah yang telah dijelaskan pada sub-Bab 3.3, maka didapatkan kebutuhan material berbagai FAS untuk pengecoran 1 m³ seperti tertera pada tabel.

Tabel 4. 9 Kebutuhan Material untuk Pengecoran 1m³

FAS	W (kg)	C (kg)	S (kg)	Ca (kg)
0.8	193.83	242.28	813.46	1023.27
0.75	192.33	256.43	791.95	1037.43
0.65	189.33	291.27	747.19	1062.14
0.55	186.33	338.77	699.17	1079.74
0.45	183.33	407.39	645.95	1085.26
0.35	180.33	515.21	583.31	1068.10
0.3	178.83	596.08	545.62	1043.82

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa kebutuhan semen berbanding terbalik dengan FAS, dimana semakin tinggi nilai FAS, maka kebutuhan semen semakin menurun. Sedangkan kebutuhan air sebanding dengan nilai FAS, dimana semakin tinggi nilai FAS, kebutuhan air juga meningkat. Untuk pasir, kebutuhannya juga sebanding dengan nilai FAS, tetapi untuk kebutuhan kerikil cenderung konstan.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa campuran dengan nilai FAS rendah merupakan campuran yang mengandung lebih banyak semen, lebih sedikit air, dan lebih sedikit pasir dibandingkan campuran dengan nilai FAS tinggi. Hal ini dikarenakan semen sebagai zat pengikat beton mempunyai peranan penting dalam menentukan kekuatan beton. Sedangkan air dalam jumlah banyak akan menurunkan kekuatan beton.

Pada penelitian ini dilakukan uji tekan, uji tarik belah dan uji lentur, dimana masing-masing uji menggunakan benda uji: silinder Ø10x20, silinder Ø10x20 dan balok 15x15x60. Maka dari tabel kebutuhan material per 1 m³ didapatkan kebutuhan material per sampel benda uji sebagai berikut.

Tabel 4. 10 Kebutuhan Material Tiap Benda Uji

FAS	Silinder 15x30				FAS	Silinder 10x20			
	W (kg)	C (kg)	S (kg)	Ca (kg)		W (kg)	C (kg)	S (kg)	Ca (kg)
0.80	1.029	1.287	4.319	5.434	0.80	0.306	0.383	1.285	1.617
0.75	1.021	1.362	4.205	5.509	0.75	0.304	0.405	1.251	1.639
0.65	1.005	1.547	3.968	5.640	0.65	0.299	0.460	1.181	1.678
0.55	0.989	1.799	3.713	5.733	0.55	0.294	0.535	1.105	1.706
0.45	0.973	2.163	3.430	5.763	0.45	0.290	0.644	1.021	1.715
0.35	0.958	2.736	3.097	5.672	0.35	0.285	0.814	0.922	1.688
0.30	0.950	3.165	2.897	5.543	0.30	0.283	0.942	0.862	1.649

FAS	Balok 15x15x60			
	W (kg)	C (kg)	S (kg)	Ca (kg)
0.80	2.400	2.999	10.071	12.668
0.75	2.381	3.175	9.804	12.843
0.65	2.344	3.606	9.250	13.149
0.55	2.307	4.194	8.656	13.367
0.45	2.270	5.043	7.997	13.436
0.35	2.232	6.378	7.221	13.223
0.30	2.214	7.380	6.755	12.923

4.3. Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

4.3.1. Persiapan Material

Persiapan agregat halus yang dilakukan adalah dengan membuat kondisi pasir menjadi kering permukaan (SSD). Karena kondisi pasir yang selalu basah akibat terguyur hujan, maka untuk mencapai SSD dilakukan penghampanan pasir. Setelah tercapai kondisi SSD, maka pasir ditimbang dan dimasukkan kedalam karung untuk nantinya digunakan saat pengecoran.

Persiapan agregat kasar dilakukan dengan menimbang kerikil dan memasukkannya ke dalam karung untuk mempermudah proses pengecoran. Seharusnya, kerikil juga dikondisikan kering permukaan (SSD) dengan dicuci dan dilap. Tapi karena besarnya kuantitas pengecoran dan keterbatasan waktu serta tenaga, hal tersebut tidak dilakukan. Untuk menyiasatinya, maka pada kondisi kerikil yang terlalu kering diberikan sedikit percikan air untuk membasahinya.

Persiapan semen PCC dilakukan dengan pengadaan semen sehari sebelum pengecoran untuk menghindari keringnya semen akibat penyimpanan yang terlalu lama. Semen ditempatkan di laboratorium dengan alas kayu dibawahnya.

4.3.2. Pengadukan dan Pencetakan Benda Uji

Pengadukan benda uji dimulai dengan memasukkan pasir dan semen ke dalam *mixer*, kemudian *mixer* diputar dan air dimasukkan secara perlahan-lahan. Hal ini dilakukan agar mortar terbentuk terlebih dahulu. Setelah mortar terbentuk dengan cukup rata, selanjutnya dimasukkan kerikil ke dalam *mixer* dan kemudian diaduk hingga rata. Setelah campuran merata kemudian dilakukan test *slump*.

Setelah itu benda uji kemudian dimasukkan ke dalam bekisting. Selama proses pencetakan, beton segar dipadatkan. Pemadatan ini bertujuan untuk mengurangi rongga dalam beton yang dapat menyebabkan beton keropos dan mengurangi kekuatan beton. Metode pemadatan yang digunakan adalah dengan *hand vibrator* untuk FAS 0,3 ;0,35; 0,45; 0,55; 0,65 dan 0,75. Sedangkan untuk FAS 0,8 dilakukan pemadatan dengan ditusuk sebanyak 25 kali per lapisan. Alasan penggunaan metode tusuk untuk FAS 0,8 adalah untuk menghindari *bleeding* dan penumpukan agregat di dasar bekisting. Namun pada fase awal pengecoran untuk sampel silinder Ø10 x 20 dan Ø15 x 30 FAS 0,3, pemadatan sempat dilakukan dengan *vibrator table*. Karena hasil *vibrator table* yang kurang merata, maka selanjutnya digunakan *hand vibrator*.

4.3.3. Perawatan Benda Uji

Setelah 24 jam benda uji dikeluarkan dari bekisting dan kemudian *dicuring* di dalam bak perendam. *Curing* bertujuan untuk menjaga tingkat kelembaban dan temperatur ideal untuk mencegah hidrasi yang berlebihan serta menjaga agar hidrasi terjadi secara berkelanjutan. Benda uji direndam hingga akan diuji. Benda uji diangkat sehari sebelum tanggal pengujian.

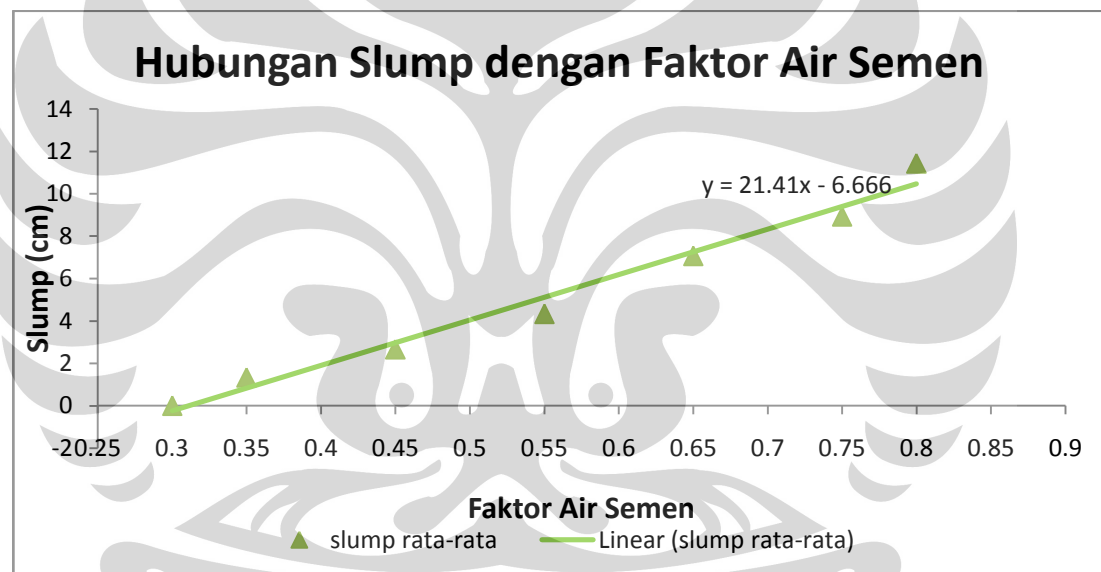
4.4. Pengujian terhadap Beton Segar (*Fresh Concrete*)

Pengujian terhadap beton segar dilakukan dengan analisa nilai *slump* beton segar yang baru selesai dicampur. *Slump* yang direncanakan dalam perhitungan *mix-design* adalah 10 ± 2 cm untuk FAS 0,8. Berdasarkan hasil pengujian *slump* didapatkan data *slump* rata-rata dari yang terkecil yaitu FAS 0,3 hingga yang terbesar yaitu FAS 0,8. Berikut adalah data *slump* dari pengecoran berbagai FAS.

Tabel 4. 11 Hasil Uji *Slump*

FAS	<i>slump</i> rata-rata (cm)
0.30	0
0.35	1.33
0.45	2.67
0.55	4.33
0.65	7.06
0.75	8.93
0.80	11.43

Dari data *slump* didapatkan grafik hubungan *slump* dengan FAS sebagai berikut.

Gambar 4. 5 Grafik Hubungan *Slump* dengan FAS

Dari grafik diketahui nilai *slump* rata-rata tertinggi terjadi pada FAS 0,8 sebesar 11,5 cm. Nilai tersebut berarti memenuhi nilai *slump* rencana hasil perhitungan untuk FAS 0,8 sebesar 10 ± 2 cm. Sedangkan *slump* terendah terjadi pada FAS 0,3 sebesar 0 cm. Berdasarkan data *slump* di atas didapatkan hubungan sebanding antara *slump* dan FAS, yang berarti semakin tinggi nilai FAS maka semakin besar pula nilai *slump* yang didapat. Hubungan ini ditunjukkan dengan fungsi $y = 21,41x - 6,666$, dengan y adalah *slump* (cm) dan x adalah FAS.

Semakin besarnya nilai *slump* pada nilai FAS yang tinggi disebabkan lebih banyaknya air yang terdapat pada FAS yang tinggi. Sebaliknya, kecilnya nilai *slump* pada FAS yang rendah disebabkan jumlah air yang lebih sedikit, serta semen yang lebih sedikit juga mengurangi ikatan antar komponen beton.

4.5. Pengujian terhadap Beton Keras (*Hardened Concrete*)

4.5.1. Pengujian Kuat Tekan Beton PCC

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton (*compressive strength*) dengan benda uji berbentuk silinder Ø10x20. Adapun pengujian kuat tekan pada penelitian ini dilakukan pada beton umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

Benda uji yang digunakan dalam pengujian kuat tekan ini ditekan dengan menggunakan alat tekan hidrolik sehingga akan diperoleh besar beban yang dibutuhkan untuk mengakibatkan benda uji hancur dan tidak dapat menahan beban lagi. Hal yang harus diperhatikan dalam melakukan pengujian adalah permukaan beton harus rata sehingga gaya yang diberikan dapat terdistribusi sempurna ke seluruh permukaan beton. Oleh karena itu, permukaan benda uji terlebih dahulu di-*capping* dengan lapisan belerang agar rata.

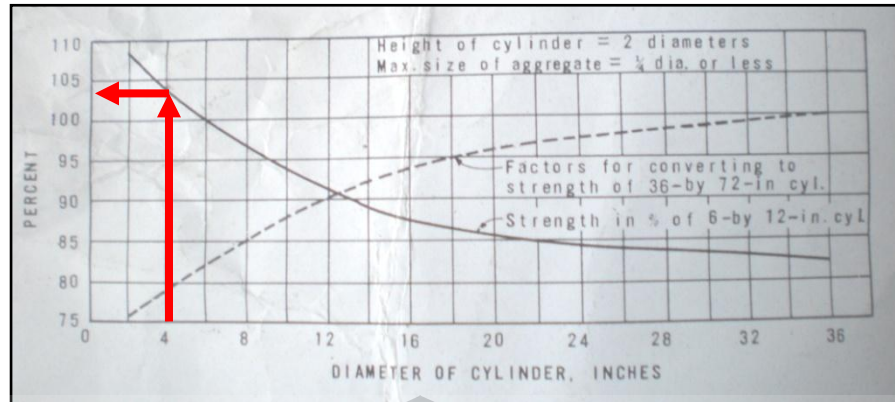
Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(4. 1)$$

Dimana P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang benda uji (cm²)

Karena pengujian ini menggunakan silinder kecil ukuran Ø10x20 cm, sehingga untuk mendapatkan nilai kuat tekan harus dilakukan konversi ke silinder besar ukuran Ø 15 x 30 cm. Berdasarkan peraturan yang ada, faktor konversi silinder Ø10x20 ke silinder Ø 15 x 30 adalah dengan membaginya dengan nilai 1,04.



Gambar 4. 6 Konversi Kuat Tekan Berdasarkan Ukuran Silinder Beton
 (“Concrete Manual,” US Bureau of Reclamation, 1975)

4.5.1.1. Analisa Kuat Tekan dengan Metode Rata-Rata dan *Chi-square*

Data yang didapat dari hasil uji tekan beton dengan benda uji silinder Ø10x20 adalah sebanyak 5 data untuk masing-masing FAS dan masing-masing hari pengujian. Dari data tersebut, maka kuat tekan dapat dihitung dengan mengambil nilai rata-rata dari 5 data yang ada. Karena terdapat data yang menyimpang jauh dari data-data lainnya, maka data-data yang menyimpang harus dibuang. Pada metode rata-rata, digunakan standar simpangan maksimal yang diperbolehkan dalam ASTM C 39-04, yaitu sebesar 10,6 %. Dengan demikian, data yang memiliki simpangan lebih dari 10,6 % terhadap rata-rata populasi (5 data) dianggap tidak *valid* dan tidak digunakan. Tetapi apabila dari hasil seleksi tersebut hanya tersisa kurang dari 3 data, maka tetap diambil 3 data dengan simpangan terkecil. Hal ini dilakukan untuk menjaga agar nilai rata-rata tetap mewakili populasi yang ada. Berikut ini adalah contoh perhitungan kuat tekan dengan metode rata-rata untuk FAS 0,45.

Tabel 4. 12 Perhitungan Kuat Tekan FAS 0,45 dengan Metode Rata-rata

Umur (hari)	Kode	Konversi Silinder Ø15x30 (MPa)	std deviasi astm = 10.6%	Kuat Tekan (valid) (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)
7	PCC TK-0,45-07-III-1	48.398	1.3%	48.40	47.794
7	PCC TK-0,45-07-III-2	47.055	1.5%	47.06	
7	PCC TK-0,45-07-IV-3	47.055	1.5%	47.06	
7	PCC TK-0,45-07-IV-4	48.062	0.6%	48.06	
7	PCC TK-0,45-07-IV-5	48.398	1.3%	48.40	
14	PCC TK-0,45-14-I-1	52.424	12.1%	0	47.147
14	PCC TK-0,45-14-I-2	46.699	0.1%	46.70	
14	PCC TK-0,45-14-III-3	48.398	3.5%	48.40	
14	PCC TK-0,45-14-III-4	39.936	14.6%	0	
14	PCC TK-0,45-14-III-5	46.343	0.9%	46.34	
28	PCC TK-0,45-28-I-1	53.766	13.0%	0	49.286
28	PCC TK-0,45-28-I-2	52.760	10.8%	52.76	
28	PCC TK-0,45-28-II-3	48.398	1.7%	48.40	
28	PCC TK-0,45-28-II-4	36.376	23.6%	0	
28	PCC TK-0,45-28-II-5	46.699	1.9%	46.70	

Pada metode *chi-square* batas simpangan ditentukan berdasar tingkat kepercayaan sebesar 95% dengan derajat kebebasan $v = n - 1 = 5 - 1 = 4$. Dengan tingkat kepercayaan 95 %, maka interval keyakinan terletak pada $\chi_{0,025}^2 < \frac{Ns^2}{\sigma^2} < \chi_{0,975}^2$. Berdasarkan tabel *chi-square*, untuk $v = 4$ maka interval keyakinan terletak antara $0,48 < \frac{Ns^2}{\sigma^2} < 11,14$. Sehingga batas simpangan data terdapat antara $\frac{s\sqrt{N}}{\chi_{0,975}} < \sigma < \frac{s\sqrt{N}}{\chi_{0,025}}$. Dengan demikian, data yang memiliki simpangan di luar *range* σ dianggap tidak *valid* dan tidak digunakan. Tetapi apabila dari hasil seleksi tersebut hanya tersisa kurang dari 3 data, maka tetap diambil 3 data dengan simpangan terkecil. Berikut contoh perhitungan kuat tekan dengan metode *chi-square* untuk FAS 0,45.

Tabel 4. 13 Perhitungan Kuat Tekan FAS 0,45 dengan Metode *Chi-square*

Umur (hari)	Kode	Konversi Silinder Ø15x30 (MPa)	σ	Kuat tekan (batas) (MPa)	Kuat tekan (valid) (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (chisquare) (MPa)
7	PCC TK-0,45-07-III-1	48.398			48.398	
7	PCC TK-0,45-07-III-2	47.055	0.41	47.38	0	
7	PCC TK-0,45-07-IV-3	47.055			0	48.286
7	PCC TK-0,45-07-IV-4	48.062	1.99	49.78	48.062	
7	PCC TK-0,45-07-IV-5	48.398			48.398	
14	PCC TK-0,45-14-I-1	52.424			52.424	
14	PCC TK-0,45-14-I-2	46.699	2.71	44.06	46.699	
14	PCC TK-0,45-14-III-3	48.398			48.398	48.466
14	PCC TK-0,45-14-III-4	39.936	13.03	59.79	0	
14	PCC TK-0,45-14-III-5	46.343			46.343	
28	PCC TK-0,45-28-I-1	53.766			53.766	
28	PCC TK-0,45-28-I-2	52.760	4.15	43.45	52.760	
28	PCC TK-0,45-28-II-3	48.398			48.398	50.406
28	PCC TK-0,45-28-II-4	36.376	20.00	67.60	0	
28	PCC TK-0,45-28-II-5	46.699			46.699	

Setelah dilakukan perhitungan kuat tekan dengan kedua metode untuk FAS 0,3; 0,35; 0,45; 0,55; 0,65; 0,75; dan 0,8 didapatkan hasil kuat tekan beton PCC pada tabel dibawah ini.

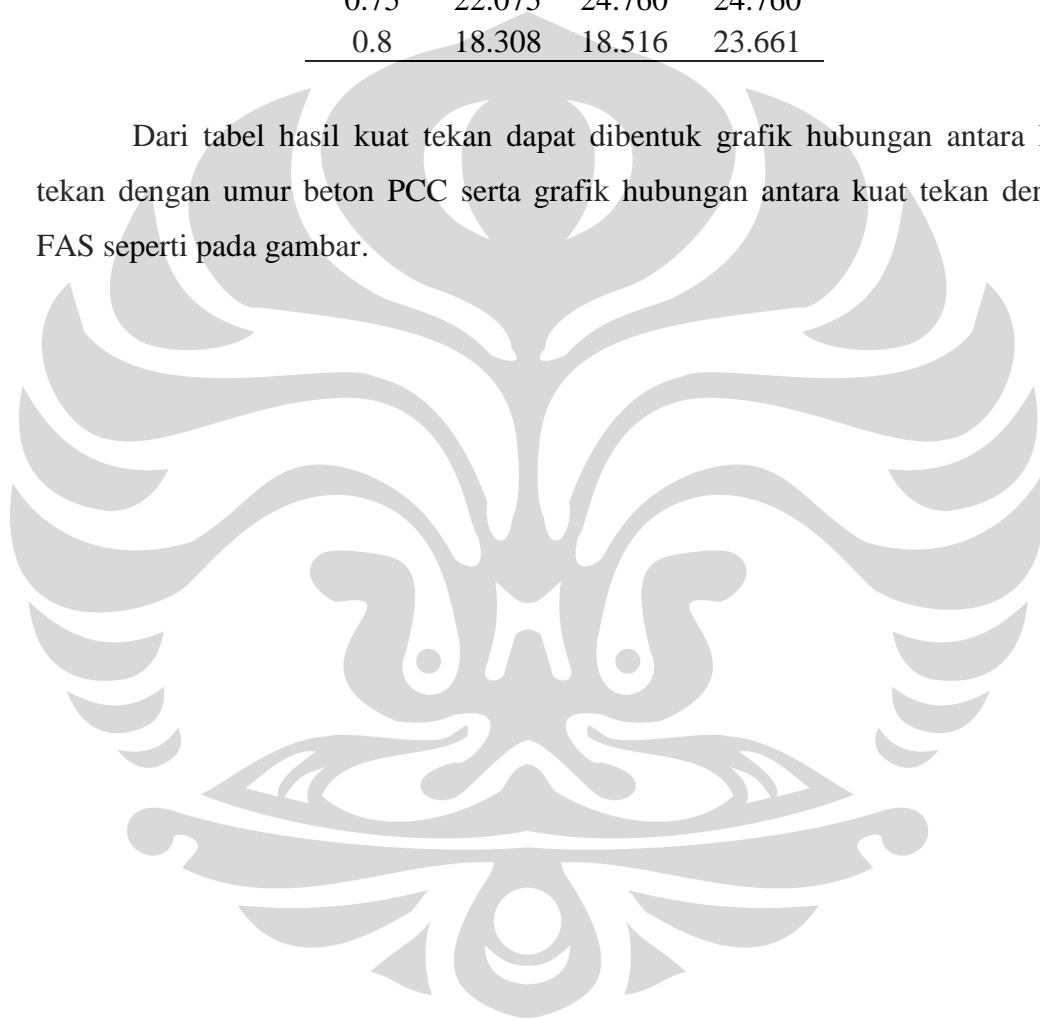
Tabel 4. 14 Hasil Kuat Tekan dengan Metode Rata-Rata

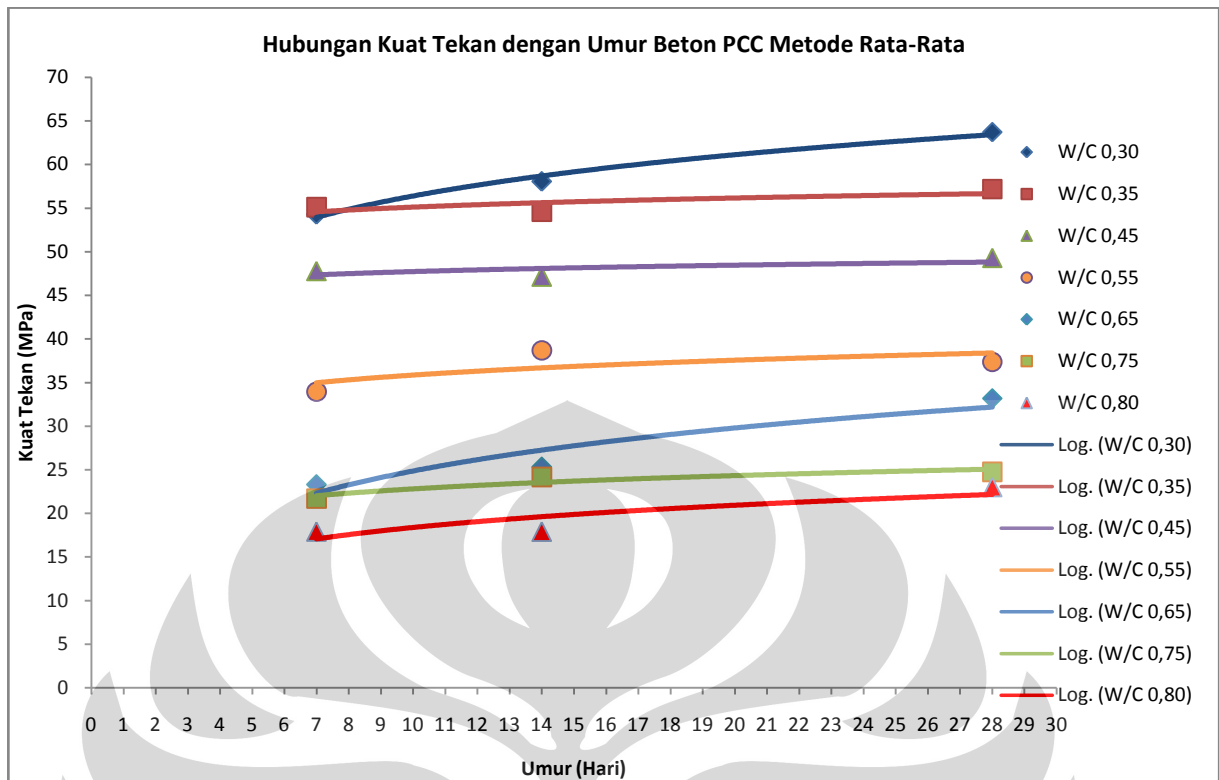
FAS	Kuat Tekan (Mpa)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.3	54.270	58.052	63.715
0.35	55.109	54.572	57.189
0.45	47.794	47.147	49.286
0.55	33.951	38.690	37.373
0.65	23.295	25.309	33.172
0.75	21.684	24.174	24.760
0.8	17.916	17.900	23.021

Tabel 4. 15 Hasil Kuat Tekan dengan Metode *Chi-square*

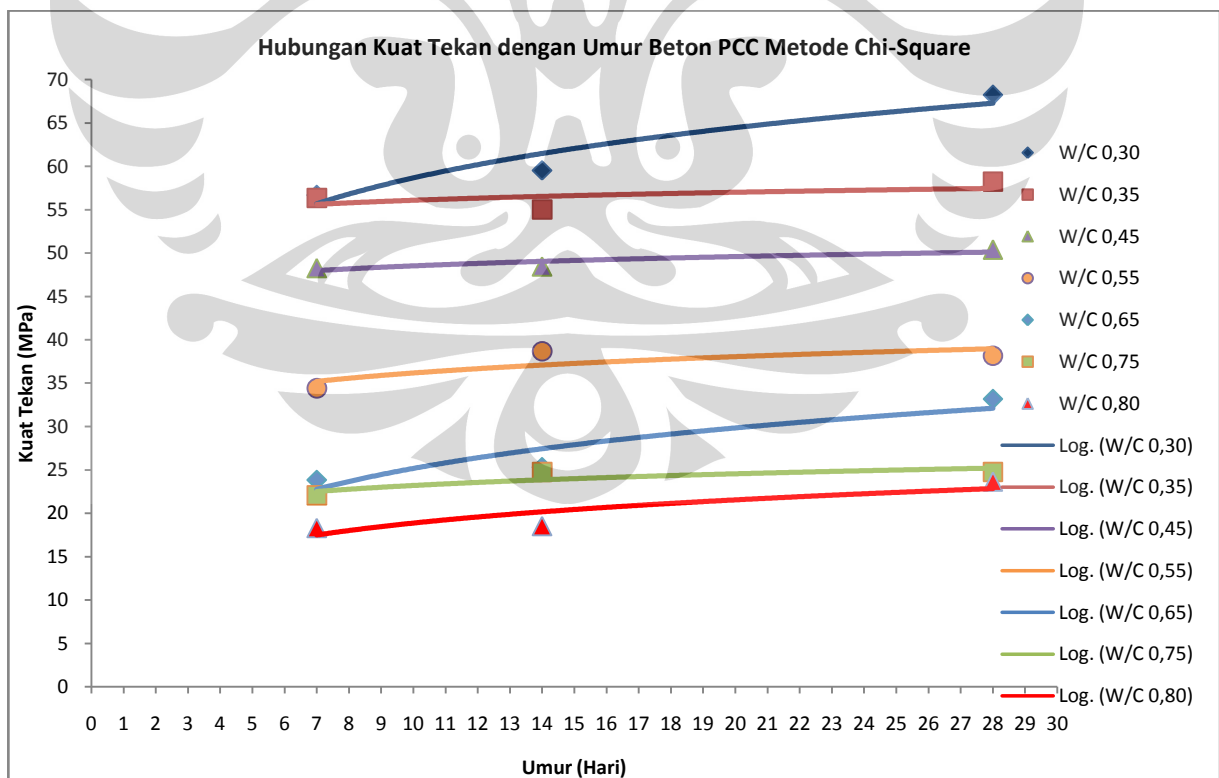
FAS	Kuat Tekan (Mpa)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.3	56.674	59.550	68.235
0.35	56.367	55.025	58.240
0.45	48.286	48.466	50.406
0.55	34.418	38.690	38.156
0.65	23.844	25.309	33.172
0.75	22.075	24.760	24.760
0.8	18.308	18.516	23.661

Dari tabel hasil kuat tekan dapat dibentuk grafik hubungan antara kuat tekan dengan umur beton PCC serta grafik hubungan antara kuat tekan dengan FAS seperti pada gambar.





Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Kuat Tekan Vs Umur Metode Rata-rata



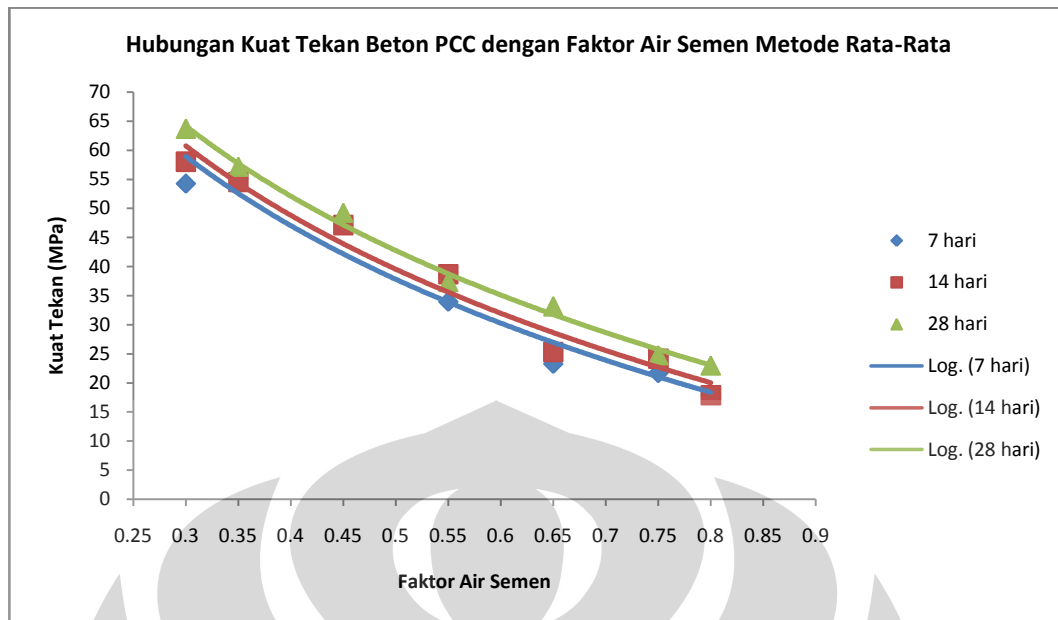
Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Kuat Tekan Vs Umur Metode *Chi-square*

Dari grafik hubungan kuat tekan vs umur beton PCC, dapat diketahui bahwa untuk setiap nilai FAS, semakin tinggi umur beton, maka kuat tekan juga mengalami kenaikan. Pada metode rata-rata, FAS 0,3 menghasilkan kuat tekan 28 hari tertinggi sebesar 63,71 MPa dan FAS 0,8 menghasilkan kuat tekan 28 hari terendah sebesar 23,02 MPa. Pada metode *chi-square*, FAS 0,3 menghasilkan kuat tekan 28 hari tertinggi sebesar 68,23 MPa dan FAS 0,8 menghasilkan kuat tekan 28 hari terendah sebesar 23,66 MPa.

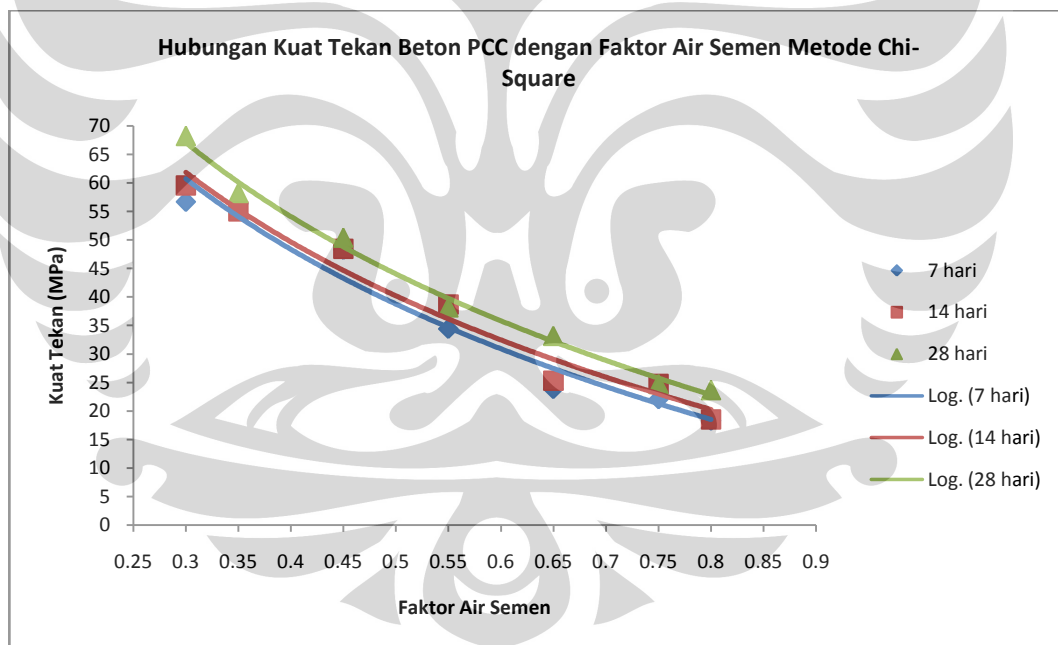
Berdasarkan grafik dapat dicari hubungan antara kuat tekan dan umur melalui sebuah fungsi, dan hubungan yang paling mendekati adalah hubungan logaritmik. Dengan menampilkan *trendline* dari setiap FAS maka didapatkan hubungan kuat tekan (y) yang merupakan fungsi dari umur (x) sebagai berikut.

Tabel 4. 16 Persamaan Kuat Tekan vs Umur

FAS	Persamaan			
	Metode Rata-Rata	R ²	Metode <i>Chi-square</i>	R ²
0,3	$y = 6.813 \ln(x) + 40.69$	0.987	$y = 8.339 \ln(x) + 39.47$	0.922
0,35	$y = 1.500 \ln(x) + 51.66$	0.566	$y = 1.351 \ln(x) + 52.97$	0.336
0,45	$y = 1.076 \ln(x) + 45.23$	0.462	$y = 1.529 \ln(x) + 45.01$	0.813
0,55	$y = 2.468 \ln(x) + 30.15$	0.489	$y = 2.696 \ln(x) + 29.97$	0.644
0,65	$y = 7.124 \ln(x) + 8.456$	0.895	$y = 6.728 \ln(x) + 9.685$	0.864
0,75	$y = 2.218 \ln(x) + 17.68$	0.886	$y = 1.937 \ln(x) + 18.75$	0.75
0,8	$y = 3.681 \ln(x) + 9.895$	0.747	$y = 3.862 \ln(x) + 9.969$	0.779



Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Kuat Tekan Vs FAS Metode Rata-rata



Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Kuat Tekan Vs FAS Metode *Chi-square*

Dari grafik hubungan kuat tekan vs FAS, dapat diketahui bahwa untuk setiap umur beton, semakin tinggi nilai FAS, maka kuat tekan mengalami penurunan. Sebaliknya semakin rendah nilai FAS, semakin tinggi pula kuat tekan yang dihasilkan.

Berdasarkan grafik dapat dicari hubungan antara kuat tekan dan FAS melalui sebuah fungsi, dan hubungan yang paling mendekati adalah hubungan logaritmik. Dengan menampilkan *trendline* dari setiap umur beton maka didapatkan hubungan kuat tekan (y) yang merupakan fungsi dari FAS (x) sebagai berikut.

Tabel 4. 17 Persamaan Kuat Tekan vs FAS

Umur (hari)	Persamaan			
	Metode Rata-Rata	R ²	Metode <i>Chi-square</i>	R ²
7	$y = -41.3 \ln(x) + 9.137$	0.95	$y = -43.0 \ln(x) + 8.895$	0.96
14	$y = -41.5 \ln(x) + 10.72$	0.97	$y = -42.3 \ln(x) + 10.82$	0.97
28	$y = -41.9 \ln(x) + 13.72$	0.99	$y = -45.1 \ln(x) + 12.78$	0.99

Dari grafik kuat tekan vs umur dan grafik kuat tekan vs FAS terlihat bahwa kuat tekan memiliki *trend* yang sama, yaitu kuat tekan terus naik seiring umur yang bertambah dan turun seiring kenaikan FAS. Namun, pada beberapa data terdapat *error* yang tidak sesuai dengan *trend* yang ada. *Error* yang terjadi pada perhitungan metode rata-rata adalah:

- pada FAS 0,35, kuat tekan 14 hari sebesar 54,57 MPa lebih rendah dibanding kuat tekan 7 hari sebesar 55,11 MPa.
- pada FAS 0,45, kuat tekan 14 hari sebesar 47,15 MPa lebih rendah dibanding kuat tekan 7 hari sebesar 47,79 MPa.
- pada FAS 0,55, kuat tekan 28 hari sebesar 37,37 MPa lebih rendah dibanding kuat tekan 14 hari sebesar 38,69 MPa.
- pada FAS 0,80, kuat tekan 14 hari sebesar 17,9 MPa lebih rendah dibanding kuat tekan 7 hari sebesar 17,92 MPa.
- pada FAS 0,3, kuat tekan 7 hari sebesar 54,27 MPa lebih rendah dari kuat tekan 7 hari pada FAS 0,35 sebesar 55,11 MPa.

Sedangkan *error* yang terjadi pada perhitungan metode *chi-square* adalah:

- pada FAS 0,35, kuat tekan 14 hari sebesar 55,02 MPa lebih rendah dibanding kuat tekan 7 hari sebesar 56,37 MPa.
- pada FAS 0,55, kuat tekan 28 hari sebesar 38,16 MPa lebih rendah dibanding kuat tekan 14 hari sebesar 38,69 MPa.

Berdasarkan grafik kuat tekan vs hari dan grafik kuat tekan vs FAS, metode rata-rata dan metode *chi-square* menghasilkan persamaan yang hampir sama. Namun bila dilihat dari data error yang terjadi, metode *chi-square* menghasilkan lebih sedikit data error dibanding metode rata-rata.

4.5.1.2. Analisa Kesalahan

Terdapatnya data-data *error* pada hasil kuat tekan dapat diakibatkan oleh proses pembuatan serta pengetesan benda uji yang terganggu oleh beberapa faktor seperti kondisi material, cuaca, dan kesalahan prosedur. Berikut ini adalah beberapa penyebab kesalahan yang terjadi pada hasil kuat tekan:

- Pada pengujian kuat tekan 14 hari, FAS 0,45 dan 28 hari, FAS 0,55, bertepatan dengan bulan Maret dimana ketika itu sering terjadi hujan. Hal ini mengakibatkan tidak sempurnanya proses pengeringan sampel setelah di-*curing*, sehingga sampel belum terlalu kering saat akan dilakukan pengujian. Kondisi sampel yang belum kering menyebabkan jatuhnya hasil uji.



Gambar 4. 11 Sampel FAS 0,45 28 Hari yang Belum Kering Saat Diuji

- Pada pengecoran FAS 0,35 7 hari, pada tanggal 26 April 2010 cuaca sangat panas sepanjang hari. Hal ini mengakibatkan material pasir dan kerikil menjadi lebih kering, dimana seharusnya terjaga dalam kondisi

SSD. Kesalahan ini mengakibatkan kadar air dalam FAS 0,35, 7 hari menjadi kecil dan menghasilkan kuat tekan lebih tinggi dari FAS 0,35, 14 hari yang dicor pada waktu yang berbeda.

- Pada pengecoran FAS 0,3, pemadatan dilakukan menggunakan *vibrator table*. Hasil pemadatan tersebut kurang padat bila dibandingkan dengan FAS 0,35 yang menggunakan *hand vibrator*. Hal ini menyebabkan kuat tekan 7 hari, FAS 0,3 yang lebih rendah dari kuat tekan 7 hari, FAS 0,35.



Gambar 4. 12 Pori-pori pada Sampel TK-0,3-7-3 Akibat Pemadatan yang Kurang

- Pada pengujian kuat tekan beberapa kali terdapat hasil uji dengan simpangan yang besar. Kesalahan ini kemungkinan disebabkan oleh *capping* benda uji yang miring. *Capping* yang miring menyebabkan tegangan yang tidak rata di seluruh permukaan benda uji sehingga dapat mengurangi kekuatan benda uji. Hal ini ditunjukkan dengan pola retak yang tidak merata pada benda uji.



Gambar 4. 13 Pola Retak Tidak Merata pada Sampel TK-0,75-II-3 dan TK-0,75-II-5

4.5.2. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton PCC

Pengujian kuat tarik belah dilakukan untuk mengetahui kuat tarik belah beton (*splitting tensile strength*) dengan benda uji berbentuk silinder Ø15x30. Adapun pengujian kuat tarik belah pada penelitian ini dilakukan pada beton umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

Benda uji yang digunakan dalam pengujian kuat tarik belah ini ditekan dengan menggunakan alat tekan hidrolik dalam posisi tidur sehingga akan diperoleh beban yang dibutuhkan untuk mengakibatkan benda uji terbelah dua dan tidak dapat menahan beban lagi. Hal yang harus diperhatikan dalam melakukan pengujian adalah pembebanan yang harus tepat ditengah sampel untuk menghasilkan tegangan yang merata pada permukaan selimut silinder. Oleh karena itu, sekeliling benda uji terlebih dahulu diberi garis tengah sebagai tanda tempat pembebanan.

Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Kuat tarik belah} = \frac{2P}{\pi LD} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(4. 2)$$

Dimana P = beban maksimum (kg)

L = tinggi benda uji (cm)

D = diameter benda uji (cm)

4.5.2.1. Analisa Kuat Tarik Belah dengan Metode Rata-Rata dan *Chi-square*

Data yang didapat dari hasil uji tarik belah beton dengan benda uji silinder Ø15x30 adalah sebanyak 5 data untuk masing-masing FAS dan masing-masing hari pengujian. Dari data tersebut, maka kuat tarik belah dapat dihitung dengan mengambil nilai rata-rata dari 5 data yang ada. Karena terdapat data yang menyimpang jauh dari data-data lainnya, maka data-data yang menyimpang harus dibuang agar tidak merusak nilai kuat tarik belah rata-rata yang dicari. Pada metode rata-rata, digunakan standar simpangan maksimal yang diperbolehkan dalam ASTM C 496-04, yaitu sebesar 14 %. Dengan demikian, data yang memiliki simpangan lebih dari 14 % terhadap rata-rata populasi (5 data) dianggap tidak *valid* dan tidak digunakan. Tetapi apabila dari hasil seleksi tersebut hanya tersisa kurang dari 3 data, maka tetap diambil 3 data dengan simpangan terkecil. Hal ini dilakukan untuk menjaga agar nilai rata-rata tetap mewakili populasi yang ada. Berikut ini adalah contoh perhitungan kuat tarik belah dengan metode rata-rata untuk FAS 0,55.

Tabel 4. 18 Perhitungan Kuat Tarik Belah FAS 0,55 dengan Metode Rata-rata

Umur (hari)	Kode	Kuat Belah (T) (MPa)	std deviasi astm = 14%	Kuat Belah (T) (valid) (MPa)	Kuat Belah Rata-rata (MPa)
7	PCC TB-0,55-07-I-1	3.03	5.3%	3.03	3.20
7	PCC TB-0,55-07-I-2	3.12	2.6%	3.12	
7	PCC TB-0,55-07-I-3	3.12	2.6%	3.12	
7	PCC TB-0,55-07-I-4	3.12	2.6%	3.12	
7	PCC TB-0,55-07-II-5	3.62	13.2%	3.62	
14	PCC TB-0,55-14-I1	3.37	0.3%	3.37	3.36
14	PCC TB-0,55-14-I-2	3.03	9.8%	3.03	
14	PCC TB-0,55-14-I-3	3.58	6.5%	3.58	
14	PCC TB-0,55-14-I-4	3.07	8.6%	3.07	
14	PCC TB-0,55-14-II-5	3.75	11.6%	3.75	
28	PCC TB-0,55-28-III-1	3.87	5.3%	3.87	3.55
28	PCC TB-0,55-28- III-2	3.28	10.7%	3.28	
28	PCC TB-0,55-28- III-3	3.67	0.4%	3.67	
28	PCC TB-0,55-28- III-4	3.37	8.4%	3.37	
28	PCC TB-0,55-28- IV-5	4.20	14.2%	0	

Pada metode *chi-square*, batas simpangan ditentukan berdasar tingkat kepercayaan terhadap populasi sebesar 95% dengan derajat kebebasan $v = n - 1 = 5 - 1 = 4$. Dengan tingkat kepercayaan 95 %, maka interval keyakinan terletak pada $\chi_{0,025}^2 < \frac{Ns^2}{\sigma^2} < \chi_{0,975}^2$. Berdasarkan tabel *chi-square*, untuk $v = 4$ maka interval keyakinan terletak antara $0,48 < \frac{Ns^2}{\sigma^2} < 11,14$. Sehingga batas simpangan data terdapat antara $\frac{s\sqrt{N}}{\chi_{0,975}} < \sigma < \frac{s\sqrt{N}}{\chi_{0,025}}$. Dengan demikian, data yang memiliki simpangan di luar *range* σ dianggap tidak *valid* dan tidak digunakan. Tetapi apabila dari hasil seleksi tersebut hanya tersisa kurang dari 3 data, maka tetap diambil 3 data dengan simpangan terkecil. Berikut contoh perhitungan kuat tarik belah dengan metode *chi-square* untuk FAS 0,55.

Tabel 4. 19 Perhitungan Kuat Tarik Belah FAS 0,55 dengan Metode *Chi-square*

Umur (hari)	Kode	Kuat Belah (T) (MPa)	σ	Kuat Belah (batas) (MPa)	Kuat Belah (valid) (MPa)	Kuat Belah Rata-rata (chisquare) (MPa)
7	PCC TB-0,55-07-I-1	3.03			0	
7	PCC TB-0,55-07-I-2	3.12	0.14	3.06	3.12	
7	PCC TB-0,55-07-I-3	3.12			3.12	3.24
7	PCC TB-0,55-07-I-4	3.12	0.69	3.89	3.12	
7	PCC TB-0,55-07-II-5	3.62			3.62	
14	PCC TB-0,55-14-I1	3.37			3.37	
14	PCC TB-0,55-14-I-2	3.03	0.19	3.17	0	
14	PCC TB-0,55-14-I-3	3.58			3.58	3.57
14	PCC TB-0,55-14-I-4	3.07	0.90	4.26	0	
14	PCC TB-0,55-14-II-5	3.75			3.75	
28	PCC TB-0,55-28-III-1	3.87			3.87	
28	PCC TB-0,55-28- III-2	3.28	0.23	3.45	0	
28	PCC TB-0,55-28- III-3	3.67			3.67	3.91
28	PCC TB-0,55-28- III-4	3.37	1.09	4.76	0	
28	PCC TB-0,55-28- IV-5	4.20			4.20	

Setelah dilakukan perhitungan kuat tarik belah dengan kedua metode untuk FAS 0,3; 0,35; 0,45; 0,55; 0,65; 0,75; dan 0,8 didapatkan hasil kuat tarik belah beton PCC pada tabel dibawah ini.

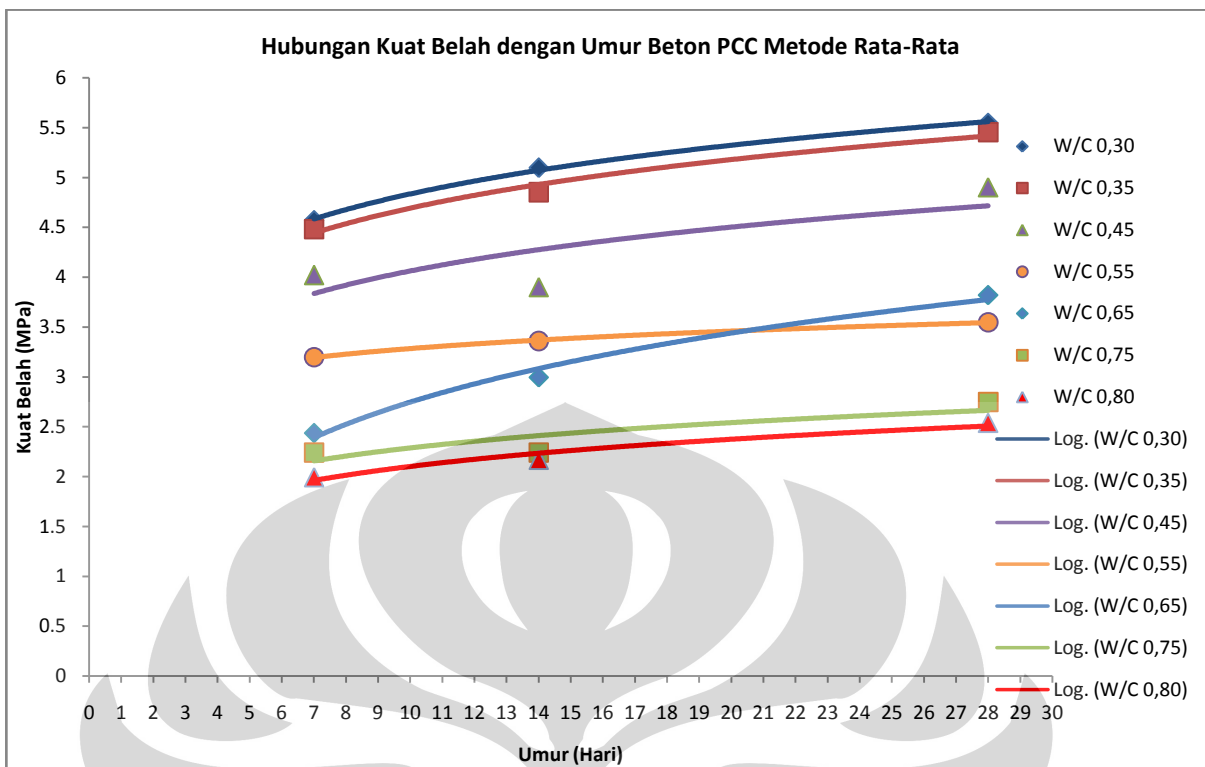
Tabel 4. 20 Hasil Kuat Tarik Belah dengan Metode Rata-Rata

FAS	Kuat Tarik Belah (Mpa)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.30	4.574	5.098	5.548
0.35	4.483	4.853	5.456
0.45	4.022	3.903	4.903
0.55	3.200	3.360	3.548
0.65	2.438	2.997	3.822
0.75	2.241	2.241	2.748
0.80	1.994	2.170	2.540

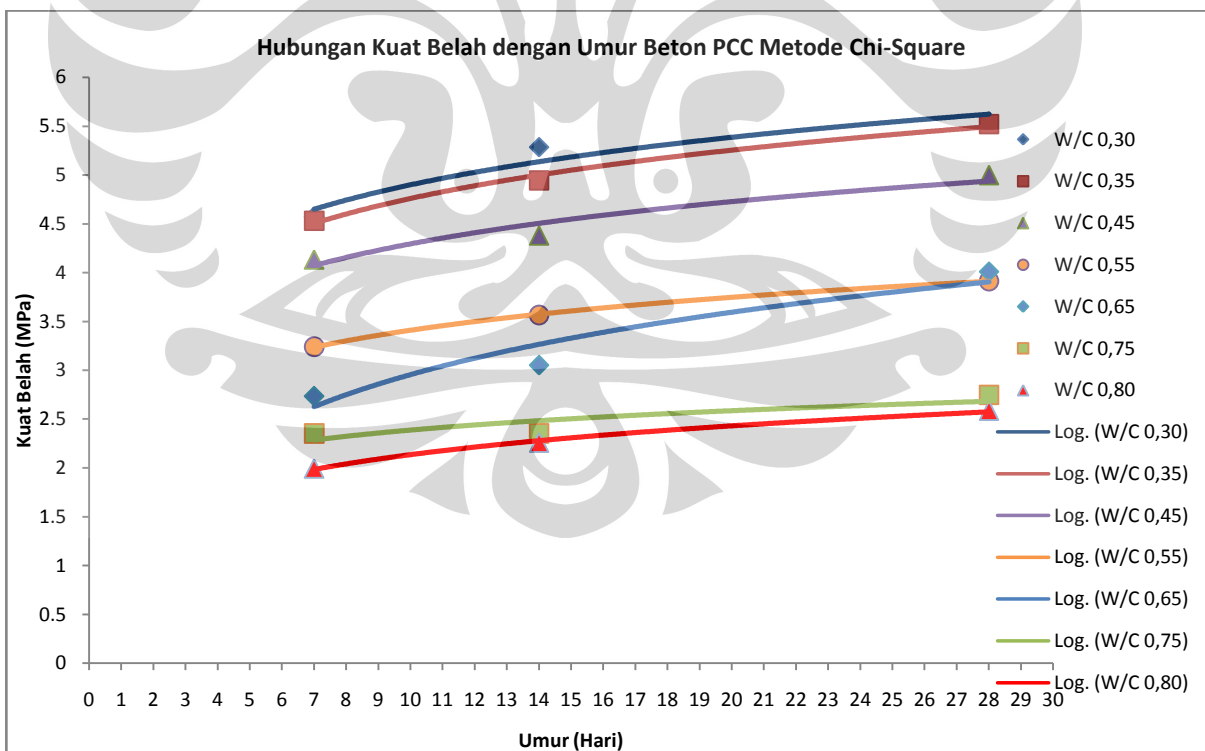
Tabel 4. 21 Hasil Kuat Tarik Belah dengan Metode *Chi-square*

FAS	Kuat Tarik Belah (Mpa)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.30	4.574	5.287	5.548
0.35	4.533	4.944	5.522
0.45	4.135	4.382	4.999
0.55	3.242	3.566	3.914
0.65	2.734	3.052	4.011
0.75	2.353	2.353	2.748
0.80	1.994	2.258	2.586

Dari tabel hasil kuat tarik belah dapat dibentuk grafik hubungan antara kuat tarik belah dengan umur beton PCC serta grafik hubungan antara kuat tarik belah dengan FAS seperti pada gambar.



Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Kuat Tarik belah Vs Umur Metode Rata-rata



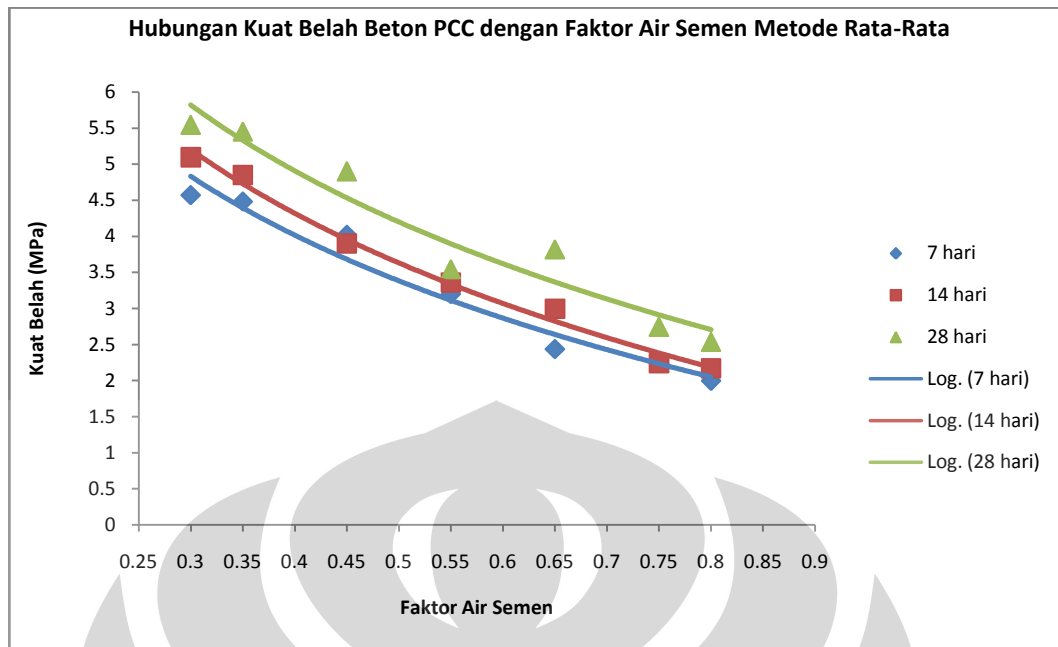
Gambar 4. 15 Grafik Hubungan Kuat Tarik belah Vs Umur Metode *Chi-square*

Dari grafik hubungan kuat tarik belah vs umur beton PCC, dapat diketahui bahwa untuk setiap nilai FAS, semakin tinggi umur beton, maka kuat tarik belah juga mengalami kenaikan. Pada metode rata-rata, FAS 0,3 menghasilkan kuat tarik belah 28 hari tertinggi sebesar 5,548 MPa dan FAS 0,8 menghasilkan kuat tarik belah 28 hari terendah sebesar 2,54 MPa. Pada metode *chi-square*, FAS 0,3 menghasilkan kuat tarik belah 28 hari tertinggi sebesar 5,548 MPa dan FAS 0,8 menghasilkan kuat tarik belah 28 hari terendah sebesar 2,586 MPa.

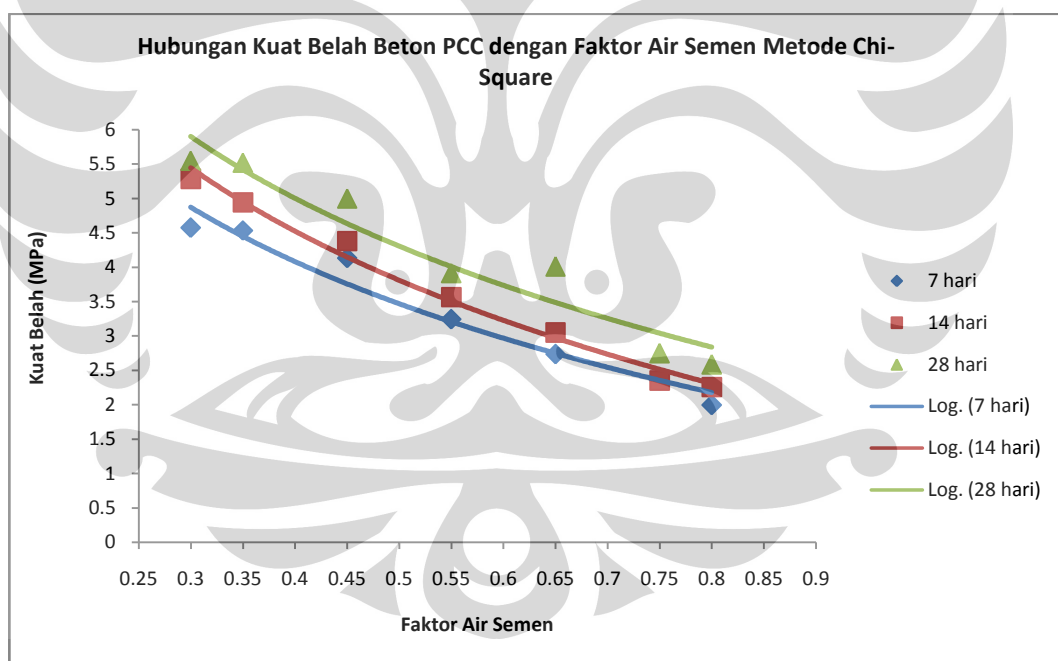
Berdasarkan grafik dapat dicari hubungan antara kuat tarik belah dan umur melalui sebuah fungsi, dan hubungan yang paling mendekati adalah hubungan logaritmik. Dengan menampilkan *trendline* dari setiap FAS maka didapatkan hubungan kuat tarik belah (y) yang merupakan fungsi dari umur (x) sebagai berikut.

Tabel 4. 22 Persamaan Kuat Tarik Belah vs Umur

FAS	Persamaan			
	Metode Rata-Rata	R ²	Metode <i>Chi-square</i>	R ²
0,3	$y = 0.702 \ln(x) + 3.218$	0.998	$y = 0.702 \ln(x) + 3.281$	0.933
0,35	$y = 0.701 \ln(x) + 3.078$	0.981	$y = 0.714 \ln(x) + 3.115$	0.99
0,45	$y = 0.635 \ln(x) + 2.600$	0.649	$y = 0.623 \ln(x) + 2.860$	0.942
0,55	$y = 0.251 \ln(x) + 2.706$	0.998	$y = 0.485 \ln(x) + 2.294$	0.999
0,65	$y = 0.998 \ln(x) + 0.451$	0.987	$y = 0.920 \ln(x) + 0.835$	0.922
0,75	$y = 0.365 \ln(x) + 1.445$	0.75	$y = 0.284 \ln(x) + 1.733$	0.75
0,8	$y = 0.393 \ln(x) + 1.197$	0.959	$y = 0.426 \ln(x) + 1.153$	0.996



Gambar 4. 16 Grafik Hubungan Kuat Tarik belah Vs FAS Metode Rata-rata



Gambar 4. 17 Grafik Hubungan Kuat Tarik belah Vs FAS Metode *Chi-square*

Dari grafik hubungan kuat tarik belah vs FAS, dapat diketahui bahwa untuk setiap umur beton, semakin tinggi nilai FAS, maka kuat tarik belah mengalami penurunan. Sebaliknya semakin rendah nilai FAS, semakin tinggi pula kuat tarik belah yang dihasilkan.

Berdasarkan grafik dapat dicari hubungan antara kuat tarik belah dan FAS melalui sebuah fungsi, dan hubungan yang paling mendekati adalah hubungan logaritmik. Dengan menampilkan *trendline* dari setiap umur beton maka didapatkan hubungan kuat tarik belah (y) yang merupakan fungsi dari FAS (x) sebagai berikut.

Tabel 4. 23 Persamaan Kuat Tarik Belah vs FAS

Umur (hari)	Persamaan			
	Metode Rata-Rata	R ²	Metode <i>Chi-square</i>	R ²
7	$y = -2.84 \ln(x) + 1.416$	0.966	$y = -2.75 \ln(x) + 1.561$	0.959
14	$y = -3.08 \ln(x) + 1.496$	0.99	$y = -3.20 \ln(x) + 1.591$	0.986
28	$y = -3.17 \ln(x) + 1.996$	0.933	$y = -3.12 \ln(x) + 2.139$	0.922

Dari grafik kuat tarik belah vs umur dan grafik kuat tarik belah vs FAS terlihat bahwa kuat tarik belah memiliki *trend* yang sama, yaitu kuat tarik belah terus naik seiring umur yang bertambah dan turun seiring kenaikan FAS. Namun, pada beberapa data terdapat *error* yang tidak sesuai dengan *trend* yang ada. *Error* yang terjadi pada perhitungan metode rata-rata adalah:

- pada FAS 0,45 kuat tarik belah 14 hari sebesar 3,903 MPa lebih rendah dibanding kuat tarik belah 7 hari sebesar 4,022 MPa.
- pada FAS 0,55 kuat tarik belah 28 hari sebesar 3,548 MPa lebih rendah dibanding kuat tarik belah 14 hari FAS 0,65 sebesar 3,822 MPa.

Sedangkan *error* yang terjadi pada perhitungan metode *chi-square* adalah:

- pada FAS 0,55 kuat tarik belah 28 hari sebesar 3,914 MPa lebih rendah dibanding kuat tarik belah 28 hari FAS 0,65 sebesar 4,011 MPa.

Berdasarkan grafik kuat tarik belah vs hari dan grafik kuat tarik belah vs FAS, metode rata-rata dan metode *chi-square* menghasilkan persamaan yang hampir sama. Namun bila dilihat dari data *error* yang terjadi, metode *chi-square* menghasilkan lebih sedikit data *error* dibanding metode rata-rata.

4.5.2.2. Analisa Kesalahan

Terdapatnya data-data *error* pada hasil kuat tarik belah dapat diakibatkan oleh proses pembuatan serta pengetesan benda uji yang terganggu oleh beberapa faktor seperti kondisi material, cuaca, dan kesalahan prosedur. Berikut ini adalah beberapa penyebab kesalahan yang terjadi pada hasil kuat tarik belah:

- Pada pengujian kuat tarik belah FAS 14 hari, 0,45 dan 28 hari, FAS 0,55, sampel belum terlalu kering saat akan dilakukan pengujian akibat kondisi cuaca yang sering hujan. Kondisi ini menyebabkan hasil uji tarik belah pada FAS 0,45 14 hari dan FAS 0,55 28 hari menjadi rendah.



Gambar 4. 18 Sampel FAS 0,55 28 Hari yang Belum Kering Saat Diuji

- Pada pengujian kuat tarik belah beberapa kali terdapat hasil uji dengan simpangan yang besar. Kesalahan ini kemungkinan disebabkan oleh kesalahan posisi benda uji pada saat pengetesan. Pembebanan pada pengujian tarik belah seharusnya tepat di tengah benda uji, namun beberapa kali terjadi kemiringan yang menyebabkan tegangan tarik tidak merata. Kemiringan posisi ini dapat disebabkan oleh kesalahan dalam pemberian garis yang tidak tepat di tengah sampel. Hal ini ditunjukkan dengan terjadinya patahan pada salah satu belahan benda uji setelah dites.



Gambar 4. 19 Patah pada Salah Satu Belahan Sampel TB-0,45-28-IV-5

- Simpangan beberapa hasil uji tarik belah yang besar juga disebabkan oleh adanya pemisahan agregat terutama pada FAS tinggi. Hal ini terlihat dari permukaan bidang belah benda uji dimana terdapat lubang tempat lepasnya kerikil dari kulitnya karena seharusnya kerikil tersebut hancur terbelah pada saat pengetesan. Pelepasan agregat ini dapat mengurangi kuat tarik belah yang dihasilkan. Terjadinya pelepasan agregat dapat disebabkan oleh tidak dilakukannya pencucian kerikil sebelum digunakan sehingga masih terdapat kulit yang menyelimuti kerikil. Penyebab lainnya adalah kerikil yang berasal dari pasir yang berbentuk bulat serta memiliki permukaan halus. Dengan tekstur seperti itu, kerikil dalam pasir akan mudah lepas pada saat pengetesan tarik belah.



Gambar 4. 20 Lubang Akibat Pelepasan Kerikil pada Sampel TB-0,75-28-I-2

4.5.3. Pengujian Kuat Lentur Beton PCC

Pengujian kuat lentur bertujuan untuk mengetahui kuat lentur maksimum yang diterima oleh serat bawah balok pada beton. Pengujian ini menggunakan metode *third point loading*. Benda uji dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 55 cm dipasang pada alat pengujian kuat lentur dengan diletakkan tepat berada di tengah di antara kedua perletakan. Beban yang bekerja sebanyak dua buah dengan jarak antar titik beban adalah 1/3 panjang bentang ($1/3 L$). Pengujian dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan membebani benda uji secara kontinu hingga benda uji hancur dan tidak dapat menahan beban yang diberikan.

Perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Kuat lentur} = \frac{PL}{bd^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots(4.3)$$

Dimana P = beban maksimum (kg)
 L = jarak antar perletakan (cm)
 b = tinggi penampang (cm)
 d = lebar penampang (cm)

4.5.3.1. Analisa Kuat Lentur dengan Metode Rata-Rata dan *Chi-square*

Data yang didapat dari hasil uji lentur beton dengan benda uji balok 15x15x60 adalah sebanyak 3 data untuk masing-masing FAS dan masing-masing hari pengujian. Dari data tersebut, maka kuat lentur dapat dihitung dengan mengambil nilai rata-rata dari 3 data yang ada. Karena terdapat data yang menyimpang jauh dari data-data lainnya, maka data-data yang menyimpang harus dibuang agar tidak merusak nilai kuat lentur rata-rata yang dicari. Pada metode rata-rata, digunakan standar simpangan maksimal yang diperbolehkan dalam ASTM C 78-02, yaitu sebesar 16 %. Dengan demikian, data yang memiliki simpangan lebih dari 16 % terhadap rata-rata populasi (3 data) dianggap tidak *valid* dan tidak digunakan. Tetapi apabila dari hasil seleksi tersebut hanya tersisa kurang dari 2 data, maka tetap diambil 2 data dengan simpangan terkecil. Hal ini dilakukan untuk menjaga agar nilai rata-rata tetap mewakili populasi yang ada. Berikut ini adalah contoh perhitungan kuat lentur dengan metode rata-rata untuk FAS 0,65.

Tabel 4. 24 Perhitungan Kuat Lentur FAS 0,65 dengan Metode Rata-rata

Umur (hari)	Kode	Tegangan Lentur (MPa)	std deviasi astm = 16%	Tegangan Lentur valid (MPa)	Tegangan Lentur Rata-rata (MPa)
7	PCC TL-0,65-7-III-1	2.91	13%	2.91	2.59
7	PCC TL-0,65-7-IV-2	2.43	6%	2.43	
7	PCC TL-0,65-7-IV-3	2.43	6%	2.43	
14	PCC TL-0,65-14-III-1	3.07	4%	3.07	2.97
14	PCC TL-0,65-14-IV-2	3.07	4%	3.07	
14	PCC TL-0,65-14-IV-3	2.75	7%	2.75	
28	PCC TL-0,65-28-I-1	3.78	12%	3.78	3.38
28	PCC TL-0,65-28-II-2	3.37	0%	3.37	
28	PCC TL-0,65-28-II-3	2.99	12%	2.99	

Pada metode *chi-square*, batas simpangan ditentukan berdasar tingkat kepercayaan terhadap populasi sebesar 95% dengan derajat kebebasan $v = n - 1 = 3 - 1 = 2$. Dengan tingkat kepercayaan 95 %, maka interval keyakinan terletak

pada $\chi_{0,025}^2 < \frac{Ns^2}{\sigma^2} < \chi_{0,975}^2$. Berdasarkan tabel *chi-square*, untuk $v = 2$ maka interval keyakinan terletak antara $0,05 < \frac{Ns^2}{\sigma^2} < 7,38$. Sehingga batas simpangan data terdapat antara $\frac{s\sqrt{N}}{\chi_{0,975}} < \sigma < \frac{s\sqrt{N}}{\chi_{0,025}}$. Dengan demikian, data yang memiliki simpangan di luar *range* σ dianggap tidak *valid* dan tidak digunakan. Tetapi apabila dari hasil seleksi tersebut hanya tersisa kurang dari 2 data, maka tetap diambil 2 data dengan simpangan terkecil. Berikut contoh perhitungan kuat lentur dengan metode *chi-square* untuk FAS 0,65.

Tabel 4. 25 Perhitungan Kuat Lentur FAS 0,65 dengan Metode *Chi-square*

Umur (hari)	Kode	Tegangan Lentur (MPa)	σ	Tegangan Lentur batas (MPa)	Tegangan Lentur valid (MPa)	Tegangan Lentur Rata-rata (chisquare) (MPa)
7	PCC TL-0,65-7-III-1	2.91	0.15	2.44	2.91	2.59
7	PCC TL-0,65-7-IV-2	2.43			2.43	
7	PCC TL-0,65-7-IV-3	2.43			1.76	
14	PCC TL-0,65-14-III-1	3.07	0.10	2.87	3.07	3.07
14	PCC TL-0,65-14-IV-2	3.07			3.07	
14	PCC TL-0,65-14-IV-3	2.75			1.17	
28	PCC TL-0,65-28-I-1	3.78	0.21	3.18	3.78	3.58
28	PCC TL-0,65-28-II-2	3.37			3.37	
28	PCC TL-0,65-28-II-3	2.99			2.48	

Setelah dilakukan perhitungan kuat lentur dengan kedua metode untuk FAS 0,3; 0,35; 0,45; 0,55; 0,65; 0,75; dan 0,8 didapatkan hasil kuat lentur beton PCC pada tabel dibawah ini.

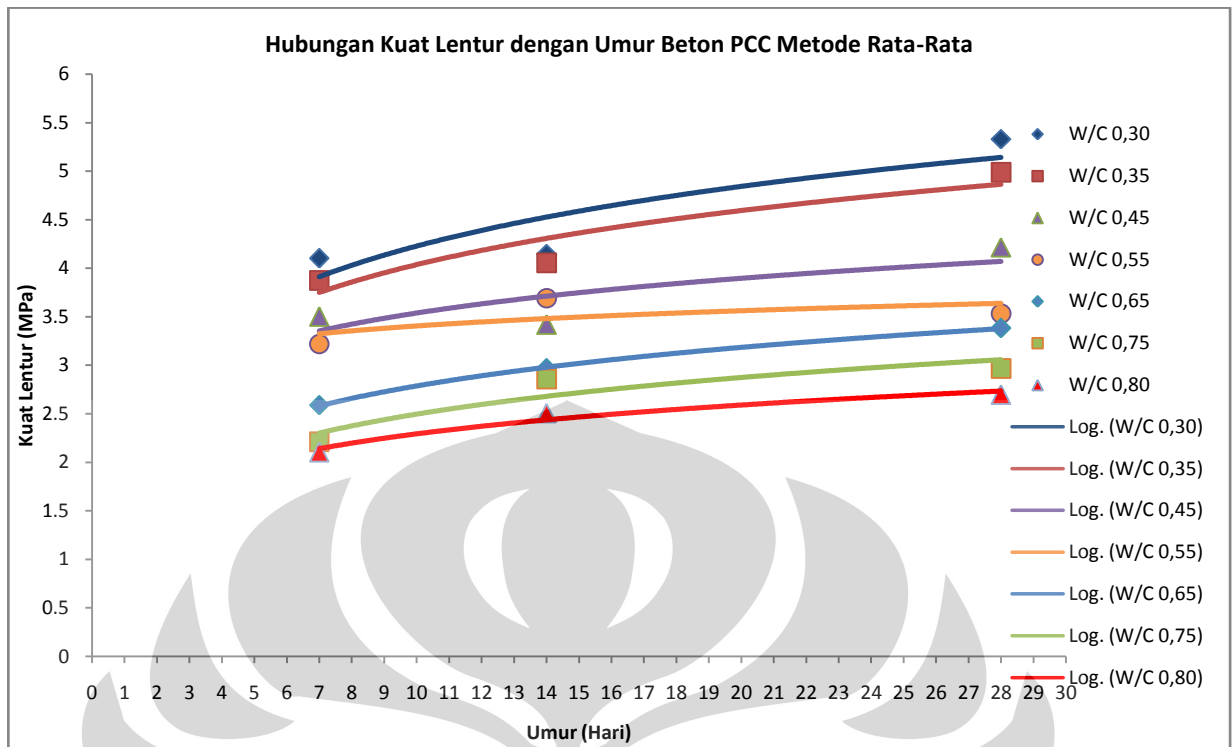
Tabel 4. 26 Hasil Kuat Lentur dengan Metode Rata-Rata

FAS	Kuat Lentur (Mpa)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.30	4.101	4.147	5.330
0.35	3.874	4.056	4.989
0.45	3.501	3.419	4.215
0.55	3.220	3.692	3.533
0.65	2.589	2.967	3.383
0.75	2.212	2.859	2.967
0.80	2.104	2.508	2.697

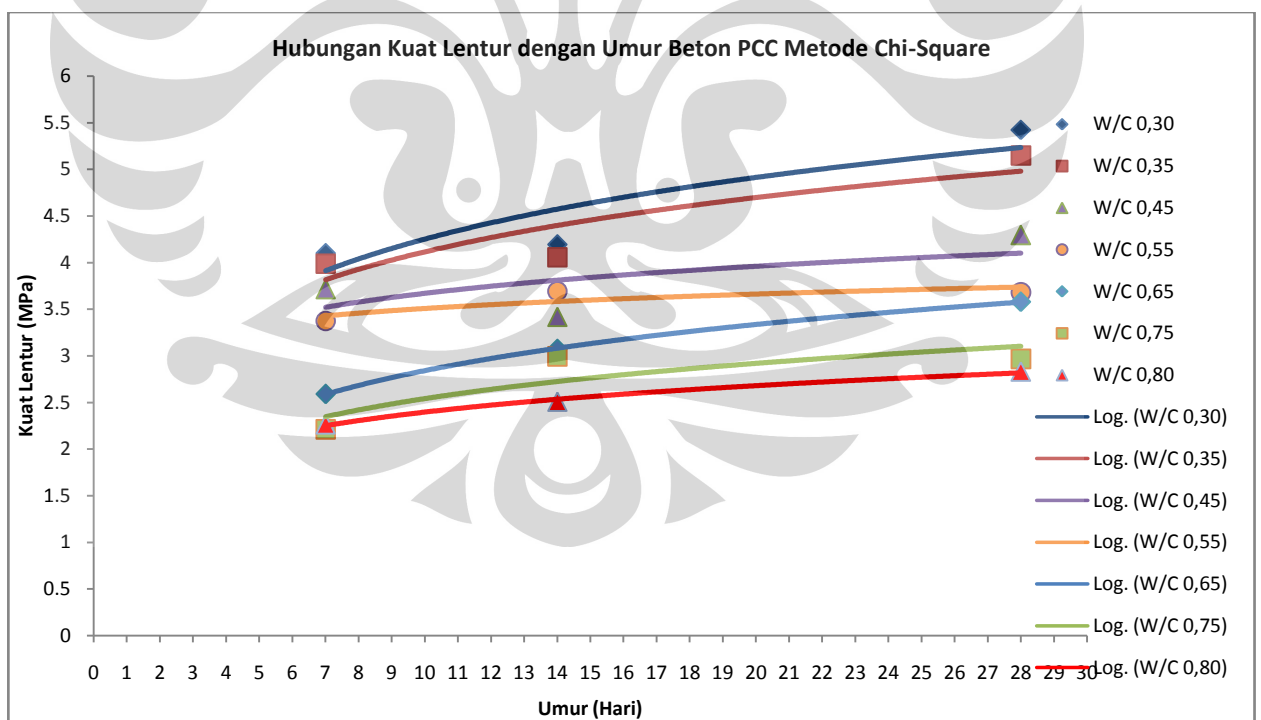
Tabel 4. 27 Hasil Kuat Lentur dengan Metode *Chi-square*

FAS	Kuat Lentur (Mpa)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.30	4.101	4.193	5.421
0.35	3.988	4.056	5.148
0.45	3.715	3.419	4.295
0.55	3.373	3.692	3.680
0.65	2.589	3.075	3.578
0.75	2.212	2.994	2.967
0.80	2.266	2.508	2.832

Dari tabel hasil kuat lentur dapat dibentuk grafik hubungan antara kuat lentur dengan umur beton PCC serta grafik hubungan antara kuat lentur dengan FAS seperti pada gambar.



Gambar 4. 21 Grafik Hubungan Kuat Lentur Vs Umur Metode Rata-rata



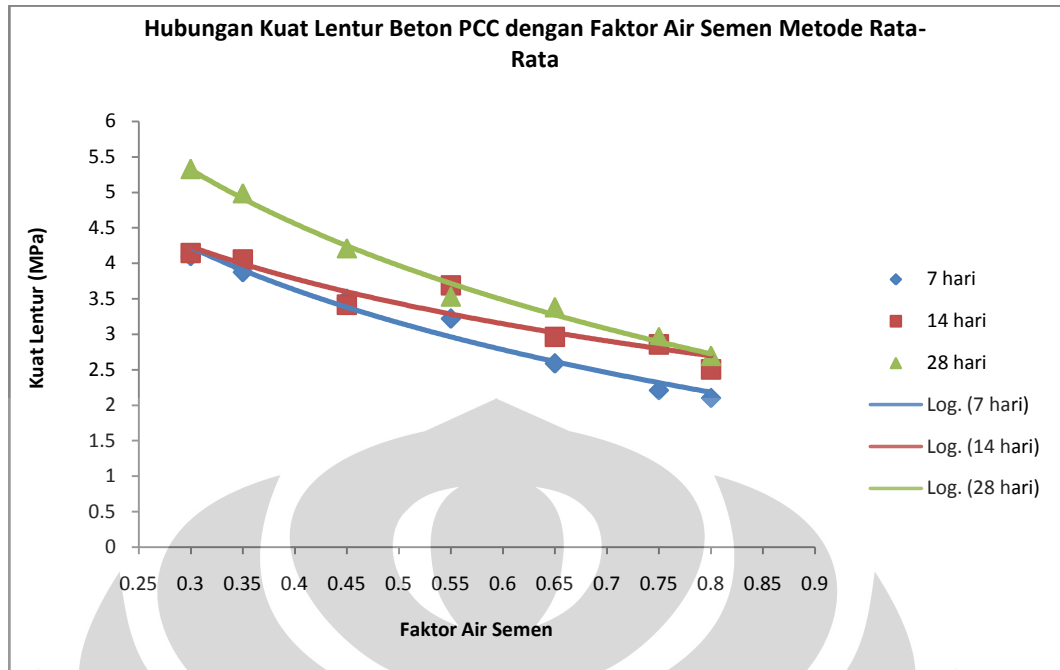
Gambar 4. 22 Grafik Hubungan Kuat Lentur Vs Umur Metode *Chi-square*

Dari grafik hubungan kuat lentur vs umur beton PCC, dapat diketahui bahwa untuk setiap nilai FAS, semakin tinggi umur beton, maka kuat lentur juga mengalami kenaikan. Pada metode rata-rata, FAS 0,3 menghasilkan kuat lentur 28 hari tertinggi sebesar 5,33 MPa dan FAS 0,8 menghasilkan kuat lentur 28 hari terendah sebesar 2,697 MPa. Pada metode *chi-square*, FAS 0,3 menghasilkan kuat lentur 28 hari tertinggi sebesar 5,421 MPa dan FAS 0,8 menghasilkan kuat lentur 28 hari terendah sebesar 2,832 MPa.

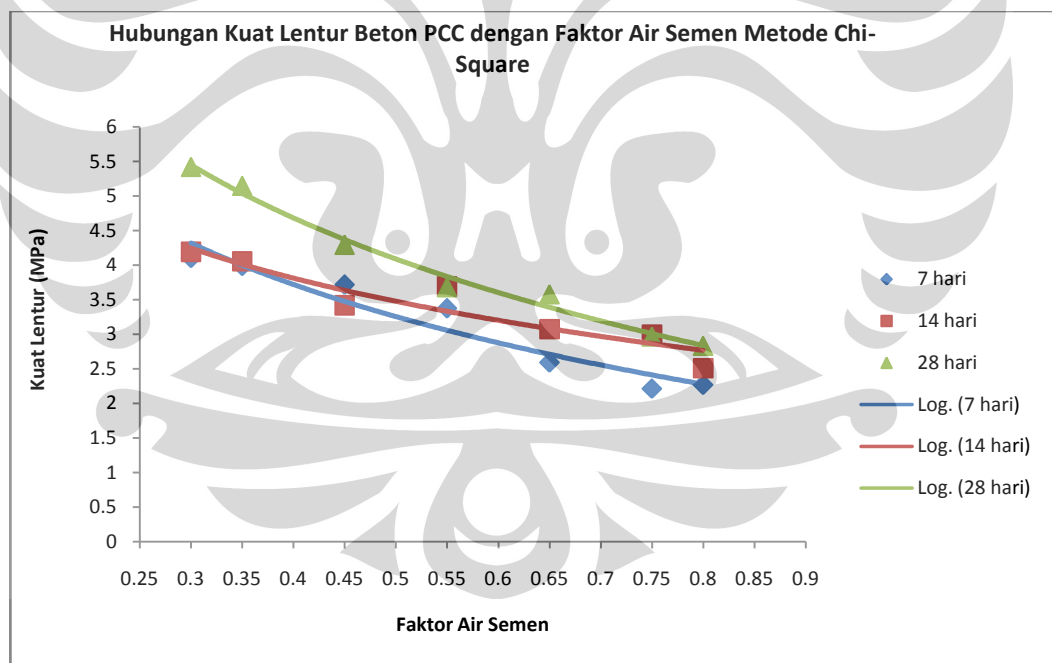
Berdasarkan grafik di atas dapat dicari hubungan antara kuat lentur dan umur melalui sebuah fungsi, dan hubungan yang paling mendekati adalah hubungan logaritmik. Dengan menampilkan *trendline* dari setiap FAS maka didapatkan hubungan kuat lentur (y) yang merupakan fungsi dari umur (x) sebagai berikut.

Tabel 4. 28 Persamaan Kuat Lentur vs Umur

FAS	Persamaan			
	Metode Rata-Rata	R ²	Metode <i>Chi-square</i>	R ²
0,3	$y = 0.886 \ln(x) + 2.186$	0.777	$y = 0.952 \ln(x) + 2.059$	0.801
0,35	$y = 0.804 \ln(x) + 2.183$	0.868	$y = 0.837 \ln(x) + 2.187$	0.794
0,45	$y = 0.515 \ln(x) + 2.352$	0.664	$y = 0.418 \ln(x) + 2.704$	0.423
0,55	$y = 0.225 \ln(x) + 2.886$	0.424	$y = 0.221 \ln(x) + 2.997$	0.722
0,65	$y = 0.572 \ln(x) + 1.468$	0.999	$y = 0.713 \ln(x) + 1.198$	0.999
0,75	$y = 0.544 \ln(x) + 1.241$	0.854	$y = 0.544 \ln(x) + 1.286$	0.723
0,8	$y = 0.428 \ln(x) + 1.306$	0.957	$y = 0.408 \ln(x) + 1.457$	0.993



Gambar 4. 23 Grafik Hubungan Kuat Lentur Vs FAS Metode Rata-rata



Gambar 4. 24 Grafik Hubungan Kuat Lentur Vs FAS Metode *Chi-square*

Dari grafik hubungan kuat lentur vs FAS, dapat diketahui bahwa untuk setiap umur beton, semakin tinggi nilai FAS, maka kuat lentur mengalami

penurunan. Sebaliknya semakin rendah nilai FAS, semakin tinggi pula kuat lentur yang dihasilkan.

Berdasarkan grafik di atas dapat dicari hubungan antara kuat lentur dan FAS melalui sebuah fungsi, dan hubungan yang paling mendekati adalah hubungan logaritmik. Dengan menampilkan *trendline* dari setiap umur beton maka didapatkan hubungan kuat lentur (y) yang merupakan fungsi dari FAS (x) sebagai berikut.

Tabel 4. 29 Persamaan Kuat Lentur vs FAS

Umur (hari)	Persamaan			
	Metode Rata-Rata	R ²	Metode <i>Chi-square</i>	R ²
7	$y = -2.08 \ln(x) + 1.719$	0.97	$y = -2.08 \ln(x) + 1.813$	0.934
14	$y = -1.56 \ln(x) + 2.350$	0.892	$y = -1.50 \ln(x) + 2.429$	0.88
28	$y = -2.65 \ln(x) + 2.135$	0.99	$y = -2.66 \ln(x) + 2.240$	0.987

Dari grafik kuat lentur vs umur dan grafik kuat lentur vs FAS terlihat bahwa kuat lentur memiliki *trend* yang sama, yaitu kuat lentur terus naik seiring umur yang bertambah dan turun seiring kenaikan FAS. Namun, pada beberapa data terdapat *error* yang tidak sesuai dengan *trend* yang ada. *Error* yang terjadi pada perhitungan metode rata-rata adalah:

- pada FAS 0,45 kuat lentur 14 hari sebesar 3,419 MPa lebih rendah dibanding kuat lentur 7 hari sebesar 3,501 MPa.
- pada FAS 0,55 kuat lentur 28 hari sebesar 3,533 MPa lebih rendah dibanding kuat lentur 14 hari sebesar 3,692 MPa.
- pada FAS 0,45 kuat lentur 14 hari sebesar 3,419 MPa lebih rendah dibanding kuat lentur 14 hari, FAS 0,55 sebesar 3,692 MPa.

Sedangkan *error* yang terjadi pada perhitungan metode *chi-square* adalah:

- pada FAS 0,45 kuat lentur 14 hari sebesar 3,419 MPa lebih rendah dibanding kuat lentur 7 hari sebesar 3,715 MPa.
- pada FAS 0,55 kuat lentur 28 hari sebesar 3,680 MPa lebih rendah dibanding kuat lentur 14 hari sebesar 3,692 MPa.

- pada FAS 0,75 kuat lentur 28 hari sebesar 2,967 MPa lebih rendah dibanding kuat lentur 14 hari sebesar 2,994 MPa.
- pada FAS 0,45 kuat lentur 14 hari sebesar 3,419 MPa lebih rendah dibanding kuat lentur 14 hari FAS 0,55 sebesar 3,692 MPa.
- pada FAS 0,75 kuat lentur 7 hari sebesar 3,212 MPa lebih rendah dibanding kuat lentur 7 hari, FAS 0,80 sebesar 3,266 MPa.

Berdasarkan grafik kuat lentur vs hari dan grafik kuat lentur vs FAS, metode rata-rata dan metode *chi-square* menghasilkan persamaan yang hampir sama. Namun bila dilihat dari data error yang terjadi, metode rata-rata menghasilkan lebih sedikit data error dibanding metode *chi-square*.

4.5.3.2. Analisa Kesalahan

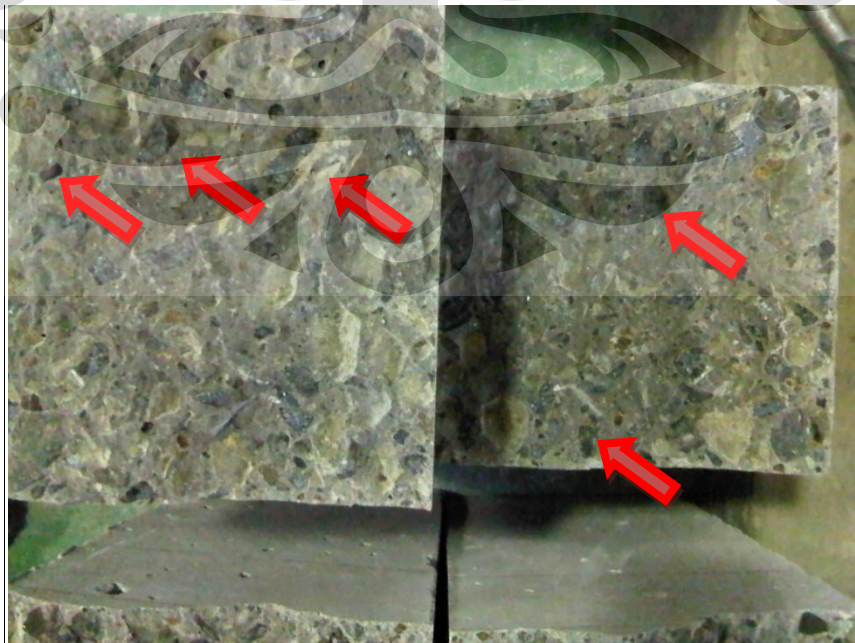
Terdapatnya data-data *error* pada hasil kuat lentur dapat diakibatkan oleh proses pembuatan serta pengetesan benda uji yang terganggu oleh beberapa faktor seperti kondisi material, cuaca, dan kesalahan prosedur. Berikut ini adalah beberapa penyebab kesalahan yang terjadi pada hasil kuat lentur:

- Pada pengujian kuat lentur 14 hari, FAS 0,45 dan 28 hari, FAS 0,55, cuaca ketika itu sering terjadi hujan. Hal ini mengakibatkan sampel belum terlalu kering saat akan dilakukan pengujian. Kondisi ini menyebabkan hasil uji lentur pada FAS 0,45 14 hari dan FAS 0,55 28 hari menjadi rendah



Gambar 4. 25 Sampel FAS 0,55 28 hari yang Belum Kering Saat Diuji

- Pada pengecoran FAS 0,75, 7 hari menggunakan semen yang sudah tersimpan lama di laboratorium sekitar seminggu. Pada saat itu, penulis hanya memperhatikan permukaan atas semen yang masih lembut tapi ternyata pada bagian bawah sudah agak mengeras. Kondisi semen yang sudah tidak terlalu bagus ini menyebabkan daya ikat antar komponen beton yang berkurang sehingga kekuatan lentur 7 hari FAS 0,75 menjadi rendah.
- Simpangan beberapa hasil uji lentur yang besar juga disebabkan oleh adanya pemisahan agregat dari beton. Hal ini terlihat dari permukaan bidang patahan benda uji dimana terdapat lubang tempat lepasnya kerikil dari kulitnya karena seharusnya kerikil tersebut hancur terbelah pada saat pengetesan. Pelepasan agregat ini dapat mengurangi kuat lentur yang dihasilkan. Terjadinya pelepasan agregat dapat disebabkan oleh tidak dilakukannya pencucian kerikil sebelum digunakan untuk pengecoran sehingga masih terdapat kulit yang menyelimuti kerikil. Penyebab lainnya adalah kerikil yang berasal dari pasir yang berbentuk bulat serta memiliki permukaan halus. Dengan tekstur seperti itu, kerikil dalam pasir akan mudah lepas pada saat pengetesan lentur.



Gambar 4. 26 Lubang Akibat Pelepasan Kerikil pada Sampel TL-0,35-14-IV-2

4.5.4. Persentase Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur terhadap Kekuatan 28 Hari

Dari persamaan hubungan kuat tekan vs FAS, kuat lentur vs FAS dan kuat tarik belah vs FAS yang, maka didapatkan nilai-nilai kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur pada umur 7, 14 dan 28 hari. Data yang digunakan adalah hasil metode *chi-square* karena secara umum menghasilkan *error* yang lebih sedikit.

Tabel 4. 30 Kuat Tekan Hasil Persamaan Metode *Chi-Square*

FAS	Kuat Tekan (Mpa)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.30	60.67	61.75	67.08
0.35	54.04	55.23	60.13
0.40	48.30	49.58	54.10
0.45	43.23	44.60	48.79
0.50	38.70	40.14	44.04
0.55	34.60	36.11	39.74
0.60	30.86	32.43	35.82
0.65	27.42	29.04	32.21
0.70	24.23	25.91	28.87
0.75	21.27	22.99	25.75
0.80	18.49	20.26	22.84

Tabel 4. 31 Kuat Tarik Belah Hasil Persamaan Metode *Chi-Square*

FAS	Kuat Tarik Belah (Mpa)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.30	4.87	5.44	5.90
0.35	4.45	4.95	5.41
0.40	4.08	4.52	5.00
0.45	3.76	4.15	4.63
0.50	3.47	3.81	4.30
0.55	3.21	3.50	4.00
0.60	2.97	3.23	3.73
0.65	2.75	2.97	3.48
0.70	2.54	2.73	3.25
0.75	2.35	2.51	3.04
0.80	2.17	2.31	2.84

Tabel 4. 32 Kuat Lentur hasil Persamaan Metode *Chi-Square*

FAS	Kuat Lentur (Mpa)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.30	4.32	4.23	5.44
0.35	4.00	4.00	5.03
0.40	3.72	3.80	4.68
0.45	3.47	3.63	4.36
0.50	3.25	3.47	4.08
0.55	3.06	3.33	3.83
0.60	2.88	3.20	3.60
0.65	2.71	3.08	3.39
0.70	2.55	2.96	3.19
0.75	2.41	2.86	3.01
0.80	2.28	2.76	2.83

Sehingga dapat dihitung persentase kekuatan yang dicapai pada umur 7 dan 14 hari terhadap kekuatan 28 hari.

Tabel 4. 33 Persentase terhadap Kuat Tekan 28 Hari

FAS	Persentase terhadap Kuat Tekan 28 hari		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.30	90.4%	92.1%	100.0%
0.35	89.9%	91.9%	100.0%
0.40	89.3%	91.6%	100.0%
0.45	88.6%	91.4%	100.0%
0.50	87.9%	91.1%	100.0%
0.55	87.1%	90.9%	100.0%
0.60	86.2%	90.5%	100.0%
0.65	85.1%	90.2%	100.0%
0.70	83.9%	89.8%	100.0%
0.75	82.6%	89.3%	100.0%
0.80	80.9%	88.7%	100.0%

Dari tabel di atas diketahui bahwa kuat tekan beton PCC paling cepat mencapai target kuat tekan 28 hari. Hal ini ditunjukkan pada kuat tekan 7 hari yang mencapai *range* 80,9%-90,4% dari kuat tekan 28 hari. Sedangkan pada kuat tekan 14 hari memiliki persentase 88,7%-92,1% dari kuat tekan 28 hari. Semakin rendah nilai FAS, maka persentase terhadap kuat tekan 28 hari semakin besar.

Tabel 4. 34 Persentase terhadap Kuat Tarik Belah 28 Hari

FAS	Persentase terhadap Kuat Tarik Belah 28 hari		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.30	82.6%	92.3%	100.0%
0.35	82.2%	91.4%	100.0%
0.40	81.7%	90.5%	100.0%
0.45	81.1%	89.5%	100.0%
0.50	80.6%	88.5%	100.0%
0.55	80.0%	87.5%	100.0%
0.60	79.5%	86.4%	100.0%
0.65	78.8%	85.3%	100.0%
0.70	78.2%	84.0%	100.0%
0.75	77.5%	82.7%	100.0%
0.80	76.7%	81.3%	100.0%

Dari tabel di atas diketahui bahwa kuat tarik belah 7 hari beton PCC memiliki persentase 76,7%-82,6% dari kuat tarik belah 28 hari. Sedangkan pada kuat tarik belah 14 hari memiliki persentase 81,3%-92,3% dari kuat tarik belah 28 hari. Semakin rendah nilai FAS, maka persentase terhadap kuat tarik belah 28 hari semakin besar.

Tabel 4. 35 Persentase terhadap Kuat Lentur 28 Hari

FAS	Persentase terhadap Kuat Lentur 28 hari		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.30	79.3%	77.8%	100.0%
0.35	79.4%	79.6%	100.0%
0.40	79.5%	81.3%	100.0%
0.45	79.6%	83.1%	100.0%
0.50	79.7%	84.9%	100.0%
0.55	79.8%	86.8%	100.0%
0.60	79.9%	88.8%	100.0%
0.65	80.0%	90.8%	100.0%
0.70	80.1%	93.0%	100.0%
0.75	80.2%	95.2%	100.0%
0.80	80.4%	97.5%	100.0%

Dari tabel di atas diketahui bahwa kuat lentur 7 hari beton PCC memiliki persentase 79,3%-80,4% dari kuat lentur 28 hari. Sedangkan pada kuat lentur 14

hari memiliki persentase 77,8%-97,5% dari kuat lentur 28 hari. Berbeda dengan perilaku kuat tekan dan kuat tarik belah, pada kuat lentur, semakin tinggi nilai FAS, persentase terhadap kuat lentur 28 hari justru semakin besar.

4.6. Hubungan antara Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur

4.6.1. Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur

Dengan membandingkan persamaan grafik hubungan kuat tekan vs FAS dan persamaan grafik hubungan kuat lentur vs FAS, maka dapat dicari sebuah persamaan yang menunjukkan hubungan antara kuat tekan beton PCC dengan kuat lentur beton PCC pada umur 28 hari. Hasil ini kemudian dibandingkan dengan standar korelasi keduanya yang telah ditetapkan pada peraturan. Data yang digunakan adalah hasil metode *chi-square*.

Berdasarkan SNI 2003-1729-2002, nilai kuat lentur beton dapat dihitung dengan persamaan

$$f_r = 0.7 \times \sqrt{f_c'} \quad (\text{MPa}) \dots \dots \dots (4.4)$$

dimana f_r = kuat lentur
 f_c' = kuat tekan

Sedangkan ACI 318M-05 menetapkan kuat lentur berdasarkan persamaan

$$f_r = 0.62 \times \sqrt{f_c'} \quad (\text{MPa}) \dots \dots \dots (4.5)$$

dimana f_r = kuat lentur
 f_c' = kuat tekan

Berdasarkan perhitungan hasil penelitian, hubungan kuat tekan vs FAS pada umur 28 hari ditunjukkan oleh persamaan

$$f_c' = -45.1 \ln(\text{FAS}) + 12.78 \dots \dots \dots (4.6)$$

dan hubungan kuat lentur vs FAS pada umur 28 hari ditunjukkan oleh persamaan

$$f_r = -2.66 \ln(\text{FAS}) + 2.240 \dots \dots \dots (4.7)$$

dari kedua persamaan tersebut didapatkan hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur beton PCC sebagai berikut.

Tabel 4. 36 Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Umur 28 hari

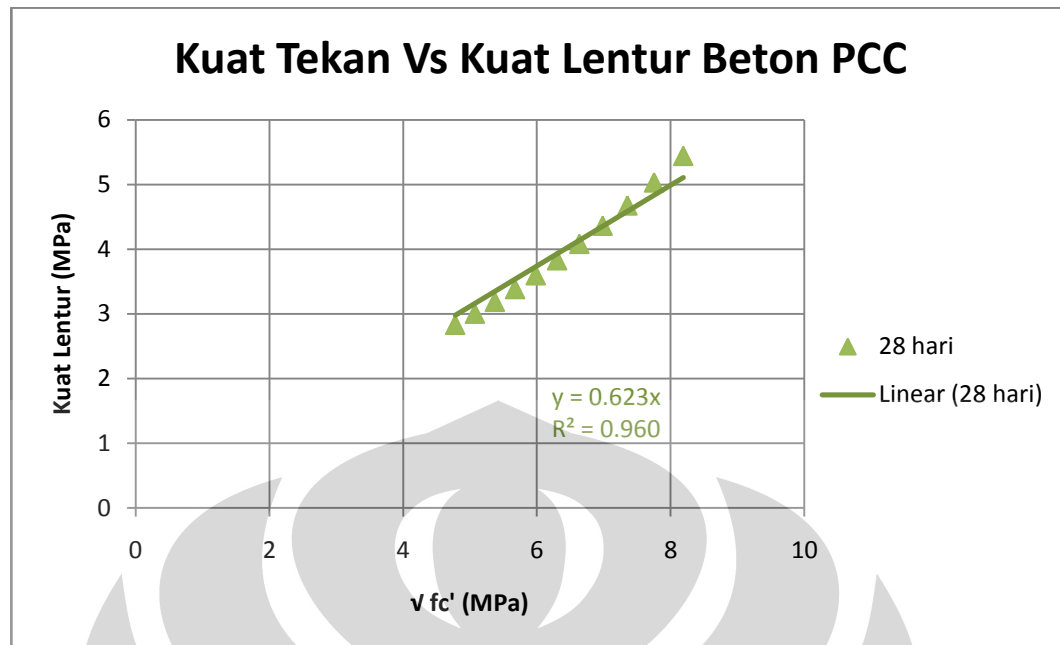
FAS	fc' 28 hari (MPa)	\sqrt{fc}' 28 hari (MPa)	fr 28 hari (MPa)	koefisien fr / \sqrt{fc}' penelitian	perbedaan dengan standar SNI 0.7	perbedaan dengan standar ACI 0.62
0.30	67.079	8.190	5.443	0.665	5.1%	7.2%
0.35	60.127	7.754	5.033	0.649	7.3%	4.7%
0.40	54.105	7.356	4.677	0.636	9.2%	2.6%
0.45	48.793	6.985	4.364	0.625	10.7%	0.8%
0.50	44.041	6.636	4.084	0.615	12.1%	0.7%
0.55	39.742	6.304	3.830	0.608	13.2%	2.0%
0.60	35.818	5.985	3.599	0.601	14.1%	3.0%
0.65	32.208	5.675	3.386	0.597	14.8%	3.8%
0.70	28.866	5.373	3.189	0.594	15.2%	4.3%
0.75	25.754	5.075	3.005	0.592	15.4%	4.5%
0.80	22.844	4.780	2.834	0.593	15.3%	4.4%

Berdasarkan tabel di atas, hubungan antara fr dan \sqrt{fc}' hasil penelitian menghasilkan koefisien perbandingan fr dan \sqrt{fc}' antara 0,592 sampai 0,665. Semakin tinggi nilai FAS, maka semakin kecil nilai koefisien perbandingan fr dan \sqrt{fc}' . Koefisien tertinggi adalah 0,665 pada FAS 0,3 dan koefisien terendah adalah 0,592 pada FAS 0,75.

Jika dibandingkan dengan koefisien SNI sebesar 0,7, maka semua koefisien hasil penelitian memiliki nilai lebih rendah dari koefisien SNI. Koefisien yang paling mendekati koefisien SNI adalah koefisien pada FAS 0,3 sebesar 0,665 dengan perbedaan 5,1%. Sedangkan koefisien dengan perbedaan terjauh terdapat pada FAS 0,8 sebesar 0,593 dengan perbedaan 15%.

Jika dibandingkan dengan koefisien ACI sebesar 0,62, maka didapatkan koefisien hasil penelitian yang lebih rendah dan juga lebih tinggi dari koefisien ACI. Koefisien yang paling mendekati koefisien ACI adalah koefisien pada FAS 0,45 sebesar 0,62 dengan perbedaan 0%. Sedangkan koefisien dengan perbedaan terjauh terdapat pada FAS 0,8 sebesar 0,57 dengan perbedaan 8%.

Untuk mencari persamaan umum hubungan kuat tekan dan kuat lentur dari semua FAS maka data dalam tabel diplot kedalam grafik seperti berikut.



Gambar 4. 27 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Umur 28 hari

Berdasarkan grafik di atas, maka hubungan kuat tekan dan lentur untuk berbagai FAS ditunjukkan oleh persamaan

$$f_r = 0.623 \times \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots(4. 8)$$

Berdasarkan persentase perbedaan, dapat disimpulkan bahwa hubungan kuat tekan dan kuat lentur hasil penelitian lebih mendekati standar ACI.

4.6.2. Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah

Dengan membandingkan persamaan grafik hubungan kuat tekan vs FAS dan persamaan grafik hubungan kuat tarik belah vs FAS, maka dapat dicari sebuah persamaan yang menunjukkan hubungan antara kuat tekan beton PCC dengan kuat tarik belah beton PCC pada umur 28 hari. Hasil ini kemudian dibandingkan dengan standar korelasi keduanya yang telah ditetapkan pada peraturan. Data yang digunakan adalah hasil metode *chi-square*.

Berdasarkan ACI 318M-05 menetapkan kuat tarik belah berdasarkan persamaan

$$f_t = 0.556 \times \sqrt{f_c'} \text{ (MPa)} \dots\dots\dots(4. 9)$$

dimana f_t = kuat tarik belah
 f_c' = kuat tekan

Berdasarkan perhitungan hasil penelitian, hubungan kuat tekan vs FAS pada umur 28 hari ditunjukkan oleh persamaan (4.6) dan hubungan kuat tarik belah vs FAS pada umur 28 hari ditunjukkan oleh persamaan

$$f_t = -3.12 \ln(\text{FAS}) + 2.139 \dots\dots\dots(4. 10)$$

dari kedua persamaan tersebut didapatkan hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik belah beton PCC sebagai berikut.

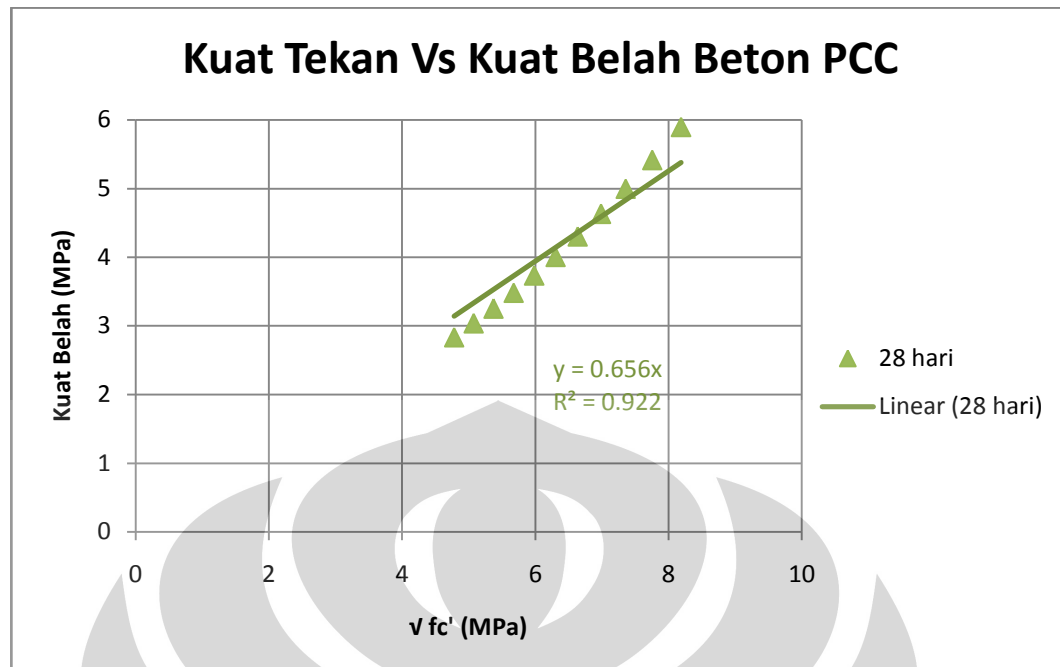
Tabel 4. 37 Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Umur 28 hari

FAS	fc'	√fc'	ft	koefisien	perbedaan dengan standar ACI
	28 hari (MPa)	28 hari (MPa)	28 hari (MPa)	ft / √fc' penelitian	
0.30	67.079	8.190	5.895	0.720	29.5%
0.35	60.127	7.754	5.414	0.698	25.6%
0.40	54.105	7.356	4.998	0.679	22.2%
0.45	48.793	6.985	4.630	0.663	19.2%
0.50	44.041	6.636	4.302	0.648	16.6%
0.55	39.742	6.304	4.004	0.635	14.2%
0.60	35.818	5.985	3.733	0.624	12.2%
0.65	32.208	5.675	3.483	0.614	10.4%
0.70	28.866	5.373	3.252	0.605	8.9%
0.75	25.754	5.075	3.037	0.598	7.6%
0.80	22.844	4.780	2.835	0.593	6.7%

Berdasarkan tabel di atas, hubungan antara f_t dan $\sqrt{f_c'}$ hasil penelitian menghasilkan koefisien perbandingan f_t dan $\sqrt{f_c'}$ antara 0,593 sampai 0,72. Semakin tinggi nilai FAS, maka semakin kecil nilai koefisien perbandingan f_t dan $\sqrt{f_c'}$. Koefisien tertinggi adalah 0,72 pada FAS 0,3 dan koefisien terendah adalah 0,593 pada FAS 0,8.

Jika dibandingkan dengan koefisien ACI sebesar 0,556, maka semua koefisien hasil penelitian memiliki nilai lebih tinggi dari koefisien ACI. Koefisien yang paling mendekati koefisien ACI adalah koefisien pada FAS 0,8 sebesar 0,593 dengan perbedaan 6,7%. Sedangkan koefisien dengan perbedaan terjauh terdapat pada FAS 0,3 sebesar 0,72 dengan perbedaan 29,5%.

Untuk mencari persamaan umum hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah dari semua FAS maka data dalam tabel diplot kedalam grafik seperti berikut.



Gambar 4.28 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Umur 28 hari

Berdasarkan grafik di atas, maka hubungan kuat tekan dan tarik belah untuk berbagai FAS ditunjukkan oleh persamaan

$$f_t = 0.656 \times \sqrt{f_{c'}} \dots \dots \dots (4.11)$$

Berdasarkan persentase perbedaan, dapat disimpulkan bahwa hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah hasil penelitian jauh lebih tinggi standar ACI.

4.6.3. Hubungan Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur

Dengan membandingkan persamaan grafik hubungan kuat tarik belah vs FAS dan persamaan grafik hubungan kuat lentur vs FAS, maka dapat dicari sebuah persamaan yang menunjukkan hubungan antara kuat tarik belah beton PCC dengan kuat lentur beton PCC pada umur 28 hari. Data yang digunakan adalah hasil metode *chi-square*.

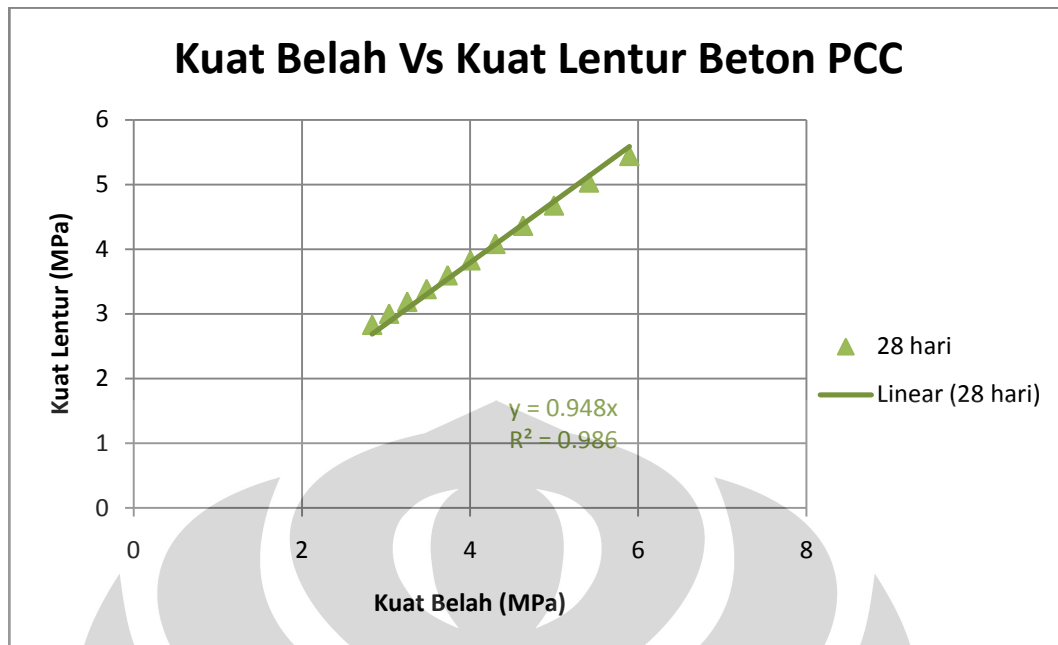
Berdasarkan perhitungan hasil penelitian, hubungan kuat tarik belah vs FAS pada umur 28 hari ditunjukkan oleh persamaan (4.7) dan hubungan kuat lentur vs FAS pada umur 28 hari ditunjukkan oleh persamaan (4.10). Maka dari kedua persamaan tersebut didapatkan hubungan antara kuat tarik belah dan kuat lentur beton PCC sebagai berikut.

Tabel 4. 38 Hubungan Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur Umur 28 hari

FAS	ft 28 hari (MPa)	fr 28 hari (MPa)	koefisien fr / ft penelitian
0.30	5.895	5.443	0.92
0.35	5.414	5.033	0.93
0.40	4.998	4.677	0.94
0.45	4.630	4.364	0.94
0.50	4.302	4.084	0.95
0.55	4.004	3.830	0.96
0.60	3.733	3.599	0.96
0.65	3.483	3.386	0.97
0.70	3.252	3.189	0.98
0.75	3.037	3.005	0.99
0.80	2.835	2.834	1.00

Berdasarkan tabel di atas, hubungan antara fr dan ft hasil penelitian menghasilkan koefisien perbandingan fr dan ft antara 0,92 sampai 1,00. Semakin tinggi nilai FAS, maka semakin tinggi nilai koefisien perbandingan fr dan ft. Koefisien tertinggi adalah 0,92 pada FAS 0,3 dan koefisien terendah adalah 1,00 pada FAS 0,8. Koefisien tersebut menunjukkan nilai kuat lentur yang mendekati nilai kuat tarik belah, bahkan menghasilkan nilai hampir sama pada FAS 0,8.

Untuk mencari persamaan umum hubungan kuat lentur dan kuat tarik belah dari semua FAS maka data dalam tabel diplot kedalam grafik seperti berikut.



Gambar 4. 29 Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur Umur 28 hari

Berdasarkan grafik di atas, maka hubungan kuat tekan dan tarik belah untuk berbagai FAS ditunjukkan oleh persamaan

$$f_r = 0.948 \times f_t \dots \dots \dots (4. 12)$$

4.7. Perbandingan dengan Penelitian Lain

Banyaknya jenis material yang terdapat di Indonesia membuat hasil penelitian ini belum tentu berlaku untuk jenis material yang berbeda. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbandingan dengan penelitian tentang pengaruh FAS yang pernah dilakukan sebelumnya.

4.7.1. Penelitian Strategis Nasional (2009)

Dalam kasus ini, perbandingan mengacu pada penelitian strategis nasional berjudul “Pengaruh Faktor Air Semen terhadap Kuat Tekan Beton dengan menggunakan Semen Portland Komposit dan Semen Portland Pozzolan” oleh Essy Arijoeni, dkk (2009). Dalam penelitiannya, beliau menggunakan material seperti pasir alam Citarum, split Rumpin (Adhimix) dan semen PCC Tiga Roda. Berikut adalah hasil kuat tekan yang didapatkan dari penelitian beliau.

Tabel 4. 39 Kuat Tekan Hasil Penelitian Strategis Nasional (2009)

FAS	Kuat Tekan (Mpa)				
	3 Hari	7 Hari	14 Hari	21 Hari	28 Hari
0.3	36.94	43.19	44.41	45.16	47.35
0.35	31.03	33.45	36.78	34.09	36.36
0.45	22.70	26.09	28.15	32.50	34.50
0.55	13.38	17.79	20.79	22.65	25.70
0.65	10.88	14.52	17.24	22.10	22.76
0.75	6.52	8.97	12.43	14.38	17.07
0.8	5.27	5.22	8.27	10.38	14.10

Sedangkan pada penelitian penulis (2010) yang menggunakan material seperti pasir alam Galunggung, split kusuma (Jayamix) dan semen PCC Tiga Roda didapatkan hasil kuat tekan sebagai berikut.

Tabel 4. 40 Kuat Tekan Hasil Penelitian Penulis (Metode Rata-rata)

FAS	Kuat Tekan (Mpa)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.3	54.270	58.052	63.715
0.35	55.109	54.572	57.189
0.45	47.794	47.147	49.286
0.55	33.951	38.690	37.373
0.65	23.295	25.309	33.172
0.75	21.684	24.174	24.760
0.8	17.916	17.900	23.021

Tabel 4. 41 Kuat Tekan Hasil Penelitian Penulis (Metode *Chi-square*)

FAS	Kuat Tekan (Mpa)		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.3	56.67	59.55	68.23
0.35	56.37	55.02	58.24
0.45	48.29	48.47	50.41
0.55	34.42	38.69	38.16
0.65	23.84	25.31	33.17
0.75	22.07	24.76	24.76
0.8	18.31	18.52	23.66

Dengan membandingkan hasil kedua penelitian di atas pada kuat tekan umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari, maka dapat diketahui bahwa penelitian penulis menghasilkan kuat tekan yang lebih besar. Perbedaan kuat tekan kedua penelitian ditunjukkan pada tabel berikut.

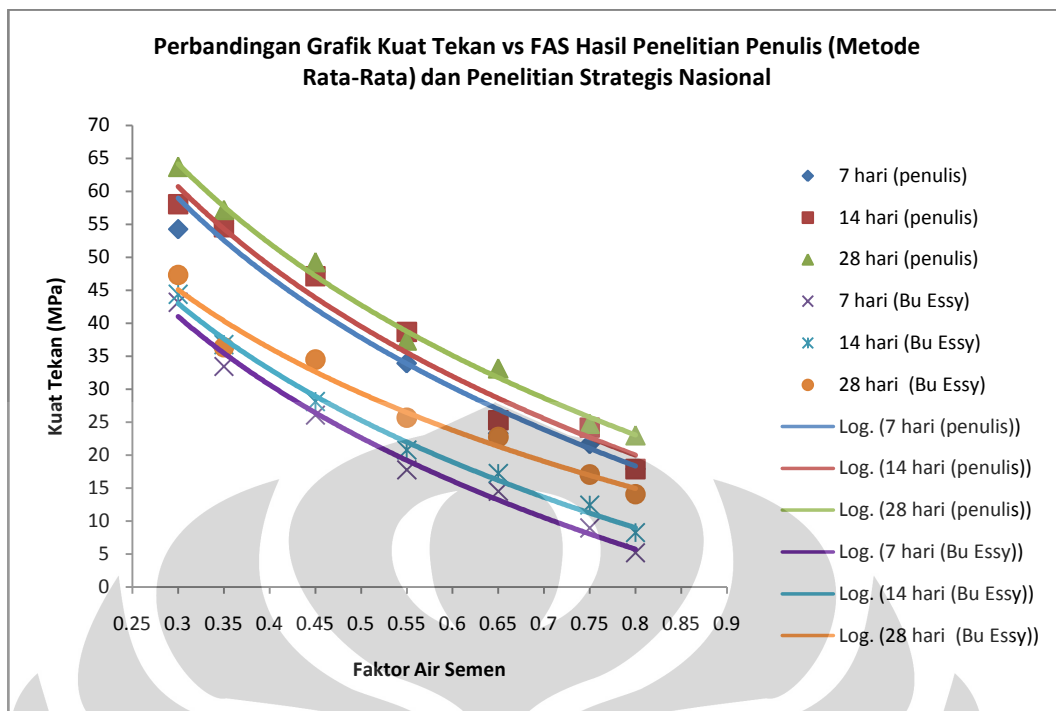
Tabel 4. 42 Persentase Perbedaan Kuat Tekan Penelitian Penulis (Rata-rata) dan Penelitian Strategis Nasional

FAS	Persentase Perbedaan		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.3	26%	31%	41%
0.35	65%	48%	68%
0.45	83%	68%	52%
0.55	91%	86%	65%
0.65	60%	47%	50%
0.75	142%	94%	72%
0.8	243%	116%	122%

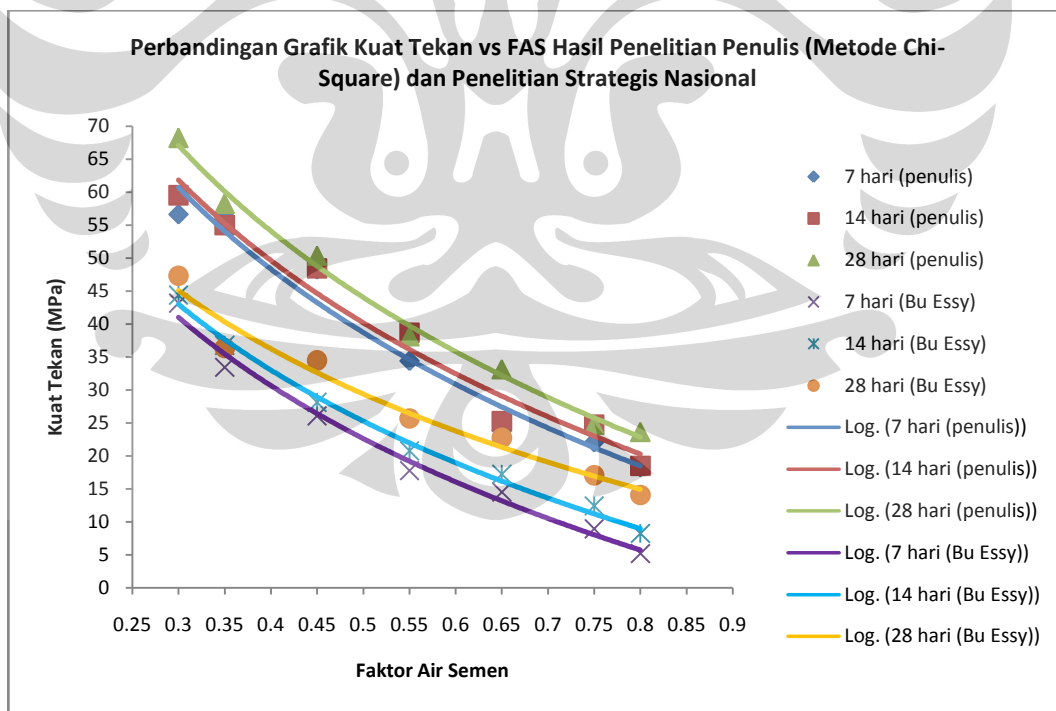
Tabel 4. 43 Persentase Perbedaan Kuat Tekan Penelitian Penulis (Chi-square) dan Penelitian Strategis Nasional

FAS	Persentase Perbedaan		
	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.3	31%	34%	51%
0.35	69%	50%	71%
0.45	85%	72%	55%
0.55	93%	86%	68%
0.65	64%	47%	50%
0.75	146%	99%	72%
0.8	251%	124%	128%

Dari tabel persentase perbedaan di atas diketahui bahwa semakin tinggi nilai FAS maka perbedaan yang dihasilkan semakin besar. Perbedaan tertinggi terdapat pada kuat tekan 7 hari FAS 0,8 sebesar 243% untuk metode rata-rata dan 251% untuk metode *chi-square*. Berikut ini adalah perbandingan grafik hubungan kuat tekan vs FAS dari kedua penelitian.



Gambar 4. 30 Perbandingan Grafik Kuat Tekan vs FAS Penelitian Penulis (Rata-rata) dan Penelitian Strategis Nasional



Gambar 4. 31 Perbandingan Grafik Kuat Tekan vs FAS Penelitian Penulis (Chi-square) dan Penelitian Strategis Nasional

Perbedaan kuat tekan yang besar terutama disebabkan oleh perbedaan jenis material yang dipakai.

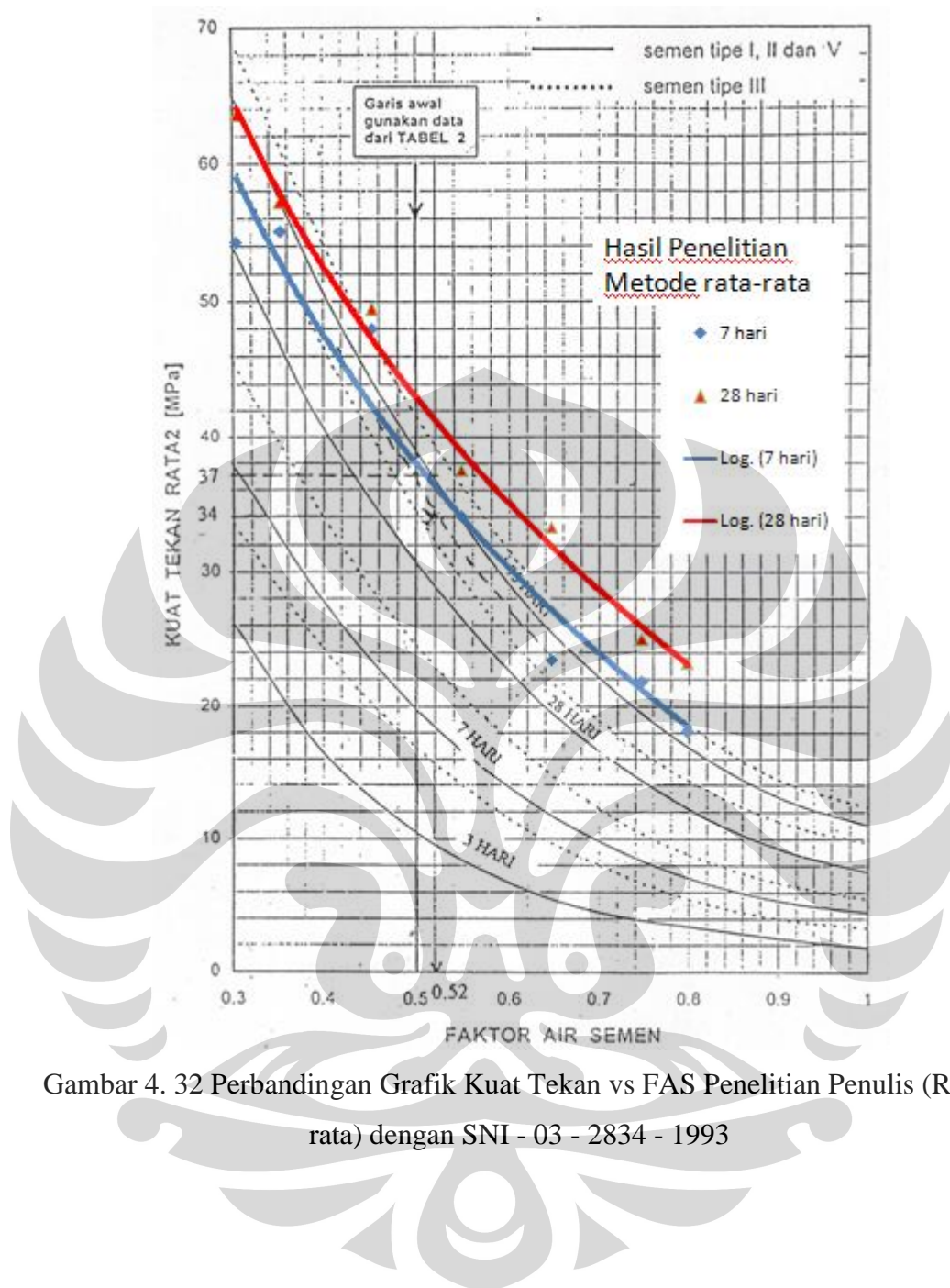
Tabel 4. 44 Perbandingan Material Penelitian Penulis dengan Penelitian Strategis Nasional

Properti Material	Penelitian			
	Strategis Nasional (2009)		Penulis (2010)	
	Pasir Citarum	Split Adhimix	Pasir Galunggung	Split Jayamix
Berat jenis (SSD)	2,179	2,576	2,545	2,593
Absorbsi	14,417 %	2,87 %	2,145 %	3,595 %
FM pasir	2,815		2,749	
Kadar lumpur pasir	3 %		1,4 %	

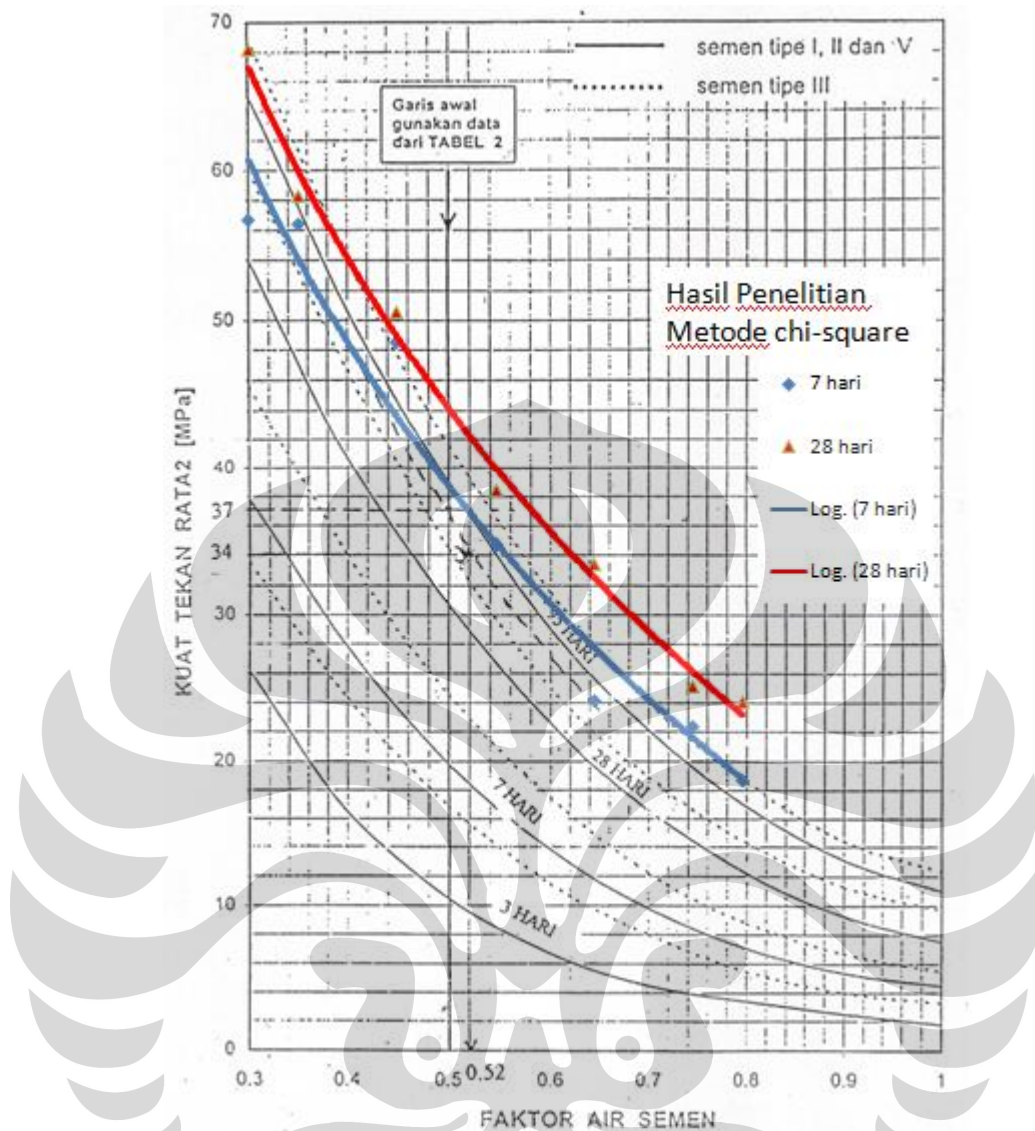
Dilihat dari berat jenis SSD, pasir Citarum memiliki berat jenis yang lebih kecil dibandingkan berat jenis pasir Galunggung. Hal ini menunjukkan bahwa pasir Galunggung lebih padat dari pasir Citarum. Pasir Citarum juga memiliki nilai absorpsi yang lebih besar dari pasir Galunggung, bahkan jauh di atas standar ASTM sebesar 2 %. Keadaan ini membuat kandungan air dalam pasir Citarum sangat tinggi dan dapat mengurangi kekuatan beton. Kadar lumpur pasir Citarum yang lebih tinggi juga menjadi sebab rendahnya kekuatan beton. Pada split, properti split Adhimix dan split Jayamix tidak menunjukkan perbedaan yang berarti. Keduanya memiliki berat jenis SSD yang hampir sama dan absorpsi keduanya juga masih dibawah nilai maksimal yang diperbolehkan ASTM sebesar 4%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan pasir Galunggung pada penelitian penulis mempengaruhi kuat tekan yang lebih besar dari penelitian strategis nasional yang menggunakan pasir Citarum.

4.7.2. SNI - 03 - 2834 - 1993

Pada SNI - 03 - 2834 – 1993 terdapat standar kuat tekan yang ditunjukkan dalam grafik hubungan kuat tekan dengan FAS. Perbandingan dengan kuat tekan hasil penelitian penulis ditunjukkan pada gambar dibawah ini



Gambar 4. 32 Perbandingan Grafik Kuat Tekan vs FAS Penelitian Penulis (Rata-rata) dengan SNI - 03 - 2834 - 1993



Gambar 4. 33 Perbandingan Grafik Kuat Tekan vs FAS Penelitian Penulis (*Chi-square*) dengan SNI - 03 - 2834 - 1993

Dari kedua grafik perbandingan di atas, diketahui bahwa kuat tekan hasil penelitian memiliki nilai lebih tinggi dari standar kuat tekan SNI - 03 - 2834 - 1993. Pada FAS 0,3, kuat tekan 7 hari SNI bernilai 38 MPa, sedangkan kuat tekan penelitian bernilai 59 MPa (selisih 55% dari SNI) untuk metode rata-rata dan 61 MPa (selisih 60,5% dari SNI) untuk metode *chi-square*. Pada FAS 0,3, kuat tekan 28 hari SNI bernilai 54 MPa, sedangkan kuat tekan penelitian bernilai 64 MPa (selisih 18,5% dari SNI) untuk metode rata-rata dan 68 MPa (selisih 26% dari SNI) MPa untuk metode *chi-square*.

Pada FAS 0,8, kuat tekan 7 hari SNI bernilai 7 MPa, sedangkan kuat tekan penelitian bernilai 18 MPa (selisih 157% dari SNI) untuk metode rata-rata dan 18,5 MPa (selisih 164% dari SNI) untuk metode *chi-square*. Pada FAS 0,8, kuat tekan 28 hari SNI bernilai 12 MPa, sedangkan kuat tekan penelitian bernilai 23 MPa (selisih 91,6% dari SNI) untuk metode rata-rata dan 23,5 MPa (selisih 95,8% dari SNI) MPa untuk metode *chi-square*.



BAB 5 PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang pengaruh FAS terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton normal menggunakan semen PCC, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hubungan antara FAS dengan *slump* adalah berbanding lurus. Semakin tinggi nilai FAS maka semakin tinggi *slump* yang dihasilkan dengan persamaan :

$$slump (cm) = 21,41(FAS) - 6,67$$

2. Hubungan antara kuat tekan beton PCC dengan umur adalah berbanding lurus. Semakin tinggi umur beton maka semakin tinggi kuat tekan yang dihasilkan dengan persamaan :

FAS	Persamaan	
	Metode Rata-Rata	Metode <i>Chi-square</i>
0,3	$y = 6.813 \ln(x) + 40.69$	$y = 8.339 \ln(x) + 39.47$
0,35	$y = 1.500 \ln(x) + 51.66$	$y = 1.351 \ln(x) + 52.97$
0,45	$y = 1.076 \ln(x) + 45.23$	$y = 1.529 \ln(x) + 45.01$
0,55	$y = 2.468 \ln(x) + 30.15$	$y = 2.696 \ln(x) + 29.97$
0,65	$y = 7.124 \ln(x) + 8.456$	$y = 6.728 \ln(x) + 9.685$
0,75	$y = 2.218 \ln(x) + 17.68$	$y = 1.937 \ln(x) + 18.75$
0,8	$y = 3.681 \ln(x) + 9.895$	$y = 3.862 \ln(x) + 9.969$

Keterangan : y = kuat tekan ; x = umur

3. Hubungan antara kuat tekan beton PCC dengan FAS adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi FAS maka semakin rendah kuat tekan yang dihasilkan dengan persamaan :

Umur (hari)	Persamaan	
	Metode Rata-Rata	Metode <i>Chi-square</i>
7	$y = -41.3 \ln(x) + 9.137$	$y = -43.0 \ln(x) + 8.895$
14	$y = -41.5 \ln(x) + 10.72$	$y = -42.3 \ln(x) + 10.82$
28	$y = -41.9 \ln(x) + 13.72$	$y = -45.1 \ln(x) + 12.78$

Keterangan : y = kuat tekan ; x = FAS

4. Hubungan antara kuat tarik belah beton PCC dengan umur adalah berbanding lurus. Semakin tinggi umur beton maka semakin tinggi kuat tarik belah yang dihasilkan dengan persamaan :

FAS	Persamaan	
	Metode Rata-Rata	Metode <i>Chi-square</i>
0,3	$y = 0.702 \ln(x) + 3.218$	$y = 0.702 \ln(x) + 3.281$
0,35	$y = 0.701 \ln(x) + 3.078$	$y = 0.714 \ln(x) + 3.115$
0,45	$y = 0.635 \ln(x) + 2.600$	$y = 0.623 \ln(x) + 2.860$
0,55	$y = 0.251 \ln(x) + 2.706$	$y = 0.485 \ln(x) + 2.294$
0,65	$y = 0.998 \ln(x) + 0.451$	$y = 0.920 \ln(x) + 0.835$
0,75	$y = 0.365 \ln(x) + 1.445$	$y = 0.284 \ln(x) + 1.733$
0,8	$y = 0.393 \ln(x) + 1.197$	$y = 0.426 \ln(x) + 1.153$

Keterangan : y = kuat tarik belah ; x = umur

5. Hubungan antara kuat tarik belah beton PCC dengan FAS adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi FAS maka semakin rendah kuat tarik belah yang dihasilkan dengan persamaan :

Umur (hari)	Persamaan	
	Metode Rata-Rata	Metode <i>Chi-square</i>
7	$y = -2.84 \ln(x) + 1.416$	$y = -2.75 \ln(x) + 1.561$
14	$y = -3.08 \ln(x) + 1.496$	$y = -3.20 \ln(x) + 1.591$
28	$y = -3.17 \ln(x) + 1.996$	$y = -3.12 \ln(x) + 2.139$

Keterangan : y = kuat tarik belah ; x = FAS

6. Hubungan antara kuat lentur beton PCC dengan umur adalah berbanding lurus. Semakin tinggi umur beton maka semakin tinggi kuat lentur yang dihasilkan dengan persamaan :

FAS	Persamaan	
	Metode Rata-Rata	Metode <i>Chi-square</i>
0,3	$y = 0.886 \ln(x) + 2.186$	$y = 0.952 \ln(x) + 2.059$
0,35	$y = 0.804 \ln(x) + 2.183$	$y = 0.837 \ln(x) + 2.187$
0,45	$y = 0.515 \ln(x) + 2.352$	$y = 0.418 \ln(x) + 2.704$
0,55	$y = 0.225 \ln(x) + 2.886$	$y = 0.221 \ln(x) + 2.997$

0,65	$y = 0.572 \ln(x) + 1.468$	$y = 0.713 \ln(x) + 1.198$
0,75	$y = 0.544 \ln(x) + 1.241$	$y = 0.544 \ln(x) + 1.286$
0,8	$y = 0.428 \ln(x) + 1.306$	$y = 0.408 \ln(x) + 1.457$

Keterangan : y = kuat lentur ; x = umur

7. Hubungan antara kuat lentur beton PCC dengan FAS adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi FAS maka semakin rendah kuat lentur yang dihasilkan dengan persamaan :

Umur (hari)	Persamaan	
	Metode Rata-Rata	Metode <i>Chi-square</i>
7	$y = -2.08 \ln(x) + 1.719$	$y = -2.08 \ln(x) + 1.813$
14	$y = -1.56 \ln(x) + 2.350$	$y = -1.50 \ln(x) + 2.429$
28	$y = -2.65 \ln(x) + 2.135$	$y = -2.66 \ln(x) + 2.240$

Keterangan : y = kuat lentur ; x = FAS

8. Perhitungan kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur dengan metode rata-rata menghasilkan grafik dan persamaan yang hampir sama dengan metode *chi-square*. Namun metode *chi-square* menghasilkan lebih sedikit data *error* pada perhitungan kuat tekan dan kuat tarik belah. Sedangkan metode rata-rata menghasilkan lebih sedikit data *error* pada perhitungan kuat lentur.
9. Hubungan antara kuat tekan dengan kuat lentur menghasilkan koefisien perbandingan antara f_r dan $\sqrt{f_c'}$ yang berbanding terbalik dengan nilai FAS. Semakin tinggi nilai FAS, maka semakin kecil nilai koefisien perbandingan f_t dan $\sqrt{f_c'}$ dengan *range* antara 0,59 – 0,66. Persamaan umum hubungan kuat tekan dan kuat lentur adalah :

$$f_r = 0.623 \times \sqrt{f_c'}$$

Hasil ini mendekati persamaan ACI 318M-05 :

$$f_r = 0.62 \times \sqrt{f_c'}$$

10. Hubungan antara kuat tekan dengan kuat tarik belah menghasilkan koefisien perbandingan antara f_t dan $\sqrt{f_c'}$ yang berbanding terbalik dengan nilai FAS. Semakin tinggi nilai FAS, maka semakin kecil nilai koefisien perbandingan f_t dan $\sqrt{f_c'}$ dengan *range* antara 0,59 – 0,72. Persamaan umum hubungan kuat tekan dan kuat lentur adalah :

$$f_t = 0.656 \times \sqrt{f_c'}$$

Hasil ini lebih tinggi dari persamaan ACI 318M-05 :

$$f_t = 0.556 \times \sqrt{f_c'}$$

11. Hubungan antara kuat tarik belah dengan kuat lentur menghasilkan koefisien perbandingan antara f_r dan f_t yang berbanding lurus dengan nilai FAS. Semakin tinggi nilai FAS, maka semakin tinggi nilai koefisien perbandingan f_r dan f_t dengan *range* antara 0,92 – 1,00. Persamaan umum hubungan kuat tarik belah dan kuat lentur adalah :

$$f_r = 0.948 \times f_t$$

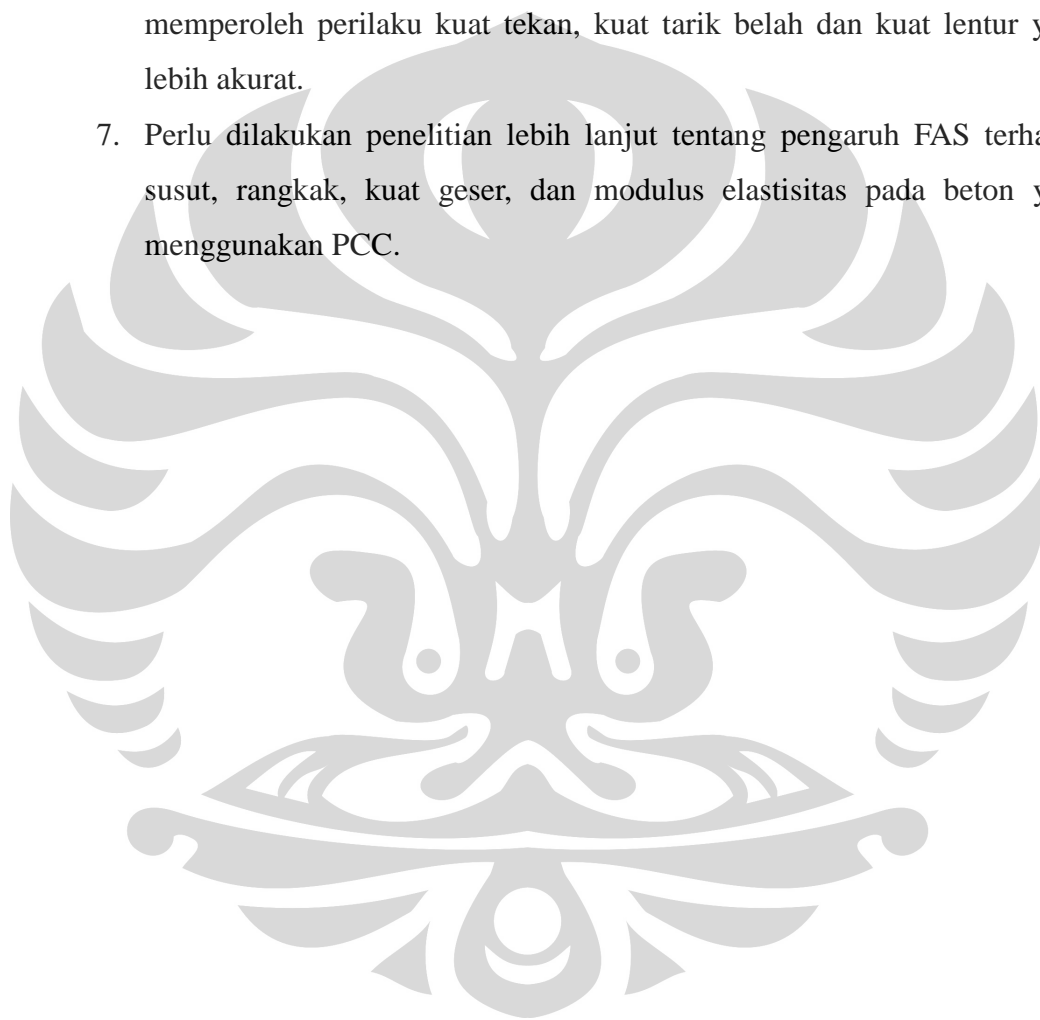
12. Perbandingan kuat tekan hasil penelitian penulis (2010) dengan hasil penelitian strategis nasional oleh Essy Arijoeni (2009) menunjukkan bahwa kuat tekan hasil penelitian penulis memiliki nilai yang lebih besar. Semakin tinggi nilai FAS maka perbedaan yang dihasilkan semakin besar dengan *range* perbedaan 26% - 243% untuk metode rata-rata dan 31%-251% untuk metode *chi-square*.
13. Perbandingan kuat tekan hasil penelitian penulis (2010) dengan SNI - 03 - 2834 – 1993 menunjukkan bahwa kuat tekan hasil penelitian penulis memiliki nilai yang lebih besar. Semakin tinggi nilai FAS maka perbedaan yang dihasilkan semakin besar. Perbedaan tertinggi terdapat pada kuat tekan 7 hari FAS 0,8 dimana nilai kuat tekan penelitian penulis lebih besar 157% (metode rata-rata) dan 164% (metode *chi-square*) dari nilai kuat tekan SNI - 03 - 2834 - 1993.

5.2. Saran

Setelah menganalisa hasil penelitian ini, berikut ini beberapa saran yang perlu diperhatikan pada penelitian selanjutnya:

1. Perlu dilakukan pencucian agregat halus dan kasar untuk mengurangi kotoran organik.
2. Perlu dilakukan penyaringan pasir untuk membuang kerikil yang berbentuk bulat dan licin untuk mengurangi pelepasan agregat saat pengujian tarik belah dan lentur.

3. Pengecoran pada waktu dan kondisi yang seragam agar semua sampel bersifat homogen.
4. Pemasakan dengan metode yang seragam (disarankan menggunakan *hand vibrator*) agar semua sampel bersifat homogen dan tidak keropos.
5. Penggunaan silinder besar ($\text{Ø}15 \times 30$) untuk hasil uji tekan yang lebih akurat.
6. Pengujian dilakukan pada umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari untuk memperoleh perilaku kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur yang lebih akurat.
7. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh FAS terhadap susut, rangkai, kuat geser, dan modulus elastisitas pada beton yang menggunakan PCC.



DAFTAR REFERENSI

- American Concrete Institute. *ACI 318-05: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. ACI Committee, 2005.
- American Society for Testing and Materials. *Annual Book of ASTM Standards 2005; Vol.04.02, Concrete and Aggregates*. Philadelphia: ASTM, 2005.
- Arijoeni, Essy, dkk. *Pengaruh Faktor Air Semen terhadap Kuat Tekan Beton dengan menggunakan Semen Portland Komposit dan Semen Portland Pozzolan*. Depok: Penelitian Strategis Nasional, 2009.
- US Bureau of Reclamation. *Concrete Manual, 8th Edition*. 1975.
- Buku Pedoman Praktikum. *Pemeriksaan Bahan Beton dan Mutu Beton*. Depok: Laboratorium Struktur dan Material Departemen Teknik Sipil FTUI, 2008.
- Chandra, Johannes. *Pengaruh Pemakaian Cacahan Limbah Gelas Plastik Polypropylene pada Kuat Tarik dan Kuat Lentur Beton*. Depok: Skripsi Program Sarjana Fakultas Teknik UI, 2008.
- Concrete Technical Report No.29. *Changes in the properties of ordinary Portland cement and their effects on concrete*. 1986.
- Madsuri. *Rancangan Proporsi Campuran Beton*. Depok: Bahan Kuliah Properti Material Departemen Teknik Sipil FTUI, 2003.
- Mulyono, Tri. *Teknologi Beton*. . Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2004.
- Neville, Adam M. *Properties of Concrete, 4th Edition*. London: Longman Group Limited, 1995.

Young, S. *The Science and Technology of Civil Engineering Materials*. Sidney: Prentice-Hall International Inc, 1981.

Somayaji, Shan. *Civil Engineering Materials*. New Jersey: Prentice Hall, 2001.

Spiegel, Murray R., Larry J. Stephens. *Schaum's Outline of Theory and Problems of Statistics*. McGraw-Hill Professional, 1999.

Standar Nasional Indonesia. SNI - 03 - 2834 - 1993: *Tara Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: BSN, 1993.

Standar Nasional Indonesia. SNI 2003-1729-2002: *Tara Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN, 2002.

Yuris K, Arif. *Karakteristik Kuat Lentur dan Susut Beton dengan Portland Composite Cement*. Depok: Skripsi Program Sarjana Fakultas Teknik UI, 2008.

Lampiran A-1 Data Pengujian Agregat Halus

TEST FOR MATERIALS FINER THAN NO. 200 SIEVE IN MATERIAL AGGREGATES BY WASHING

Sample : Pasir alam
Source : Galunggung
Date Tested : January, 26th 2010

SAMPLE	I	II
B) Original dry weight of sample (gr)	500	500
C) Dry weight of sample (gr)	492	494
A) Percentage of material finer than a No. 200 sieve by washing (%)	1,6	1,2
Average of above (%)	1,4	
$A = \frac{B-C}{B} \times 100\%$		

Lampiran A-1 Data Pengujian Agregat Halus (lanjutan)

**TEST FOR ORGANIC IMPURITIES IN FINE AGGREGATE
(ASTM C 40 – 92)**

Sample : Pasir alam
Source : Galunggung
Date Tested : January, 26th 2010

Nearest Color of The Liquid of the Test Sample	Organic Plate Number
Lighter / <u>Equal</u> / Darker Color to	1
	2
	3 (standard)
	4
	5

Determination of Color Value

Lighter / equal / darker color to that of the reference standard (No.3)

Lampiran A-1 Data Pengujian Agregat Halus (lanjutan)

TEST FOR UNIT WEIGHT AND VOIDS IN FINE AGGREGATE

Sample : Pasir alam
 Source : Galunggung
 Date Tested : January, 26th 2010
 Method : Lepas

Sample	I	II
a) Weight of Measure (kg)	1,042	1,042
b) Weight of Measure + Water (kg)	3,055	3,055
c) Weight of Measure and Sample (kg)	4,074	4,080
d) Weight of Sample (kg)	3,032	3,036
e) Volume of Measure (liter)	2,013	2,013
f) Unit weight of aggregate (kg/liter)	1,506	1,508
B) Average of above (kg/liter)	1,507	
A) Bulk Specific Gravity of Aggregate	2,491	
W) Unit Weight of Water (kg/liter)	1	
Void (%)	39,54	39,46
Average	39,5	
$d = c - a$ $e = b - a$	$f = \frac{d}{e}$	$\text{Void (\%)} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W} \times 100\%$

Lampiran A-1 Data Pengujian Agregat Halus (lanjutan)

TEST FOR UNIT WEIGHT AND VOIDS IN FINE AGGREGATE

Sample : Pasir alam
 Source : Galunggung
 Date Tested : January, 26th 2010
 Method : Tusuk

Sample	I	II
a) Weight of Measure (kg)	1,042	1,042
b) Weight of Measure + Water (kg)	3,055	3,055
c) Weight of Measure and Sample (kg)	4,368	4,366
d) Weight of Sample (kg)	3,326	3,324
e) Volume of Measure (liter)	2,013	2,013
f) Unit weight of aggregate (kg/liter)	1,652	1,651
B) Average of above (kg/liter)	1,6515	
A) Bulk Specific Gravity of Aggregate	2.491	
W) Unit Weight of Water (kg/liter)	1	
Void (%)	33,68	33,72
Average	33,7	
$d = c - a$ $e = b - a$ $f = \frac{d}{e}$	$\text{Void (\%)} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W} \times 100\%$	

Lampiran A-1 Data Pengujian Agregat Halus (lanjutan)

TEST FOR UNIT WEIGHT AND VOIDS IN FINE AGGREGATE

Sample : Pasir alam
 Source : Galunggung
 Date Tested : January, 26th 2010
 Method : Goyang

Sample	I	II
a) Weight of Measure (kg)	1,042	1,042
b) Weight of Measure + Water (kg)	3,055	3,055
c) Weight of Measure and Sample (kg)	4,450	4,453
d) Weight of Sample (kg)	3,408	3,411
e) Volume of Measure (liter)	2,013	2,013
f) Unit weight of aggregate (kg/liter)	1,693	1,694
B) Average of above (kg/liter)	1,6935	
A) Bulk Specific Gravity of Aggregate	2,491	
W) Unit Weight of Water (kg/liter)	1	
Void (%)	32	31,99
Average	32	
$d = c - a$ $e = b - a$	$f = \frac{d}{e}$	$\text{Void (\%)} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W} \times 100\%$

Lampiran A-1 Data Pengujian Agregat Halus (lanjutan)

**TEST FOR SPECIFIC GRAVITY
AND ABSORPTION-TEST OF FINE AGGREGATE
(ASTM C.128-04a)**

Sample : Pasir alam
Source : Galunggung
Date Tested : January, 26th 2010

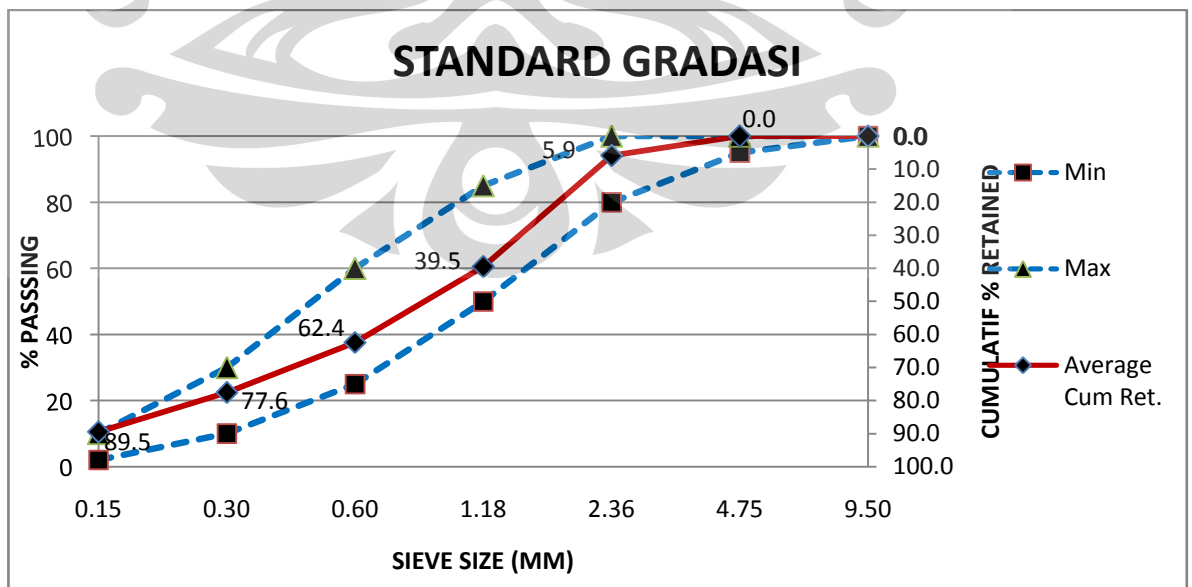
A) Weight of Oven-Dry Specimen in Air	(gram)	490	489
B) Weight of Pycnometer Filled with Water	(gram)	663	667
C) Weight of Pycnometer with Specimen and Water to Calibration Mark	(gram)	967	970
Bulk Specific Gravity	$= \frac{A}{B + 500 - C}$	2.500	2.482
Average of Above		2.491	
SSD Specific Gravity (Saturated-Surface-Dry Basis)	$= \frac{500}{B + 500 - C}$	2.551	2.538
Average of Above		2.545	
Apparent Specific Gravity	$= \frac{A}{B + A - C}$	2.634	2.629
Average of Above		2.632	
Absorption (%)	$= \frac{500 - A}{100\% \times A}$	2.041	2.249
Average of Above	(%)	2.145	

Lampiran A-1 Data Pengujian Agregat Halus (lanjutan)

SIEVE ANALYSIS OF FINE AGGREGATE ASTM C.33

Sample : Pasir alam
 Source : Galunggung
 Date Tested : January, 26th 2010

Sieve Size		Sample No. 1			Sample No. 2			Average		
		Weight Ret. Grams	Ind. % Ret.	Cum. % Ret.	Weight Ret. Grams	Ind. % Ret.	Cum. % Ret.	Ind. % Ret.	Cum. % Ret.	Total % Passing
mm	No.									
9.50	$\frac{3}{8}$ "		0	0		0	0	0	0	100
4.75	No. 4	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0.0	100.0
2.36	No. 8	9	1.8	1.8	50	10.0	10.0	5.9	5.9	94.1
1.18	No. 16	212	42.4	44.2	124	24.8	34.8	33.6	39.5	60.5
0.60	No. 30	112	22.4	66.6	117	23.4	58.2	22.9	62.4	37.6
0.30	No. 50	67	13.4	80.0	85	17.0	75.2	15.2	77.6	22.4
0.15	No. 100	51	10.2	90.2	68	13.6	88.8	11.9	89.5	10.5
0.074	No. 200	34	6.8	97.0	39	7.8	96.6	7.3	96.8	3.2
PAN		15	3.0	100	17	3.4	92	3.2	100	0
TOTAL		500	100		500	100		100		
FM		2.749								



Lampiran A-2 Data Pengujian Agregat Kasar

TEST FOR UNIT WEIGHT AND VOIDS IN COARSE AGGREGATE

Sample : Batu Pecah
 Source : Rumpin
 Date Tested : January, 26th 2010
 Method : Lepas

Sample	I	II
a) Weight of Measure (kg)	5,055	5,055
b) Weight of Measure + Water (kg)	14,361	14,361
c) Weight of Measure and Sample (kg)	17,881	17,890
d) Weight of Sample (kg)	12,826	12,835
e) Volume of Measure (liter)	9,306	9,306
f) Unit weight of aggregate (kg/liter)	1,378	1,379
B) Average of above (kg/liter)	1,3785	
A) Bulk Specific Gravity of Aggregate	2,5026	
W) Unit Weight of Water (kg/liter)	1	
Void (%)	44,937	44,897
Average	44,917	
$d = c - a$ $e = b - a$	$f = \frac{d}{e}$	$\text{Void (\%)} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W} \times 100\%$

Lampiran A-2 Data Pengujian Agregat Kasar (lanjutan)

TEST FOR UNIT WEIGHT AND VOIDS IN COARSE AGGREGATE

Sample : Pasir alam
 Source : Galunggung
 Date Tested : January, 26th 2010
 Method : Tusuk

Sample	I	II
a) Weight of Measure (kg)	5,055	5,055
b) Weight of Measure + Water (kg)	14,361	14,361
c) Weight of Measure and Sample (kg)	19,323	19,348
d) Weight of Sample (kg)	14,268	14,293
e) Volume of Measure (liter)	9,306	9,306
f) Unit weight of aggregate (kg/liter)	1,533	1,536
B) Average of above (kg/liter)	1,5345	
A) Bulk Spesific Gravity of Aggregate	2,5026	
W) Unit Weight of Water (kg/liter)	1	
Void (%)	38,744	38,624
Average	38,684	
$d = c - a$ $e = b - a$	$f = \frac{d}{e}$	$\text{Void (\%)} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W} \times 100\%$

Lampiran A-2 Data Pengujian Agregat Kasar (lanjutan)

TEST FOR UNIT WEIGHT AND VOIDS IN COARSE AGGREGATE

Sample : Batu Pecah
 Source : Rumpin
 Date Tested : January, 26th 2010
 Method : Goyang

Sample	I	II
a) Weight of Measure (kg)	5,055	5,055
b) Weight of Measure + Water (kg)	14,361	14,361
c) Weight of Measure and Sample (kg)	19,344	19,355
d) Weight of Sample (kg)	14,289	14,300
e) Volume of Measure (liter)	9,306	9,306
f) Unit weight of aggregate (kg/liter)	1,535	1,537
B) Average of above (kg/liter)	1,536	
A) Bulk Specific Gravity of Aggregate	2,5026	
W) Unit Weight of Water (kg/liter)	1	
Void (%)	38,664	38,584
Average	38,624	
$d = c - a$ $e = b - a$	$f = \frac{d}{e}$	$\text{Void (\%)} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W} \times 100\%$

Lampiran A-2 Data Pengujian Agregat Kasar (lanjutan)

**TEST FOR ABRASION OF COARSE AGGREGATE
BY USE OF LOS ANGELES MACHINE**

Sample : Batu Pecah
Source : Rumpin
Date Tested : January, 26th 2010

Grading		B	
Number of balls		11	
Sieve Size (mm)		Weight of Indicated Size (gram)	
Passing	Retained on	I	II
19,0	12,7	2500	2500
12,7	9,5	2500	2500
Total weight of sample before test (A)		5000	5000
Weight of sample retained on 1,7 mm sieve after test (B)		3493	3624
Abrasion Loss = $\frac{A - B}{A} \times 100$ (%)		30,14	27,52
Average of above (%)		28,83	

Lampiran A-2 Data Pengujian Agregat Kasar (lanjutan)

**TEST OF SPECIFIC GRAVITY
AND ABSORPTION OF COARSE AGGREGATE
(ASTM C.127-04)**

Sample : Batu Pecah
Source : Rumpin
Date Tested : January, 26th 2010

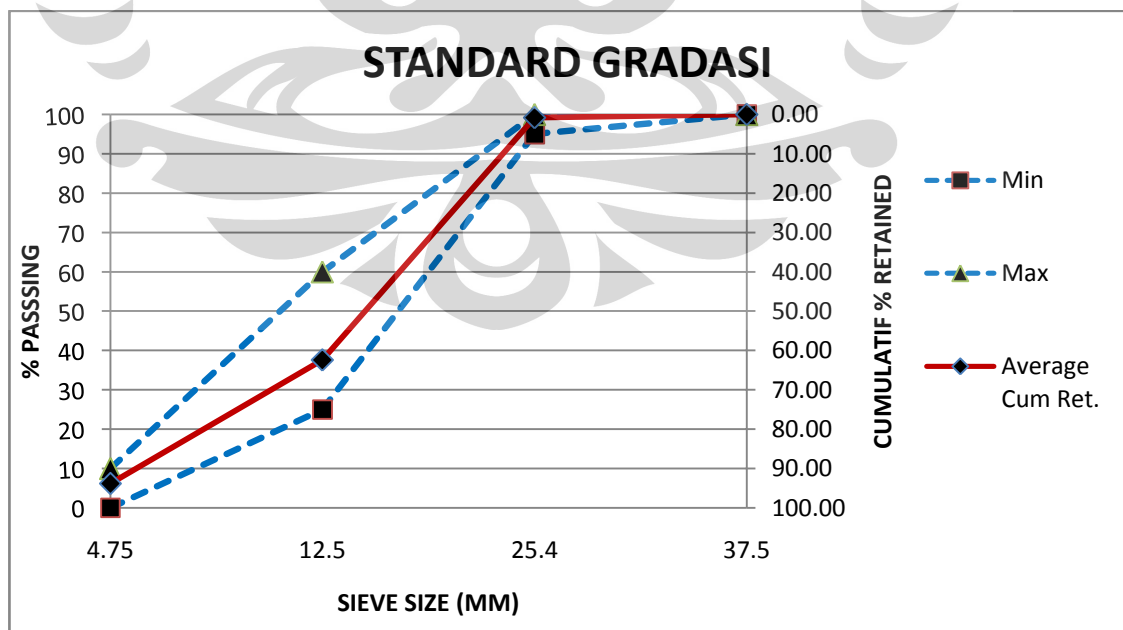
A) Weight of Oven-Dry Specimen in Air	(gram)	4825	4828
B) Weight of SSD Specimen in Air	(gram)	5000	5000
C) Weight of Saturated Specimen in Water	(gram)	3071	3072
Bulk Specific Gravity	$= \frac{A}{B - C}$	2.501	2.504
Average of Above		2.503	
Ssd Specific Gravity	$= \frac{B}{B - C}$	2.592	2.593
Average of Above		2.593	
Apparent Specific Gravity	$= \frac{A}{A - C}$	2.751	2.749
Average of Above		2.750	
Absorption (%)	$= \frac{B - A}{A} \times 100\%$	3.627	3.563
Average of Above	(%)	3.595	

Lampiran A-2 Data Pengujian Agregat Kasar (lanjutan)

SIEVE ANALYSIS OF COARSE AGGREGATE
ASTM C.33

Sample : Batu Pecah
Source : Rumpin
Date Tested : January, 26th 2010

Sieve Size		Sample No. 1			Sample No. 2			Average		
		Weight Ret. Grams	Ind. % Ret.	Cum. % Ret.	Weight Ret. Grams	Ind. % Ret.	Cum. % Ret.	Ind. % Ret.	Cum. % Ret.	Total % Passing
mm	No.									
25.4	No. 1	60	1.2	1.2	22	0.44	0.44	0.82	0.82	99.18
19	No.3/4	760	15.2	16.4	1122	22.44	22.88	18.82	19.64	80.36
12.5	No. 1/2	2116	42.32	58.72	2162	43.24	66.12	42.78	62.42	37.58
9.50	No. 3/8	958	19.16	77.88	796	15.92	82.04	17.54	79.96	20.04
4.75	No. 4	796	15.92	93.8	594	11.88	93.92	13.9	93.86	6.14
2.36	No. 8	0	0	93.8	0	0	93.92	0	93.86	6.14
1.18	No. 16	0	0	93.8	0	0	93.92	0	93.86	6.14
0.60	No. 30	0	0	93.8	0	0	93.92	0	93.86	6.14
0.30	No. 50	0	0	93.8	0	0	93.92	0	93.86	6.14
0.15	No. 100	0	0	93.8	0	0	93.92	0	93.86	6.14
PAN		310	6.2	100	304	6.08	100	6.14	100	0
TOTAL		5000	100		5000	100		100		



Lampiran B-1 Perhitungan *Mix-Design*

Data Material

MSA	25	mm
Slump	10	cm
FAS	0.8	
SG sand	2545	kg/ltr
SG split	2593	kg/ltr
fm	2.75	
A	1.5	%
S/A	41	%
W	175	kg

Koreksi (lihat Tabel 3.8)

Yang diinginkan	S/A	W
FM=2.75	40.75	-
Slump =10	-	179.2
Batu pecah	44.75	188.2
S/A = 44.75%	-	193.825

Koerksi perubahan FAS (lihat Tabel 3.8)

	0.8	0.75	0.65	0.55	0.45	0.35	0.3
W	193.825	192.325	189.325	186.325	183.325	180.325	178.825
S/A	44.75	43.75	41.75	39.75	37.75	35.75	34.75

FAS	W	S/A	C	Total Ag	S	S	Ca	Ca
0.8	193.825	44.750	242.281	0.714	0.320	813.462	0.395	1023.273
0.75	192.325	43.750	256.433	0.711	0.311	791.952	0.400	1037.428
0.65	189.325	41.750	291.269	0.703	0.294	747.185	0.410	1062.142
0.55	186.325	39.750	338.773	0.691	0.275	699.171	0.416	1079.737
0.45	183.325	37.750	407.389	0.672	0.254	645.947	0.419	1085.261
0.35	180.325	35.750	515.214	0.641	0.229	583.310	0.412	1068.099
0.3	178.825	34.750	596.083	0.617	0.214	545.616	0.403	1043.825

Kebutuhan per bekisting

FAS	Silinder 15x30				Silinder 10x20				Balok			
	W (kg)	C (kg)	S (kg)	Ca (kg)	W (kg)	C (kg)	S (kg)	Ca (kg)	W (kg)	C (kg)	S (kg)	Ca (kg)
0.8	1.03	1.29	4.32	5.43	0.31	0.38	1.29	1.62	2.40	3.00	10.07	12.67
0.75	1.02	1.36	4.21	5.51	0.30	0.41	1.25	1.64	2.38	3.17	9.80	12.84
0.65	1.01	1.55	3.97	5.64	0.30	0.46	1.18	1.68	2.34	3.61	9.25	13.15
0.55	0.99	1.80	3.71	5.73	0.29	0.54	1.10	1.71	2.31	4.19	8.66	13.37
0.45	0.97	2.16	3.43	5.76	0.29	0.64	1.02	1.71	2.27	5.04	8.00	13.44
0.35	0.96	2.74	3.10	5.67	0.28	0.81	0.92	1.69	2.23	6.38	7.22	13.22
0.3	0.95	3.17	2.90	5.54	0.28	0.94	0.86	1.65	2.21	7.38	6.75	12.92

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Berat (kg)	Beban (kalibrasi) (kg)	Tegangan (kg/cm ²)	Tegangan (MPa)	Konversi Silinder Ø15x30 (MPa)	std deviasi astm = 10.6%	Kuat Tekan (valid) (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Pola Keruntuhan	Ket
Dicor	Ditest													
2/3/2010	2/10/2010	7	PCC TK-0,30-07-1	0	3.699	47538	605.573	59.407	57.122	8.7%	57.12			
2/3/2010	2/10/2010	7	PCC TK-0,30-07-2	0	3.658	39160	498.854	48.938	47.055	10.4%	47.06			
2/3/2010	2/10/2010	7	PCC TK-0,30-07-3	0	3.687	48096	612.688	60.105	57.793	10.0%	57.79	54.270		
2/3/2010	2/10/2010	7	PCC TK-0,30-07-4	0	3.692	45862	584.229	57.313	55.109	4.9%	55.11			
2/3/2010	2/10/2010	7	PCC TK-0,30-07-5	0	3.611	37975	483.758	47.457	45.631	13.2%	0			
2/3/2010	2/17/2010	14	PCC TK-0,30-14-1	0	3.708	53298	678.955	66.606	64.044	13.7%	0			
2/3/2010	2/17/2010	14	PCC TK-0,30-14-2	0	3.745	51814	660.051	64.751	62.261	10.5%	62.26			
2/3/2010	2/17/2010	14	PCC TK-0,30-14-3	0	3.725	44466	566.443	55.568	53.431	5.2%	53.43	58.052		
2/3/2010	2/17/2010	14	PCC TK-0,30-14-4	0	3.69	36198	461.115	45.235	43.496	22.8%	0			
2/3/2010	2/17/2010	14	PCC TK-0,30-14-5	0	3.73	48655	619.803	60.803	58.464	3.8%	58.46			
2/3/2010	3/3/2010	28	PCC TK-0,30-28-1	0	3.598	50720	646.109	63.383	60.945	8.7%	60.95		B	
2/3/2010	3/3/2010	28	PCC TK-0,30-28-2	0	3.707	65765	837.771	82.185	79.024	18.3%	0		C	
2/3/2010	3/3/2010	28	PCC TK-0,30-28-3	0	3.638	54040	688.408	67.533	64.935	2.8%	64.94	63.715	C	
2/3/2010	3/3/2010	28	PCC TK-0,30-28-4	0	3.654	52185	664.777	65.215	62.706	6.1%	62.71		B	
2/3/2010	3/3/2010	28	PCC TK-0,30-28-5	0	3.684	55153	702.586	68.924	66.273	0.8%	66.27		C	

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Berat (kg)	Beban (kalibrasi) (kg)	Tegangan (kg/cm ²)	Tegangan (MPa)	Konversi Silinder Ø15x30 (MPa)	std deviasi astm = 10.6%	Kuat Tekan (valid) (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Pola Keruntuhan	Ket
Dicor	Ditest													
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,35-07-I-1	0	3.644	43628	555.771	54.521	52.424	5.1%	52.42		C	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,35-07-I-2	0	3.613	19996	254.726	24.989	24.028	51.8%	0		C	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,35-07-II-3	0	3.666	48096	612.688	60.105	57.793	15.8%	57.79	55.109	C	slump kecil
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,35-07-II-4	0	3.693	45862	584.229	57.313	55.109	10.4%	55.11		B	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,35-07-II-5	0	3.717	50051	637.589	62.547	60.142	20.5%	0		C	
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TK-0,35-14-III-1	2	3.671	44745	570.000	55.917	53.766	1.5%	53.77		C	
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TK-0,35-14-III-2	2	3.72	45862	584.229	57.313	55.109	1.0%	55.11		C	
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TK-0,35-14-IV-3	2	3.715	47538	605.573	59.407	57.122	4.7%	57.12	54.572	C	
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TK-0,35-14-IV-4	2	3.75	45024	573.557	56.266	54.102	0.9%	54.10		C	
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TK-0,35-14-IV-5	2	3.691	43907	559.328	54.870	52.760	3.3%	52.76		C	
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TK-0,35-28-I-1	2	3.69	46141	587.787	57.662	55.444	3.1%	55.44		B	
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TK-0,35-28-I-2	2	3.72	47538	605.573	59.407	57.122	0.1%	57.12		B	
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TK-0,35-28-II-3	2	3.67	46421	591.344	58.011	55.780	2.5%	55.78	57.189	C	
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TK-0,35-28-II-4	2	3.65	49772	634.032	62.199	59.806	4.6%	59.81		C	
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TK-0,35-28-II-5	2	3.74	48096	612.688	60.105	57.793	1.1%	57.79		C	

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Berat (kg)	Beban (kalibrasi) (kg)	Tegangan (kg/cm ²)	Tegangan (MPa)	Konversi Silinder Ø15x30 (MPa)	std deviasi astm = 10.6%	Kuat Tekan (valid) (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Pola Keruntuhan	Ket
Dicor	Ditest													
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,45-07-III-1	2	3.686	40277	513.083	50.333	48.398	1.3%	48.40		C	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,45-07-III-2	2	3.668	39160	498.854	48.938	47.055	1.5%	47.06		C	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,45-07-IV-3	2	3.647	39160	498.854	48.938	47.055	1.5%	47.06	47.794		
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,45-07-IV-4	2	3.727	39998	509.525	49.984	48.062	0.6%	48.06		C	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,45-07-IV-5	2	3.712	40277	513.083	50.333	48.398	1.3%	48.40		C	
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TK-0,45-14-I-1	3	3.65	43628	555.771	54.521	52.424	12.1%	0		C	basah
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TK-0,45-14-I-2	3	3.67	38864	495.080	48.567	46.699	0.1%	46.70		B	basah, miring
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TK-0,45-14-III-3	3	3.64	40277	513.083	50.333	48.398	3.5%	48.40	47.147	C	basah
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TK-0,45-14-III-4	3	3.69	33235	423.376	41.533	39.936	14.6%	0		C	basah, miring
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TK-0,45-14-III-5	3	3.66	38568	491.306	48.197	46.343	0.9%	46.34		C	basah

2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TK-0,45-28-I-1	3	3.68	44745	570.000	55.917	53.766	13.0%	0		B	
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TK-0,45-28-I-2	3	3.72	43907	559.328	54.870	52.760	10.8%	52.76		B	
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TK-0,45-28-II-3	3	3.62	40277	513.083	50.333	48.398	1.7%	48.40	49.286	C	
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TK-0,45-28-II-4	3	3.61	30273	385.637	37.831	36.376	23.6%	0		C	
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TK-0,45-28-II-5	3	3.71	38864	495.080	48.567	46.699	1.9%	46.70		C	

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Berat (kg)	Beban (kalibrasi) (kg)	Tegangan (kg/cm ²)	Tegangan (MPa)	Konversi Silinder Ø15x30 (MPa)	std deviasi astm = 10.6%	Kuat Tekan (valid) (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Pola Keruntuhan	Ket
Dicor	Ditest													
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,55-07-I-1	3	3.657	27310	347.898	34.129	32.816	3.3%	32.82		C	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,55-07-I-2	3	3.657	27310	347.898	34.129	32.816	3.3%	32.82		C	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,55-07-II-3	3	3.672	30273	385.637	37.831	36.376	7.1%	36.38	33.951	C	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,55-07-II-4	3	3.626	26701	340.134	33.367	32.084	5.5%	32.08		C	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,55-07-II-5	3	3.594	29680	378.089	37.091	35.664	5.0%	35.66		C	
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TK-0,55-14-I-1	5	3.63	32050	408.280	40.052	38.512	3.3%	38.51		C	
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TK-0,55-14-I-2	5	3.61	26396	336.252	32.986	31.718	15.0%	0		C	
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TK-0,55-14-II-3	5	3.65	32050	408.280	40.052	38.512	3.3%	38.51	38.690	C	
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TK-0,55-14-II-4	5	3.64	32346	412.054	40.423	38.868	4.2%	38.87		B	
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TK-0,55-14-II-5	5	3.59	32346	412.054	40.423	38.868	4.2%	38.87		C	
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TK-0,55-28-III-1	5	3.65	33235	423.376	41.533	39.936	6.9%	39.94		C	basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TK-0,55-28-III-2	5	3.64	30865	393.185	38.571	37.088	0.8%	37.09		B	basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TK-0,55-28-IV-3	5	3.69	28495	362.994	35.610	34.240	8.4%	34.24	37.373	B	basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TK-0,55-28-IV-4	5	3.63	32050	408.280	40.052	38.512	3.0%	38.51		B	basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TK-0,55-28-IV-5	5	3.63	30865	393.185	38.571	37.088	0.8%	37.09		C	basah

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Berat (kg)	Beban (kalibrasi) (kg)	Tegangan (kg/cm ²)	Tegangan (MPa)	Konversi Silinder Ø15x30 (MPa)	std deviasi astm = 10.6%	Kuat Tekan (valid) (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Pola Keruntuhan	Ket
Dicor	Ditest													
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,65-07-III-1	4	3.668	19996	254.726	24.989	24.028	3.1%	24.03		B	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,65-07-III-2	4	3.596	19691	250.844	24.608	23.661	1.6%	23.66		B	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,65-07-IV-3	6	3.616	19691	250.844	24.608	23.661	1.6%	23.66	23.295	C	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,65-07-IV-4	6	3.635	19996	254.726	24.989	24.028	3.1%	24.03		C	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,65-07-IV-5	6	3.584	17558	223.669	21.942	21.098	9.4%	21.10		C	
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TK-0,65-14-III-1	8	3.06	21215	270.255	26.512	25.492	3.9%	25.49		C	miring sedikit
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TK-0,65-14-III-2	8	3.05	17863	227.551	22.323	21.464	12.5%	0		C	
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TK-0,65-14-IV-3	8	3.06	19691	250.844	24.608	23.661	3.6%	23.66	25.309	C	
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TK-0,65-14-IV-4	8	3.08	22129	281.901	27.655	26.591	8.4%	26.59		B	
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TK-0,65-14-IV-5	8	3.09	21215	270.255	26.512	25.492	3.9%	25.49		B	
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TK-0,65-28-I-1	8	3.628	28495	362.994	35.610	34.240	7.2%	34.24		B	
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TK-0,65-28-I-2	8	3.599	27310	347.898	34.129	32.816	2.8%	32.82		C	
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TK-0,65-28-II-3	8	3.617	22434	285.783	28.035	26.957	15.6%	0	33.172	C	
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TK-0,65-28-II-4	8	3.600	27310	347.898	34.129	32.816	2.8%	32.82		C	
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TK-0,65-28-II-5	8	3.614	27310	347.898	34.129	32.816	2.8%	32.82		C	

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Berat (kg)	Beban (kalibrasi) (kg)	Tegangan (kg/cm ²)	Tegangan (MPa)	Konversi Silinder Ø15x30 (MPa)	std deviasi astm = 10.6%	Kuat Tekan (valid) (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Pola Keruntuhan	Ket
Dicor	Ditest													
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TK-0,75-07-I-1	10	3.520	17558	223.669	21.942	21.098	2.7%	21.10		C	
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TK-0,75-07-I-2	10	3.551	18168	231.433	22.704	21.830	0.7%	21.83		B	
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TK-0,75-07-II-3	8	3.599	18777	239.197	23.465	22.563	4.1%	22.56	21.684	C	miring
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TK-0,75-07-II-4	8	3.597	18168	231.433	22.704	21.830	0.7%	21.83		B	
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TK-0,75-07-II-5	8	3.565	17558	223.669	21.942	21.098	2.7%	21.10		B	
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TK-0,75-14-III-1	9	3.505	19996	254.726	24.989	24.028	0.6%	24.03		C	
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TK-0,75-14-III-2	9	3.567	18168	231.433	22.704	21.830	9.7%	21.83		C	
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TK-0,75-14-IV-3	9	3.519	19996	254.726	24.989	24.028	0.6%	24.03	24.174	C	
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TK-0,75-14-IV-4	9	3.520	21215	270.255	26.512	25.492	5.5%	25.49		C	
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TK-0,75-14-IV-5	9	3.537	21215	270.255	26.512	25.492	5.5%	25.49		C	
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TK-0,75-28-I-1	9	3.610	21215	270.255	26.512	25.492	7.4%	25.49		B	
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TK-0,75-28-I-2	9	3.615	19996	254.726	24.989	24.028	1.2%	24.03		C	
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TK-0,75-28-II-3	9	3.610	21215	270.255	26.512	25.492	7.4%	25.49	24.760	B	patah, miring
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TK-0,75-28-II-4	9	3.576	19996	254.726	24.989	24.028	1.2%	24.03		C	
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TK-0,75-28-II-5	9	3.521	16339	208.140	20.419	19.633	17.3%	0		C	miring

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Berat (kg)	Beban (kalibrasi) (kg)	Tegangan (kg/cm ²)	Tegangan (MPa)	Konversi Silinder Ø15x30 (MPa)	std deviasi astm = 10.6%	Kuat Tekan (valid) (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata (MPa)	Pola Keruntuhan	Ket
Dicor	Ditest													
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TK-0,80-07-I-1	9	3.641	15120	192.611	18.895	18.168	1.4%	18.17		C	
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TK-0,80-07-I-2	9	3.628	16339	208.140	20.419	19.633	9.6%	19.63		B	
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TK-0,80-07-II-3	8	3.521	13608	173.350	17.006	16.352	8.7%	16.35	17.916	C	
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TK-0,80-07-II-4	8	3.618	15120	192.611	18.895	18.168	1.4%	18.17		B	
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TK-0,80-07-II-5	8	3.607	14364	182.981	17.950	17.260	3.7%	17.26		B	
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TK-0,80-14-I-1	14	3.483	13986	178.166	17.478	16.806	4.2%	16.81		C	
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TK-0,80-14-I-2	14	3.584	16339	208.140	20.419	19.633	11.9%	19.63		C	
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TK-0,80-14-II-3	14	3.434	16949	215.904	21.180	20.366	16.1%	0	17.900	C	
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TK-0,80-14-II-4	14	3.539	14364	182.981	17.950	17.260	1.6%	17.26		B	
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TK-0,80-14-II-5	14	3.557	11340	144.459	14.171	13.626	22.3%	0		B	miring
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TK-0,80-28-III-1	12	3.593	19996	254.726	24.989	24.028	4.4%	24.03		C	
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TK-0,80-28-IV-2	12	3.581	17558	223.669	21.942	21.098	8.4%	21.10		B	
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TK-0,80-28-IV-3	12	3.564	18472	235.315	23.084	22.197	3.6%	22.20	23.021	B	
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TK-0,80-28-IV-4	12	3.539	20606	262.490	25.750	24.760	7.6%	24.76		C	
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TK-0,80-28-5	12										sampel rusak

$\chi(0.975,4)$	11.14
$\chi(0.025,4)$	0.48

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (kg)	Tegangan (kg/cm ²)	Tegangan (MPa)	Konversi Silinder Ø15x30 (MPa)	s	σ	Kuat tekan (batas) (MPa)	Kuat tekan (valid) (MPa)	Rata-rata (chisquare) (MPa)	Pola Keruntuhan	Ket
Dicor	Ditest														
2/3/2010	2/10/2010	7	PCC TK-0,30-07-1	0	47538	605.573	59.407	57.122				57.122			
2/3/2010	2/10/2010	7	PCC TK-0,30-07-2	0	39160	498.854	48.938	47.055		3.46	49.09	0			
2/3/2010	2/10/2010	7	PCC TK-0,30-07-3	0	48096	612.688	60.105	57.793	5.16			57.793	56.674		
2/3/2010	2/10/2010	7	PCC TK-0,30-07-4	0	45862	584.229	57.313	55.109		16.65	69.19	55.109			
2/3/2010	2/10/2010	7	PCC TK-0,30-07-5	0	37975	483.758	47.457	45.631				0			
2/3/2010	2/17/2010	14	PCC TK-0,30-14-1	0	53298	678.955	66.606	64.044				64.044			
2/3/2010	2/17/2010	14	PCC TK-0,30-14-2	0	51814	660.051	64.751	62.261		4.94	51.39	62.261			
2/3/2010	2/17/2010	14	PCC TK-0,30-14-3	0	44466	566.443	55.568	53.431	7.38			53.431	59.550		
2/3/2010	2/17/2010	14	PCC TK-0,30-14-4	0	36198	461.115	45.235	43.496		23.82	80.16	0			
2/3/2010	2/17/2010	14	PCC TK-0,30-14-5	0	48655	619.803	60.803	58.464				58.464			
2/3/2010	3/3/2010	28	PCC TK-0,30-28-1	0	50720	646.109	63.383	60.945				0		B	
2/3/2010	3/3/2010	28	PCC TK-0,30-28-2	0	65765	837.771	82.185	79.024		4.28	62.50	79.024		C	
2/3/2010	3/3/2010	28	PCC TK-0,30-28-3	0	54040	688.408	67.533	64.935	6.39			64.935	68.235	C	
2/3/2010	3/3/2010	28	PCC TK-0,30-28-4	0	52185	664.777	65.215	62.706		20.63	87.40	62.706		B	
2/3/2010	3/3/2010	28	PCC TK-0,30-28-5	0	55153	702.586	68.924	66.273				66.273		C	

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (kg)	Tegangan (kg/cm ²)	Tegangan (MPa)	Konversi Silinder Ø15x30 (MPa)	s	σ	Kuat tekan (batas) (MPa)	Kuat tekan (valid) (MPa)	Rata-rata (chisquare) (MPa)	Pola Keruntuhan	Ket
Dicor	Ditest														
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,35-07-I-1	0	43628	555.771	54.521	52.424				52.424		C	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,35-07-I-2	0	19996	254.726	24.989	24.028		8.84	41.06	0		C	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,35-07-II-3	0	48096	612.688	60.105	57.793	13.19			57.793	56.367	C	slump kecil
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,35-07-II-4	0	45862	584.229	57.313	55.109		42.58	92.47	55.109		B	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,35-07-II-5	0	50051	637.589	62.547	60.142				60.142		C	
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TK-0,35-14-III-1	2	44745	570.000	55.917	53.766				53.766		C	
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TK-0,35-14-III-2	2	45862	584.229	57.313	55.109		0.99	53.58	55.109		C	
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TK-0,35-14-IV-3	2	47538	605.573	59.407	57.122	1.48			57.122	55.025	C	
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TK-0,35-14-IV-4	2	45024	573.557	56.266	54.102		4.77	59.35	54.102		C	
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TK-0,35-14-IV-5	2	43907	559.328	54.870	52.760				0		C	
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TK-0,35-28-I-1	2	46141	587.787	57.662	55.444				0		B	
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TK-0,35-28-I-2	2	47538	605.573	59.407	57.122		1.05	56.14	57.122		B	
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TK-0,35-28-II-3	2	46421	591.344	58.011	55.780	1.57			0	58.240	C	
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TK-0,35-28-II-4	2	49772	634.032	62.199	59.806		5.05	62.24	59.806		C	
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TK-0,35-28-II-5	2	48096	612.688	60.105	57.793				57.793		C	

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (kg)	Tegangan (kg/cm ²)	Tegangan (MPa)	Konversi Silinder Ø15x30 (MPa)	s	σ	Kuat tekan (batas) (MPa)	Kuat tekan (valid) (MPa)	Rata-rata (chisquare) (MPa)	Pola Keruntuhan	Ket
Dicor	Ditest														
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,45-07-III-1	2	40277	513.083	50.333	48.398				48.398		C	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,45-07-III-2	2	39160	498.854	48.938	47.055		0.41	47.38	0		C	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,45-07-IV-3	2	39160	498.854	48.938	47.055	0.62			0	48.286	C	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,45-07-IV-4	2	39998	509.525	49.984	48.062		1.99	49.78	48.062		C	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TK-0,45-07-IV-5	2	40277	513.083	50.333	48.398				48.398		C	

3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TK-0,45-14-I-1	3	43628	555.771	54.521	52.424				52.424		C	basah
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TK-0,45-14-I-2	3	38864	495.080	48.567	46.699		2.71	44.06	46.699		B	basah, miring
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TK-0,45-14-III-3	3	40277	513.083	50.333	48.398	4.04			48.398	48.466	C	basah
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TK-0,45-14-III-4	3	33235	423.376	41.533	39.936		13.03	59.79	0		C	basah, miring
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TK-0,45-14-III-5	3	38568	491.306	48.197	46.343				46.343		C	basah
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TK-0,45-28-I-1	3	44745	570.000	55.917	53.766				53.766		B	
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TK-0,45-28-I-2	3	43907	559.328	54.870	52.760		4.15	43.45	52.760		B	
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TK-0,45-28-II-3	3	40277	513.083	50.333	48.398	6.20			48.398	50.406	C	
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TK-0,45-28-II-4	3	30273	385.637	37.831	36.376		20.00	67.60	0		C	
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TK-0,45-28-II-5	3	38864	495.080	48.567	46.699				46.699		C	

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (kg)	Tegangan (kg/cm ²)	Tegangan (MPa)	Konversi Silinder Ø15x30 (MPa)	s	σ	Kuat tekan (batas) (MPa)	Kuat tekan (valid) (MPa)	Rata-rata (chisquare) (MPa)	Pola Keruntuhan	Ket
Dicor	Ditest														
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,55-07-I-1	3	27310	347.898	34.129	32.816				32.816		C	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,55-07-I-2	3	27310	347.898	34.129	32.816		1.16	32.80	32.816		C	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,55-07-II-3	3	30273	385.637	37.831	36.376	1.72			36.376	34.418	C	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,55-07-II-4	3	26701	340.134	33.367	32.084		5.57	39.52	0		C	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,55-07-II-5	3	29680	378.089	37.091	35.664				35.664		C	
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TK-0,55-14-I-1	5	32050	408.280	40.052	38.512				38.512		C	
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TK-0,55-14-I-2	5	26396	336.252	32.986	31.718		1.87	35.42	0		C	
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TK-0,55-14-II-3	5	32050	408.280	40.052	38.512	2.79			38.512	38.690	C	
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TK-0,55-14-II-4	5	32346	412.054	40.423	38.868		9.02	46.31	38.868		B	
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TK-0,55-14-II-5	5	32346	412.054	40.423	38.868				38.868		C	
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TK-0,55-28-III-1	5	33235	423.376	41.533	39.936				39.936		C	basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TK-0,55-28-III-2	5	30865	393.185	38.571	37.088		1.27	36.11	37.088		B	basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TK-0,55-28-IV-3	5	28495	362.994	35.610	34.240	1.89			0	38.156	B	basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TK-0,55-28-IV-4	5	32050	408.280	40.052	38.512		6.10	43.47	38.512		B	basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TK-0,55-28-IV-5	5	30865	393.185	38.571	37.088				37.088		C	basah

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (kg)	Tegangan (kg/cm ²)	Tegangan (MPa)	Konversi Silinder Ø15x30 (MPa)	s	σ	Kuat tekan (batas) (MPa)	Kuat tekan (valid) (MPa)	Rata-rata (chisquare) (MPa)	Pola Keruntuhan	Ket
Dicor	Ditest														
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,65-07-III-1	4	19996	254.726	24.989	24.028				24.028		B	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,65-07-III-2	4	19691	250.844	24.608	23.661		0.74	22.55	23.661		B	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,65-07-IV-3	6	19691	250.844	24.608	23.661	1.11			23.661	23.844	C	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,65-07-IV-4	6	19996	254.726	24.989	24.028		3.58	26.88	24.028		C	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TK-0,65-07-IV-5	6	17558	223.669	21.942	21.098				0		C	
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TK-0,65-14-III-1	8	21215	270.255	26.512	25.492				25.492		C	miring sedikit
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TK-0,65-14-III-2	8	17863	227.551	22.323	21.464		1.21	23.33	0		C	
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TK-0,65-14-IV-3	8	19691	250.844	24.608	23.661	1.80			23.661	25.309	C	
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TK-0,65-14-IV-4	8	22129	281.901	27.655	26.591		5.82	30.36	26.591		B	
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TK-0,65-14-IV-5	8	21215	270.255	26.512	25.492				25.492		B	
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TK-0,65-28-I-1	8	28495	362.994	35.610	34.240				34.240		B	
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TK-0,65-28-I-2	8	27310	347.898	34.129	32.816		1.71	30.22	32.816		C	
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TK-0,65-28-II-3	8	22434	285.783	28.035	26.957	2.55			0	33.172	C	
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TK-0,65-28-II-4	8	27310	347.898	34.129	32.816		8.22	40.15	32.816		C	
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TK-0,65-28-II-5	8	27310	347.898	34.129	32.816				32.816		C	

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (kg)	Tegangan (kg/cm ²)	Tegangan (MPa)	Konversi Silinder Ø15x30 (MPa)	s	σ	Kuat tekan (batas)	Kuat tekan (valid)	Rata-rata (chisquare)	Pola Keruntuhan	Ket
Dicor	Ditest										(MPa)	(MPa)	(MPa)		
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TK-0,75-07-I-1	10	17558	223.669	21.942	21.098				0		C	
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TK-0,75-07-I-2	10	18168	231.433	22.704	21.830		0.37	21.32	21.830		B	
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TK-0,75-07-II-3	8	18777	239.197	23.465	22.563	0.55			22.563	22.075	C	miring
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TK-0,75-07-II-4	8	18168	231.433	22.704	21.830		1.77	23.45	21.830		B	
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TK-0,75-07-II-5	8	17558	223.669	21.942	21.098				0		B	
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TK-0,75-14-III-1	9	19996	254.726	24.989	24.028				24.028		C	
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TK-0,75-14-III-2	9	18168	231.433	22.704	21.830		0.90	23.27	0		C	
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TK-0,75-14-IV-3	9	19996	254.726	24.989	24.028	1.34			24.028	24.760	C	
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TK-0,75-14-IV-4	9	21215	270.255	26.512	25.492		4.33	28.51	25.492		C	
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TK-0,75-14-IV-5	9	21215	270.255	26.512	25.492				25.492		C	
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TK-0,75-28-I-1	9	21215	270.255	26.512	25.492				25.492		B	
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TK-0,75-28-I-2	9	19996	254.726	24.989	24.028		1.44	22.29	24.028		C	
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TK-0,75-28-II-3	9	21215	270.255	26.512	25.492	2.15			25.492	24.760	B	patah, miring
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TK-0,75-28-II-4	9	19996	254.726	24.989	24.028		6.95	30.68	24.028		C	
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TK-0,75-28-II-5	9	16339	208.140	20.419	19.633				0		C	miring

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (kg)	Tegangan (kg/cm ²)	Tegangan (MPa)	Konversi Silinder Ø15x30 (MPa)	s	σ	Kuat tekan (batas)	Kuat tekan (valid)	Rata-rata (chisquare)	Pola Keruntuhan	Ket
Dicor	Ditest										(MPa)	(MPa)	(MPa)		
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TK-0,80-07-I-1	9	15120	192.611	18.895	18.168				18.168		C	
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TK-0,80-07-I-2	9	16339	208.140	20.419	19.633		0.73	17.19	19.633		B	
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TK-0,80-07-II-3	8	13608	173.350	17.006	16.352	1.09			0	18.308	C	
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TK-0,80-07-II-4	8	15120	192.611	18.895	18.168		3.52	21.44	18.168		B	
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TK-0,80-07-II-5	8	14364	182.981	17.950	17.260				17.260		B	
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TK-0,80-14-I-1	14	13986	178.166	17.478	16.806				16.806		C	
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TK-0,80-14-I-2	14	16339	208.140	20.419	19.633		1.59	15.94	19.633		C	
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TK-0,80-14-II-3	14	16949	215.904	21.180	20.366	2.38			20.366	18.516	C	
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TK-0,80-14-II-4	14	14364	182.981	17.950	17.260		7.68	25.22	17.260		B	
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TK-0,80-14-II-5	14	11340	144.459	14.171	13.626				0		B	
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TK-0,80-28-III-1	12	19996	254.726	24.989	24.028				24.028		C	
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TK-0,80-28-IV-2	12	17558	223.669	21.942	21.098		0.97	22.05	0		B	
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TK-0,80-28-IV-3	12	18472	235.315	23.084	22.197	1.45			22.197	23.661	B	
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TK-0,80-28-IV-4	12	20606	262.490	25.750	24.760		4.68	27.70	24.760		C	
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TK-0,80-28-5	0								0			sampel rusak

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban Kalibrasi (P) (kg)	Kuat Belah (T) (kg/cm ²)	Kuat Belah (T) (MPa)	std deviasi astm = 14%	Kuat Belah (T) (valid) (MPa)	Kuat Belah Rata-rata (MPa)	Ket
Dicor	Ditest										
2/2/2010	2/9/2010	7	PCC TB-0,30-07-1	0	9828	13.91	1.36	65%	0		Keropos
2/2/2010	2/9/2010	7	PCC TB-0,30-07-2	0	33235	47.04	4.61	17%	4.61		
2/2/2010	2/9/2010	7	PCC TB-0,30-07-3	0	32050	45.36	4.45	13%	4.45	4.57	
2/2/2010	2/9/2010	7	PCC TB-0,30-07-4	0	33235	47.04	4.61	17%	4.61		
2/2/2010	2/9/2010	7	PCC TB-0,30-07-5	0	33235	47.04	4.61	17%	4.61		
2/2/2010	2/16/2010	14	PCC TB-0,30-14-1	0	30273	42.85	4.20	15%	0		
2/2/2010	2/16/2010	14	PCC TB-0,30-14-2	0	38271	54.17	5.31	8%	5.31		
2/2/2010	2/16/2010	14	PCC TB-0,30-14-3	0	37975	53.75	5.27	7%	5.27	5.10	
2/2/2010	2/16/2010	14	PCC TB-0,30-14-4	0	32643	46.20	4.53	8%	4.53		
2/2/2010	2/16/2010	14	PCC TB-0,30-14-5	0	37975	53.75	5.27	7%	5.27		
2/2/2010	3/2/2010	28	PCC TB-0,30-28-1	0	40836	57.80	5.67	9%	5.67		
2/2/2010	3/2/2010	28	PCC TB-0,30-28-2	0	27903	39.49	3.87	26%	0		patah
2/2/2010	3/2/2010	28	PCC TB-0,30-28-3	0	41394	58.59	5.75	10%	5.75	5.55	
2/2/2010	3/2/2010	28	PCC TB-0,30-28-4	0	41394	58.59	5.75	10%	5.75		
2/2/2010	3/2/2010	28	PCC TB-0,30-28-5	0	36198	51.23	5.03	4%	5.03		

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban Kalibrasi (P) (kg)	Kuat Belah (T) (kg/cm ²)	Kuat Belah (T) (MPa)	std deviasi astm = 14%	Kuat Belah (T) (valid) (MPa)	Kuat Belah Rata-rata (MPa)	Ket
Dicor	Ditest										
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,35-07-I-1	0	32643	46.20	4.53	1%	4.53		
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,35-07-I-2	0	30865	43.69	4.29	4%	4.29		
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,35-07-I-3	0	32050	45.36	4.45	1%	4.45	4.48	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,35-07-I-4	0	32050	45.36	4.45	1%	4.45		slump kecil
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,35-07-II-5	0	33828	47.88	4.70	5%	4.70		
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TB-0,35-14-III-1	2	36198	51.23	5.03	4%	5.03		
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TB-0,35-14-III-2	2	35605	50.40	4.94	2%	4.94		
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TB-0,35-14-III-3	2	35013	49.56	4.86	0%	4.86	4.85	
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TB-0,35-14-III-4	2	33828	47.88	4.70	3%	4.70		
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TB-0,35-14-IV-5	2	34124	48.30	4.74	2%	4.74		
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TB-0,35-28-I-1	2	37383	52.91	5.19	5%	5.19		
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TB-0,35-28-I-2	2	41953	59.38	5.83	7%	5.83		
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TB-0,35-28-I-3	2	39998	56.61	5.55	2%	5.55	5.46	
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TB-0,35-28-I-4	2	38568	54.59	5.36	2%	5.36		
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TB-0,35-28-II-5	2	38568	54.59	5.36	2%	5.36		patah

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban Kalibrasi (P) (kg)	Kuat Belah (T) (kg/cm ²)	Kuat Belah (T) (MPa)	std deviasi astm = 14%	Kuat Belah (T) (valid) (MPa)	Kuat Belah Rata-rata (MPa)	Ket
Dicor	Ditest										
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,45-07-III-1	2	31458	44.53	4.37	9%	4.37		
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,45-07-III-2	2	29680	42.01	4.12	2%	4.12		
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,45-07-III-3	2	27606	39.07	3.83	5%	3.83	4.02	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,45-07-III-4	2	28199	39.91	3.92	3%	3.92		
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,45-07-IV-5	2	27903	39.49	3.87	4%	3.87		

3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TB-0,45-14-I-1	3	26091	36.93	3.62	11%	3.62		basah
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TB-0,45-14-I-2	3	32346	45.78	4.49	10%	4.49		basah
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TB-0,45-14-I-3	3	34420	48.72	4.78	17%	0	3.90	basah
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TB-0,45-14-I-4	3	27903	39.49	3.87	5%	3.87		basah
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TB-0,45-14-II-5	3	26091	36.93	3.62	11%	3.62		basah
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TB-0,45-28-I-1	3	36198	51.23	5.03	3%	5.03		
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TB-0,45-28-I-2	3	36790	52.07	5.11	4%	5.11		patah
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TB-0,45-28-I-3	3	35013	49.56	4.86	1%	4.86	4.90	
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TB-0,45-28-I-4	3	34420	48.72	4.78	3%	4.78		
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TB-0,45-28-II-5	3	34124	48.30	4.74	3%	4.74		

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban Kalibrasi (P) (kg)	Kuat Belah (T) (kg/cm ²)	Kuat Belah (T) (MPa)	std deviasi astm = 14%	Kuat Belah (T) (valid) (MPa)	Kuat Belah Rata-rata (MPa)	Ket
Dicor	Ditest										
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,55-07-I-1	3	21825	30.89	3.03	5.3%	3.03		
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,55-07-I-2	3	22434	31.75	3.12	2.6%	3.12		
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,55-07-I-3	3	22434	31.75	3.12	2.6%	3.12	3.20	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,55-07-I-4	3	22434	31.75	3.12	2.6%	3.12		
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,55-07-II-5	3	26091	36.93	3.62	13.2%	3.62		
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TB-0,55-14-I-1	5	24263	34.34	3.37	0.3%	3.37		
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TB-0,55-14-I-2	5	21825	30.89	3.03	9.8%	3.03		
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TB-0,55-14-I-3	5	25786	36.50	3.58	6.5%	3.58	3.36	
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TB-0,55-14-I-4	5	22129	31.32	3.07	8.6%	3.07		
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TB-0,55-14-II-5	5	27005	38.22	3.75	11.6%	3.75		
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TB-0,55-28-III-1	5	27903	39.49	3.87	5.3%	3.87		basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TB-0,55-28-III-2	5	23653	33.48	3.28	10.7%	3.28		basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TB-0,55-28-III-3	5	26396	37.36	3.67	0.4%	3.67	3.55	basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TB-0,55-28-III-4	5	24263	34.34	3.37	8.4%	3.37		basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TB-0,55-28-IV-5	5	30273	42.85	4.20	14.2%	0		basah

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban Kalibrasi (P) (kg)	Kuat Belah (T) (kg/cm ²)	Kuat Belah (T) (MPa)	std deviasi astm = 14%	Kuat Belah (T) (valid) (MPa)	Kuat Belah Rata-rata (MPa)	Ket
Dicor	Ditest										
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,65-07-III-1	4	19996	28.30	2.78	10%	2.78		
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,65-07-III-2	4	18168	25.71	2.52	0%	2.52		
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,65-07-III-3	4	16339	23.13	2.27	10%	2.27	2.44	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,65-07-III-4	4	20910	29.60	2.90	15%	0		
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,65-07-IV-5	6	15730	22.26	2.18	14%	2.18		
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TB-0,65-14-III-1	8	19996	28.30	2.78	7%	2.78		
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TB-0,65-14-III-2	8	22434	31.75	3.12	4%	3.12		
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TB-0,65-14-III-3	8	21825	30.89	3.03	1%	3.03	3.00	
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TB-0,65-14-III-4	8	22434	31.75	3.12	4%	3.12		
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TB-0,65-14-IV-5	8	21215	30.03	2.95	2%	2.95		

3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TB-0,65-28-I-1	8	26091	36.93	3.62	5%	3.62		
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TB-0,65-28-I-2	8	29680	42.01	4.12	8%	4.12		
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TB-0,65-28-I-3	8	26701	37.79	3.71	3%	3.71	3.82	
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TB-0,65-28-I-4	8	30273	42.85	4.20	10%	4.20		
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TB-0,65-28-II-5	8	24872	35.20	3.45	10%	3.45		

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban Kalibrasi (P) (kg)	Kuat Belah (T) (kg/cm ²)	Kuat Belah (T) (MPa)	std deviasi astm = 14%	Kuat Belah (T) (valid) (MPa)	Kuat Belah Rata-rata (MPa)	Ket
Dicor	Ditest										
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TB-0,75-07-I-1	10	16949	23.99	2.35	5%	2.35		
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TB-0,75-07-I-2	10	16339	23.13	2.27	1%	2.27		
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TB-0,75-07-I-3	10	17558	24.85	2.44	9%	2.44	2.24	
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TB-0,75-07-I-4	10	14742	20.87	2.05	9%	2.05		
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TB-0,75-07-II-5	8	15120	21.40	2.10	6%	2.10		
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TB-0,75-14-III-1	9	15730	22.26	2.18	3%	2.18		
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TB-0,75-14-III-2	9	16949	23.99	2.35	5%	2.35		
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TB-0,75-14-III-3	9	14742	20.87	2.05	9%	2.05	2.24	keropos
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TB-0,75-14-III-4	9	15120	21.40	2.10	6%	2.10		
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TB-0,75-14-IV-5	9	18168	25.71	2.52	13%	2.52		
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TB-0,75-28-I-1	9	19387	27.44	2.69	9%	2.69		
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TB-0,75-28-I-2	9	15120	21.40	2.10	15%	0		
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TB-0,75-28-I-3	9	19996	28.30	2.78	12%	2.78	2.75	
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TB-0,75-28-I-4	9	14742	20.87	2.05	17%	0		keropos
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TB-0,75-28-II-5	9	19996	28.30	2.78	12%	2.78		

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban Kalibrasi (P) (kg)	Kuat Belah (T) (kg/cm ²)	Kuat Belah (T) (MPa)	std deviasi astm = 14%	Kuat Belah (T) (valid) (MPa)	Kuat Belah Rata-rata (MPa)	Ket
Dicor	Ditest										
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TB-0,80-07-I-1	9	15120	21.40	2.10	10%	2.10		
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TB-0,80-07-I-2	9	14364	20.33	1.99	4%	1.99		
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TB-0,80-07-I-3	9	13608	19.26	1.89	1%	1.89	1.99	
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TB-0,80-07-I-4	9	14364	20.33	1.99	4%	1.99		
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TB-0,80-07-II-5	8	11340	16.05	1.57	18%	0		
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TB-0,80-14-I-1	14	18168	25.71	2.52	19%	0		
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TB-0,80-14-I-2	14	15120	21.40	2.10	1%	2.10		
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TB-0,80-14-I-3	14	15120	21.40	2.10	1%	2.10	2.17	
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TB-0,80-14-I-4	14	16644	23.56	2.31	9%	2.31		
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TB-0,80-14-II-5	14	11340	16.05	1.57	26%	0		keropos
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TB-0,80-28-III-1	12	17558	24.85	2.44	4%	2.44		
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TB-0,80-28-III-2	12	19691	27.87	2.73	8%	2.73		
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TB-0,80-28-III-3	12	17558	24.85	2.44	4%	2.44	2.54	
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TB-0,80-28-III-4	12	19691	27.87	2.73	8%	2.73		
4/6/2010	5/4/2010	28	PCC TB-0,80-28-IV-5	12	16949	23.99	2.35	7%	2.35		

$\chi(0.975,4)$	11.14
$\chi(0.025,4)$	0.48

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban Kalibrasi (P) (kg)	Kuat Belah (T) (kg/cm ²)	Kuat Belah (T) (MPa)	s	σ	Kuat Belah (batas) (MPa)	Kuat Belah (valid) (MPa)	Kuat Belah Rata-rata (chisquare) (MPa)	Ket
Dicor	Ditest												
2/2/2010	2/9/2010	7	PCC TB-0,30-07-1	0	9828	13.91	1.36				0		Keropos
2/2/2010	2/9/2010	7	PCC TB-0,30-07-2	0	33235	47.04	4.61		0.86	3.07	4.61		
2/2/2010	2/9/2010	7	PCC TB-0,30-07-3	0	32050	45.36	4.45	1.29			4.45	4.57	
2/2/2010	2/9/2010	7	PCC TB-0,30-07-4	0	33235	47.04	4.61		4.15	8.08	4.61		
2/2/2010	2/9/2010	7	PCC TB-0,30-07-5	0	33235	47.04	4.61				4.61		
2/2/2010	2/16/2010	14	PCC TB-0,30-14-1	0	30273	42.85	4.20				0		
2/2/2010	2/16/2010	14	PCC TB-0,30-14-2	0	38271	54.17	5.31		0.31	4.61	5.31		
2/2/2010	2/16/2010	14	PCC TB-0,30-14-3	0	37975	53.75	5.27	0.46			5.27	5.29	
2/2/2010	2/16/2010	14	PCC TB-0,30-14-4	0	32643	46.20	4.53		1.49	6.41	0		
2/2/2010	2/16/2010	14	PCC TB-0,30-14-5	0	37975	53.75	5.27				5.27		
2/2/2010	3/2/2010	28	PCC TB-0,30-28-1	0	40836	57.80	5.67				5.67		
2/2/2010	3/2/2010	28	PCC TB-0,30-28-2	0	27903	39.49	3.87		0.48	4.73	0		patah
2/2/2010	3/2/2010	28	PCC TB-0,30-28-3	0	41394	58.59	5.75	0.72			5.75	5.55	
2/2/2010	3/2/2010	28	PCC TB-0,30-28-4	0	41394	58.59	5.75		2.33	7.54	5.75		
2/2/2010	3/2/2010	28	PCC TB-0,30-28-5	0	36198	51.23	5.03				5.03		

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban Kalibrasi (P) (kg)	Kuat Belah (T) (kg/cm ²)	Kuat Belah (T) (MPa)	s	σ	Kuat Belah (batas) (MPa)	Kuat Belah (valid) (MPa)	Kuat Belah Rata-rata (chisquare) (MPa)	Ket
Dicor	Ditest												
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,35-07-I-1	0	32643	46.20	4.53				4.53		
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,35-07-I-2	0	30865	43.69	4.29		0.09	4.39	0		
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,35-07-I-3	0	32050	45.36	4.45	0.13			4.45	4.53	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,35-07-I-4	0	32050	45.36	4.45		0.43	4.91	4.45		slump kecil
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,35-07-II-5	0	33828	47.88	4.70				4.70		
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TB-0,35-14-III-1	2	36198	51.23	5.03				5.03		
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TB-0,35-14-III-2	2	35605	50.40	4.94		0.08	4.77	4.94		
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TB-0,35-14-III-3	2	35013	49.56	4.86	0.12			4.86	4.94	
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TB-0,35-14-III-4	2	33828	47.88	4.70		0.40	5.25	0		
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TB-0,35-14-IV-5	2	34124	48.30	4.74				0		
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TB-0,35-28-I-1	2	37383	52.91	5.19				0		
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TB-0,35-28-I-2	2	41953	59.38	5.83		0.15	5.31	5.83		
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TB-0,35-28-I-3	2	39998	56.61	5.55	0.22			5.55	5.52	
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TB-0,35-28-I-4	2	38568	54.59	5.36		0.70	6.16	5.36		
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TB-0,35-28-II-5	2	38568	54.59	5.36				5.36		patah

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban Kalibrasi (P) (kg)	Kuat Belah (T) (kg/cm ²)	Kuat Belah (T) (MPa)	s	σ	Kuat Belah (batas) (MPa)	Kuat Belah (valid) (MPa)	Kuat Belah Rata-rata (chisquare) (MPa)	Ket
Dicor	Ditest												
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,45-07-III-1	2	31458	44.53	4.37				4.37		
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,45-07-III-2	2	29680	42.01	4.12		0.13	3.89	4.12		
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,45-07-III-3	2	27606	39.07	3.83	0.20			0	4.13	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,45-07-III-4	2	28199	39.91	3.92		0.64	4.67	3.92		
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TB-0,45-07-IV-5	2	27903	39.49	3.87				0		
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TB-0,45-14-I-1	3	26091	36.93	3.62				0		basah
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TB-0,45-14-I-2	3	32346	45.78	4.49		0.32	3.76	4.49		basah
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TB-0,45-14-I-3	3	34420	48.72	4.78	0.47			4.78	4.38	basah
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TB-0,45-14-I-4	3	27903	39.49	3.87		1.53	5.60	3.87		basah
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TB-0,45-14-II-5	3	26091	36.93	3.62				0		basah
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TB-0,45-28-I-1	3	36198	51.23	5.03				5.03		
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TB-0,45-28-I-2	3	36790	52.07	5.11		0.10	4.81	5.11		patah
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TB-0,45-28-I-3	3	35013	49.56	4.86	0.14			4.86	5.00	
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TB-0,45-28-I-4	3	34420	48.72	4.78		0.46	5.36	0		
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TB-0,45-28-II-5	3	34124	48.30	4.74				0		

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban Kalibrasi (P) (kg)	Kuat Belah (T) (kg/cm ²)	Kuat Belah (T) (MPa)	s	σ	Kuat Belah (batas) (MPa)	Kuat Belah (valid) (MPa)	Kuat Belah Rata-rata (chisquare) (MPa)	Ket
Dicor	Ditest												
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,55-07-I-1	3	21825	30.89	3.03				0		
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,55-07-I-2	3	22434	31.75	3.12		0.14	3.06	3.12		
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,55-07-I-3	3	22434	31.75	3.12	0.21			3.12	3.24	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,55-07-I-4	3	22434	31.75	3.12		0.69	3.89	3.12		
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,55-07-II-5	3	26091	36.93	3.62				3.62		
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TB-0,55-14-I-1	5	24263	34.34	3.37				3.37		
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TB-0,55-14-I-2	5	21825	30.89	3.03		0.19	3.17	0		
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TB-0,55-14-I-3	5	25786	36.50	3.58	0.28			3.58	3.57	
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TB-0,55-14-I-4	5	22129	31.32	3.07		0.90	4.26	0		
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TB-0,55-14-II-5	5	27005	38.22	3.75				3.75		
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TB-0,55-28-1	5	27903	39.49	3.87				3.87		basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TB-0,55-28-2	5	23653	33.48	3.28		0.23	3.45	0		basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TB-0,55-28-3	5	26396	37.36	3.67	0.34			3.67	3.91	basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TB-0,55-28-4	5	24263	34.34	3.37		1.09	4.76	0		basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TB-0,55-28-5	5	30273	42.85	4.20				4.20		basah

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban Kalibrasi (P) (kg)	Kuat Belah (T) (kg/cm ²)	Kuat Belah (T) (MPa)	s	σ	Kuat Belah (batas) (MPa)	Kuat Belah (valid) (MPa)	Kuat Belah Rata-rata (chisquare) (MPa)	Ket
Dicor	Ditest												
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,65-07-III-1	4	19996	28.30	2.78				2.78		
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,65-07-III-2	4	18168	25.71	2.52		0.19	2.34	2.52		
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,65-07-III-3	4	16339	23.13	2.27	0.28			0	2.73	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,65-07-III-4	4	20910	29.60	2.90		0.90	3.43	2.90		
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TB-0,65-07-IV-5	6	15730	22.26	2.18				0		
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TB-0,65-14-III-1	8	19996	28.30	2.78				0		
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TB-0,65-14-III-2	8	22434	31.75	3.12		0.08	2.91	3.12		
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TB-0,65-14-III-3	8	21825	30.89	3.03	0.13			3.03	3.05	
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TB-0,65-14-III-4	8	22434	31.75	3.12		0.41	3.41	3.12		
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TB-0,65-14-IV-5	8	21215	30.03	2.95				2.95		
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TB-0,65-28-I-1	8	26091	36.93	3.62				0		
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TB-0,65-28-I-2	8	29680	42.01	4.12		0.19	3.63	4.12		
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TB-0,65-28-I-3	8	26701	37.79	3.71	0.29			3.71	4.01	
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TB-0,65-28-I-4	8	30273	42.85	4.20		0.94	4.76	4.20		
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TB-0,65-28-II-5	8	24872	35.20	3.45				0		

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban Kalibrasi (P) (kg)	Kuat Belah (T) (kg/cm ²)	Kuat Belah (T) (MPa)	s	σ	Kuat Belah (batas) (MPa)	Kuat Belah (valid) (MPa)	Kuat Belah Rata-rata (chisquare) (MPa)	Ket
Dicor	Ditest												
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TB-0,75-07-I-1	10	16949	23.99	2.35				2.35		
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TB-0,75-07-I-2	10	16339	23.13	2.27		0.10	2.14	2.27		
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TB-0,75-07-I-3	10	17558	24.85	2.44	0.15			2.44	2.35	
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TB-0,75-07-I-4	10	14742	20.87	2.05		0.48	2.72	0		
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TB-0,75-07-II-5	8	15120	21.40	2.10				0		
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TB-0,75-14-III-1	9	15730	22.26	2.18				2.18		
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TB-0,75-14-III-2	9	16949	23.99	2.35		0.12	2.12	2.35		
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TB-0,75-14-III-3	9	14742	20.87	2.05	0.17			0	2.35	keropos
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TB-0,75-14-III-4	9	15120	21.40	2.10		0.56	2.81	0		
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TB-0,75-14-IV-5	9	18168	25.71	2.52				2.52		
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TB-0,75-28-I-1	9	19387	27.44	2.69				2.69		
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TB-0,75-28-I-2	9	15120	21.40	2.10		0.22	2.26	0		
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TB-0,75-28-I-3	9	19996	28.30	2.78	0.33			2.78	2.75	
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TB-0,75-28-I-4	9	14742	20.87	2.05		1.07	3.55	0		keropos
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TB-0,75-28-II-5	9	19996	28.30	2.78				2.78		

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban Kalibrasi (P) (kg)	Kuat Belah (T) (kg/cm ²)	Kuat Belah (T) (MPa)	s	σ	Kuat Belah (batas) (MPa)	Kuat Belah (valid) (MPa)	Kuat Belah Rata-rata (chisquare) (MPa)	Ket
Dicor	Ditest												
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TB-0,80-07-I-1	9	15120	21.40	2.10				2.10		
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TB-0,80-07-I-2	9	14364	20.33	1.99		0.12	1.79	1.99		
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TB-0,80-07-I-3	9	13608	19.26	1.89	0.18			1.89	1.99	
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TB-0,80-07-I-4	9	14364	20.33	1.99		0.58	2.49	1.99		
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TB-0,80-07-II-5	8	11340	16.05	1.57				0		
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TB-0,80-14-I-1	14	18168	25.71	2.52				2.52		
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TB-0,80-14-I-2	14	15120	21.40	2.10		0.21	1.91	2.10		
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TB-0,80-14-I-3	14	15120	21.40	2.10	0.32			2.10	2.26	
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TB-0,80-14-I-4	14	16644	23.56	2.31		1.02	3.14	2.31		
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TB-0,80-14-II-5	14	11340	16.05	1.57				0		keropos
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TB-0,80-28-III-1	12	17558	24.85	2.44				2.44		
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TB-0,80-28-III-2	12	19691	27.87	2.73		0.11	2.43	2.73		
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TB-0,80-28-III-3	12	17558	24.85	2.44	0.16			2.44	2.59	
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TB-0,80-28-III-4	12	19691	27.87	2.73		0.52	3.06	2.73		
4/6/2010	5/4/2010	28	PCC TB-0,80-28-IV-5	12	16949	23.99	2.35				0		

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (P) (kg)	W 1/6.b.h ² (kg/cm ³)	Momen Lentur M=1/6.P.L (kg/cm)	Tegangan Lentur (M/W) (kg/cm ²)	Tegangan Lentur (MPa)	std deviasi astm = 16%	Tegangan Lentur valid (MPa)	Tegangan Lentur Rata-rata (MPa)	Ket
Dicor	Ditest												
4/19/2010	4/26/2010	7	PCC TL-0,30-7-I-1	0	3101	562.5	23257	41.35	4.06	1%	4.06		
4/19/2010	4/26/2010	7	PCC TL-0,30-7-I-2	0	3101	562.5	23257	41.35	4.06	1%	4.06	4.10	
4/19/2010	4/26/2010	7	PCC TL-0,30-7-I-3	0	3205	562.5	24040	42.74	4.19	2%	4.19		
4/19/2010	5/3/2010	14	PCC TL-0,30-14-II-1	0	3205	562.5	24039.74	42.74	4.19	1%	4.19		
4/19/2010	5/3/2010	14	PCC TL-0,30-14-II-2	0	3101	562.5	23256.77	41.35	4.06	2%	4.06	4.15	
4/19/2010	5/3/2010	14	PCC TL-0,30-14-II-3	0	3205	562.5	24039.74	42.74	4.19	1%	4.19		
4/19/2010	5/17/2010	28	PCC TL-0,30-28-III-1	0	3936	562.5	29520.59	52.48	5.15	3%	5.15		
4/19/2010	5/17/2010	28	PCC TL-0,30-28-III-2	0	4145	562.5	31086.54	55.26	5.42	2%	5.42	5.33	
4/19/2010	5/17/2010	28	PCC TL-0,30-28-III-3	0	4145	562.5	31086.54	55.26	5.42	2%	5.42		

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (P) (kg)	W 1/6.b.h ² (kg/cm ³)	Momen Lentur M=1/6.P.L (kg/cm)	Tegangan Lentur (M/W) (kg/cm ²)	Tegangan Lentur (MPa)	std deviasi astm = 16%	Tegangan Lentur valid (MPa)	Tegangan Lentur Rata-rata (MPa)	Ket
Dicor	Ditest												
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TL-0,35-7-I-1	0	2788	562.5	20907.83	37.17	3.65	6%	3.65		
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TL-0,35-7-II-2	0	2997	562.5	22473.79	39.95	3.92	1%	3.92	3.87	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TL-0,35-7-II-3	0	3101	562.5	23256.77	41.35	4.06	5%	4.06		
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TL-0,35-14-III-1	2	3518	562.5	26388.68	46.91	4.60	13%	4.60		
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TL-0,35-14-IV-2	2	2892	562.5	21690.81	38.56	3.78	7%	3.78	4.06	
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TL-0,35-14-IV-3	2	2892	562.5	21690.81	38.56	3.78	7%	3.78		
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TL-0,35-28-I-1	2	3571	562.5	26780.16	47.61	4.67	6%	4.67		
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TL-0,35-28-II-2	2	4040	562.5	30303.56	53.87	5.28	6%	5.28	4.99	
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TL-0,35-28-II-3	2	3832	562.5	28737.61	51.09	5.01	0%	5.01		

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (P) (kg)	W 1/6.b.h ² (kg/cm ³)	Momen Lentur M=1/6.P.L (kg/cm)	Tegangan Lentur (M/W) (kg/cm ²)	Tegangan Lentur (MPa)	std deviasi astm = 16%	Tegangan Lentur valid (MPa)	Tegangan Lentur Rata-rata (MPa)	Ket
Dicor	Ditest												
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TL-0,45-7-III-1	2	3101	562.5	23256.77	41.35	4.06	16%	4.06		
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TL-0,45-7-IV-2	2	2351	562.5	17630.96	31.34	3.07	12%	3.07	3.50	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TL-0,45-7-IV-3	2	2579	562.5	19341.88	34.39	3.37	4%	3.37		
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TL-0,45-14-I-1	3	2579	562.5	19341.88	34.39	3.37	1%	3.37		basah
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TL-0,45-14-II-2	3	2683	562.5	20124.86	35.78	3.51	3%	3.51	3.42	basah
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TL-0,45-14-II-3	3	2579	562.5	19341.88	34.39	3.37	1%	3.37		basah
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TL-0,45-28-I-1	3	3310	562.5	24822.72	44.13	4.33	3%	4.33		
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TL-0,45-28-II-2	3	3101	562.5	23256.77	41.35	4.06	4%	4.06	4.22	
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TL-0,45-28-II-3	3	3257	562.5	24431.23	43.43	4.26	1%	4.26		

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (P) (kg)	W 1/6.b.h ² (kg/cm ³)	Momen Lentur M=1/6.P.L (kg/cm)	Tegangan Lentur (M/W) (kg/cm ²)	Tegangan Lentur (MPa)	std deviasi astm = 16%	Tegangan Lentur valid (MPa)	Tegangan Lentur Rata-rata (MPa)	Ket
Dicor	Ditest												
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TL-0,55-7-I-1	3	2475	562.5	18558.90	32.99	3.24	1%	3.24		
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TL-0,55-7-II-2	3	2683	562.5	20124.86	35.78	3.51	9%	3.51	3.22	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TL-0,55-7-II-3	3	2227	562.5	16703.01	29.69	2.91	10%	2.91		
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TL-0,55-14-I-1	5	2788	562.5	20907.83	37.17	3.65	1%	3.65		
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TL-0,55-14-II-2	5	2892	562.5	21690.81	38.56	3.78	2%	3.78	3.69	
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TL-0,55-14-II-3	5	2788	562.5	20907.83	37.17	3.65	1%	3.65		
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TL-0,55-28-III-1	5	2997	562.5	22473.79	39.95	3.92	11%	3.92		basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TL-0,55-28-IV-2	5	2631	562.5	19733.37	35.08	3.44	3%	3.44	3.53	basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TL-0,55-28-IV-3	5	2475	562.5	18558.90	32.99	3.24	8%	3.24		basah

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (P) (kg)	W 1/6.b.h ² (kg/cm ³)	Momen Lentur M=1/6.P.L (kg/cm)	Tegangan Lentur (M/W) (kg/cm ²)	Tegangan Lentur (MPa)	std deviasi astm = 16%	Tegangan Lentur valid (MPa)	Tegangan Lentur Rata-rata (MPa)	Ket
Dicor	Ditest												
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TL-0,65-7-III-1	4	2227	562.5	16703.01	29.69	2.91	13%	2.91		
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TL-0,65-7-IV-2	6	1856	562.5	13919.18	24.75	2.43	6%	2.43	2.59	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TL-0,65-7-IV-3	6	1856	562.5	13919.18	24.75	2.43	6%	2.43		
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TL-0,65-14-III-1	8	2351	562.5	17630.96	31.34	3.07	4%	3.07		
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TL-0,65-14-IV-2	8	2351	562.5	17630.96	31.34	3.07	4%	3.07	2.97	
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TL-0,65-14-IV-3	8	2103	562.5	15775.07	28.04	2.75	7%	2.75		
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TL-0,65-28-I-1	8	2892	562.5	21690.81	38.56	3.78	12%	3.78		
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TL-0,65-28-II-2	8	2579	562.5	19341.88	34.39	3.37	0%	3.37	3.38	
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TL-0,65-28-II-3	8	2289	562.5	17166.98	30.52	2.99	12%	2.99		

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (P) (kg)	W 1/6.b.h ² (kg/cm ³)	Momen Lentur M=1/6.P.L (kg/cm)	Tegangan Lentur (M/W) (kg/cm ²)	Tegangan Lentur (MPa)	std deviasi astm = 16%	Tegangan Lentur valid (MPa)	Tegangan Lentur Rata-rata (MPa)	Ket
Dicor	Ditest												
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TL-0,75-7-I-1	10	1608	562.5	12063.29	21.45	2.10	5%	2.10		
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TL-0,75-7-II-2	8	1856	562.5	13919.18	24.75	2.43	10%	2.43	2.21	
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TL-0,75-7-II-3	8	1608	562.5	12063.29	21.45	2.10	5%	2.10		
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TL-0,75-14-III-1	9	2227	562.5	16703.01	29.69	2.91	2%	2.91		
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TL-0,75-14-IV-2	9	2351	562.5	17631	31.34	3.07	8%	3.07	2.86	
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TL-0,75-14-IV-3	9	1980	562.5	14847	26.39	2.59	9%	2.59		
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TL-0,75-28-I-1	9	2227	562.5	16703	29.69	2.91	2%	2.91		
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TL-0,75-28-II-2	9	2351	562.5	17631	31.34	3.07	4%	3.07	2.97	
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TL-0,75-28-II-3	9	2227	562.5	16703	29.69	2.91	2%	2.91		

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (P) (kg)	W $1/6.b.h^2$ (kg/cm ³)	Momen Lentur $M=1/6.P.L$ (kg/cm)	Tegangan Lentur (M/W) (kg/cm ²)	Tegangan Lentur (MPa)	std deviasi astm = 16%	Tegangan Lentur valid (MPa)	Tegangan Lentur Rata-rata (MPa)	Ket
Dicor	Ditest												
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TL-0,80-7-I-1	9	1732	562.5	12991.23	23.10	2.27	8%	2.27		
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TL-0,80-7-II-2	8	1361	562.5	10207.40	18.15	1.78	15%	1.78	2.10	
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TL-0,80-7-II-3	8	1732	562.5	12991.23	23.10	2.27	8%	2.27		
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TL-0,80-14-I-1	14	1361	562.5	10207.40	18.15	1.78	21%	0		
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TL-0,80-14-II-2	14	1856	562.5	13919.18	24.75	2.43	7%	2.43	2.51	
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TL-0,80-14-II-3	14	1980	562.5	14847.12	26.39	2.59	14%	2.59		
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TL-0,80-28-III-1	12	1856	562.5	13919.18	24.75	2.43	10%	2.43		
4/6/2010	5/4/2010	28	PCC TL-0,80-28-IV-2	12	2227	562.5	16703.01	29.69	2.91	8%	2.91	2.70	
4/6/2010	5/4/2010	28	PCC TL-0,80-28-IV-3	12	2103	562.5	15775.07	28.04	2.75	2%	2.75		

$\chi(0.975,2)$	7.38
$\chi(0.025,2)$	0.05

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (P) (kg)	W 1/6.b.h ² (kg/cm ³)	Momen Lentur M=1/6.P.L (kg/cm)	Tegangan Lentur (M/W) (kg/cm ²)	Tegangan Lentur (MPa)	s	σ	Tegangan Lentur batas (MPa)	Tegangan Lentur valid (MPa)	Tegangan Lentur Rata-rata (chisquare) (MPa)	Ket
Dicor	Ditest														
4/19/2010	4/26/2010	7	PCC TL-0,30-7-I-1	0	3101	562.5	23257	41.35	4.06		0.04	4.06	4.06		
4/19/2010	4/26/2010	7	PCC TL-0,30-7-I-2	0	3101	562.5	23257	41.35	4.06	0.06		4.06		4.10	
4/19/2010	4/26/2010	7	PCC TL-0,30-7-I-3	0	3205	562.5	24040	42.74	4.19		0.50	4.60	4.19		
4/19/2010	5/3/2010	14	PCC TL-0,30-14-II-1	0	3205	562.5	24039.74	42.74	4.19		0.04	4.11	4.19		
4/19/2010	5/3/2010	14	PCC TL-0,30-14-II-2	0	3101	562.5	23256.77	41.35	4.06	0.06			0	4.19	
4/19/2010	5/3/2010	14	PCC TL-0,30-14-II-3	0	3205	562.5	24039.74	42.74	4.19		0.50	4.64	4.19		
4/19/2010	5/17/2010	28	PCC TL-0,30-28-III-1	0	3936	562.5	29520.59	52.48	5.15		0.08	5.25	0		
4/19/2010	5/17/2010	28	PCC TL-0,30-28-III-2	0	4145	562.5	31086.54	55.26	5.42	0.13			5.42	5.42	
4/19/2010	5/17/2010	28	PCC TL-0,30-28-III-3	0	4145	562.5	31086.54	55.26	5.42		0.99	6.32	5.42		

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (P) (kg)	W 1/6.b.h ² (kg/cm ³)	Momen Lentur M=1/6.P.L (kg/cm)	Tegangan Lentur (M/W) (kg/cm ²)	Tegangan Lentur (MPa)	s	σ	Tegangan Lentur batas (MPa)	Tegangan Lentur valid (MPa)	Tegangan Lentur Rata-rata (chisquare) (MPa)	Ket
Dicor	Ditest														
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TL-0,35-7-I-1	0	2788	562.5	20907.83	37.17	3.65		0.11	3.77	0		
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TL-0,35-7-II-2	0	2997	562.5	22473.79	39.95	3.92	0.17			3.92	3.99	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TL-0,35-7-II-3	0	3101	562.5	23256.77	41.35	4.06		1.31	5.19	4.06		
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TL-0,35-14-III-1	2	3518	562.5	26388.68	46.91	4.60		0.25	3.81	4.60		
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TL-0,35-14-IV-2	2	2892	562.5	21690.81	38.56	3.78	0.39			3.78	4.06	
2/17/2010	3/3/2010	14	PCC TL-0,35-14-IV-3	2	2892	562.5	21690.81	38.56	3.78		2.97	7.03	3.78		
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TL-0,35-28-I-1	2	3571	562.5	26780.16	47.61	4.67		0.16	4.83	0		
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TL-0,35-28-II-2	2	4040	562.5	30303.56	53.87	5.28	0.25			5.28	5.15	
2/17/2010	3/17/2010	28	PCC TL-0,35-28-II-3	2	3832	562.5	28737.61	51.09	5.01		1.94	6.92	5.01		

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (P) (kg)	W 1/6.b.h ² (kg/cm ³)	Momen Lentur M=1/6.P.L (kg/cm)	Tegangan Lentur (M/W) (kg/cm ²)	Tegangan Lentur (MPa)	s	σ	Tegangan Lentur batas (MPa)	Tegangan Lentur valid (MPa)	Tegangan Lentur Rata-rata (chisquare) (MPa)	Ket
Dicor	Ditest														
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TL-0,45-7-III-1	2	3101	562.5	23256.77	41.35	4.06		0.26	3.24	4.06		
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TL-0,45-7-IV-2	2	2351	562.5	17630.96	31.34	3.07	0.41			0	3.71	
4/26/2010	5/3/2010	7	PCC TL-0,45-7-IV-3	2	2579	562.5	19341.88	34.39	3.37		3.16	6.66	3.37		
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TL-0,45-14-I-1	3	2579	562.5	19341.88	34.39	3.37		0.04	3.38	3.37		basah
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TL-0,45-14-II-2	3	2683	562.5	20124.86	35.78	3.51	0.06			3.51	3.42	basah
3/17/2010	3/31/2010	14	PCC TL-0,45-14-II-3	3	2579	562.5	19341.88	34.39	3.37		0.50	3.91	3.37		basah
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TL-0,45-28-I-1	3	3310	562.5	24822.72	44.13	4.33		0.07	4.14	4.33		
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TL-0,45-28-II-2	3	3101	562.5	23256.77	41.35	4.06	0.12			0	4.29	
2/22/2010	3/22/2010	28	PCC TL-0,45-28-II-3	3	3257	562.5	24431.23	43.43	4.26		0.89	5.11	4.26		

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (P) (kg)	W 1/6.b.h ² (kg/cm ³)	Momen Lentur M=1/6.P.L (kg/cm)	Tegangan Lentur (M/W) (kg/cm ²)	Tegangan Lentur (MPa)	s	σ	Tegangan Lentur batas (MPa)	Tegangan Lentur valid (MPa)	Tegangan Lentur Rata-rata (chisquare) (MPa)	Ket
Dicor	Ditest														
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TL-0,55-7-I-1	3	2475	562.5	18558.90	32.99	3.24		0.16	3.06	3.24		
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TL-0,55-7-II-2	3	2683	562.5	20124.86	35.78	3.51	0.24			3.51	3.37	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TL-0,55-7-II-3	3	2227	562.5	16703.01	29.69	2.91		1.88	5.10	0		
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TL-0,55-14-I-1	5	2788	562.5	20907.83	37.17	3.65		0.04	3.65	3.65		
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TL-0,55-14-II-2	5	2892	562.5	21690.81	38.56	3.78	0.06			3.78	3.69	
3/3/2010	3/17/2010	14	PCC TL-0,55-14-II-3	5	2788	562.5	20907.83	37.17	3.65		0.50	4.19	3.65		
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TL-0,55-28-III-1	5	2997	562.5	22473.79	39.95	3.92		0.18	3.35	3.92		basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TL-0,55-28-IV-2	5	2631	562.5	19733.37	35.08	3.44	0.29			3.44	3.68	basah
3/3/2010	3/31/2010	28	PCC TL-0,55-28-IV-3	5	2475	562.5	18558.90	32.99	3.24		2.20	5.74	0		basah

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (P) (kg)	W 1/6.b.h ² (kg/cm ³)	Momen Lentur M=1/6.P.L (kg/cm)	Tegangan Lentur (M/W) (kg/cm ²)	Tegangan Lentur (MPa)	s	σ	Tegangan Lentur batas (MPa)	Tegangan Lentur valid (MPa)	Tegangan Lentur Rata-rata (chisquare) (MPa)	Ket
Dicor	Ditest														
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TL-0,65-7-III-1	4	2227	562.5	16703.01	29.69	2.91		0.15	2.44	2.91		
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TL-0,65-7-IV-2	6	1856	562.5	13919.18	24.75	2.43	0.23			2.43	2.59	
5/3/2010	5/10/2010	7	PCC TL-0,65-7-IV-3	6	1856	562.5	13919.18	24.75	2.43		1.76	4.35	2.43		
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TL-0,65-14-III-1	8	2351	562.5	17630.96	31.34	3.07		0.10	2.87	3.07		
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TL-0,65-14-IV-2	8	2351	562.5	17630.96	31.34	3.07	0.15			3.07	3.07	
3/10/2010	3/24/2010	14	PCC TL-0,65-14-IV-3	8	2103	562.5	15775.07	28.04	2.75		1.17	4.14	0		
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TL-0,65-28-I-1	8	2892	562.5	21690.81	38.56	3.78		0.21	3.18	3.78		
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TL-0,65-28-II-2	8	2579	562.5	19341.88	34.39	3.37	0.32			3.37	3.58	
3/10/2010	4/7/2010	28	PCC TL-0,65-28-II-3	8	2289	562.5	17166.98	30.52	2.99		2.48	5.86	0		

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (P) (kg)	W 1/6.b.h ² (kg/cm ³)	Momen Lentur M=1/6.P.L (kg/cm)	Tegangan Lentur (M/W) (kg/cm ²)	Tegangan Lentur (MPa)	s	σ	Tegangan Lentur batas (MPa)	Tegangan Lentur valid (MPa)	Tegangan Lentur Rata-rata (chisquare) (MPa)	Ket
Dicor	Ditest														
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TL-0,75-7-I-1	10	1608	562.5	12063.29	21.45	2.10		0.10	2.11	2.10		
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TL-0,75-7-II-2	8	1856	562.5	13919.18	24.75	2.43	0.15			2.43	2.21	
4/12/2010	4/19/2010	7	PCC TL-0,75-7-II-3	8	1608	562.5	12063.29	21.45	2.10		1.17	3.39	2.10		
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TL-0,75-14-III-1	9	2227	562.5	16703.01	29.69	2.91		0.13	2.73	2.91		
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TL-0,75-14-IV-2	9	2351	562.5	17631	31.34	3.07	0.20			3.07	2.99	
4/12/2010	4/26/2010	14	PCC TL-0,75-14-IV-3	9	1980	562.5	14847	26.39	2.59		1.55	4.41	0		
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TL-0,75-28-I-1	9	2227	562.5	16703	29.69	2.91		0.05	2.92	2.91		
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TL-0,75-28-II-2	9	2351	562.5	17631	31.34	3.07	0.08			3.07	2.97	
3/24/2010	4/21/2010	28	PCC TL-0,75-28-II-3	9	2227	562.5	16703	29.69	2.91		0.59	3.55	2.91		

Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Beban (kalibrasi) (P) (kg)	W $1/6 \cdot b \cdot h^2$ (kg/cm ³)	Momen Lentur M=1/6.P.L (kg/cm)	Tegangan Lentur (M/W) (kg/cm ²)	Tegangan Lentur (MPa)	s	σ	Tegangan Lentur batas (MPa)	Tegangan Lentur valid (MPa)	Tegangan Lentur Rata-rata (chisquare) (MPa)	Ket
Dicor	Ditest														
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TL-0,80-7-I-1	9	1732	562.5	12991.23	23.10	2.27		0.15	1.96	2.27		
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TL-0,80-7-II-2	8	1361	562.5	10207.40	18.15	1.78	0.23		0	2.27		
6/7/2010	6/14/2010	7	PCC TL-0,80-7-II-3	8	1732	562.5	12991.23	23.10	2.27		1.76	3.87	2.27		
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TL-0,80-14-I-1	14	1361	562.5	10207.40	18.15	1.78		0.22	2.04	0		
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TL-0,80-14-II-2	14	1856	562.5	13919.18	24.75	2.43	0.35			2.43	2.51	
4/5/2010	4/19/2010	14	PCC TL-0,80-14-II-3	14	1980	562.5	14847.12	26.39	2.59		2.69	4.96	2.59		
4/5/2010	5/3/2010	28	PCC TL-0,80-28-III-1	12	1856	562.5	13919.18	24.75	2.43		0.13	2.57	0		
4/6/2010	5/4/2010	28	PCC TL-0,80-28-IV-2	12	2227	562.5	16703.01	29.69	2.91	0.20			2.91	2.83	
4/6/2010	5/4/2010	28	PCC TL-0,80-28-IV-3	12	2103	562.5	15775.07	28.04	2.75		1.55	4.25	2.75		

Lampiran F-1 Foto Pembuatan Benda Uji



Pengadukan dan Pengukuran Slump



Beton segar dalam Benda Uji Silinder dan Balok



Perawatan Benda Uji

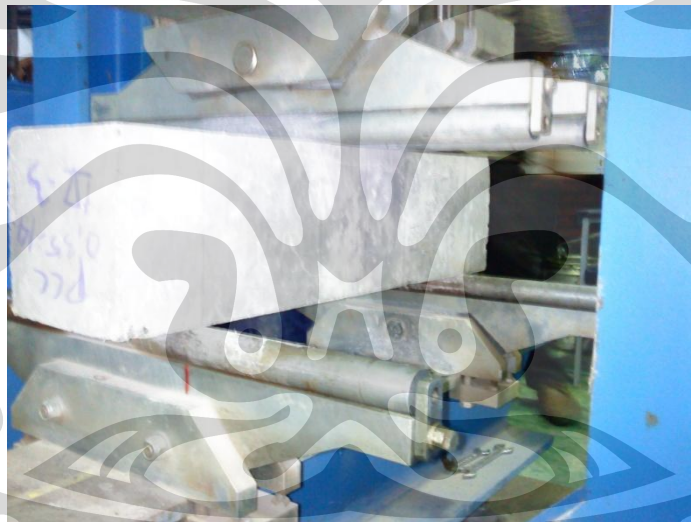
Lampiran F-2 Foto Pengujian



Pengujian Tekan



Pengujian Tarik Belah



Pengujian Lentur

Lampiran F-3 Foto Sampel Hasil Uji



Sampel Uji Tekan



Sampel Uji Tarik Belah



Sampel Uji Lentur