



**UNIVERSITAS INDONESIA**

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

**SKRIPSI**

**BASTIAN OKTO BANGKIT SENTOSA  
0606072093**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**DEPOK  
JULI 2010**

954/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 POZZOLAN**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**BASTIAN OKTO BANGKIT SENTOSA  
0606072093**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**DEPOK  
JULI 2010**

954/FT.01/SKRIP/07/2010



UNIVERSITY OF INDONESIA

**INFLUENCE OF WATER CEMENT RATIO ON  
COMPRESSIVE STRENGTH, SPLITTING TENSILE  
STRENGTH AND FLEXURAL STRENGTH OF NORMAL  
CONCRETE USING  
PORTLAND POZZOLAN CEMENT**

**FINAL PROJECT**

**Submitted as a partial fulfillment of the requirement for the degree of  
Bachelor of Engineering**


**BASTIAN OKTO BANGKIT SENTOSA  
0606072093**

**FACULTY OF ENGINEERING  
CIVIL ENGINEERING STUDY PROGRAM**

**DEPOK  
JULY 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 : Bastian Okto Bangkit Sentosa**  
**NPM : 0606072093**  
**Tanda Tangan : **  
**Tanggal : 7 Juli 2010**

## **PAGE OF ORIGINALITY PRONOUNCEMENT**

**I declare that this final project is the result of my own research,  
and all of the references either quoted or cited here  
have been stated clearly.**

**Name : Bastian Okto Bangkit Sentosa**

**NPM : 0606072093**

**Signature :** 

**Date : July, 7<sup>th</sup> 2010**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Bastian Okto Bangkit Sentosa

NPM : 0606072093

Program Studi : Teknik Sipil

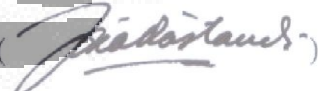
Judul Skripsi : Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Kuat Lentur Beton Normal Menggunakan Semen Portland Pozzolan

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. Madsuri, MT (  )

Penguji : Dr.-Ing. Ir. Josia Irwan Rastandi (  )

Penguji : Mulia Orientilize, M.Eng (  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 7 Juli 2010

## STATEMENT OF LEGIMITATION

The final project is submitted by:

Name : Bastian Okto Bangkit Sentosa  
NPM : 0606072093  
Study Program : Civil Engineering  
Title of final report : Influence of Water Cement Ratio on Compressive Strength, Splitting Tensile Strength, and Flexural Strength of Normal Concrete Using Portland Pozzolan Cement.

**Has been succesfully defended in front of the Examiners and accepted as part of the necessary requirements to obtain Bachelor of Engineering Degree in Civil Engineering Program, Faculty of Engineering, University of Indonesia.**

### BOARD OF EXAMINERS

Councilor : Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA (  )  
Councilor : Ir. Madsuri, MT (  )  
Examiner : Dr.-Ing. Ir. Josia Irwan Rastandi (  )  
Examiner : Mulia Orientilize, M.Eng (  )

Approved at : Depok

Date : July 7<sup>th</sup> 2010

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas limpahan hidayah-Nya penulisan skripsi dengan judul **“Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur Beton Normal dengan Menggunakan Semen Portland Pozzolan”** dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari semua perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Saya menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kesalahan karena keterbatasan pengetahuan penulis. Oleh karena itu dimohon saran untuk perbaikan skripsi ini.

Depok, 7 Juli 2010

Penulis



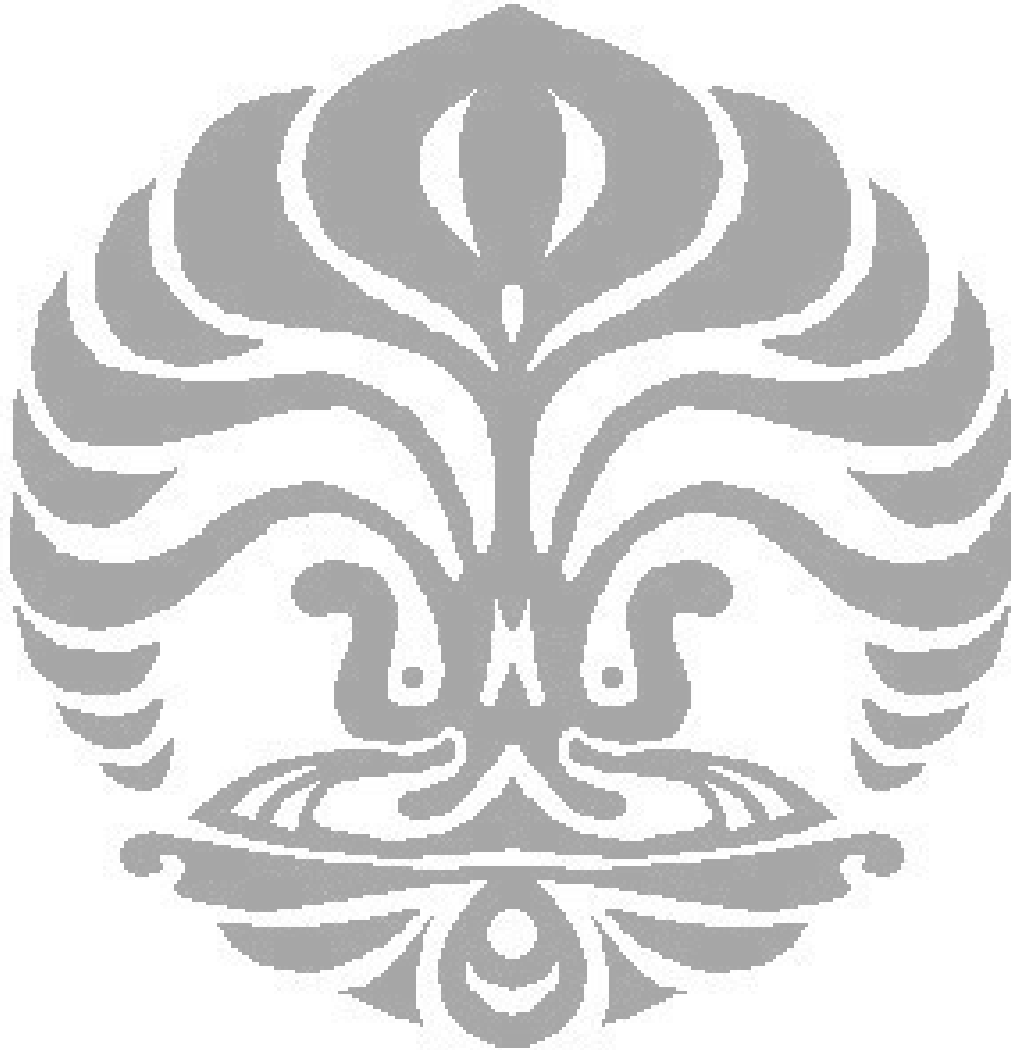
## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, tim kami ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk pihak-pihak di bawah ini yang telah membantu saya dalam menjalani penelitian dan penulisan skripsi ini, yaitu:

- 1) **Allah SWT** yang telah memberikan hidayah dan kemudahan kepada saya untuk menjalani penelitian dan penulisan skripsi ini.
- 2) Para orang tua saya, **Antono Basuki** dan **Nuryati**, yang sudah memberikan ijin dan doa untuk kelancaran di penelitian dan penulisan skripsi ini.
- 3) Saudara – saudara , **Mundi Anugrah Nindya Putri, Shabrina Adani, Akhmad Riko Kurniawan**, dan **Dhaifina Dini Ghassani Rizki**, di rumah yang memberikan dukungan dan semangat.
- 4) **Dr. Ir. Elly Tjahjono, DEA** dan **Ir. Madsuri, MT** , selaku pembimbing skripsi yang telah memberi begitu banyak ilmu dan bimbingan dalam penelitian dan penulisan skripsi ini.
- 5) **Prof. Dr. Ir. Irwan Katili, DEA** selaku Kepala Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- 6) **PT Saeti Concretindo (JHS Group)** dan **PT Jaya Readymix** yang telah mendukung penyediaan kebutuhan material penelitian sehingga dapat terwujud pelaksanaannya.
- 7) **Pak Samin, Pak Idris, Pak Obet, Pak Agus, Pak Yudi, Pak Hanafi, Pak Endar dan Pak Jaelani** yang bekerja pada Laboratorium Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang telah membantu kami selama melaksanakan penelitian.
- 8) **Pramudia, Raina, Pudia, David, Uud, Bayu D, Dodo, Nanda dan teman – teman semuanya** di Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Indonesia yang telah memberikan tenaganya untuk membantu pengecoran selama penelitian.

- 9) **Mbak Dian** selaku pegawai tata usaha Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang selalu membantu saya dalam urusan administrasi skripsi ini.



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

---

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

Nama : Bastian Okto Bangkit Sentosa

NPM : 0606072093

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  
MENGUNAKAN SEMEN PORTLAND POZZOLAN**

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



(Bastian Okto Bangkit Sentosa)

## ABSTRAK

Nama : Bastian Okto Bangkit Sentosa  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul : Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan Kuat Tarik Belah dan Kuat Lentur Beton Normal Menggunakan Semen Portland Pozzolan

Semen Portland Pozzolan (SPP) adalah suatu bahan perekat hidrolis yang dibuat dengan menggiling halus klinker semen Portland dengan pozzolan, atau suatu campuran yang merata antara bubuk semen Portland dan bubuk pozzolan selama penggilingan atau pencampuran. SPP untuk mencapai kekuatannya membutuhkan waktu relatif lebih lambat dibandingkan dengan semen Portland lainnya meskipun *ultimate strenght* yang dicapai SPP mungkin sama atau lebih besar dari yang terbuat dari semen Portland.

Dalam penelitian ini, faktor air semen (FAS) yang digunakan bervariasi diantara 0,3; 0,35; 0,45; 0,55; 0,65; 0,75; dan 0,8 serta diamati pengaruhnya terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur pada beton menggunakan SPP. Pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari. Hasil pengujian diolah dengan dua metode yaitu metode rata-rata dan *chi-square* untuk membandingkan metode mana yang paling akurat.

Kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur bertambah seiring dengan penambahan umur beton pada semua FAS. Namun kenaikan FAS berbanding terbalik dengan kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur beton. Kenaikan kuat tekan akan diikuti dengan kenaikan kuat tarik belah dan kuat lenturnya sehingga kenaikan kuat tarik belah akan mengikuti kenaikan kuat lentur dan sebaliknya.

Hubungan kuat tekan dan kuat lentur

Metode Rata – rata :  $f_t = 0,571 \sqrt{f_c}$ ; Metode *Chi square* :  $f_r = 0,575 \sqrt{f_c}$

Hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah

Metode Rata – rata :  $f_t = 0,610 \sqrt{f_c}$ ; Metode *Chi square* :  $f_t = 0,623 \sqrt{f_c}$

Hubungan kuat tarik belah dan kuat lentur

Metode Rata – rata :  $f_r = 0,916 \times f_t$ ; Metode *Chi square* :  $f_r = 0,909 \times f_t$

Kata kunci :

Faktor air semen, SPP, Kuat tekan, Kuat lentur, Kuat tarik belah, Rata – rata, *Chi-Square*

## ABSTRACT

Name : Bastian Okto Bangkit Sentosa  
Study Program : Civil Engineering  
Title : Influence of Water Cement Ratio on Compressive Strength, Splitting Tensile Strength and Flexural Strength of Normal Concrete Using Portland Pozzolan Cement.

Pozzolan Portland Cement (PPC) is an hydraulic adhesive which made by grinding Portland cement clinker with Pozzolan, or an equal mixture of Portland cement powder and powder Pozzolan during milling or mixing. PPC to achieve the strength it took relatively more slowly than other portland cement, although the ultimate PPC strength achieved equal or perhaps greater than that made from portland cement.

In this research, water cement ratio which is used variation from 0,30 0,3; 0,35; 0,45; 0,55; 0,65; 0,75; and 0,8 also observed the influent of compressive strength, splitting tensile strength, and flexural strength concrete using SPP. Compressive strength, splitting tensile strength and flexural strength test is done on 7, 14, and 28 days. The test result is processed by two methods which are average method and chi square method for comparing the best accuracy method.

Compressive strength, splitting tensile strength, and flexural strength increase following concrete age on all water cement ratio. However, increasing water cement ratio is inversely with compressive strength, splitting tensile strength, and flexural strength. Increasing compressive strength will be followed by splitting tensile strength and flexural strength so that increasing splitting tensile strength will follow increasing flexural strength.

Relation between compressive strength and flexural strength

Average method:  $f_t = 0,571 \sqrt{f_c}$  ; Chi Square method:  $f_r = 0,575 \sqrt{f_c}$

Relation between compressive strength and splitting tensile strength

Average method:  $f_t = 0,610 \sqrt{f_c}$  ; Chi Square method:  $f_t = 0,623 \sqrt{f_c}$

Relation between splitting tensile strength and flexural strength

Average method:  $f_r = 0,916 \times f_t$  ; Chi Square method:  $f_r = 0,909 \times f_t$

Key word :

Water cement ratio, SPP, Compressive strength, Splitting tensile strength, Flexural strength, Average, Chi Square

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PAGE OF TITLE.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>iii</b>
<b>PAGE OF ORIGINALITY PRONOUNCEMENT .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>STATEMENT OF LEGIMITATION .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
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 Metode Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
<b>2. LANDASAN TEORI.....</b>	<b>6</b>
2.1 Beton .....	6
2.1.1 Pengertian Umum.....	6
2.1.2 Bahan Penyusun Beton .....	7
2.1.2.1 Semen.....	7
2.1.2.2 Agregat.....	14
2.1.2.3 Air .....	19
2.2 Faktor Air Semen .....	20
2.3 Desain Campuran .....	21
2.4 Perilaku Kuat Tekan dan Kuat Tarik pada Beton.....	23
2.4.1 Kuat tekan .....	23
2.4.2 Kuat tarik.....	24
2.5 Metode Pengolahan Data Berdasarkan Teori Statistik.....	26
2.5.1 Metode rata – rata.....	26
2.5.2 Metode <i>chi square</i> .....	27
<b>3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1 Metode Penelitian.....	29
3.1.1 Standar Pengujian.....	29
3.1.2 Material Pembentuk Beton.....	30
3.1.3 Perhitungan Desain Campuran.....	30
3.2 Prosedur Penelitian.....	31

3.2.1	Pengujian Material .....	32
3.2.1.1	Pengujian semen .....	32
3.2.1.2	Pengujian Agregat Kasar .....	36
3.2.1.3	Pengujian Agregat Halus .....	39
3.2.2	Pembuatan Benda Uji .....	43
3.2.3	Pengujian Benda Uji .....	45
3.2.3.1	Pengujian Slump .....	45
3.2.3.2	Pengujian Kuat Tekan .....	46
3.2.3.3	Pengujian Kuat Lentur .....	47
3.2.3.4	Pengujian Kuat Tarik Belah .....	48
3.3	Pengumpulan Data Penelitian .....	49
3.4	Pengkodean Benda Uji .....	50
<b>4.</b>	<b>HASIL DAN ANALISA PENELITIAN .....</b>	<b>51</b>
4.1.	Pengujian Material .....	51
4.1.1	Pengujian Semen .....	51
4.1.2	Pengujian Agregat Halus .....	52
4.1.3	Pengujian Agregat Kasar .....	55
4.2.	Perhitungan Rancang Campur .....	57
4.3.	Pengujian Beton .....	58
4.3.1	Tes Slump .....	59
4.3.2	Kuat Tekan .....	60
4.3.3	Kuat Tarik Belah .....	77
4.3.4	Kuat Lentur .....	82
4.3.5	Persentase Kuat Beton Terhadap Umur Beton .....	87
4.3.6	Penyimpangan Hasil Pengujian Kuat Tekan, Tarik Belah dan Lentur .....	89
4.3.7	Hubungan antara Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Kuat Lentur .....	92
<b>5.</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>103</b>
5.1	Kesimpulan .....	103
5.2	Saran .....	108
	<b>DAFTAR REFERENSI .....</b>	<b>110</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik hubungan antara kuat tekan dengan fas .....	20
Gambar 2. 2 Grafik hubungan antara kuat tekan beton dengan fas .....	22
Gambar 2. 3 Grafik hubungan kuat tarik dengan kuat tekan .....	24
Gambar 2. 4 <i>Chi Square Distribution</i> untuk berbagai nilai v. ....	28
Gambar 3. 1 Permodelan Uji Lentur .....	47
Gambar 4. 1 Pengujian Waktu Ikat Semen .....	52
Gambar 4. 2 Pengujian analisa saringan agregat halus .....	53
Gambar 4. 3 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus .....	54
Gambar 4. 4 Pencucian agregat halus dalam pengujian kadar lumpur .....	54
Gambar 4. 5 Pengujian Kadar Organik pada Agregat Halus .....	55
Gambar 4. 6 Proses pengeringan permukaan agregat kasar untuk mendapatkan kondisi SSD pada pengujian berat jenis dan penyerapan .....	56
Gambar 4. 7 Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar .....	57
Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Nilai Slump dengan Faktor Air Semen (FAS) ....	59
Gambar 4. 9 Pengujian Slump .....	60
Gambar 4. 10 Pengujian Kuat tekan silinder 10 x 20 cm .....	61
Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Beton .....	62
Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Beton .....	62
Gambar 4. 13 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan FAS .....	64
Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan FAS .....	64
Gambar 4. 15 Konversi Kuat Tekan Berdasarkan Ukuran Silinder Beton .....	66
Gambar 4. 16 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Umur beton .....	67
Gambar 4. 17 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Beton .....	68
Gambar 4. 18 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan FAS .....	69
Gambar 4. 19 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan FAS .....	70
Gambar 4. 20 Grafik hubungan kuat tekan penelitian kuat tekan .....	72
Gambar 4. 21 Hubungan Kuat Tekan dengan FAS (penelitian 2009 & 2010) ....	73
Gambar 4. 22 Hubungan Kuat Tekan dengan FAS (penelitian 2009 & 2010) ....	73
Gambar 4. 23 Hubungan Kuat Tekan dengan FAS (penelitian 2009 & 2010) ....	74
Gambar 4. 24 Perbandingan antara grafik penelitian 2010 dan penelitian 1950 serta 1980 .....	76
Gambar 4. 25 Perbandingan antara grafik penelitian 2010 dan grafik pada SNI 03-2834-1993 .....	77
Gambar 4. 26 Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Umur Beton .....	79

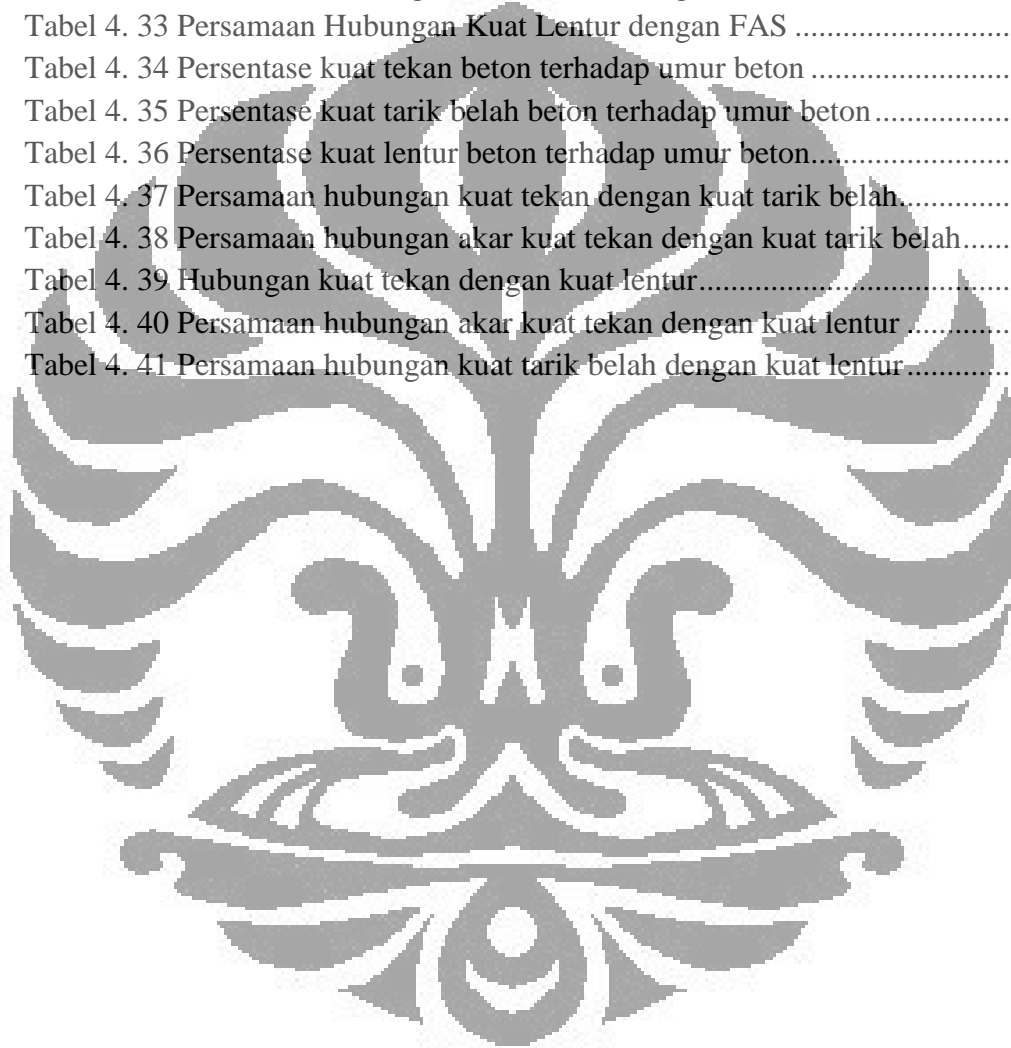


Gambar 4. 27 Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Umur Beton.....	79
Gambar 4. 28 Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah dengan FAS .....	81
Gambar 4. 29 Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah dengan FAS .....	81
Gambar 4. 30 Grafik Hubungan Kuat Lentur dengan Umur Beton.....	84
Gambar 4. 31 Grafik Hubungan Kuat Lentur dengan Umur Beton.....	84
Gambar 4. 32 Grafik Hubungan Kuat Lentur dengan FAS .....	86
Gambar 4. 33 Grafik Hubungan Kuat Lentur dengan FAS .....	86
Gambar 4. 34 Kehancuran patah pada sampel TK-0,75-07-II-03 (tengah) .....	90
Gambar 4. 35 Sampel keropos pada TK-0,35-14-III-05 (kiri).....	90
Gambar 4. 36 Sampel berongga pada sampel TB-0,55-14-III-04.....	91
Gambar 4. 37 Sampel berongga pada sampel TL-0,35-28- IV-02.....	91
Gambar 4. 38 Sampel patah di salah satu sisi saat pengujian pada.....	92
Gambar 4. 39 Grafik hubungan kuat tekan dengan kuat tarik belah beton SPP dengan metode rata – rata .....	93
Gambar 4. 40 Grafik hubungan kuat tekan dengan kuat tarik belah beton SPP dengan metode <i>chi square</i> .....	93
Gambar 4. 41 Grafik hubungan akar kuat tekan dengan kuat tarik belah beton SPP dengan metode rata – rata.....	95
Gambar 4. 42 Grafik hubungan akar kuat tekan dengan kuat tarik belah beton SPP dengan metode <i>chi square</i> .....	95
Gambar 4. 43 Grafik hubungan kuat tekan dengan kuat lentur beton SPP dengan metode rata – rata.....	97
Gambar 4. 44 Grafik hubungan kuat tekan dengan kuat lentur beton SPP dengan metode <i>chi square</i> .....	98
Gambar 4. 45 Grafik hubungan akar kuat tekan dengan kuat lentur beton SPP dengan metode rata – rata .....	99
Gambar 4. 46 Grafik hubungan akar kuat tekan dengan kuat lentur beton SPP dengan metode <i>chi square</i> .....	99
Gambar 4. 47 Grafik hubungan kuat tarik belah dengan kuat lentur beton SPP dengan metode rata – rata .....	101
Gambar 4. 48 Grafik hubungan kuat tarik belah dengan kuat lentur beton SPP dengan metode <i>chi square</i> .....	101

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi unsur dari semen Portland .....	9
Tabel 2. 2 Spesifikasi teknis SPP.....	13
Tabel 2. 3 Syarat gradasi agregat kasar (ASTM C 33-03).....	18
Tabel 2. 4 Syarat gradasi agregat halus.....	19
Tabel 2. 5 Spesifikasi untuk FM 2.8 dan Slump 8 cm .....	22
Tabel 2. 6 Penyesuaian untuk nilai S/a dan jumlah air (W).....	23
Tabel 3. 1 Jumlah Sampel Untuk Uji Tekan .....	46
Tabel 3. 2 Jumlah Sampel Untuk Uji Lentur .....	47
Tabel 3. 3 Jumlah Sampel Untuk Uji Tarik Belah.....	49
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Konsistensi Normal SPP.....	51
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Waktu Ikut Semen dengan Alat Vicat .....	52
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.....	53
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus.....	53
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.....	55
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar.....	56
Tabel 4. 7 Rancang Campur untuk kebutuhan 1 m <sup>3</sup> .....	57
Tabel 4. 8 Rancang Campur Uji Kuat Tarik Belah.....	58
Tabel 4. 9 Rancang Campur Uji Kuat Tekan.....	58
Tabel 4. 10 Rancang Campur Uji Kuat Lentur.....	58
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Slump.....	59
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Kuat Tekan (MPa) Silinder 10 x 20 cm.....	60
Tabel 4. 13 Hasil Pengujian Kuat Tekan (MPa) Silinder 10 x 20 cm.....	61
Tabel 4. 14 Persamaan Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Beton .....	63
Tabel 4. 15 Persamaan Hubungan Kuat Tekan dengan FAS .....	65
Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Kuat Tekan (MPa) konversi silinder 15 x 30 cm.....	66
Tabel 4. 17 Hasil Pengujian Kuat Tekan (MPa) konversi silinder 15 x 30 cm.....	66
Tabel 4. 18 Persamaan Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Beton .....	68
Tabel 4. 19 Persamaan Hubungan Kuat Tekan dengan FAS .....	70
Tabel 4. 20 Hasil Pengujian Kuat Tekan (MPa) penelitian kuat tekan.....	71
Tabel 4. 21 Hasil Pengujian Kuat Tekan (MPa) konversi .....	71
Tabel 4. 22 Perbandingan Penelitian terakhir dengan penelitian kuat tekan .....	71
Tabel 4. 23 Persamaan garis hubungan kuat tekan penelitian kuat tekan dengan penelitian terakhir.....	72
Tabel 4. 24 Hubungan kuat tekan penelitian 2009 dengan penelitian 2010 .....	74

Tabel 4. 25 Perbandingan property material penelitian 2009 dengan penelitian 2010.....	75
Tabel 4. 26 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah (MPa) Silinder 15 x 30 cm.....	78
Tabel 4. 27. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah (MPa) Silinder 15 x 30 cm.....	78
Tabel 4. 28 Persamaan Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Umur Beton .....	80
Tabel 4. 29 Persamaan Hubungan Kuat Tarik Belah dengan FAS .....	82
Tabel 4. 30. Hasil Pengujian Kuat Lentur (MPa) Balok 15 x 15 x 60 cm .....	83
Tabel 4. 31 Hasil Pengujian Kuat Lentur (MPa) Balok 15 x 15 x 60 cm .....	83
Tabel 4. 32 Persamaan Hubungan Kuat Lentur dengan Umur Beton.....	85
Tabel 4. 33 Persamaan Hubungan Kuat Lentur dengan FAS .....	87
Tabel 4. 34 Persentase kuat tekan beton terhadap umur beton .....	88
Tabel 4. 35 Persentase kuat tarik belah beton terhadap umur beton .....	88
Tabel 4. 36 Persentase kuat lentur beton terhadap umur beton.....	88
Tabel 4. 37 Persamaan hubungan kuat tekan dengan kuat tarik belah.....	94
Tabel 4. 38 Persamaan hubungan akar kuat tekan dengan kuat tarik belah.....	96
Tabel 4. 39 Hubungan kuat tekan dengan kuat lentur.....	98
Tabel 4. 40 Persamaan hubungan akar kuat tekan dengan kuat lentur .....	100
Tabel 4. 41 Persamaan hubungan kuat tarik belah dengan kuat lentur.....	102



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangunan struktur gedung serta infrastruktur penunjangnya telah berkembang dari waktu ke waktu. Pelaksanaannya sendiri telah meningkatkan kesejahteraan rakyat serta meningkatkan taraf hidup bangsa. Berdasarkan hal itu, keberhasilan pembangunan stuktur gedung dan infrastruktur penunjangnya di Indonesia telah mengalami kemajuan dibandingkan dengan masa – masa 1990-an akhir.

Pada pembangunan struktur gedung terkait pula dengan teknologi konstruksi yang digunakan. Di indonesia, penggunaan material beton lebih populer dibandingkan dengan baja atau kayu akhir – akhir ini. Penggunaan beton lebih populer digunakan disebabkan materialnya relatif mudah didapat dibandingkan dengan baja ataupun kayu, dapat dengan mudah dibentuk sesuai dengan kontruksi yang diinginkan, tahan terhadap suhu tinggi, dan biaya pemeliharannya cukup kecil. Maka perlu dikembangkan penelitian di bidang teknologi beton untuk mendukung industri konstruksi yang telah berjalan. Bidang penelitian yang dilakukan dapat berupa inovasi bahan – bahan penyusun beton atau mencari faktor – faktor yang dapat menyebabkan kekuatan beton meningkat.

Beton disusun atas material agregat, semen dan air. Dari material tersebut semen adalah material yang paling mahal saat ini. Sehingga penggunaan semen harus diatur seefisien mungkin. Semen yang ada di pasaran sekarang ini beraneka macam, salah satunya adalah Semen Portland Pozzolan atau SPP. SPP adalah suatu bahan perekat hidrolis yang dibuat dengan menggiling halus klinker semen Portland dengan pozzolan, atau suatu campuran yang merata antara bubuk semen Portland dan bubuk pozzolan selama penggilingan atau pencampuran. SPP untuk mencapai kekuatannya membutuhkan waktu relatif lebih lambat dibandingkan dengan *portland cement* lainnya meskipun *ultimate strenght* yang dicapai

*portland-pozzolan cement* mungkin sama atau lebih besar dari yang terbuat dari *portland cement*.

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat antara berat air dengan berat semen Portland pada campuran adukan beton. Pada dasarnya air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen portland adalah sekitar 25 – 30 persen dari berat semen. Namun pada kenyataan jika fas kurang dari 0,35 adukan beton sulit dikerjakan, dengan kata lain *workability*-nya rendah. Sehingga pada umumnya nilai fas lebih dari 0,40. Idealnya semakin kecil nilai fas maka semakin besar kekuatannya, namun hal ini dapat tercapai jika beton terkompaksi dengan sempurna.

Sehingga kita perlu diadakan penelitian untuk melihat seberapa besar pengaruh dari hubungan faktor air semen dengan kekuatan beton pada beton normal SPP. Oleh karena itu penelitian ini menjadi penting untuk memudahkan penggunaan SPP pada campuran beton sehingga menjadi efisien dan tepat takarannya.

## 1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan utama yang akan diangkat pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Bagaimana pengaruh perubahan penggunaan faktor air semen pada campuran terhadap Kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur pada beton?
- Berapa komposisi yang dapat menghasilkan kekuatan beton yang optimum?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mempelajari karakteristik dari beton SPP dan bahan pembentuknya.
2. Mengkaji pembuatan beton SPP
3. Mengetahui perilaku dari Kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur pada beton SPP

4. Mengetahui pengaruh nilai faktor air semen terhadap uji Kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat lentur pada beton SPP.

#### 1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi oleh :

1. Bahan Penyusun Beton

- a. *Portland-Pozzolan Cement* digunakan ialah produksi dari PT Semen Gersik, Tbk.
- b. Agregat Kasar yang digunakan berasal dari Kusuma.
- c. Agregat Halus yang digunakan berasal dari Galunggung.
- d. Air yang digunakan berasal dari air PAM di Laboratorium Struktur dan material Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia.

2. Nilai faktor air semen

Variasi faktor air semen yang digunakan adalah 0.3, 0.35, 0.45, 0.55, 0.65, 0.75, dan 0.8

3. Metode pengujian

- a. Pengujian bahan penyusun dan benda uji menggunakan standar *American Society for Testing Material (ASTM)*.
- b. Perilaku kuat tekan beton SPP dengan bentuk silinder ukuran 10 x 20 cm pada umur 7, 14, dan 28 hari.
- c. Perilaku kuat tarik belah beton SPP dengan bentuk silinder ukuran 15 x 30 cm pada umur 7, 14, dan 28 hari.
- d. Perilaku kuat lentur beton SPP dengan bentuk balok ukuran 15 x 15 x 60 cm pada umur 7, 14, dan 28 hari.
- e. Pengujian dilakukan di Laboratorium Struktur dan material Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia.

#### 1.5 Hipotesis

1. Semakin besar nilai faktor air semen maka semakin rendah kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur pada beton SPP.

Universitas Indonesia

2. Semakin besar kuat tekan maka semakin besar kuat tarik belah dan kuat lentur pada beton SPP.
3. Semakin besar kuat tarik belah maka semakin besar kuat lentur pada beton SPP.

## 1.6 Metode Penelitian

Tahapan – tahapan yang dilakukan penulis dalam melakukan penelitian antara lain sebagai berikut :

1. Studi pustaka
2. Mempersiapkan bahan penyusun beton
3. Melakukan pengujian pada bahan penyusun beton
4. Merancang campuran
5. Membuat benda uji
6. Melakukan pengujian terhadap benda uji
7. Mengumpulkan data hasil pengujian
8. Analisa
9. Kesimpulan

## 1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

### BAB I PENDAHULUAN

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

### BAB II LANDASAN TEORI

Berisikan literatur yang mengacu pada beberapa referensi mengenai sifat beton beserta bahan penyusunannya, faktor air semen, penjelasan khusus tentang SPP, dan metode pengujian beton yang dilakukan.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

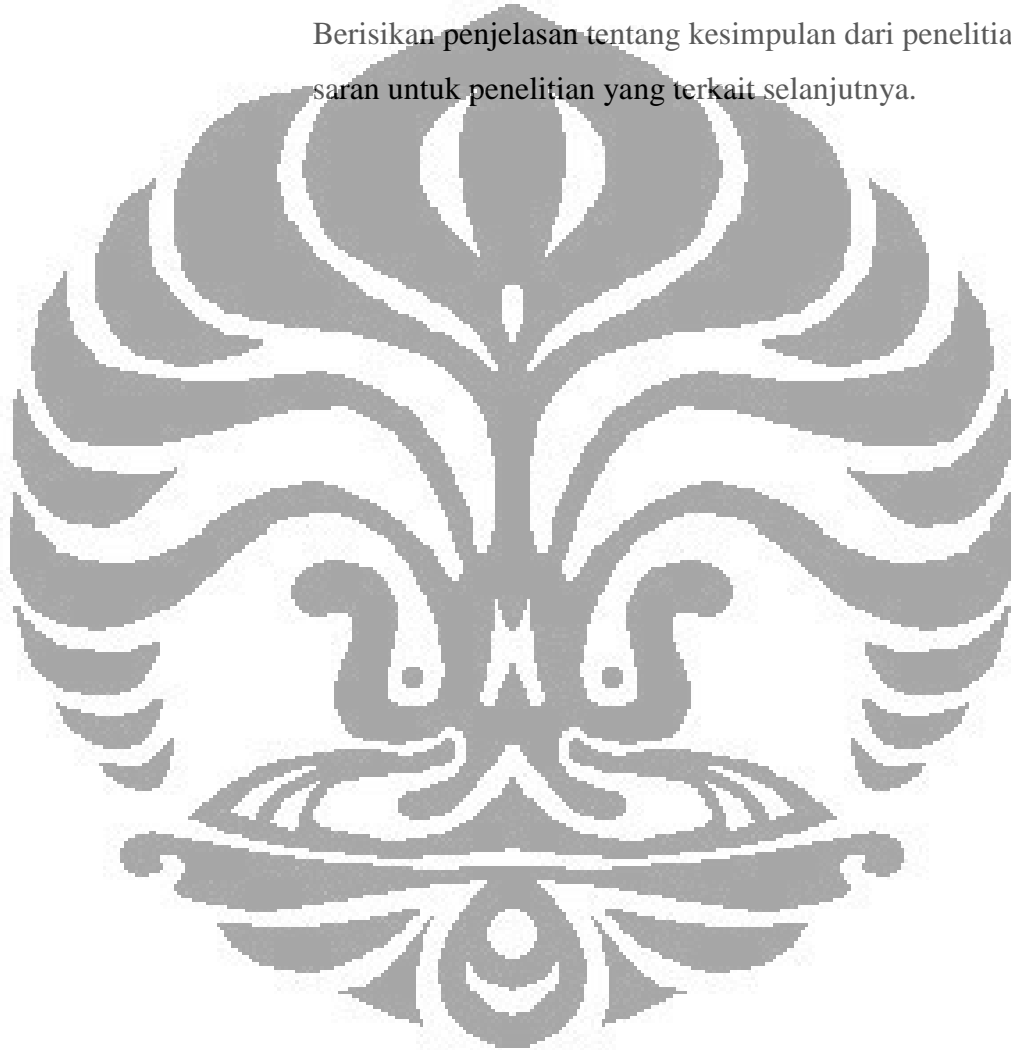
Berisikan penjelasan tentang metode penelitian dan prosedur penelitian yang akan dilakukan penulis.

#### BAB IV HASIL DAN ANALISA PENELITIAN

Berisikan penjelasan tentang hasil penelitian yang telah dilaksanakan beserta analisa mengenai hasil yang didapatkan dari penelitian..

#### BAB V PENUTUP

Berisikan penjelasan tentang kesimpulan dari penelitian dan saran untuk penelitian yang terkait selanjutnya.





## BAB 2

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Beton

##### 2.1.1 Pengertian Umum

Beton dapat didefinisikan sebagai bahan yang merupakan campuran semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat.

Secara umum beton terdiri dari dua bagian utama yaitu bahan matriks dan bahan inklusi. Material yang berfungsi sebagai bahan matriks adalah pasta beton yang merupakan campuran antara semen dan air. Bahan matriks ini akan berfungsi sebagai pengikat antar material, selain itu bahan ini juga akan memberikan sumbangan kekuatan pada beton. Sedangkan bahan inklusi adalah bahan yang akan memberikan sebagian besar kekuatan pada beton. Material yang biasanya digunakan sebagai bahan inklusi pada beton adalah agregat kasar berupa batu kerikil dan agregat halus yang berupa pasir.

Beton memiliki kelebihan dibandingkan dengan material bangunan lainnya, antara lain sebagai berikut:

1. Harganya relatif murah, karena bahan penyusun dasarnya tersedia disekitar lokasi pembangunan.
2. Beton termasuk bahan yang awet serta tahan terhadap kebakaran, aus, pengkaratan atau pembusukan oleh kondisi lingkungan sekitar. Oleh karena itu, beton memerlukan biaya perawatan yang cukup murah.
3. Kuat tekannya yang dimiliki cukup tinggi sehingga jika dikombinasikan dengan baja tulangan (kuat tariknya tinggi) dapat digunakan untuk struktur – struktur berat seperti gedung bertingkat, jembatan, bendungan, dan lainnya.
4. Beton segar dapat mudah diangkut dan dicetak sesuai dengan keinginan. Cetakannya dapat dipergunakan secara berulang kali sehingga menjadi ekonomis.

Selain itu beton juga memiliki kekurangan , yaitu :

1. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah karena beton tersebut telah mengeras.
2. Pelaksanaan pekerjaan membutuhkan ketelitian yang tinggi.
3. Memiliki massa yang besar
4. Daya pantul suara yang besar
5. Lemah terhadap tarik sehingga perlu menggunakan serat atau baja tulangan untuk melindunginya dari kuat tarik.

## 2.1.2 Bahan Penyusun Beton

### 2.1.2.1 Semen

Semen dalam kata umum dapat dideskripsikan sebagai material adhesif dan kohesif yang dapat mengikat fragmen mineral menjadi satu kesatuan. Untuk tujuan konstruksi, pengertian semen dibatasi pada material yang dapat mengikat dan digunakan bersama dengan batu, pasir, batu bata, dan lainnya.

#### 1) Sejarah Semen

Sejak zaman purbakala kapur telah berfungsi sebagai dasar mortar dan campuran beton. Sepanjang sejarah, bahan penyemenan telah memainkan peran penting. Mereka digunakan secara luas di dunia kuno. Mesir gips dikalsinasi digunakan sebagai semen. Orang-orang Yunani dan Romawi memanaskan kapur batu kapur dan menambahkan pasir untuk membuat semen, dengan batu-batu kasar untuk beton.

Orang-orang Roma menemukan bahwa semen dapat dipakai di bawah air dan ini digunakan untuk pembangunan pelabuhan. Semen ini dibuat dengan menambahkan abu vulkanik dilumatkan untuk kapur dan kemudian disebut 'pozzolanic' semen, dinamai dari sebuah desa dekat Pozzuoli Vesuvius.

Pada tahun 1824, Joseph Aspdin, seorang insiyur berkebangsaan Inggris mematenkan penemuannya dalam proses pembuatan semen yang disebut Semen Portland. Nama ini diambil dari kesamaannya dengan penampakan batu Portland, jenis bangunan batu yang digali di Isle of Portland di Dorset, Inggris

## 2) Jenis – jenis Semen

Semen yang digunakan ada dua jenis, yaitu :

### 1. Semen Hidrolis

Semen hidrolis merupakan semen yang akan mengalami proses pengerasan ketika bercampur dengan air. Semen hidrolis yang paling umum adalah semen portland.

### 2. Semen Non – Hidrolis

Semen Non – Hidrolis adalah semen yang dalam proses kimiawinya tidak memerlukan air untuk menjadi solid. Bahan yang lazim digunakan ialah kapur dan gipsum. Gipsum pernah digunakan untuk di mesir untuk membuat piramid.

## 3) Proses Pembuatan Semen Portland

Semen terbuat dari bahan batu kapur dan tanah liat. Material mentah ini diekstrak dari *quary* yang telah dihancurkan menjadi bubuk halus dan dicampur dengan proporsi yang tepat.

Campuran bahan mentah ini disebut "*kiln feed*" dan dibakar dalam sebuah *rotary kiln* dimana mesin ini dapat mencapai suhu 1400 °C sampai 1500 °C. Rotary kiln memiliki bentuk tabung dan ukurannya mencapai panjang 200 meter serta diameternya sekitar 6 meter. Kemudian setelah itu didinginkan. Material yang terbentuk disebut klinker dan tersusun dari partikel partikel berukuran 1mm sampai dengan 25 mm.

Setelah didinginkan, klinker disimpan sementara waktu di *clinker store* kemudian disalurkan ke *cement mill*. *Cement mill* menggiling klinker menjadi bubuk halus. Sejumlah kecil dari gypsum ( kalsium sulfat) biasanya dicampur bersama dengan klinker. Gypsum ini digunakan untuk mengontrol properti pengikatan dari semen ketika ditambahkan dengan air.

## 4) Reaksi Hidrasi pada semen

Bahan dasar dari semen Portland terdiri dari bahan – bahan yang mengandung kapur, silika, alumina, dan oksidasi besi. Bahan – bahannya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 1 Komposisi unsur dari semen Portland

Bahan	Kadar
CaO	60-67
SiO <sub>2</sub>	17-25
Al <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	3-8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5-6.0
MgO	0.1-4.0
Alkalis	0.2-1.3
SO <sub>3</sub>	1-3

(A M Neville, Properties of Concrete, hal 11)

Oksida – oksida tersebut berinteraksi satu sama lain untuk membentuk senyawa yang lebih kompleks saat proses peleburan. Setidaknya ada empat senyawa penting yang terbentuk dari proses tersebut, yaitu :

1. Trikalsium silikat (C<sub>3</sub>S) atau 3CaO.SiO<sub>2</sub>
2. Dikalsium silikat (C<sub>2</sub>S) atau 2CaO.SiO<sub>2</sub>
3. Trikalsium aluminat (C<sub>3</sub>A) atau 3CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
4. Tetrakalsium aluminoforit (C<sub>4</sub>AF) atau 4CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Ketika semen dan air saling bersentuhan maka proses hidrasi berlangsung dengan arah dari luar ke dalam. Proses ini dimaksudkan hasil dari hidrasi mengendap di bagian luar dan inti semen yang belum terhidrasi di bagian dalam akan secara bertahap terhidrasi sehingga volume mengecil. Proses permulaan hidrasi tersebut berlangsung lambat sekitar 2 -5 jam (periode induksi atau tak aktif) sebelum mengalami percepatan setelah kulit permukaan pecah.

Pada tahap hidrasi berikutnya, pasta semen menjadi gel dan sisa – sisa semen yang tidak bereaksi, misalnya kalsium hidroksida Ca(OH)<sub>2</sub>, air dan beberapa senyawa lainnya. Kristal – kristal dari berbagai senyawa yang dihasilkan membentuk suatu rangkaian tiga dimensi yang saling melekat secara random dan kemudian sedikit demi sedikit mengisi ruangan yang mula – mula ditempati air, lalu menjadi kaku dan muncullah suatu kekuatan selanjutnya mengeras menjadi benda padat yang kuat. Dengan demikian pasta

**Universitas Indonesia**

semen memiliki struktur yang berpori dengan pori – pori berukuran dari sekitar  $4 \times 10^{-7}$  mm hingga yang lebih besar lagi. Pori – pori ini dinamakan pori – pori gel.

Setelah hidrasi berlangsung, endapan hasil hidrasi yang ada di permukaan butiran semen memaksa air untuk berdifusi ke bagian dalam yang belum berhidrasi, sehingga proses hidrasi semakin sulit dan laju hidrasi menjadi lambat. Reaksi hidrasi pada semen adalah sebagai berikut:

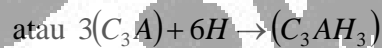
1. Trikalsium Silikat



2. Dikalsium Silikat



3. Trikalsium Aluminat



4. Tetrakalsium Aluminofe



5) Waktu pengikatan

Semen memiliki sifat mengeras/mengikat bila dicampur dengan air. Waktu pengerasan semen dilakukan dengan menentukan waktu pengikatan awal (*initial setting*) dan waktu pengikatan akhir (*final setting*). Hal yang lebih penting adalah pengikatan awal, yaitu saat semen mulai terkena air hingga mulai terjadi pengikatan/pengerasan.

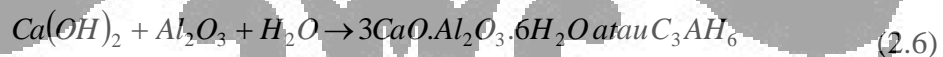
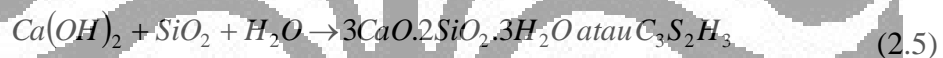
Untuk mengukur waktu pengikatan biasanya digunakan alat Vicat. Bagi jenis semen portland waktu pengikatan awalnya tidak boleh kurang dari 60 menit sejak terkena air. Pada kondisi tertentu, semen portland bisa saja mempunyai waktu ikat awal kurang dari 60 menit, dimana setelah semen

dicampur dengan air segera tampak mulai mengeras. Hal ini bisa terjadi karena adanya pengikatan awal palsu yang disebabkan oleh pengaruh gips yang dicampur pada semen, sehingga tidak dapat bekerja sesuai dengan fungsinya.

#### 6) Semen Portland Pozzolan

Semen Portland Pozzolan (SPP) adalah suatu bahan perekat hidrolis yang dibuat dengan menggiling halus klinker semen Portland dengan pozzolan, atau suatu campuran yang merata antara bubuk semen Portland dan bubuk pozzolan selama penggilingan atau pencampuran.

Pozzolan ialah bahan alami atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur – unsur silikat ( $\text{SiO}_2$ ) dan atau aluminat ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) yang reaktif. Pozzolan tidak bersifat seperti semen, namun dalam bentuknya yang halus jika dicampur dengan kapur padam aktif dan air pada suhu kamar akan mengeras dalam beberapa waktu, sehingga membentuk masa yang padat dan sukar larut dalam air, dengan rumus reaksi sebagai berikut :



Terlihat dari persamaan bahwa pozzolan ( $\text{SiO}_2$ ) dan ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) bereaksi dengan hasil sampingan hidrasi semen  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  yang tidak diinginkan menjadi senyawa yang diinginkan  $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ , sehingga mengakibatkan kuat tekan beton lebih tinggi. Namun karena membutuhkan hasil sampingan dari proses hidrasi maka memerlukan waktu yang lebih lama.

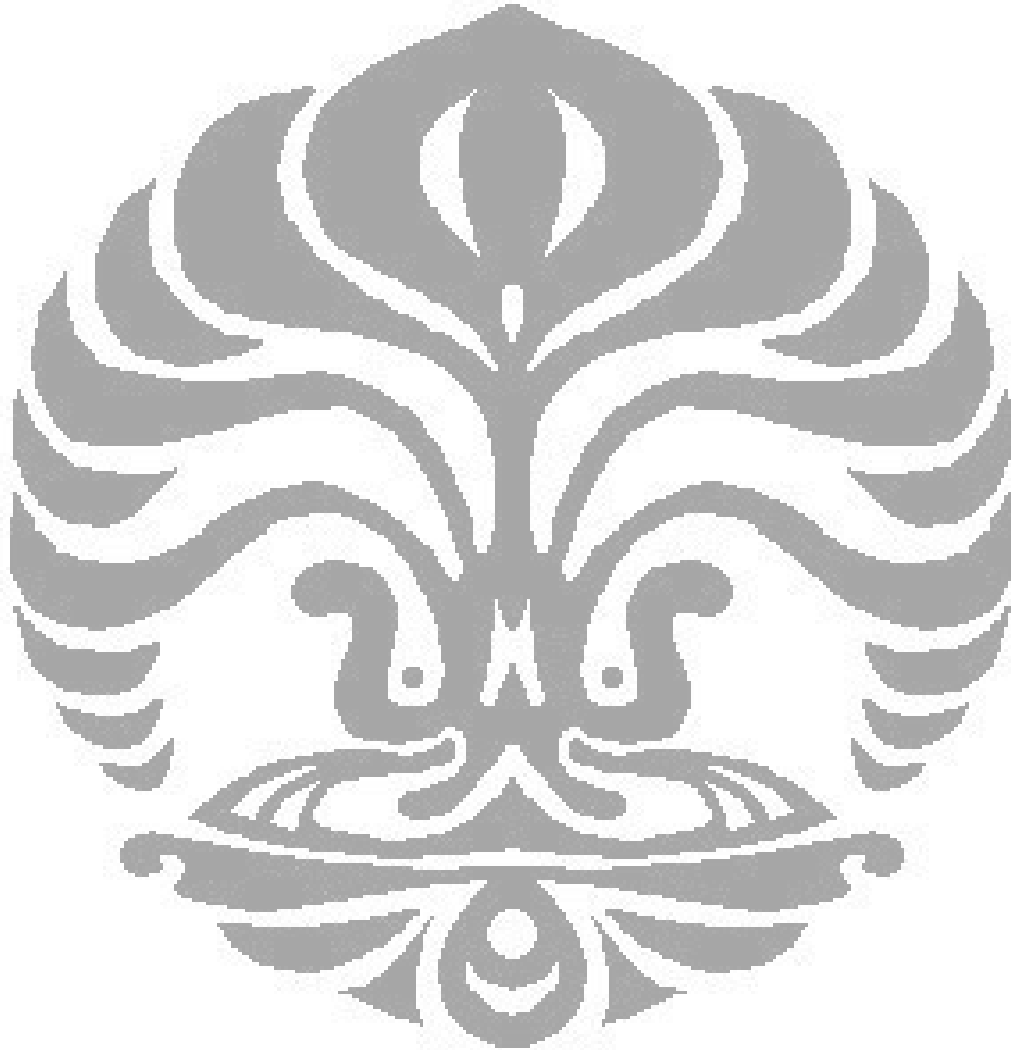
Pozzolan terdiri atas dua bagian yaitu pozzolan alami dan pozzolan buatan. Pozzolan alami terdiri atas : tufa, abu vulkanis, tanah diatome. Di Indonesia, pozzolan alami dikenal sebagai dengan nama Trass. Pozzolan buatan misalnya hasil pembakaran batu bara yang dinamakan Abu Terbang (*fly ash*).

Semen Portland Pozzolan didapatkan dengan salah satu dari dua cara berikut, yaitu:

1. Menggiling secara bersama – sama antara klinker semen dan pozzolan serta dengan bahan tambah gips atau kalsium sulfat.

2. Mencampur sampai rata gerusan semen dan pozzolan halus.

Dari kedua cara diatas, cara pertama lebih mudah dilaksanakan dibandingkan dengan mencampur bubuk kering pozzolan seperti cara kedua. Hal ini dikarenakan untuk lebih memudahkan dalam mencapai keseragaman dalam pencampuran. Pencampuran bubuk kering pada cara kedua dilakukan jika cara penggilingan pada cara pertama tidak ekonomis, serta mesin yang ada dapat menjamin terjadinya keseragaman pada hasil pencampurannya.



Tabel 2. 2 Spesifikasi teknis SPP

Jenis Pengujian	Hasil Uji
<b>Komposisi Kimia</b>	
Silikon Dioksida (SiO <sub>2</sub> ), %	23,98
Alumunium Oksida (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), %	10,59
Ferri Oksida (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), %	4,12
Kalsium Oksida (CaO), %	55,37
Magnesium Oksida ((MgO), %	1,18
Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> )	2,03
Hilang Pijar (LOI), %	2,72
Kapur Bebas , %	0,67
Bagian Tidak Larut, %	14,23
<b>Pengujian dengan X-Ray Difraksi</b>	
Tricalcium Silicate (C <sub>3</sub> S), %	47,17
Dicalcium Silicate (C <sub>2</sub> S), %	9,64
Tricalcium Aluminate (C <sub>3</sub> A), %	6,80
Tetracalcium Aluminate Ferrite (C <sub>4</sub> AF), %	7,73
<b>Pengujian Fisika</b>	
Kehalusan:	
-Dengan alat Blaine (m <sup>2</sup> /kg)	347
Waktu Pengikatan dengan Vicat:	
-Awal (menit)	120
-Akhir (menit)	255
Kekekalan dengan bentuk pemuaiian:	
-Pemuaiian (%)	0,018
Kekuatan Tekan :	
-3 hari (kg/m <sup>2</sup> )	203
-7 hari (kg/m <sup>2</sup> )	272
-28 hari (kg/cm <sup>2</sup> )	371
Pengikatan Semu (False Set)	
-Penetrasi Akhir (%)	68,87
Panas Hidrasi	
-7 hari (cal/gr)	64,21
-28 hari (cal/gr)	76,83

PT Semen Gersik (Persero) Tbk.



Semen Portland pozzolan menghasilkan panas hidrasi yang lebih sedikit daripada semen biasa. Sifat ketahanan terhadap kotoran dalam air (misalnya kandungan garam) juga lebih baik, sehingga cocok digunakan untuk:

- Bangunan di air payau atau laut yang selalu berhubungan dengan air yang mengandung sulfat,
- Bangunan beton yang memerlukan kededapan air tinggi, misalnya dinding ruang basemen, bak penyimpanan air bersih, bangunan sanitasi,
- Beton massa (dam, bendungan, fondasi besar) yang membutuhkan panas hidrasi rendah
- Pekerjaan plesteran (mortar) yang memerlukan adukan (mortar/beton) yang plastis

#### 2.1.2.2 Agregat

##### 1) Jenis – jenis agregat

Berdasarkan sumbernya, agregat dapat dibagi menjadi 2 bagian, yaitu :

1. Agregat alam, yaitu agregat yang berasal dari alam tanpa pengolahan terlebih dahulu, pada umumnya adalah dari batu alam, baik dari batuan beku, batuan endapan atau batuan sedimen maupun dari batuan metamorph (malihan). Batu alam banyak digunakan sebagai bahan agregat karena sangat melimpah jumlahnya terutama di Indonesia yang banyak terdapat gunung api, dimana gunung api merupakan sumber batu alam dengan jumlah yang melimpah sehingga harganya murah. Selain itu, batuan alam juga memiliki sifat kekuatan dan keawetan yang tinggi, sifat yang sangat dibutuhkan untuk agregat beton.
2. Agregat buatan. Agregat ini sengaja dibuat, contohnya ALWA (Artificial light weight aggregate) atau di Indonesia dikenal dengan nama “Lempung bekah” Agregat ini dibuat dengan membakar jenis lempung tertentu, sehingga membentuk agregat yang mengembang atau membesar. Agregat ini termasuk agregat ringan, karena memiliki berat jenis  $\pm 1.0$ . Pemakaian lempung bekah untuk konstruksi adalah untuk pembuatan beton ringan.

Berdasarkan diameter butiran, agregat dibagi menjadi 2 bagian, yaitu :

1. Agregat halus, yaitu agregat yang lolos saringan No. 4 dan tertahan saringan No. 200. Agregat halus harus terdiri dari bahan-bahan yang berbidang kasar, bersudut tajam dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki. Agregat halus bisa terdiri dari pasir bersih, bahan-bahan halus hasil pemecahan batu atau kombinasi dari bahan-bahan tersebut dan dalam keadaan kering, serta memenuhi persyaratan sebagai berikut :
  - a. Nilai Sand Equivalent minimum 50 (AASHTO-T-1176)
  - b. Penyerapan agregat terhadap air maksimum 3% (ASTM C-128-04)
  - c. Berat jenis curah (Bulk) minimum 2.5 (ASTM C-29M-2003)
2. Agregat kasar, yaitu agregat yang tertahan pada saringan No. 4. Agregat harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering kuat, awet, dan bebas dari bahan lain yang mengganggu serta memenuhi persyaratan sebagai berikut :
  - a. Jumlah butir yang tertahan saringan No. 4 yang mempunyai paling sedikit dua bidang pecah (visual) : minimum 50 % (khusus untuk kerikil pecah)
  - b. Indeks kepipihan butiran yang tertahan saringan 9.5 mm (3/8") maksimum 25%
  - c. Penyerapan air maksimum 3 % (ASTM C-127-04)
  - d. Berat jenis curah minimum 2.5 % (ASTM C-29M-2003)
  - e. Bagian yang lunak maksimum 5% (AASHTO T-189)

Berdasarkan Berat, agregat dibagi menjadi 3 macam (Teknologi Beton,

Ir. Tri mulyono. MT), yaitu:

1. Agregat ringan biasanya digunakan untuk menghasilkan beton ringan dalam sebuah bangunan. Agregat ringan ini biasanya digunakan untuk isolasi atau bahan untuk pratekan dimana paling banyak digunakan untuk beton pra-cetak. Keuntungan dari beton dengan agregat ringan ini adalah mempunyai sifat tahan api yang baik sedangkan kekurangannya adalah ukuran pori beton yang dibuat dengan agregat ini sangat besar sehingga penyerapannya akan besar juga.

2. Agregat normal dihasilkan dari pemecahan langsung dari alam. Agregat ini biasanya berasal dari granit, basalt, kuarsa dan sebagainya. Berat jenis rata-ratanya adalah  $2.5-2.7 \text{ kg/dm}^3$  atau tidak boleh kurang dari  $1.2 \text{ kg/dm}^3$ . Beton yang dibuat dengan agregat ini adalah beton normal yaitu beton dengan berat isi  $2200-2500 \text{ kg/dm}^3$ .
3. Agregat berat. Agregat ini mempunyai berat jenis lebih besar dari  $2800 \text{ kg/m}^3$ . Sebagai contohnya adalah magnetik ( $\text{FeO}_4$ ), barytes ( $\text{BaSO}_4$ ) dan serbuk besi. Berat jenis beton yang dihasilkan dapat mencapai 5 kali berat jenis bahannya. Beton yang dibuat dengan agregat ini biasanya digunakan sebagai pelindung dari radiasi sinar X.

## 2). Karakteristik agregat

### 1. Berat Jenis (*specific gravity*) dan penyerapan (*absorption*)

Berat jenis pada agregat berpengaruh pada berat beton yang akan dibuat. Berat jenis pada agregat ada 3 macam, yaitu :

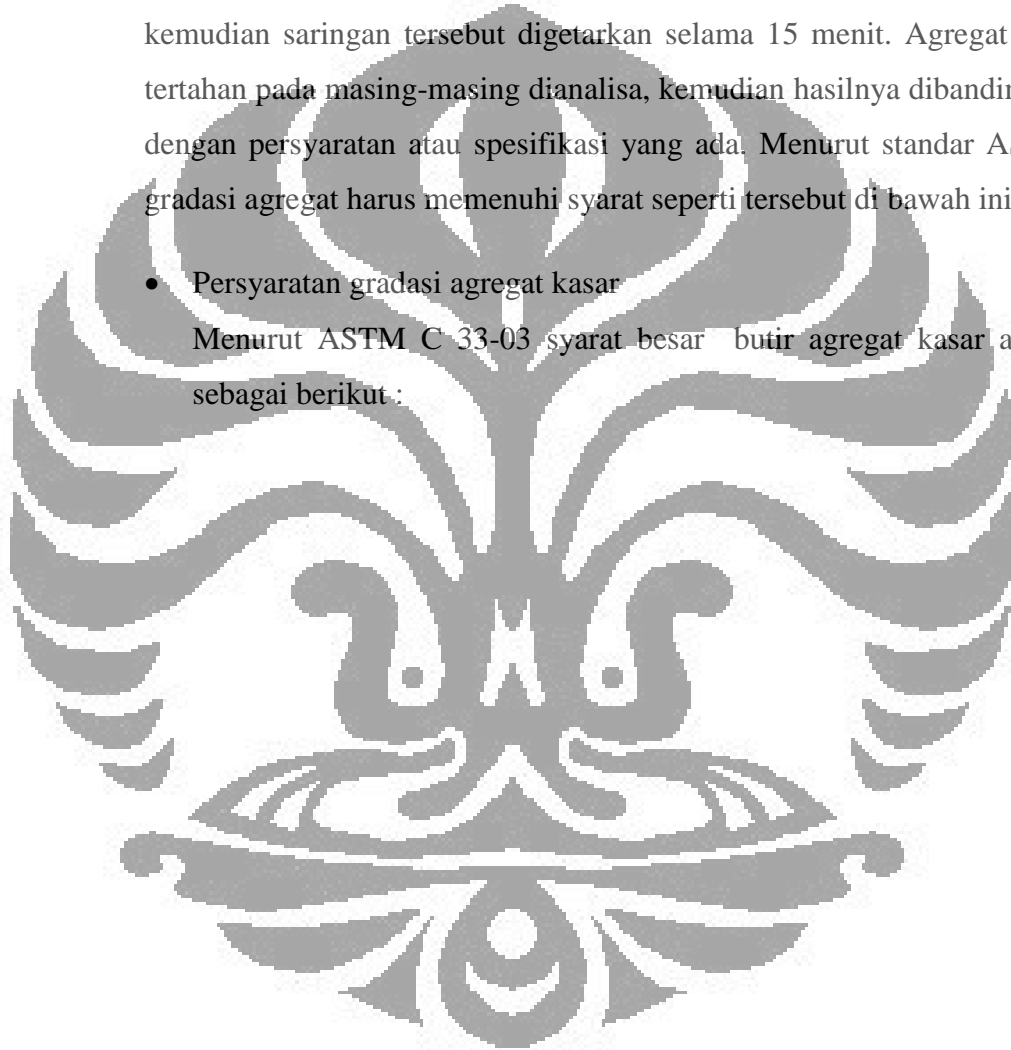
- Berat jenis (*bulk specific gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang volumenya sama dengan volume agregat dalam keadaan jenuh pada kondisi suhu tertentu.
- Berat jenis kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang volumenya sama dengan volume agregat dalam jenuh pada suhu tertentu.
- Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang volume sama dengan volume agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

Penyerapan air pada agregat (*absorption*) ialah kemampuan agregat untuk menyerap air dari kondisi kering. Penyerapan air pada agregat dipengaruhi terutama oleh banyaknya pori, diameter pori, serta kontinuitas pori. Agregat yang memiliki porositas yang tinggi, dan memiliki lubang pori besar serta lubang porinya menerus, penyerapan airnya tinggi.

## 2. Susunan Butiran (Gradasi)

Gradasi dalam agregat berpengaruh terhadap kepadatan beton. Untuk menghasilkan beton yang padat, diantara butiran harus saling mengisi. Untuk itu maka diperlukan variasi butiran agregat dari yang paling besar sampai yang paling kecil. Untuk mengetahui susunan butiran pada agregat dilakukan dengan analisa saringan. Agregat yang akan diuji dimasukkan ke dalam saringan yang telah ditentukan, kemudian saringan tersebut digetarkan selama 15 menit. Agregat yang tertahan pada masing-masing dianalisa, kemudian hasilnya dibandingkan dengan persyaratan atau spesifikasi yang ada. Menurut standar ASTM, gradasi agregat harus memenuhi syarat seperti tersebut di bawah ini.

- Persyaratan gradasi agregat kasar  
Menurut ASTM C 33-03 syarat besar butir agregat kasar adalah sebagai berikut :



Tabel 2. 3 Syarat gradasi agregat kasar (ASTM C 33-03)

Size Number	Nominal Size (Sieves with Square Openings)	Amounts Finer than Each Laboratory Sieve (Square-Openings), Mass Percent													
		100 mm (4 in.)	90 mm (3½ in.)	75 mm (3 in.)	63 mm (2½ in.)	50 mm (2 in.)	37.5 mm (1½ in.)	25.0 mm (1 in.)	19.0 mm (¾ in.)	12.5 mm (½ in.)	9.5 mm (¾ in.)	4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 to 37.5 mm (3½ to 1½ in.)	100	90 to 100	...	25 to 60	...	0 to 75	...	0 to 5	...	...	...	...	...	...
2	63 to 37.5 mm (2½ to 1½ in.)	...	100	100	90 to 100	...	0 to 15	...	0 to 5	...	...	...	...	...	...
3	50 to 25.0 mm (2 to 1 in.)	...	...	...	100	90 to 100	35 to 70	...	0 to 5	...	...	...	...	...	...
357	50 to 4.75 mm (2 in. to No. 4)	...	...	...	100	95 to 100	...	35 to 70	...	...	0 to 5	...	...	...	...
4	37.5 to 19.0 mm (1½ to ¾ in.)	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	...	...	0 to 5	...	...	...	...	...
467	37.5 to 4.75 mm (1½ in. to No. 4)	...	...	...	100	95 to 100	...	35 to 70	...	10 to 30	0 to 5	...	...	...	...
5	25.0 to 12.5 mm (1 to ½ in.)	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	...	0 to 10	0 to 5	...	...	...	...
56	25.0 to 9.5 mm (1 to ¾ in.)	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	...	0 to 40	0 to 15	0 to 5	...	...	...
57	25.0 to 4.75 mm (1 in. to No. 4)	...	...	...	...	100	95 to 100	...	25 to 60	...	0 to 10	0 to 5	...	...	...
6	19.0 to 9.5 mm (¾ to ¾ in.)	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	...	20 to 55	0 to 15	0 to 5	...	...	...
67	19.0 to 4.75 mm (¾ in. to No. 4)	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	...	20 to 55	0 to 10	0 to 5	...	...	...
7	12.5 to 4.75 mm (½ in. to No. 4)	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	...	90 to 100	40 to 70	0 to 15	0 to 5	...	...
8	9.5 to 2.36 mm (¾ in. to No. 8)	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	...	100	85 to 100	10 to 30	0 to 5	0 to 5	0 to 5
89	9.5 to 1.18 mm (¾ in. to No. 16)	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	...	100	90 to 100	20 to 55	5 to 30	0 to 10	0 to 5
9 <sup>A</sup>	4.75 to 1.18 mm (No. 4 to No. 16)	...	...	...	...	100	90 to 100	20 to 55	...	100	85 to 100	10 to 40	0 to 10	0 to 5	0 to 5

<sup>A</sup> Although size 9 aggregate is defined in Terminology C 125 as a fine aggregate, it is included as a coarse aggregate when it is combined with a size 8 material to create a size 89, which is a coarse aggregate as defined by Terminology C 125.

- Persyaratan gradasi agregat halus

Menurut ASTM C 33-03 syarat besar butir agregat halus adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 4 Syarat gradasi agregat halus

Sieve No.	Percent passing
9.5-mm (3/8-in)	100
4.75-mm (No.4)	95-100
2.36-mm (No.8)	80-100
1.18-mm (No.16)	50-85
600- $\mu$ m (No.30)	25-60
300- $\mu$ m (No.50)	5-30
150- $\mu$ m (No.100)	0-10

(ASTM C 33-03)

#### 2.1.2.3 Air

Air merupakan bahan dasar penyusun beton yang paling murah dari bahan lainnya. Air dalam pembuatan beton diperlukan untuk bereaksi dengan semen Portland. Selain itu berfungsi juga sebagai pelumas antara butir – butir agregat sehingga dapat dengan mudah dikerjakan (diaduk, dituang, dan dipadatkan).

Air untuk bereaksi dengan semen Portland setidaknya hanya membutuhkan 25 – 30 persen saja dari berat semen. Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum memenuhi syarat pula untuk memenuhi persyaratan sebagai bahan campuran beton. Namun hal ini tidak serta merta air untuk campuran beton harus memenuhi syarat untuk dapat diminum. Untuk menjamin kualitas dari air tersebut, harus diadakan pemeriksaan kualitas air terutama untuk daerah yang sulit untuk mendapatkan air.

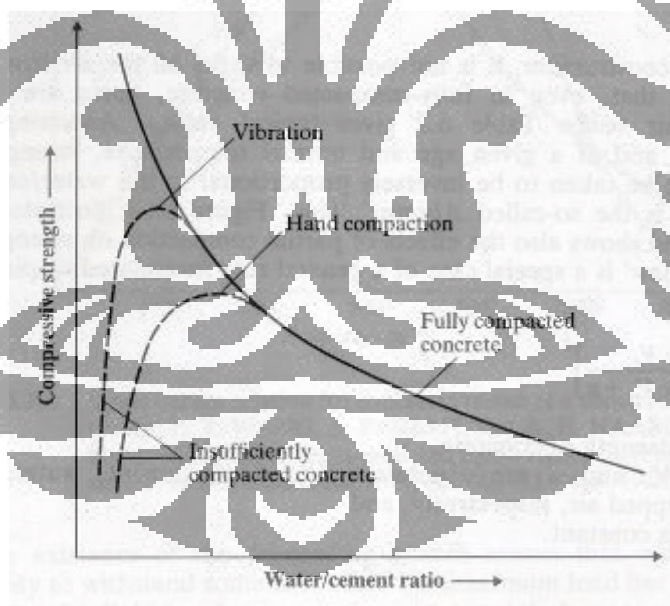
Air sebagai bahan bangunan sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut (Standar SK SNI S-04-1989-F, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A):

1. Air harus bersih
2. Tidak mengandung lumpur, minyak, dan benda melayang lainnya, yang dapat dilihat secara visual. Benda – benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram / liter
3. Tidak mengandung garam – garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organic, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/ liter

4. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter. Khusus untuk beton pra – tegang kandungan klorida tidak boleh lebih dari 0,05 gram per liter.
5. Tidak mengandung senyawa sulfat (sebagai  $\text{SO}_3$ ) lebih dari 1 gram/liter.

## 2.2 Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat antara berat air dengan berat semen Portland pada campuran adukan beton. Pada dasarnya air yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen portland adalah sekitar 25 – 30 persen dari berat semen. Namun pada kenyataan jika fas kurang dari 0,35 adukan beton sulit dikerjakan, dengan kata lain *workability*-nya rendah. Sehingga pada umumnya nilai fas lebih dari 0,40. Idealnya semakin kecil nilai fas maka semakin besar kekuatannya, namun hal ini dapat tercapai jika beton terkompaksi dengan sempurna.



Gambar 2. 1 Grafik hubungan antara kuat tekan dengan fas (A.M. Neville 1987)

Duff Abrams (1919) telah meneliti hubungan antara FAS dengan kuat tekan beton dengan uji silinder. Jika FAS semakin besar, maka kekuatan tekannya akan semakin turun. Dia menemukan hubungan kuat tekan-nya sama dengan :

$$f_c = \frac{K_1}{K_2^{w/c}} \quad (2.7)$$

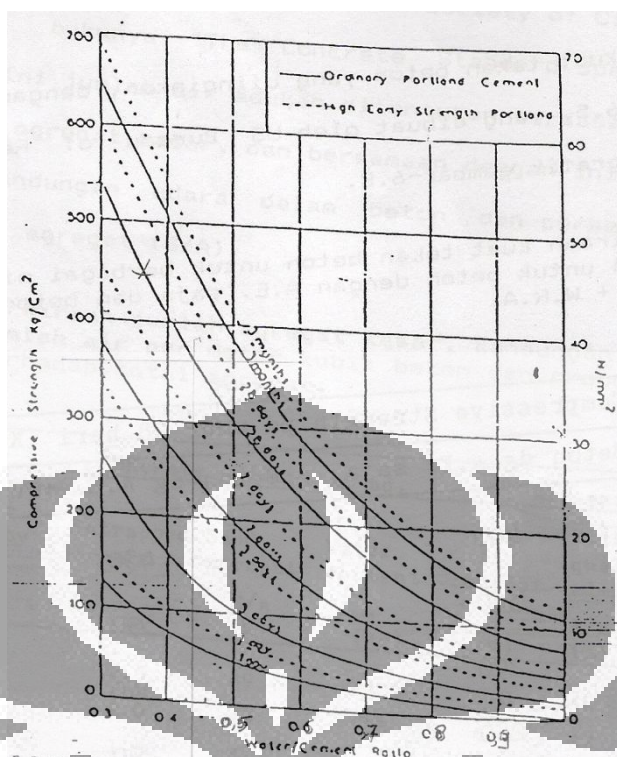
dimana  $f_c$  adalah kuat tekan,  $K_1$  dan  $K_2$  konstanta dari nilai empiris dan  $w/c$  ialah fas dalam sebuah desain campuran.

### 2.3 Desain Campuran

Metode desain campuran harus dipilih sedemikian rupa sehingga didapatkan campuran beton yang ekonomis, menghasilkan beton yang mempunyai kekuatan, workability (kemudahan pekerjaan), dan durabilitas sesuai yang diinginkan. Ada berbagai macam metode perhitungan salah satunya *US Bureau of Reclamation* yang dikembangkan oleh JSCE (*Japan Society of Civil Engineering*). Perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Data yang dibutuhkan adalah *Specific Gravity of Portland Cement*, *Specific Gravity of Coarse Aggregate*, *Fineness Modulus of Fine Agregate* dan *Specific Gravity of Fine Agregate*.
2. Tentukan *slump*, *maximum size of aggregate*, *water cement ratio* .





Gambar 2. 2 Grafik hubungan antara kuat tekan beton dengan fas

3. Berdasarkan Tabel dibawah ini, tetapkan nilai *Entrapped air*, *sand percent (S/a)* dan *water content* berdasarkan *maximum size of aggregate* untuk FM 2.8 dan slump 8 cm.

Tabel 2. 5 Spesifikasi untuk FM 2.8 dan Slump 8 cm

Size of Aggregate (mm)	Unit Coarse Aggregate Content by Volume (%)	Concrete Without AE ad.		
		Entrapped Air (%)	Sand Percent S/a (%)	Water Content W (kg)
15	53	2.5	49	190
20	61	2.0	45	185
25	66	1.5	41	175
40	72	1.2	36	165
50	75	1.0	33	155
80	81	0.5	31	140

4. Berdasarkan tabel dibawah ini, hitung penyesuaian untuk FM of sand, slump, using crushed coarse aggregate, dan S/a yang digunakan jika berbeda spesifikasi dengan FM 2.8 dan slump 8 cm.

Tabel 2. 6 Penyesuaian untuk nilai S/a dan jumlah air (W) untuk berbagai kondisi material

No.	Change in Material of Proportions	Sand Percent S/a (%)	Water Content W (Kg)
1.	Each 0.1 increase or decrease in FM of sand	$\pm 0.5$	no correction
2.	Each 1 cm increase or decrease in slump	no correction	$\pm 1,2\%$
3.	Using crushed coarse aggregate	+ 3 ~ 5	+ 9 ~ 15
4.	Each 0.05 increase or decrease in water-cement ratio	$\pm 1$	no correction
5.	Each 1% increase or decrease in S/a	no correction	$\pm 1.5$

5. Hitung kebutuhan material per m<sup>3</sup> beton

## 2.4 Perilaku Kuat Tekan dan Kuat Tarik pada Beton

### 2.4.1 Kuat tekan

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Sedangkan berdasarkan SNI Kuat tekan didefinisikan sebagai besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan

Kuat tekan ( $\text{kg/cm}^2$ ) didefinisikan sebagai Gaya P (kg) dibagi dengan luas penampang benda uji A ( $\text{cm}^2$ )

$$\text{Kuat tekan beton} = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (2.8)$$

Dimana P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang benda uji ( $\text{cm}^2$ )

Banyak faktor yang mempengaruhi kekuatan dari beton diantaranya adalah efek dari komponen penyusun beton itu sendiri. Misalnya semen, dimana pengaruh dari semen ini berdasarkan perbedaan komposisi kimia dan kehalusannya. Semakin tinggi kadar C<sub>3</sub>S pada semen maka kuat tekan awalnya akan lebih besar daripada semen dengan kadar C<sub>2</sub>S yang tinggi. Sedangkan semakin halus semen yang digunakan maka akan mencapai kekuatan lebih cepat daripada semen yang lebih kasar.

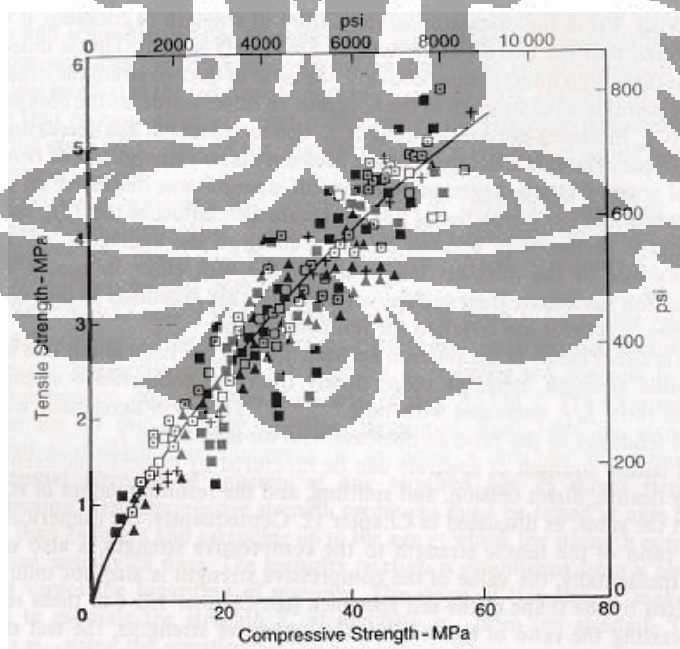
Selain itu agregat serta air yang digunakan juga mempengaruhi kekuatan dari beton. Dengan kondisi faktor air semen dan konsistensi yang sama, agregat dengan ukuran yang besar akan memperkecil kekuatan dari beton. Proporsi, keseragaman, kondisi saat perawatan, proses curing dan pengujian juga sangat mempengaruhi kekuatan dari sampel beton yang dibuat.

#### 2.4.2 Kuat tarik

Kuat tekan merupakan kinerja utama dari beton, namun untuk beberapa kasus lainnya kuat tarik perlu diketahui. Contohnya dalam mendesain jalan raya dan landasan pesawat terbang. Kuat tekan dan kuat tarik memiliki hubungan yang berbanding lurus tapi dengan proporsional yang berbeda. Kuat tekan  $f_c$  meningkat maka kuat tarik  $f_t$  juga meningkat namun dengan penurunan tingkat (*decrease rate*) (AM Neville, 1995).

Beberapa faktor yang mempengaruhi dari kuat tarik pada beton antara lain sebagai berikut :

1. Bentuk, tekstur, dan kelembapan pada agregat kasar.
2. Properti dari agregat halus.
3. Susunan butiran agregat.



Gambar 2. 3 Grafik hubungan kuat tarik dengan kuat tekan  
(Oloukon, 1991 hal 302-9)

Nilai kuat tarik pada beton sangat sensitif terhadap metode perawatan yang dilakukan pada benda uji. Perawatan dengan diletakkan di udara terbuka akan didapatkan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan direndam didalam air.

Untuk meninjau kuat tarik dapat dilakukan dengan uji yang berbeda yaitu *direct tension*, tarik lentur, dan tarik belah. Pada uji *direct tension*, benda uji mengalami gaya dalam murni tarik tanpa eksetrisitas. Hal ini sulit diaplikasikan, sehingga dilakukan uji dengan metode lainnya.

#### 2.4.2.1 Kuat Lentur

Pada uji ini, beton dibuat menjadi bentuk balok persegi dengan ukuran tertentu. Balok tersebut diletakkan pada dua perletakan dan dibebani pada dua titik yang telah ditentukan hingga mengalami patah. Beban diletakkan pada tiap sepertiga bentang dari kedua ujung balok, maka uji ini dinamakan *third point loading test*.

Pada uji ini didapatkan nilai *modulus of rupture* ( R ) atau modulus keruntuhan. Besar nilainya dihitung berdasarkan dengan teori elastis yang sesuai dengan persamaan :

$$R = \frac{PL}{bd^2} \quad (2.9)$$

Dimana

- R = modulus keruntuhan (MPa)
- P = beban maksimum pada balok (N)
- L = bentang / panjang balok (m)
- b = lebar balok (m)
- d = tinggi balok (m)

Nilai dari modulus keruntuhan bersifat teori karena berdasarkan teori balok elastis. Teori balok elastis mengasumsikan bahwa hubungan tegangan dan regangan adalah linier, maka perubahan besar tegangan dari sumbu netral balok berubah secara proporsional linier hingga tepi balok. Pada kenyataan bentuk aktual dari kurva tegangan berbentuk parabolik bukan segitiga, sehingga ada koreksi untuk mendapatkan nilai tegangan sebenarnya.

#### 2.4.2.2 Kuat Tarik Belah

Beton dengan bentuk silinder adalah yang digunakan pada uji kuat tarik belah. Silinder beton tersebut dibebani secara paralel dengan sumbu netral di tepi luarnya. Besarnya nilai dari kuat tarik belah ini didapatkan dengan persamaan :

$$T = \frac{2P}{\pi l.d} \quad (2.10)$$

Dimana T = Kuat tarik belah (MPa)

P = beban maksimum (N)

l = panjang (m)

d = diameter (m)

pada uji tarik belah nilai yang didapat pada umumnya akan lebih besar dari *direct tensile strength* dan lebih rendah dari *flexural strength*.

## 2.5 Metode Pengolahan Data Berdasarkan Teori Statistik

### 2.5.1 Metode rata – rata

Rata – rata hitung digunakan untuk mendapatkan suatu nilai yang mewakili dari kelompok data tersebut. Jika terdapat variabel X, sebagai hasil pengamatan atau observasi sebanyak N kali yaitu  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$ , maka :

- Rata – rata sebenarnya (populasi)

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i = \frac{1}{N} (X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_N) \quad (2.11)$$

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

- Rata – rata perkiraan (sampel)

Jika rata – rata dihitung sebanyak n, dengan  $n < N$ , maka hal ini disebut rata – rata perkiraan atau rata – rata sampel. Persamaannya sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{1}{n} (X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n) \quad (2.12)$$

Kemudian untuk menghasilkan sebaran dari data penelitian kita dapat menggunakan simpangan baku. Simpangan baku memang paling lazim digunakan dalam analisis dispersi. Untuk mendapatkan simpangan baku dapat diperoleh dari

akar kuadrat positif variansi, dimana variansi adalah rata – rata hitung dari kuadrat simpangan setiap data penelitian terhadap rata – rata hitungannya. Berikut persamaannya:

- Variansi

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2 \quad (2.13)$$

- Simpangan Baku

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N}} \quad (2.14)$$

### 2.5.2 Metode *chi square*

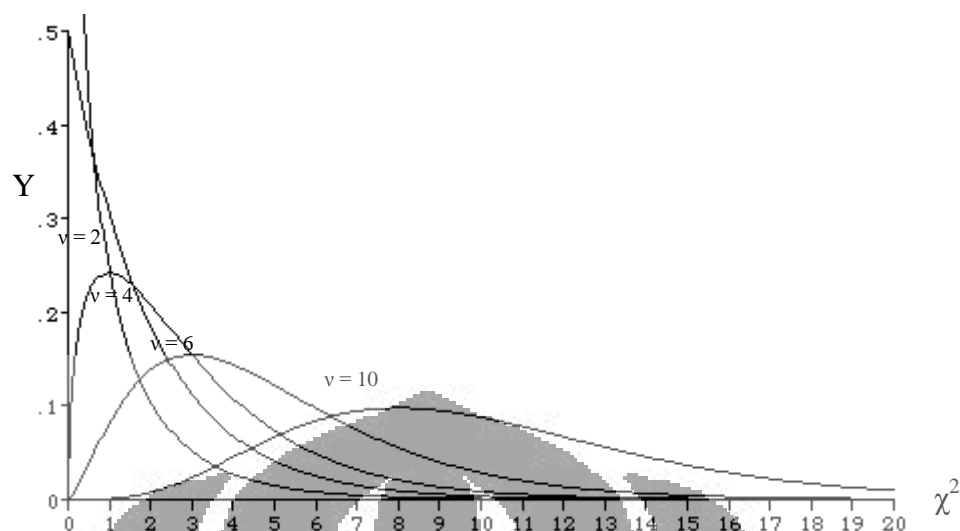
Dalam teori statistik didefinisikan

$$\chi^2 = \frac{Ns^2}{\sigma^2} = \frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_N - \bar{X})^2}{\sigma^2} \quad (2.15)$$

dimana  $\chi$  adalah huruf chi dalam abjad Yunani dan  $\chi^2$  dibaca sebagai chi kuadrat (*chi square*). Jika dipandang sampel – sampel berukuran N yang diambil dari sebuah populasi normal dengan deviasi standar  $\sigma$ , dan jika untuk setiap sampelnya kita hitung  $\chi^2$  maka sebuah distribusi sampling untuk  $\chi^2$  akan diperoleh. Distribusi ini yang disebut sebagai *chi square distribution*. Dirumuskan sebagai berikut:

$$Y = Y_0 (\chi^2)^{(1/2)(v-2)} e^{-(1/2)\chi^2} = Y_0 \chi^{v-2} e^{-(1/2)\chi^2} \quad (2.16)$$

dimana  $v = N - 1$  adalah banyaknya derajat kebebasan, dan  $Y_0$  adalah konstanta yang besarnya bergantung pada  $v$  sedemikian sehingga total luas didaerah dibawah kurva sama dengan 1. Distribusi chi kuadrat yang berkorespondensi dengan berbagai nilai  $v$  ditunjukkan gambar dibawah ini. Nilai maksimum dari Y terjadi pada  $\chi^2 = v - 2$  untuk  $v \geq 2$ .



Gambar 2. 4 *Chi Square Distribution* untuk berbagai nilai  $v$ .

Interval kepercayaan dapat didefinisikan dengan batas – batas kepercayaan 95 %, 99 %, atau yang lainnya dan interval  $\chi^2$  dengan menggunakan tabel distribusi  $\chi^2$  (terlampir). Dalam hal ini kita misalkan besar ketidakpercayaan sebesar  $\alpha$  dan interval kepercayaan  $1 - \alpha$ , maka nilai – nilai kritis  $\chi^2$  menjadi :

$$\chi^2_{(\alpha/2)} < \frac{Ns^2}{\sigma^2} < \chi^2_{1-(\alpha/2)} \quad (2.17)$$

Sehingga dapat diperkirakan  $\sigma$  berada dalam interval :

$$\frac{s\sqrt{N}}{\chi_{1-(\alpha/2)}} < \sigma < \frac{s\sqrt{N}}{\chi_{(\alpha/2)}} \quad (2.18)$$

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

##### 3.1.1 Standar Pengujian

Semua pengujian yang akan dilakukan akan mengacu pada standar American Society for Testing and Materials (ASTM). Adapun standar pengujian yang digunakan adalah sebagai berikut:

##### 1. Pengujian Semen

- a. Penentuan konsistensi normal semen hidrolis sesuai dengan ASTM C 187 – 97
- b. Pemeriksaan waktu pengikatan dari semen hidrolis sesuai dengan ASTM C 191 – 04b

##### 2. Pengujian agregat kasar

- a. Berat jenis dan penyerapan air agregat kasar sesuai dengan ASTM C-127-88
- b. Analisa saringan agregat kasar sesuai dengan ASTM C-136-01
- c. Pemeriksaan keausan agregat dengan mesin los angeles sesuai dengan ASTM C 131 – 03

##### 3. Pengujian agregat halus

- a. Berat jenis dan penyerapan air agregat halus sesuai dengan ASTM C-128-97
- b. Kadar organik agregat sesuai dengan ASTM C 40-99
- c. Analisa saringan agregat halus sesuai dengan ASTM C 136-01



d. Pemeriksaan bahan lewat saringan no. 200 sesuai dengan ASTM C 117 - 04

4. Pengujian slump beton

Pengujian mengacu kepada ASTM C-143M-03

5. Pengujian kuat tekan beton

Pengujian mengacu kepada ASTM C 39/C 39M – 04a

6. Pengujian kuat tarik lentur beton

Pengujian mengacu kepada ASTM C 78 – 02

7. Pengujian kuat tarik belah beton

Pengujian mengacu kepada ASTM C 496/C 496M – 04

3.1.2 Material Pembentuk Beton

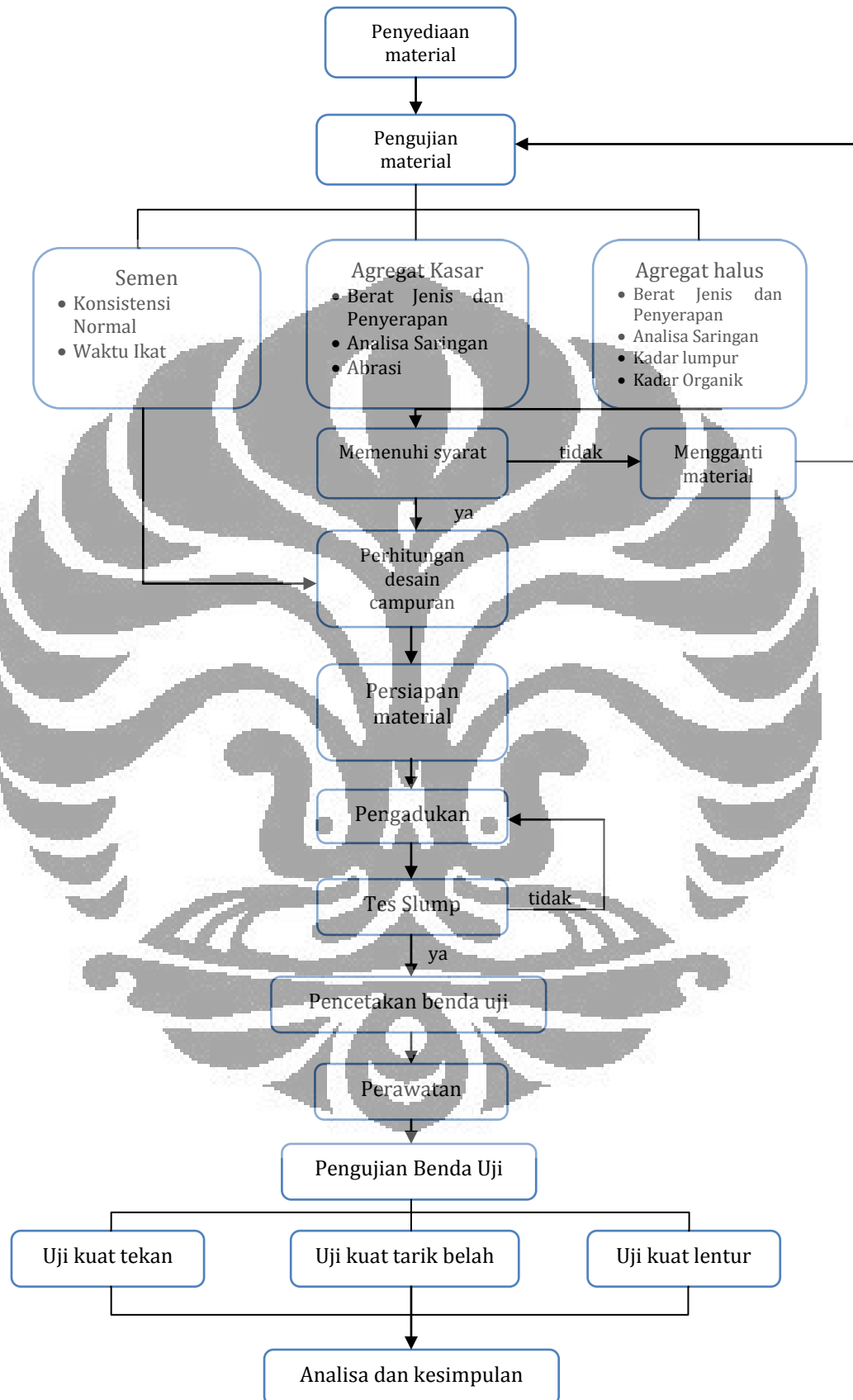
Material yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah

- a. *Portland-Pozzolan Cement* digunakan ialah produksi dari PT Semen Gersik, Tbk.
- b. Agregat Kasar yang digunakan berasal dari Rumpin.
- c. Agregat Halus yang digunakan berasal dari Galunggung.
- d. Air yang digunakan berasal dari air PAM di Laboratorium Struktur dan material Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia.

3.1.3 Perhitungan Desain Campuran

Perhitungan ini dimaksudkan untuk mengetahui komposisi dari penyusun campuran yang akan dibuat. Dari perhitungan ini akan diperoleh jumlah dari masing-masing komponen penyusun campuran yaitu semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Perhitungan ini akan dilakukan setelah diketahui properties dari bahan-bahan tersebut. Perhitungan menggunakan metode dari *US Bureau of Reclamation* yang dikembangkan oleh JSCE (*Japan Society of Civil Engineering*).

### 3.2 Prosedur Penelitian



### 3.2.1 Pengujian Material

#### 3.2.1.1 Pengujian semen

##### a. Penentuan konsistensi normal semen hidrolis

Pengujian ini dilakukan berdasarkan ASTM C 187 – 97. Menentukan konsistensi normal dari semen hidrolis untuk keperluan penentuan waktu pengikatan semen.

Peralatan yang digunakan adalah

1. Mesin aduk [mixer] dengan daun - daun pengaduk dari baja tahan karat serta mangkuk yang dapat dilepas.
2. Alat vicat [dengan menggunakan ujung C seperti pada Gambar 1].
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.

Bahan yang digunakan adalah

1. Semen portland  $\pm 3,5$  kg [untuk  $\pm 6$  percobaan].
2. Air bersih [dengan temperatur kamar].

Prosedur percobaannya adalah sebagai berikut :

1. Pasang daun pengaduk serta mangkuk pada alat pengaduk.
2. Masukkan bahan untuk percobaan dalam mangkuk dan campurlah sebagai berikut:
  - a. Tuangkan air [ $\pm 155 - 125$  cc untuk semen tipe I dan  $\pm 130 - 140$  cc untuk semen tipe III].

- b. Masukkan 500 gram semen kedalam air dan biarkan untuk penyerapan selama 30 detik.
3. Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan rendah [ $140 \pm 5$  ppm] dan aduklah selama 30 detik.
4. Hentikan mesin pengaduk untuk 15 detik dan sapulah bahan [pasta] dari dinding sisi mangkuk.
5. Jalankan mesin-aduk dengan kecepatan sedang [ $285 \pm 10$  ppm] dan aduklah untuk 1 menit.
6. Segera ambil pasta dari mangkuk dan bentuklah sebagai bola. Lemparkan bola pasta tersebut dari tangan yang satu ke yang lain [dengan jarak  $\pm 15$  cm] beberapa kali, kemudian tempatkan pada alat Vicat [gambar I], tekankan kedalam cincin konis [G] sehingga memenuhi cincin tersebut.

Tempatkan cincin tersebut pada pelat gelas [H] dan tuanglah kelebihan pasta semen dari kedua sisi cincin. Ratakan bagian atas dari pasta semen dengan sendok adukan sedemikian rupa sehingga tidak menekan adukan.

7. Pusatkan cincin berisi pasta tersebut dibawah batang [B] dan sentuhkan dan kuncilah [putar kunci K] jarum C pada permukaan pasta. Tempatkan indikator [F] tepat pada angka nol yang atas. Lepaskan batang [B] bersamaan jarum [C] dengan memutar kunci [K]. Jarum [C] akan masuk kedalam pasta.

Bila dalam waktu 30 detik kedalaman masuk C kedalam pasta besarnya  $10 \pm 1$  mm dari permukaan, maka konsistensi pasta semen tersebut adalah normal.

8. Bila konsistensi normal belum tercapai, ulangilah langkah-langkah no.1 s/d no.6 sehingga tercapai.

Catatlah jumlah air yang diperlukan untuk mencapai konsistensi normal.

b. Pemeriksaan waktu pengikatan dari semen hidrolis

Pengujian ini dilakukan berdasarkan dengan ASTM C 191 – 04b. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan waktu pengikatan semen hidrolis (dalam keadaan konsistensi normal) dengan alat vicat.

Peralatan yang digunakan adalah:

1. Mesin aduk dengan daun – daun pengaduk dari baja tahan karat serta mangkuk yang dapat dilepas
2. Alat vicat (dengan jarum D)
3. Timbangan dengan kepekaan sampai 1.0 gram
4. Alat pengorek dari karet yang agak kaku
5. Gelas ukur dengan kapasitas 150 atau 200 mL
6. Ruang lembap yang mampu memberikan kelembapan relatif minimum 90%.

Bahan yang digunakan adalah:

1. Semen portland  $\pm 3,5$  kg [untuk  $\pm 6$  percobaan].
2. Air bersih [dengan temperatur kamar].

Prosedur percobaannya adalah sebagai berikut :

Dalam test vicat ini, waktu pengikatan terjadi apabila jarum vicat yang kecil (jarum D), membuat penetrasi sedalam 25 mm ke dalam pasta setelah mapan selama 30 detik.

1. Tempatkan sudu serta mangkuk (kering) pada posisi mengaduk pada alat aduk.
2. Tempatkan bahan – bahan untuk satu “BATCH” ke dalam mangkuk dengan cara sebagai berikut:
  - a. Masukkan semua air pencampur yang jumlahnya telah ditetapkan sebelumnya dalam pembuatan pasta semen dengan konsistensi normal untuk semen 500 gram.
  - b. Tambahkan 500 gram semen pada air tersebut dan biarkan menyerap untuk 30 detik
3. Jalankan alat aduk dengan kecepatan rendah ( $140 \pm 5$  rpm) selama 30 detik.

**Universitas Indonesia**

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

### 3.2.1.2 Pengujian Agregat Kasar

#### a. Analisa Saringan

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM C-136-01. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan.

Peralatan yang digunakan adalah

1. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0.2% dari berat benda uji.
2. Satu set saringan: 76.2 mm (3"); 63.5 mm (2 ½"); 50.8 mm (2"); 37.5 mm (1 ½"); 25 mm (1"); 19.1 mm (¾"); 12.5 mm (½"); 9.5 mm (¼").
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 kuning, sendok, dan alat-alat lainnya.

Bahan yang digunakan memenuhi standar di bawah ini:

- Ukuran maksimum 3.5"; berat minimum 35 kg.
- Ukuran maksimum 3"; berat minimum 30 kg.
- Ukuran maksimum 2.5"; berat minimum 25 kg.
- Ukuran maksimum 2"; berat minimum 20 kg.
- Ukuran maksimum 1.5"; berat minimum 15 kg.
- Ukuran maksimum 1"; berat minimum 10 kg.
- Ukuran maksimum ¾"; berat minimum 5 kg.
- Ukuran maksimum ½"; berat minimum 2.5 kg.
- Ukuran maksimum ¼"; berat minimum 1 kg.

Prosedur percobaannya adalah sebagai berikut :

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

b. Berat Jenis dan Penyerapan

Menentukan *bulk* dan *apparent specific gravity* dan absorpsi dari agregat kasar menurut ASTM C 127, guna menentukan volume agregat dalam beton. Bahan yang digunakan adalah 10000 gram ( 2 x 5000 gram) agregat kasar dalam kondisi SSD, diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat. Bahan benda uji lewat saringan no.4 dibuang.

Peralatan yang digunakan adalah :

1. Neraca Timbang jenuh air dengan kepekaan 0,5 gram dan kapasitas minimum 5 kg.
2. Keranjang kawat
3. Oven, dengan ukuran yang mencukupi dan dapat mempertahankan suhu  $[110 \pm 5]^{\circ}\text{C}$
4. Handuk
5. Saringan no. 4 (4,75mm)

Prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Benda uji direndam 24 jam.
2. Benda uji digulung dengan handuk, sampai 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 ditimbang, container diisi benda uji, lalu digoyang-goyangkan dalam air untuk melepaskan udara yang terperangkap.
4. Benda uji dikeringkan dalam oven pada temperatur  $(212 - 230)^{\circ}\text{F}$ . Didinginkan, kemudian ditimbang.



Perhitungannya adalah sebagai berikut :

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

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

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

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

Dimana :

A = Berat (gram) dari benda uji oven dry

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

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

c. Pemeriksaan keausan agregat dengan mesin Los Angeles

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. Standar yang digunakan adalah ASTM C131 – 03 . Bahan yang digunakan adalah agregat kasar 2500 gram lewat 19,05 mm tertahan 12,7 mm dan 2500 gram lewat 12,7 mm tertahan 9,51 mm berdasarkan gradasi B. Kondisi benda uji bersih dan kering oven  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap.

Peralatan yang digunakan adalah :

1. Mesin Los Angeles
2. Saringan no 12 dan yang tertera diatas
3. Timbangan ketelitian 5 gram
4. Bola – bola baja 11 buah

### 5. Oven untuk memanasi hingga $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$

Prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Masukkan benda uji dengan bola bola baja kedalam mesin Los Angeles
2. Putar mesin Los Angeles dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm, 500 putaran untuk gradasi B ( $\pm 15$  menit)
3. 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

Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\%$$

Keterangan :

a = Berat benda uji semula (gram)

b = Berat benda uji tertahan saringan no.12 (gram)

### 3.2.1.3 Pengujian Agregat Halus

#### a. Pemeriksaan Kadar Organik

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan adanya bahan organik dalam pasir alam yang akan digunakan sebagai bahan campuran mortar atau beton. Kotoran organik adalah bahan-bahan organik yang terdapat didalam pasir dan menimbulkan efek merugikan terhadap mutu mortar beton.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pemeriksaan ini adalah :

1. Botol gelas tidak berwarna mempunyai tutup dari karet, gabus atau lainnya yang tidak larut dalam NaOH, dengan isi sekitar 350 ml
2. Standar warna (organic plate)
3. Larutan NaOH
4. Pasir 115 ml ( kira-kira 1/3 isi botol)

Prosedur pemeriksaannya adalah

1. Memasukkan benda uji ke dalam botol

2. Tambahkan larutan NaOH 3 %. Setelah dikocok isinya harus mencapai kira-kira 2/3 isi botol
3. Tutuplah 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.

b. Analisa Saringan

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

Peralatan yang digunakan

1. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0.2 % dari berat uji
2. Satu set saringan : 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

Bahan yang digunakan adalah sebagai berikut

1. Ukuran maksimum No.4 berat minimum 500 gram.
2. Ukuran maksimum No.8 berat minimum 100 gram

Prosedurnya adalah sebagai berikut :

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

c. Berat Jenis dan Penyerapan

Menentukan *bulk* dan *apparent specific gravity* dan absorsi dari agregat halus menurut ASTM C 128, guna menentukan volume agregat dalam beton. peralatan yang digunakan adalah

1. Neraca timbangan dengan kepekaan 0,1 gram dan kapasitas maksimum 1 kg
2. Piknometer kapasitas 500 gram
3. Cetakan kerucut pasir
4. Tongkat pemadat (*Tamper*) dari logam untuk cetakan kerucut pasir
5. Oven, dengan ukuran yang mencukupi dan dapat mempertahankan suhu  $[110 \pm 5]^{\circ}\text{C}$ .

Prosedurnya adalah sebagai berikut :

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  $73.4 \pm 30^{\circ}\text{F}$  selama paling sedikit 1 hari. Tentukan berat piknometer benda uji dan air.
4. Pisahkan benda uji dari piknometer dan dikeringkan pada temperatur  $212 - 230^{\circ}\text{F}$  selama 1 hari.

Universitas Indonesia

5. Tentukan berat piknometer berisi air sesuai kapasitas kalibrasi pada temperatur  $73.4 \pm 30$  °F dengan ketelitian 0.1 gram.

Perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. *Bulk Specific Gravity* (SSD) :  $\frac{500}{B + 500 - C}$
2. *Apparent Specific Gravity* :  $\frac{A}{B + A - C}$
3. Prosentasi Absorpsi :  $\frac{500 - A}{A} \times 100\%$

Dimana :

A = Berat (gram) dari benda uji oven dry

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

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

d. Pemeriksaan bahan lewat saringan no.200

Menentukan jumlah bahan yang terdapat dalam agregat lewat saringan no 200 (kadar lumpur) dengan cara pencucian sesuai dengan ASTM C 117 – 04. Bahan yang digunakan ialah 500 gram [ $w_1$ ] agregat halus tertahan saringan no.4 kondisi kering oven hingga berat tetap.

Peralatan yang digunakan adalah :

1. Talam cukup besar yang mampu menampung saat mengeringkan contoh agregat.
2. Saringan no 16 dan 200.
3. Timbangan ketelitian 0,1% berat contoh.
4. Wadah pencucian benda uji.
5. Oven untuk memanasi hingga  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$

Prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Masukkan benda uji ke dalam wadah dan beri 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 ulangi pekerjaan sampai air cucian menjadi jernih.
4. Semua bahan yang tertahan saringan no.16 dan no.200 dikembalikan ke dalam wadah; kemudian masukkan seluruh bahan tersebut ke dalam talam yang telah diketahui beratnya dan keringkan dalam oven dengan suhu  $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap.
5. Setelah kering timbang dan catatlah beratnya
6. Hitunglah berat bahan kering tersebut  $[w_2]$ .

Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\text{Jumlah bahan yang lewat saringan no.200} = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\%$$

Keterangan :

$w_1$  = Berat benda uji semula (gram)

$w_2$  = Berat benda uji tertahan saringan no. 200 (gram)

### 3.2.2 Pembuatan Benda Uji

Prosedur pembuatan sampel ini dibagi kedalam 3 tahap, yaitu :

1. Pencampuran
  - a. Bahan baku disiapkan dan ditimbang sesuai dengan proporsi berat yang telah ditentukan pada masing-masing campuran
  - b. menyalakan mesin kemudian agregat kasar dan pasir seluruhnya dimasukkan ke dalam mesin pengaduk lalu diaduk hingga merata.
  - c. Kemudian matikan mesin, lalu masukkan semen dan 2/3 bagian air lalu nyalakan kembali mesin pengaduk
  - d. Mesin dimatikan setelah 2 menit, lalu material yang berada di dasar mesin pengaduk diaduk dengan sendok semen sehingga teraduk dengan merata.
  - e. Mesin dijalankan kembali setelah 2 menit sambil menuangkan sisa air sedikit demi sedikit

## 2. Pencetakan sampel

- a. Siapkan cetakan sebelumnya dan beri pelumas pada bagian dinding dalam cetakan
- b. Untuk nilai slump 25-75 mm pemadatan dapat ditusuk atau digetar, sedangkan untuk nilai slump  $> 75$  mm, pemadatan dilakukan dengan cara ditusuk.
- c. Adukan dimasukkan ke dalam cetakan dalam 3 lapisan. Setiap pengambilan campuran beton diaduk kembali dengan menggunakan sendok aduk agar tidak terjadi segregasi
- d. Pada lapisan akhir ditambahkan adukan beton sampai melebihi permukaan sehingga tidak perlu penambahan kembali setelah beton dipadatkan
- e. 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.
- f. Lalu permukaan beton diratakan dan dapat ditambahkan lapisan tipis pasta semen untuk merapikan dan meratakan permukaan beton
- g. Kemudian benda uji didiamkan di udara terbuka kurang lebih 24 jam hingga mengeras dan dihindari adanya hubungan langsung dengan air.

## 3. Perawatan

- a. Perawatan dilakukan dengan cara merendam benda uji dalam bak air sampai umur 6 hari untuk uji 7 hari dan 27 hari untuk uji tekan 28 hari.
- b. Suhu air rata-rata pada saat perendaman berkisar  $25-27^{\circ}\text{C}$
- c. Berikan tanda atau kode pada benda uji untuk memudahkan identifikasi

### 3.2.3 Pengujian Benda Uji

#### 3.2.3.1 Pengujian Slump

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 :

##### 1. Peralatan yang digunakan :

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

##### 2. Proses pengujian :

- a. Cetakan dan pelat dibasahi dengan kain basah.
- b. Letakan cetakan diatas pelat
- c. 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.
- d. Pada lapisan pertama penusukan bagian tepi, tongkat dimiringkan sesuai dengan kemiringan cetakan.
- e. 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.
- f. Kemudian cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas.
- g. Baliklah cetakan dan letakkan perlahan-lahan di samping benda uji.



- h. Ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji.

### 3.2.3.2 Pengujian Kuat Tekan

Untuk kuat tekan beton pengujiannya akan dilakukan sesuai dengan prosedur ASTM C 39/C 39M – 04a. Sampel akan dibuat dengan silinder ukuran 10 cm x 20 cm. Dalam hal ini jumlah sampel yang akan dibuat adalah :

Tabel 3. 1 Jumlah Sampel Untuk Uji Tekan

Faktor Air Semen	Pengujian			Jumlah
	7 hari	14 hari	28 hari	
0.30	5 sampel	5 sampel	5 sampel	15 sampel
0.35	5 sampel	5 sampel	5 sampel	15 sampel
0.45	5 sampel	5 sampel	5 sampel	15 sampel
0.55	5 sampel	5 sampel	5 sampel	15 sampel
0.65	5 sampel	5 sampel	5 sampel	15 sampel
0.75	5 sampel	5 sampel	5 sampel	15 sampel
0.80	5 sampel	5 sampel	5 sampel	15 sampel
Total	35 sampel	35 sampel	35 sampel	105 sampel

Prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut:

#### 1. Persiapan pengujian.

- a. Benda uji yang akan ditentukan kekuatannya diambil dari bak perendam sehari sebelum diuji tekan. Benda uji ditempatkan ditempat yang kering.
- b. Berat dan ukuran benda uji ditentukan.
- c. Permukaan atas benda uji dilapisi (capping) dengan mortar belerang dengan cara sebagai berikut: Mortar belerang dilelehkan dalam pot peleleh (melting pot) sampai suhu kira-kira 130 °C. Belerang cair dituangkan ke dalam cetakan pelapis (capping plate) yang telah dilapisi oleh oli. Kemudian benda uji diletakkan tagak lurus pada cetakan pelapis sampai mortar belerang cair menjadi keras.
- d. Benda uji siap untuk diperiksa.

## 2. Prosedur uji tekan

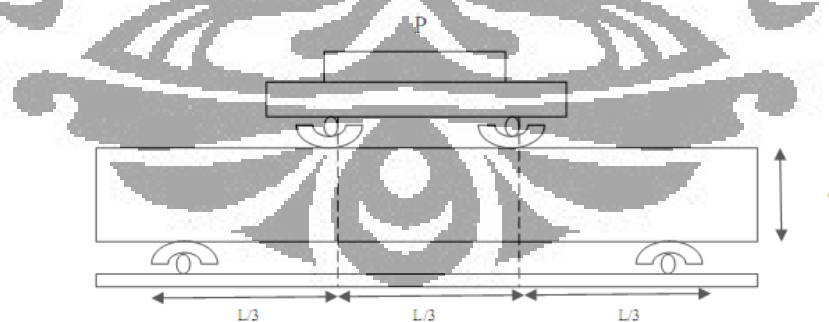
- Benda uji diletakkan pada mesin tekan secara centris.
- Mesin dijalankan, tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/cm<sup>2</sup> per detik.
- Pembebanan dilakukan sampai benda uji menjadi hancur dan beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji dicatat.

### 3.2.3.3 Pengujian Kuat Lentur

Untuk pengujian lentur pada beton akan mengacu pada ASTM C 78 – 02. Sampel akan dibuat berukuran 15 x 15 x 60 cm<sup>3</sup>. Jumlah sampel yang akan dibuat sebanyak :

Tabel 3. 2 Jumlah Sampel Untuk Uji Lentur

Faktor Air Semen	Pengujian			Jumlah
	7 hari	14 hari	28 hari	
0.30	3 sampel	3 sampel	3 sampel	9 sampel
0.35	3 sampel	3 sampel	3 sampel	9 sampel
0.45	3 sampel	3 sampel	3 sampel	9 sampel
0.55	3 sampel	3 sampel	3 sampel	9 sampel
0.65	3 sampel	3 sampel	3 sampel	9 sampel
0.75	3 sampel	3 sampel	3 sampel	9 sampel
0.80	3 sampel	3 sampel	3 sampel	9 sampel
Total	21 sampel	21 sampel	21 sampel	63 sampel



Gambar 3. 1 Permodelan Uji Lentur

Prosedur pengujian nya adalah sebagai berikut :

- Siapkan peralatan untuk uji lentur
- Masukkan sampel beton yang akan dibebani
- Atur posisi sampel, sehingga posisi sampel berada tepat di tengah – tengah alat uji.

4. bebani sampel beton sampai sampel beton terbelah akibat beban lentur, dan catat beban maksimumnya

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

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

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$

Dimana

- R = modulus keruntuhan (MPa)
- P = beban maksimum pada balok (N)
- L = bentang / panjang balok (m)
- b = lebar balok (m)
- d = tinggi balok (m)

- Bila patahan terjadi di 1/3 bagian tepi bentang dari balok, maka perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{3Pa}{bd^2}$$

Dimana

- R = modulus keruntuhan (MPa)
- P = beban maksimum pada balok (N)
- a = jarak dari perletakan keretakan (m)
- b = lebar balok (m)
- d = tinggi balok (m)

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

#### 3.2.3.4 Pengujian Kuat Tarik Belah

Untuk pengujian tarik lentur pada beton akan mengacu pada ASTM C 496/C 496M – 04. Sampel akan dibuat berbentuk dengan ukuran diameter 15 cm dan panjang 30 cm. Jumlah sampel yang akan dibuat sebanyak :

Tabel 3. 3 Jumlah Sampel Untuk Uji Tarik Belah

Faktor Air Semen	Pengujian			Jumlah
	7 hari	14 hari	28 hari	
0.30	5 sampel	5 sampel	5 sampel	15 sampel
0.35	5 sampel	5 sampel	5 sampel	15 sampel
0.45	5 sampel	5 sampel	5 sampel	15 sampel
0.55	5 sampel	5 sampel	5 sampel	15 sampel
0.65	5 sampel	5 sampel	5 sampel	15 sampel
0.75	5 sampel	5 sampel	5 sampel	15 sampel
0.80	5 sampel	5 sampel	5 sampel	15 sampel
Total	35 sampel	35 sampel	35 sampel	105 sampel

Prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Persiapkan peralatan untuk uji tarik belah. Alat yang digunakan sama dengan uji tekan.
2. Atur alat uji sedemikian sehingga ukurannya mencukupi untuk diletakkan sampel.
3. Timbang sampel beton yang akan diuji.
4. Sampel beton yang akan diuji, diberi tanda berupa garis menyilang pada bagian atas dan bawahnya, kemudian dihubungkan dengan garis melintang di sisi sampingnya.
5. Posisi sampel beton pada alat yang sudah tersedia.
6. Bebani sampel beton sampai terbelah dan catat beban maksimumnya

Perhitungan nilai *splitting strength* didapat dengan persamaan :

$$T = \frac{2P}{\pi \cdot l \cdot d}$$

Dimana T = Kuat tarik belah (MPa)

P = beban maksimum (N)

l = panjang (m)

d = diameter (m)

### 3.3 Pengumpulan Data Penelitian

Dalam penelitian ini data yang diperoleh untuk setiap pengujian adalah sebagai berikut :

- Uji Tekan, data yang diperoleh adalah
  - Nilai faktor air semen
  - Nilai slump beton
  - Berat benda uji
  - Beban maksimum saat benda uji patah
- Uji Lentur, data yang diperoleh adalah
  - Nilai faktor air semen
  - Nilai slump beton
  - Beban maksimum saat benda uji patah
- Uji Tarik Belah, data yang diperoleh adalah
  - Nilai faktor air semen
  - Nilai slump beton
  - Berat benda uji
  - Beban maksimum saat benda uji patah

#### 3.4 Pengkodean Benda Uji

Pengkodean benda uji berguna untuk memudahkan dalam pengidentifikasian benda uji. Hal ini juga dapat memudahkan pembaca dalam mengambil rujukan dari penulisan.

Dalam penelitian ini, format pengkodean ditulis sebagai berikut :

**XX – XXX – XX – XX – XX**

Dimana variabel pertama untuk menunjukkan pengujian pada benda uji, yaitu TB untuk tarik belah, TL untuk lentur, dan TK untuk susut. Variabel kedua untuk nilai fas berkisar diantara 0,30 – 0,5. Variabel ketiga untuk umur benda uji saat dilakukan pengujian yaitu 07 untuk umur 7 hari, 14 untuk umur 14 hari, dan 28 untuk umur 28 hari. Variabel keempat untuk urutan pengecoran pada hari tersebut dengan nomor romawi dari I – IV. Variabel terakhir adalah nomor benda uji 1-5 dan 1-3 untuk uji lentur. Misalnya, Benda uji TL-07-0,45-I-4 menunjukkan benda uji untuk tarik lentur pada umur 7 hari dengan fas 0,45, pengecoran ke I, dan merupakan benda uji keempat.

## BAB 4

### HASIL DAN ANALISA PENELITIAN

#### 4.1. Pengujian Material

##### 4.1.1 Pengujian Semen

Semen yang digunakan adalah semen tipe SPP produksi PT Semen Gersik Tbk. Dalam pengujian semen dilakukan dua macam pengujian yaitu:

- Penentuan konsistensi normal

Pengujian ini menggunakan ASTM C-187. Pengujian ini dilakukan dalam beberapa kali hingga didapatkan penetrasi sedalam  $10 \pm 1$  mm. Maka didapatkan penetrasi sebesar 9 mm dengan kadar air 27%. Berikut ini hasil pengujian:

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Konsistensi Normal SPP

Percobaan	1	2	3	Satuan
Kadar air	24	26	27	%
Jumlah Semen	500	500	500	gram
Kedalaman penetrasi	5	6	9	mm
Cek	x	x	✓	

- Penentuan Waktu ikat

Pengujian ini menggunakan ASTM C-191. Pengujian ini menggunakan alat vicat dengan penetrasi hingga 25 mm. benda uji yang digunakan ialah pasta semen dengan kadar air yang didapatkan dari pengujian konsistensi normal. Waktu ikat yang didapatkan dalam waktu 105 menit. Berikut ini hasil pengujiannya:

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Waktu Ikat Semen dengan Alat Vicat

Waktu (menit)	Kedalaman (mm)
0	40
60	39
75	38
90	38
105	25
120	14



Gambar 4. 1 Pengujian Waktu Ikat Semen.

#### 4.1.2 Pengujian Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan berasal dari pasir galunggung. Dalam pengujian agregat halus dilakukan beberapa pengujian antara lain sebagai berikut :

- Berat jenis dan penyerapan air

Pengujian ini berdasarkan ASTM C 128. Pengujian dilakukan sebanyak dua kali dan hasilnya tertera pada tabel berikut :

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

	Sample I	Sample II	Mean	Units
Bulk Specific Gravity	2,5	2,482	2,491	gr/cm <sup>3</sup>
SSD Specific Gravity	2,551	2,538	2,545	gr/cm <sup>3</sup>
Apparent Specific Gravity	2,634	2,629	2,632	gr/cm <sup>3</sup>
Absorption	2,041	2,249	2,145	%

- Analisa saringan agregat halus

Pada uji ini bertujuan untuk mendapatkan nilai Fine Modulus (FM). Standar pengujiannya menggunakan ASTM C33. Nilai FM yang didapat setelah dua kali pemeriksaan diambil nilai rata – rata nya sebesar 2,749. Seperti tertera pada tabel dibawah ini.

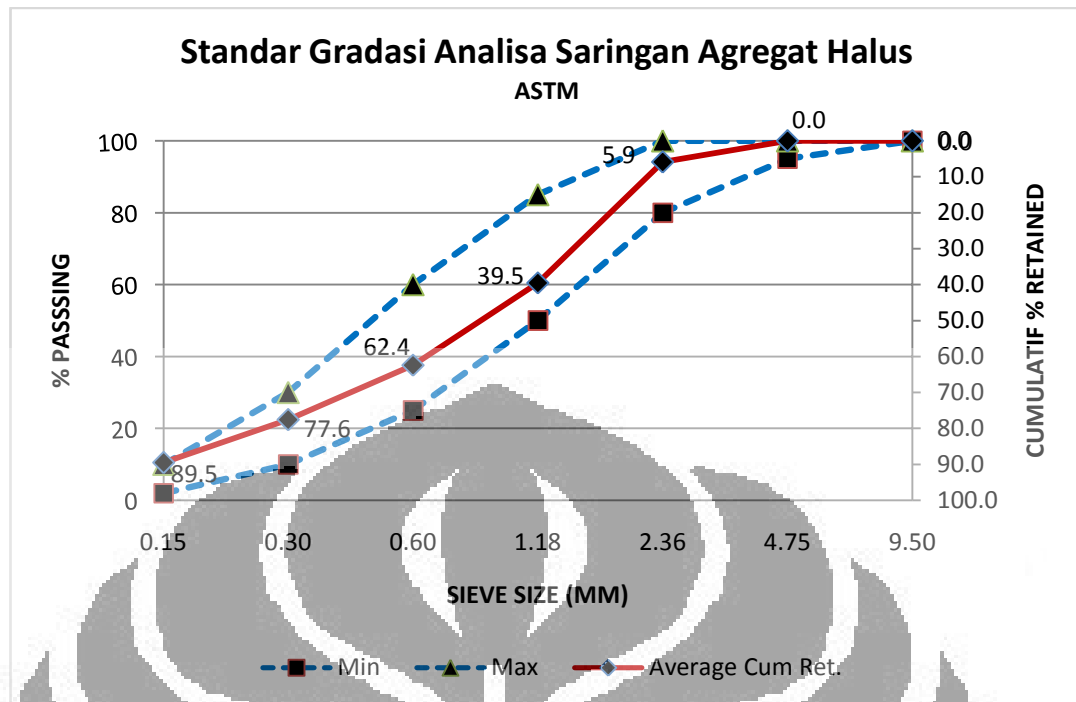
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus

Sieve Size		Sample No. 1			Sample No. 2			Average		Total % Passing
		Weight Ret. Grams	Ind. % Ret.	Cum. % Ret.	Weight Ret. Grams	Ind. % Ret.	Cum. % Ret.	Ind. % Ret.	Cum. % Ret.	
9.50	<sup>3</sup> / <sub>8</sub> "		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								



Gambar 4. 2 Pengujian analisa saringan agregat halus





Gambar 4. 3 Grafik Analisa Saringan Agregat Halus

Terlihat pada grafik diatas, distribusi agregat halus masih masuk dalam rentang batas yang ijin. Hal ini menunjukkan gradasi agregat halus dalam kondisi yang diijinkan.

- Kadar Lumpur

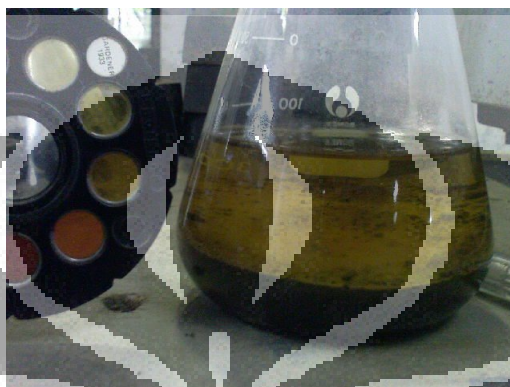
Pengujian ini untuk mengetahui bahan yang lewat dari saringan no.200. Standar pengujinya ASTM C 117 – 04. Dari pengujian diperoleh bahan yang lewat dari pengujian sebanyak 1,4 %



Gambar 4. 4 Pencucian agregat halus dalam pengujian kadar lumpur

- Kadar organik agregat

Pengujian ini untuk mengetahui kadar organik yang ada pada agregat halus. Standar pengujiannya adalah ASTM C 40-99. 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. 5 Pengujian Kadar Organik pada Agregat Halus

#### 4.1.3 Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan berasal dari Rumpin. Pengujian agregat kasar ditujukan untuk mendapatkan properti materialnya. Berikut ini pengujian yang dilakukan.

- Berat jenis dan penyerapan air

Pengujian ini berdasarkan ASTM C 127-88. Dalam pengujian ini dibuat 2 sampel dimana hasil pengujiannya adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

	Sample I	Sample II	Mean	Units
Bulk Specific Gravity	2,501	2,504	2,503	gr/cm <sup>3</sup>
SSD Specific Gravity	2,592	2,593	2,593	gr/cm <sup>3</sup>
Apparent Specific Gravity	2,751	2,749	2,75	gr/cm <sup>3</sup>
Absorption	3,627	3,563	3,593	%

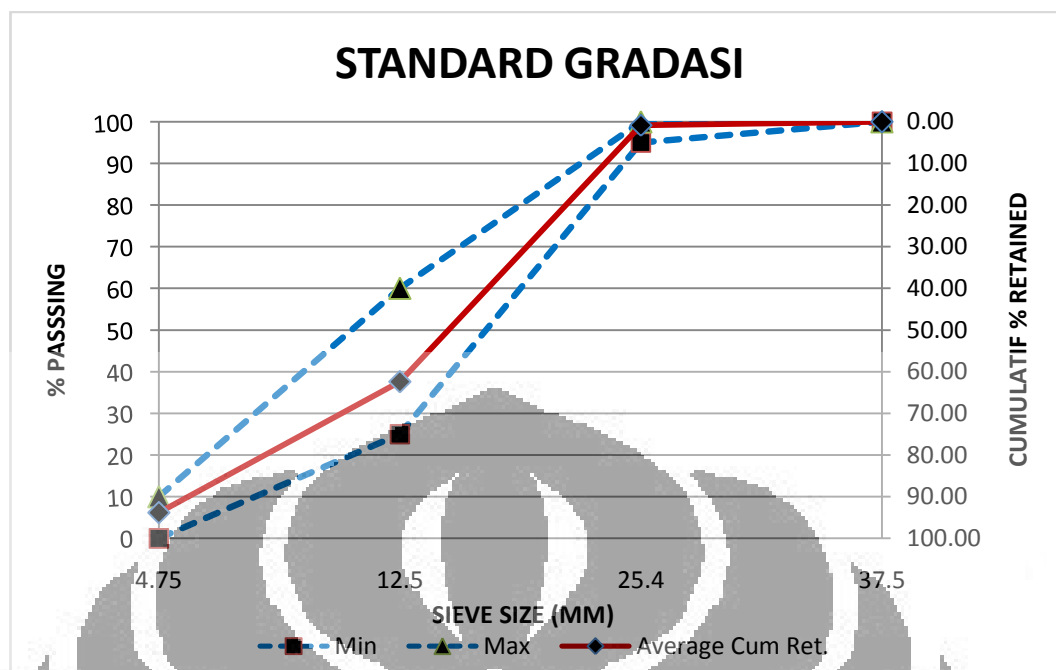


Gambar 4. 6 Proses pengeringan permukaan agregat kasar untuk mendapatkan kondisi SSD pada pengujian berat jenis dan penyerapan

- Analisa saringan agregat kasar  
 Pada pengujian analisa saringan agregat kasar, mengacu pada ASTM C 136. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan ukuran maksimum agregat kasar (MSA) . Berdasarkan hasil dibawah dan dibandingkan dengan tabel pada ASTM C33 didapatkan MSA 25 mm. Berikut ini tabelnya:

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Analisa Saringan 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
<b>TOTAL</b>		<b>5000</b>	<b>100</b>		<b>5000</b>	<b>100</b>		<b>100</b>		



Gambar 4. 7 Grafik Analisa Saringan Agregat Kasar

- Abrasi dengan mesin Los Angeles

Pengujian ini menggunakan ASTM C 131 dalam dua kali pengujian didapatkan besarnya keausan pada agregat kasar adalah 30,14% dan 27,52% maka rata – ratanya sebesar 28,83%. Hasil ini masih berada dalam kisaran 10% – 45% dari standar yang ditentukan.

#### 4.2. Perhitungan Rancang Campur

Metode perhitungan rancang campur yang digunakan ialah metode *US Bureau of Reclamation* yang dimodifikasi oleh JSCE (*Japan Society of Civil Engineering*). Dengan berdasarkan pada hasil pengujian material diatas didapatkan rancang campur sebagai berikut :

Tabel 4. 7 Rancang Campur untuk kebutuhan 1 m<sup>3</sup>

FAS	Air (kg)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (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

Tabel 4. 8 Rancang Campur Uji Kuat Tarik Belah

FAS	Silinder 15x30 cm			
	W (kg)	C (kg)	S (kg)	Ca (kg)
0.8	1.029211	1.286513	4.319484	5.433577
0.75	1.021246	1.361661	4.205265	5.508744
0.65	1.005316	1.54664	3.967555	5.639974
0.55	0.989386	1.798883	3.712599	5.733405
0.45	0.973456	2.163235	3.42998	5.762736
0.35	0.957526	2.735788	3.097378	5.671606
0.3	0.949561	3.165203	2.897221	5.542708

Tabel 4. 9 Rancang Campur Uji Kuat Tekan

FAS	Silinder 10x20 cm			
	W (kg)	C (kg)	S (kg)	Ca (kg)
0.8	0.306244	0.382804	1.28527	1.616771
0.75	0.303874	0.405165	1.251284	1.639137
0.65	0.299134	0.460205	1.180553	1.678184
0.55	0.294394	0.535261	1.10469	1.705985
0.45	0.289654	0.643674	1.020597	1.714712
0.35	0.284914	0.814039	0.92163	1.687596
0.3	0.282544	0.941812	0.862073	1.649243

Tabel 4. 10 Rancang Campur Uji Kuat Lentur

FAS	Balok 15 x 15 x 60 cm			
	W (kg)	C (kg)	S (kg)	Ca (kg)
0.8	2.399554	2.999442	10.07066	12.66811
0.75	2.380984	3.174645	9.804366	12.84336
0.65	2.343844	3.605913	9.250156	13.14932
0.55	2.306704	4.194006	8.655738	13.36715
0.45	2.269564	5.043474	7.996827	13.43553
0.35	2.232424	6.378353	7.221383	13.22307
0.3	2.213854	7.379512	6.754726	12.92255

### 4.3. Pengujian Beton

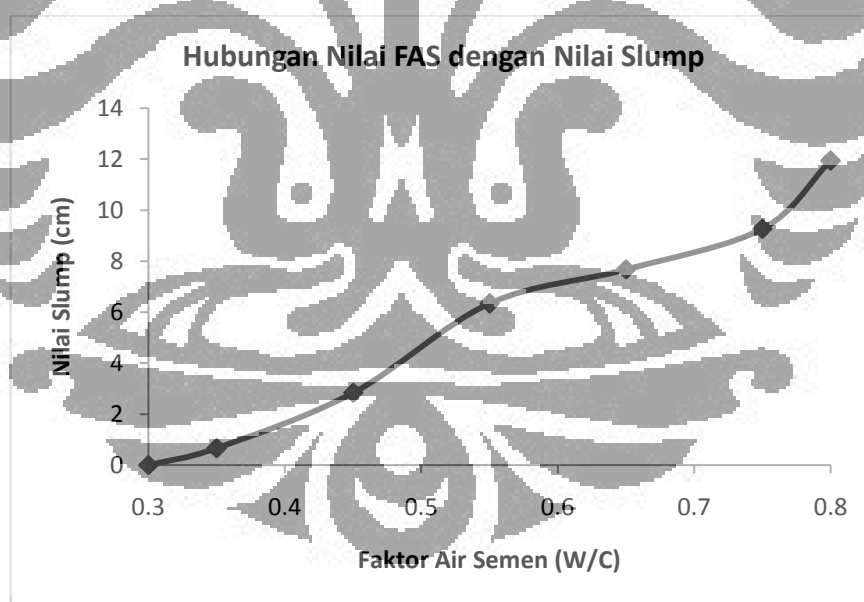
Pada pengolahan data pengujian beton kami menggunakan beberapa cara, yaitu untuk pengujian beton segar datanya dirata – rata dan untuk pengujian beton keras data diolah dengan metode rata-rata dan metode *chi square*. Berikut ini uji yang telah dilakukan.

#### 4.3.1 Tes Slump

Pada tes slump dilakukan pada beton segar (*fresh concrete*). Pengujian dilakukan sesaat selesai pengadukan dan sebelum adukan dimasukkan ke dalam bekisting. Tes slump dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemudahan untuk pengerjaan saat adukan dimasukkan ke dalam bekisting. Pada penelitian ini, target nilai slump yang ditentukan yaitu sebesar 10 cm pada fas 0,8. Berikut ini nilai slump yang didapat selama penelitian :

Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Slump

Faktor Air Semen (FAS)	Nilai Slump Rata – rata (cm)
0,3	0
0,35	0,67
0,45	2,83
0,55	6,33
0,65	7,67
0,75	9,27
0,8	11,93



Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Nilai Slump dengan Faktor Air Semen (FAS)



Gambar 4. 9 Pengujian Slump

Berdasarkan grafik diatas terlihat kecenderungan kenaikan nilai fas akan menghasilkan kenaikan nilai slump. Hal ini disebabkan pada kenaikan jumlah air pada adukan seiring dengan kenaikan nilai fas, maka semakin memperbesar nilai slump yang didapat. Berdasarkan hasil diatas, pada fas 0,8 mencapai slump  $10 \pm 2$  cm. Maka target slump yang diinginkan telah tercapai.

#### 4.3.2 Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dalam penelitian ini menggunakan benda uji silinder 10 x 20 cm. Standar yang digunakan adalah ASTM C 39 . Kuat tekan yang ditinjau ialah pengujian pada hari ke 7, 14, 28. Hasilnya seperti ditampilkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Kuat Tekan (MPa) Silinder 10 x 20 cm  
SPP berdasarkan metode Rata - rata

FAS	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.3	45.36	55.08	59.15
0.35	51.43	51.62	63.67
0.45	41.68	45.08	50.25
0.55	28.51	38.13	35.23
0.65	26.13	20.40	26.59
0.75	16.18	19.88	20.89
0.8	16.42	13.86	19.52



Tabel 4. 13 Hasil Pengujian Kuat Tekan (MPa) Silinder 10 x 20 cm  
SPP berdasarkan metode *Chi square*

FAS	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.3	46.95	55.57	61.38
0.35	52.43	56.50	66.26
0.45	42.46	47.57	50.25
0.55	28.51	38.94	36.62
0.65	26.99	20.89	26.80
0.75	16.18	20.40	20.89
0.8	16.42	15.75	21.31

Tabel diatas memiliki perbedaan hasil pengujian kuat tekan dari kedua metode. Metode rata - rata menggunakan hasil sampel yang memiliki perbedaan (%) kurang dari 10,6% berdasarkan ASTM C 39. Untuk metode *chi square* digunakan batas atas dan batas bawah dengan tingkat kepercayaan 95%. Berdasarkan kedua metode ini memunculkan perbedaan hasil yang tidak terlalu jauh. Namun kecenderungan data yang didapatkan metode *chi square* memiliki hasil yang lebih besar dari metode rata - rata. Hal ini disebabkan data yang terseleksi pada metode *chi square* diatas batas bawah dan nilai yang terbesar dari keseluruhan data masih dibawah batas atas. Sedangkan untuk metode rata - rata data yang diambil ialah penyimpangan dibawah standar yaitu 10,6%, sehingga nilai yang lebih besar dan lebih kecil dari rata - rata kelompok data dengan penyimpangan lebih dari 10,6% akan terbuang.

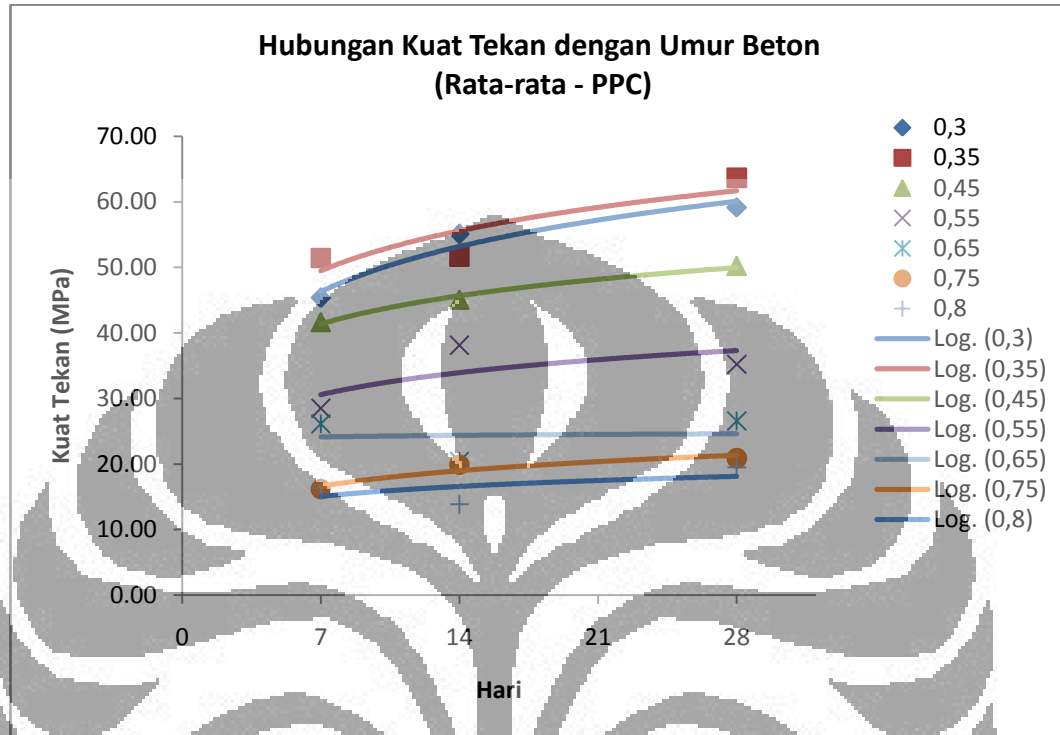


Gambar 4. 10 Pengujian Kuat tekan silinder 10 x 20 cm

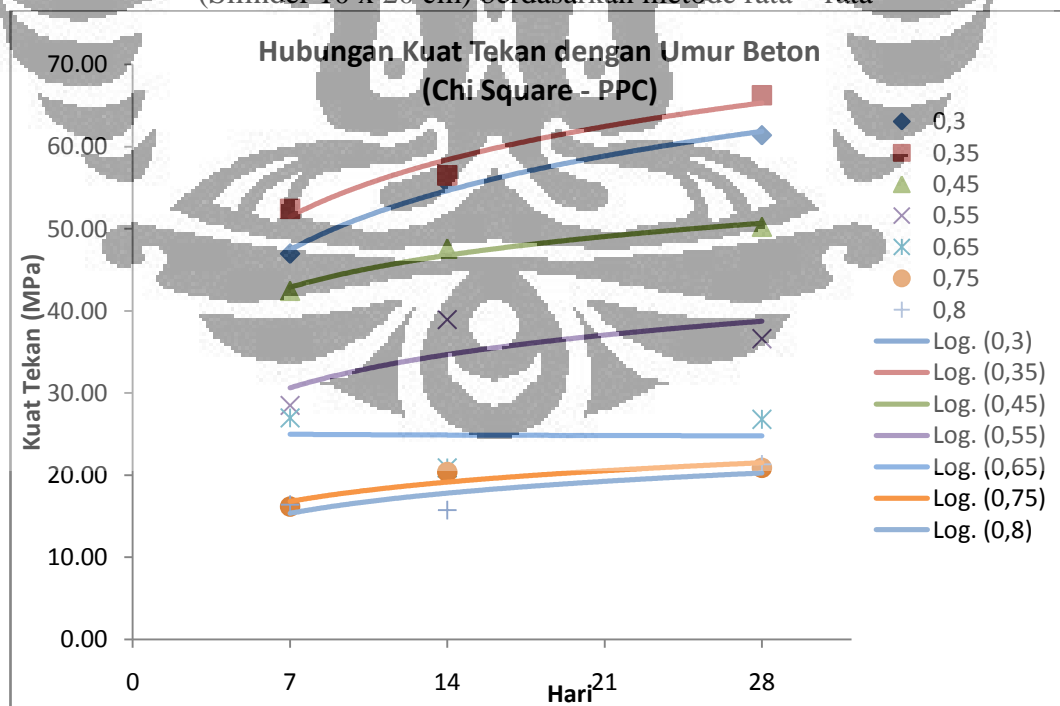


Pengujian kuat tekan silinder 10 x 20 cm ini, akan ditinjau dalam beberapa hal, diantaranya sebagai berikut :

1. Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Beton



Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Beton (Silinder 10 x 20 cm) berdasarkan metode rata – rata



Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Beton (Silinder 10 x 20 cm) berdasarkan metode *chi square*

Universitas Indonesia

Pada grafik diatas, kondisi kuat tekan terhadap bertambahnya umur beton dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Pengolahan data dengan menggunakan rata – rata, persamaan logaritma yang terbentuk pada semua FAS mengalami kenaikan kuat tekannya seiring dengan penambahan umur beton.
- Pengolahan data dengan metode *chi square*, persamaan logaritma yang terbentuk pada semua FAS mengalami kenaikan kenaikan kuat tekannya seiring dengan penambahan umur beton kecuali pada FAS 0.65 mengalami penurunan kekuatan seiring dengan penambahan umur beton.

Tabel 4. 14 Persamaan Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Beton

FAS	Rata – Rata		<i>Chi Square</i>	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
0,3	$y = 9.944\ln(x) + 26.95$	0,9469	$y = 10.41\ln(x) + 27.15$	0,9876
0,35	$y = 8.829\ln(x) + 32.27$	0,7612	$y = 9.977\ln(x) + 32.06$	0,9466
0,45	$y = 6.178\ln(x) + 29.36$	0,9861	$y = 5.617\ln(x) + 31.93$	0,9683
0,55	$y = 4.848\ln(x) + 21.16$	0,464	$y = 5.850\ln(x) + 19.25$	0,5484
0,65	$y = 0.329\ln(x) + 23.50$	0,0044	$y = -0.13\ln(x) + 25.25$	0,0008
0,75	$y = 3.401\ln(x) + 10.00$	0,9023	$y = 3.401\ln(x) + 10.17$	0,8284
0,8	$y = 2.236\ln(x) + 10.69$	0,2993	$y = 3.528\ln(x) + 8.51$	0,6491

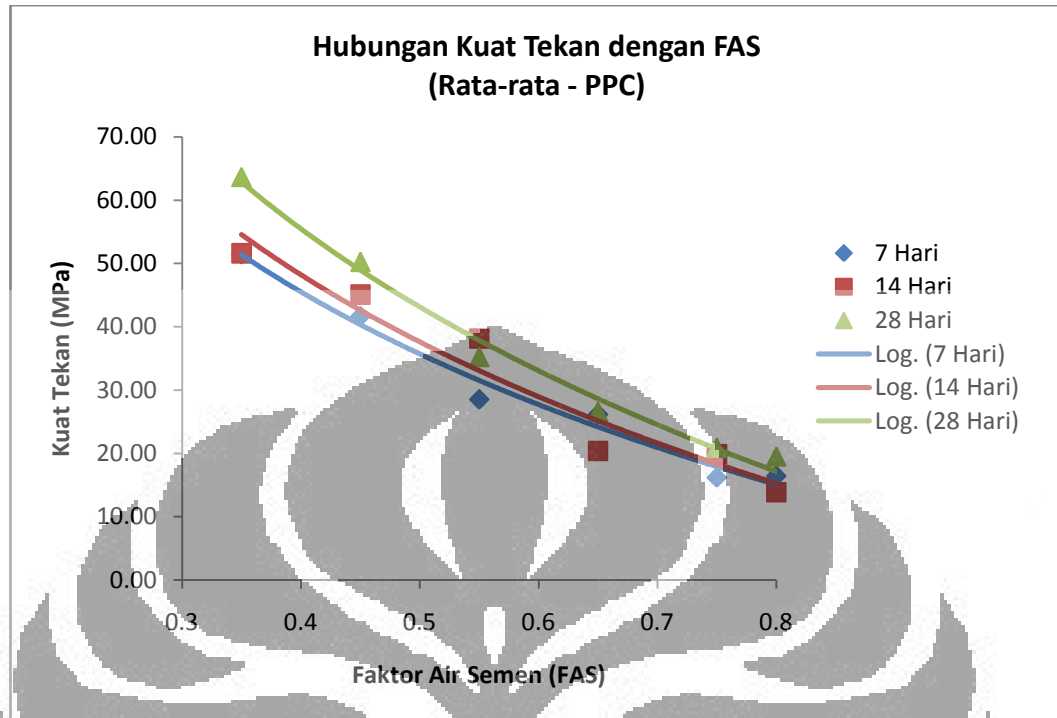
Keterangan :

y = Kuat tekan beton (MPa)

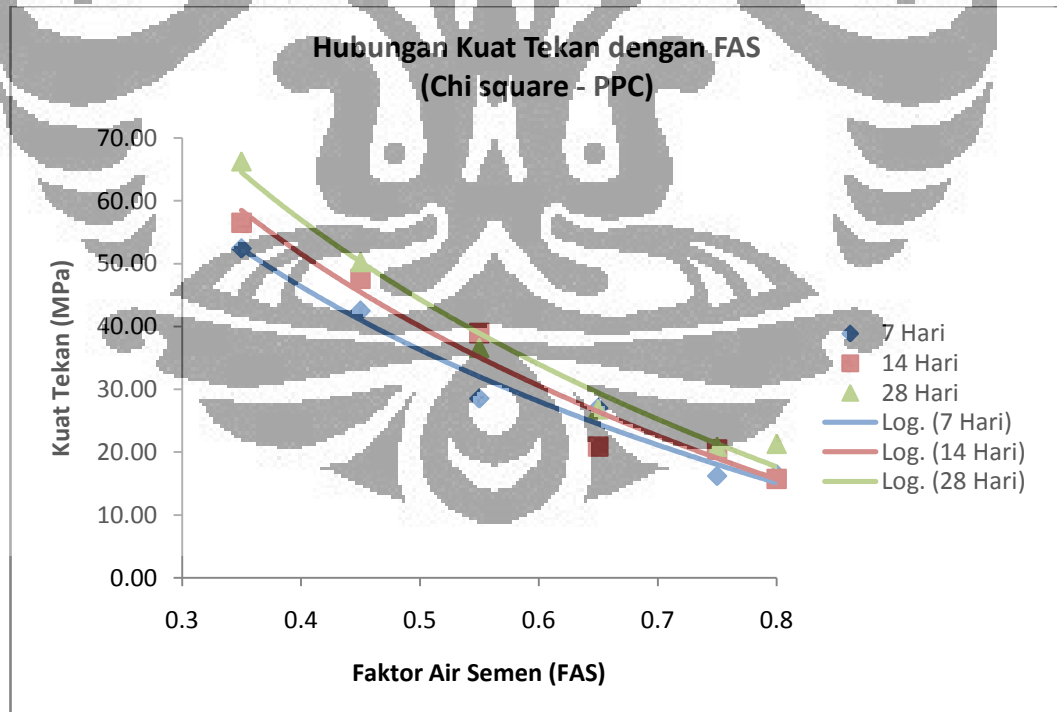
x = Umur beton (hari)

Kedua metode ini menunjukkan pola kenaikan kuat tekan yang serupa. Namun pada FAS 0,65 mengalami perbedaan. Perbedaan ini muncul disebabkan oleh kuat tekan umur hari ke 7 lebih besar daripada umur hari ke 28 pada metode *chi square*, sehingga menyebabkan trend yang muncul pada persamaan logaritmanya menjadi menurun.

## 2. Hubungan Kuat Tekan dengan Faktor Air Semen



Gambar 4. 13 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan FAS (Silinder 10 x 20 cm) berdasarkan metode rata – rata



Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan FAS (Silinder 10 x 20 cm) berdasarkan metode *chi square*

Pada grafik diatas, kondisi kuat tekan terhadap bertambahnya FAS dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Pengolahan data dengan menggunakan rata – rata, persamaan logaritma yang terbentuk pada umur beton hari ke 7, 14, dan 28 mengalami penurunan kuat tekannya seiring dengan kenaikan FAS.
- Pengolahan data dengan metode *chi square*, persamaan logaritma yang terbentuk pada umur beton hari ke 7, 14, dan 28 mengalami penurunan kuat tekannya seiring dengan kenaikan FAS.

Tabel 4. 15 Persamaan Hubungan Kuat Tekan dengan FAS

Umur Beton	Rata – rata		<i>Chi square</i>	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
7 Hari	$y = -43,92\ln(x) + 5,261$	0,9803	$y = -45,01\ln(x) + 5,082$	0,9755
14 Hari	$y = -47,54\ln(x) + 4,652$	0,9442	$y = -51,77\ln(x) + 4,112$	0,9602
28 Hari	$y = -55,34\ln(x) + 4,778$	0,9878	$y = -56,66\ln(x) + 5,031$	0,9826

Keterangan :

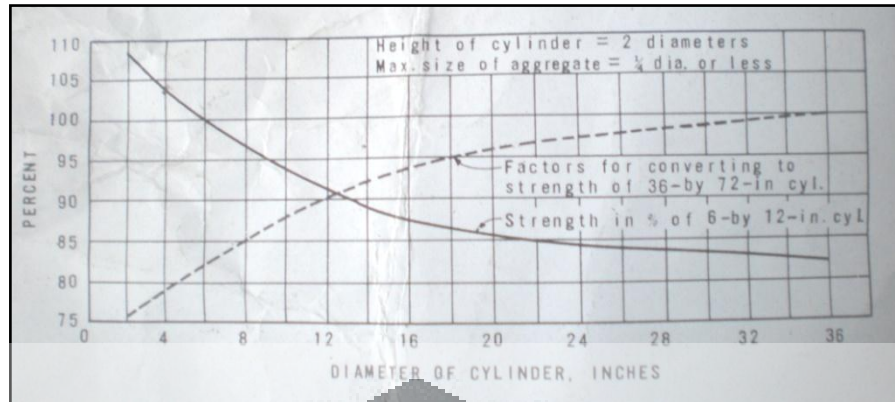
y = Kuat tekan beton (MPa)

x = Faktor air semen

Kedua metode ini menunjukkan pola penurunan kuat tekan yang serupa. Pola penurunan dengan metode *chi square* cenderung lebih tajam dibandingkan dengan metode rata-rata karena koefisien logaritma yang muncul pada metode *chi square* lebih kecil dibandingkan metode rata – rata. Kemudian pada persamaan garis hari ke 7 dan hari ke 14 berhimpit karena pada kuat tekan FAS 0,8 terjadi penyimpangan yaitu kuat tekan hari ke 14 lebih kecil dibandingkan kuat tekan hari ke 7.

### 3. Konversi Silinder 10 x 20 cm ke Silinder 15 x 30 cm

Perhitungan silinder kuat tekan 15 x 30 cm dapat diperoleh dengan mengkonversi kuat tekan 10 x 20 cm dengan mengikuti faktor konversi dalam gambar dibawah ini.



Gambar 4. 15 Konversi Kuat Tekan Berdasarkan Ukuran Silinder Beton  
(Concrete Manual)

Untuk silinder diameter 6 *inch* (15cm), kuat tekan sebesar 100% kemudian untuk silinder diameter 4 *inch* (10cm), kuat tekan berkisar sebesar 104 %, sehingga untuk mengubah hasil kuat tekan dari silinder ukuran 10 x 20 cm ke ukuran silinder 15 x 39 cm menggunakan pembagi 1,04. Berikut ini hasil konversinya.

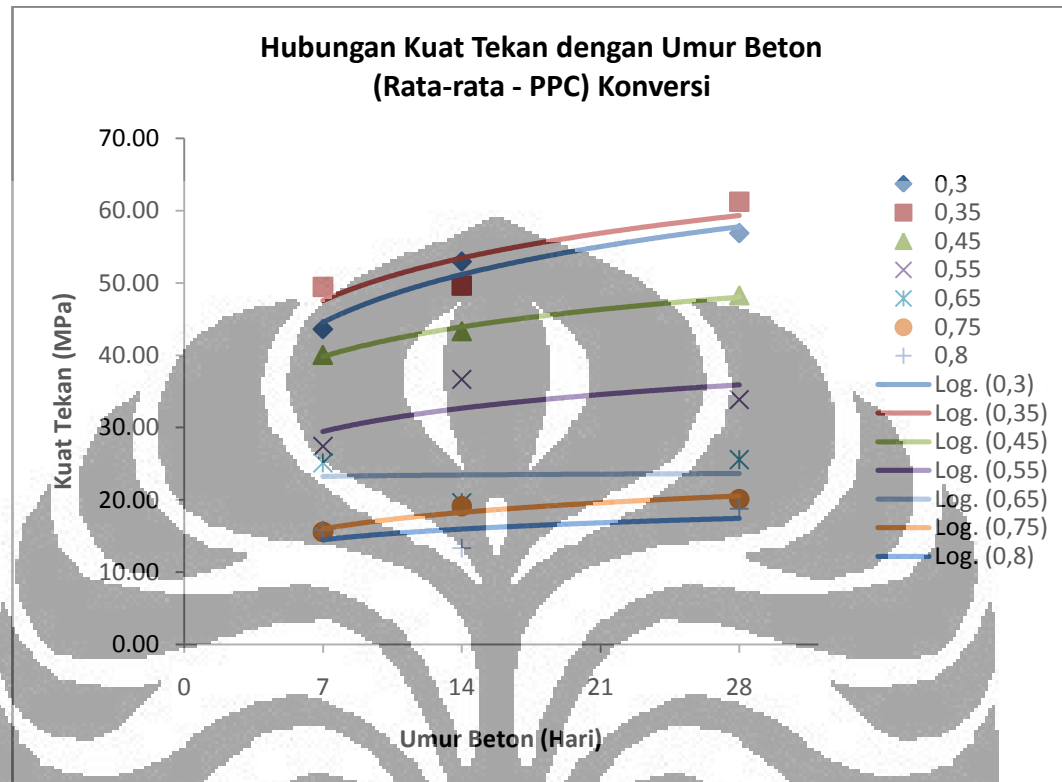
Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Kuat Tekan (MPa) konversi silinder 15 x 30 cm SPP berdasarkan metode rata – rata

FAS	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.3	43.61	52.96	56.87
0.35	49.45	49.63	61.22
0.45	40.08	43.35	48.31
0.55	27.41	36.66	33.88
0.65	25.13	19.62	25.57
0.75	15.56	19.12	20.09
0.8	15.78	13.32	18.77

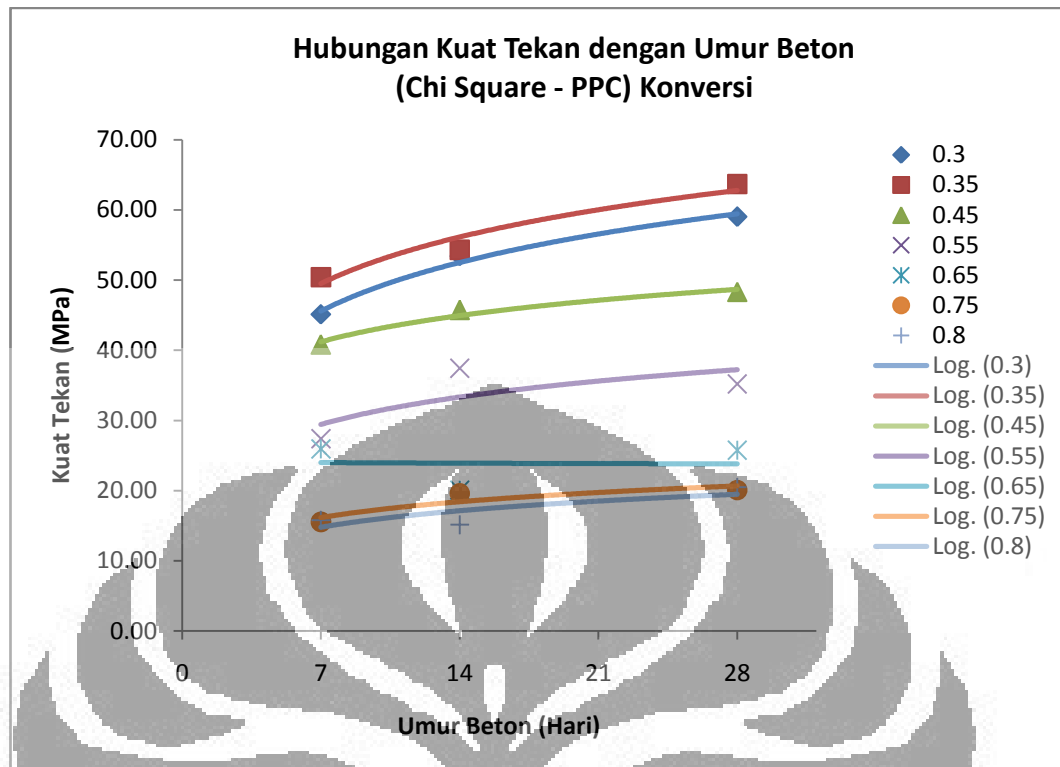
Tabel 4. 17 Hasil Pengujian Kuat Tekan (MPa) konversi silinder 15 x 30 cm SPP berdasarkan metode *Chi square*

FAS	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.3	45.15	53.43	59.02
0.35	50.41	54.33	63.71
0.45	40.83	45.74	48.31
0.55	27.41	37.44	35.21
0.65	25.95	20.09	25.77
0.75	15.56	19.61	20.09
0.8	15.78	15.14	20.49

Grafik berikut menjelaskan hubungan antara kuat tekan dengan umur beton pada kedua metode. Persamaan yang terbentuk menggunakan persamaan logaritma.



Gambar 4. 16 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Umur beton (konversi silinder 10 x 20 cm) berdasarkan metode rata – rata



Gambar 4. 17 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Beton (konversi silinder 10 x 20 cm) berdasarkan metode *chi square*

Tabel 4. 18 Persamaan Hubungan Kuat Tekan dengan Umur Beton konversi silinder 15 x 30 SPP

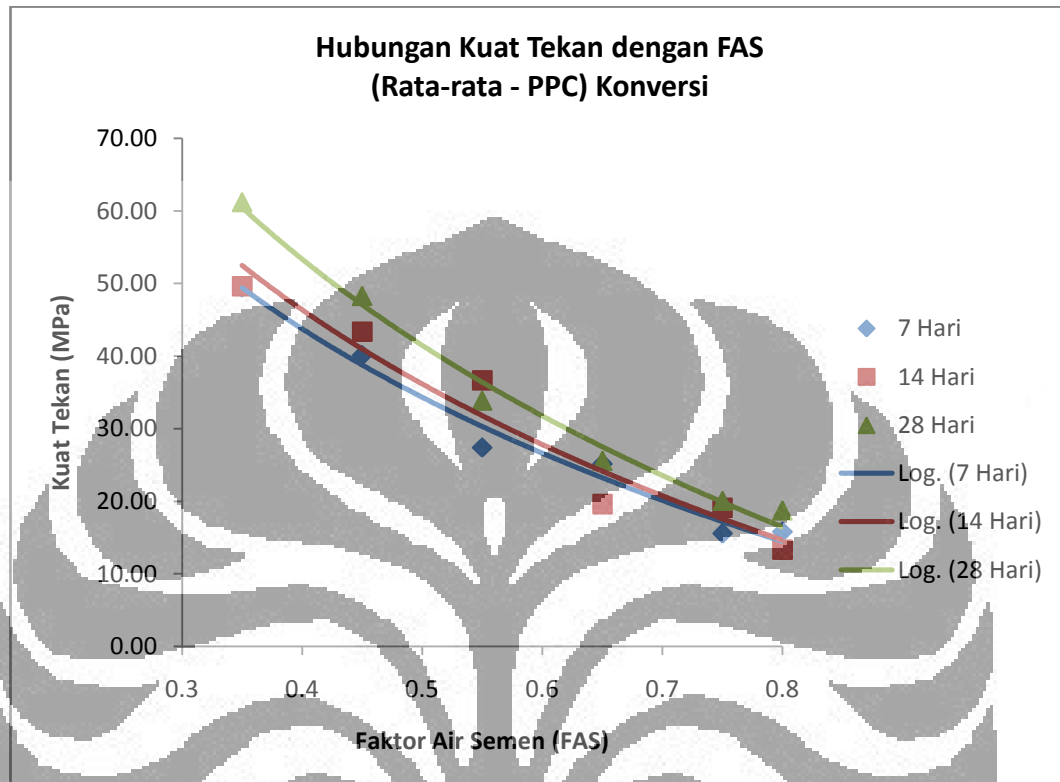
FAS	Rata – Rata		Chi Square	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
0,3	$y = 9.562\ln(x) + 25.91$	0,9469	$y = 10.01\ln(x) + 26.11$	0,9876
0,35	$y = 8.490\ln(x) + 31.03$	0,7612	$y = 9.594\ln(x) + 30.83$	0,9466
0,45	$y = 5.940\ln(x) + 28.23$	0,9861	$y = 5.401\ln(x) + 30.70$	0,9683
0,55	$y = 4.661\ln(x) + 20.34$	0,464	$y = 5.625\ln(x) + 18.51$	0,5484
0,65	$y = 0.317\ln(x) + 22.59$	0,0044	$y = -0.13\ln(x) + 24.28$	0,0008
0,75	$y = -3.270\ln(x) + 9.622$	0,9023	$y = 3.270\ln(x) + 9.787$	0,8284
0,8	$y = 2.150\ln(x) + 10.28$	0,2993	$y = 3.393\ln(x) + 8.182$	0,6491

Keterangan :

y = Kuat tekan beton (MPa)

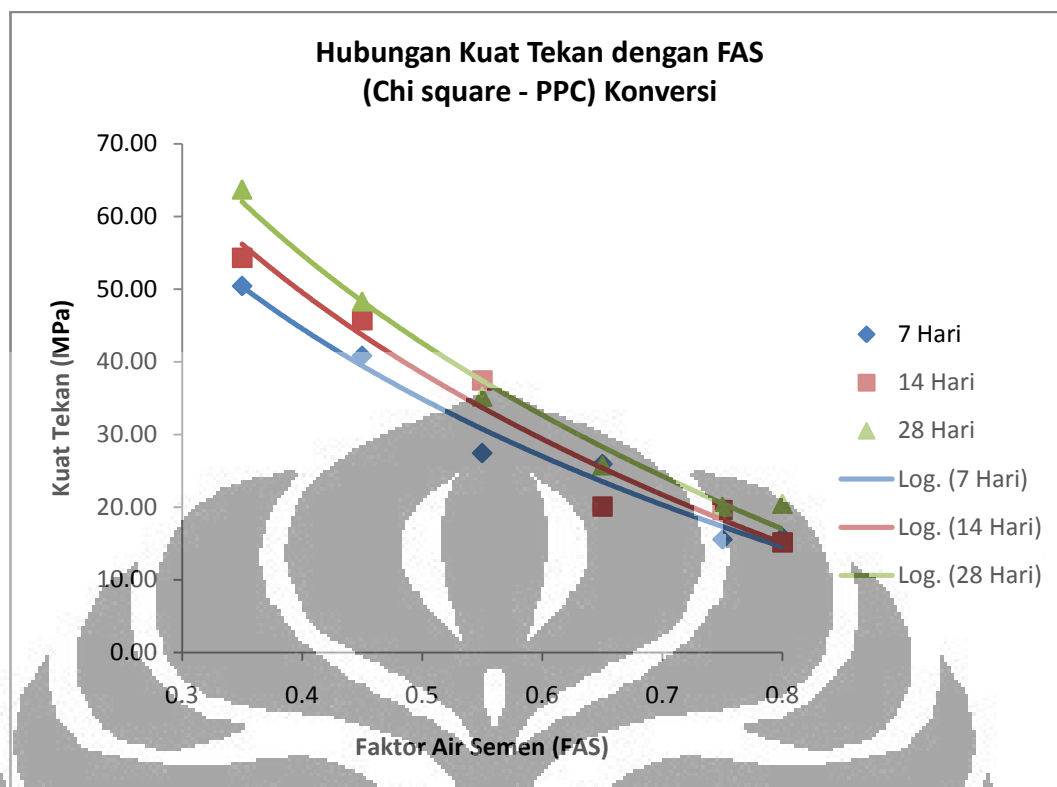
x = Umur beton (hari)

Kemudian pada persamaan berikutnya adalah hubungan antara kuat tekan dengan faktor air semen. Persamaan yang digunakan ialah persamaan logaritma. Berikut ini grafik dan persamaannya.



Gambar 4. 18 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan FAS (konversi silinder 10 x 20 cm) berdasarkan metode rata-rata





Gambar 4. 19 Grafik Hubungan Kuat Tekan dengan FAS (konversi silinder 10 x 20 cm) berdasarkan metode *chi square*

Tabel 4. 19 Persamaan Hubungan Kuat Tekan dengan FAS konversi silinder 15 x 30 SPP

Umur Beton	Rata – rata		<i>Chi square</i>	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
7 Hari	$y = -42,23\ln(x) + 5,059$	0,9803	$y = -43,28\ln(x) + 4,886$	0,9755
14 Hari	$y = -45,71\ln(x) + 4,473$	0,9442	$y = -49,78\ln(x) + 3,9541$	0,9602
28 Hari	$y = -53,21\ln(x) + 4,594$	0,9878	$y = -54,48\ln(x) + 4,8377$	0,9826

Keterangan :

y = Kuat tekan beton (MPa)

x = Faktor air semen

#### 4. Perbandingan Kuat Tekan Hasil Penelitian Lain

Pada penelitian sebelumnya “Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Semen Portland Komposit dan Semen Portland Pozzolan” telah dilakukan pengujian kuat tekan terhadap silinder ukuran 15 x 30 cm. Berikut ini tabel pengujian penelitian dengan hasil pengujian kuat tekan dengan konversi dari silinder ukuran 10 x 20 cm ke silinder ukuran 15 x 30 cm.

Tabel 4. 20 Hasil Pengujian Kuat Tekan (MPa) penelitian kuat tekan Silinder 15 x 30 cm SPP

FAS	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.3	399.80	458.65	556.83
0.35	384.23	446.48	482.13
0.45	250.69	284.92	378.01
0.55	195.51	236.54	237.39
0.65	155.62	179.31	191.27
0.75	89.13	103.56	147.70
0.8	73.59	79.22	99.03

Tabel 4. 21 Hasil Pengujian Kuat Tekan (MPa) konversi Silinder 15 x 30 cm SPP

FAS	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.3	444.59	539.87	579.72
0.35	504.13	505.92	624.11
0.45	408.54	441.89	492.49
0.55	279.46	373.71	345.33
0.65	256.13	199.96	260.61
0.75	158.58	194.86	204.80
0.8	160.90	135.82	191.29

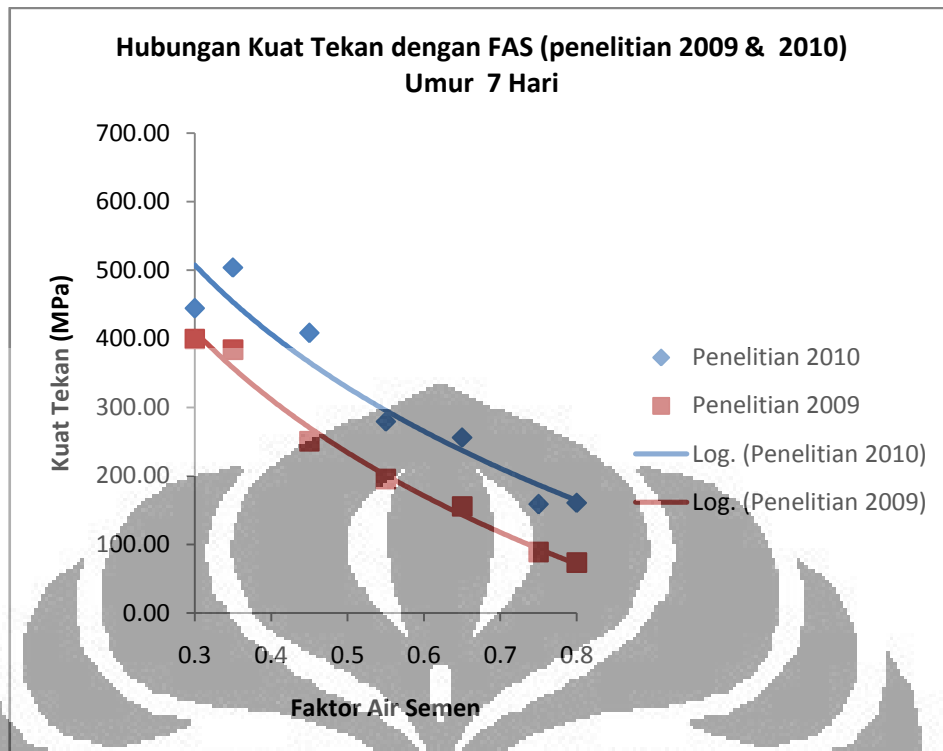
Kemudian dari kedua hasil tersebut dibandingkan dan didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4. 22 Perbandingan Penelitian terakhir dengan penelitian kuat tekan

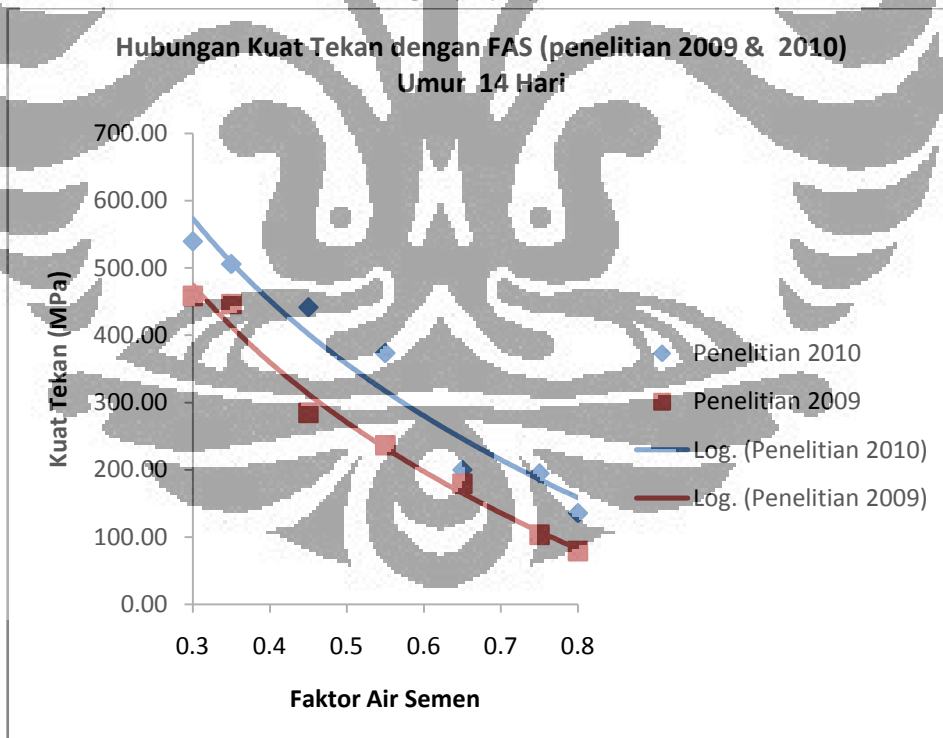
FAS	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.3	1.11	1.18	1.04
0.35	1.31	1.13	1.29
0.45	1.63	1.55	1.30
0.55	1.43	1.58	1.45
0.65	1.65	1.12	1.36
0.75	1.78	1.88	1.39
0.8	2.19	1.71	1.93

Berdasarkan tabel diatas, menunjukkan bahwa besar kuat tekan hasil pengujian penelitian yang dilakukan lebih besar dari hasil penelitian sebelumnya. Hubungan ini kemudian digambarkan dalam sebuah grafik dan keduanya didekati dengan persamaan linier, hasilnya sebagai berikut.

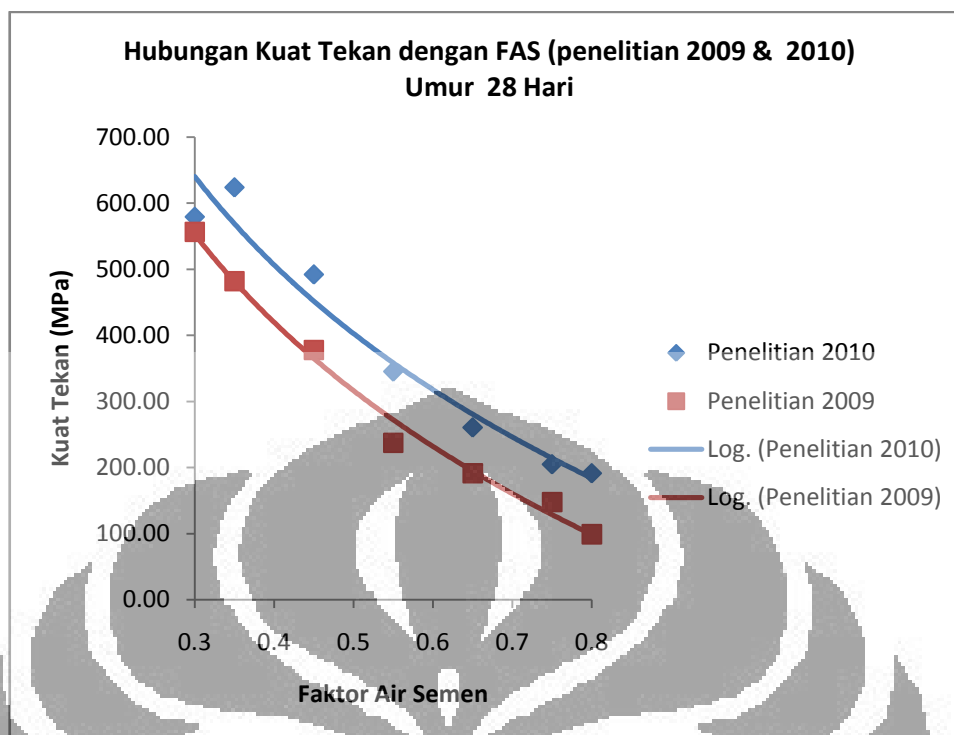




Gambar 4. 21 Hubungan Kuat Tekan dengan FAS (penelitian 2009 & 2010)  
Umur 7 hari



Gambar 4. 22 Hubungan Kuat Tekan dengan FAS (penelitian 2009 & 2010)  
Umur 14 hari



Gambar 4. 23 Hubungan Kuat Tekan dengan FAS (penelitian 2009 & 2010) Umur 28 hari

Kenaikan yang ditunjukkan oleh kedua penelitian memiliki pola yang serupa. Hal ini menunjukkan penelitian ini memiliki kemiripan dalam hasil yang didapat. Berikut ini persamaan yang didapat:

Tabel 4. 24 Hubungan kuat tekan penelitian 2009 dengan penelitian 2010

Umur Beton	Penelitian 2009		Penelitian 2010	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
7 Hari	$y = -346\ln(x) - 5,7437$	0,9861	$y = -350\ln(x) + 86,469$	0,9143
14 Hari	$y = -400,2\ln(x) - 6,9588$	0,9829	$y = -423,1\ln(x) + 64,191$	0,9461
28 Hari	$y = -462,9\ln(x) - 4,7637$	0,9904	$y = -465,2\ln(x) + 80,323$	0,9529

Keterangan :

y = Kuat tekan beton (MPa)

x = Faktor air semen

Berdasarkan persamaan diatas, koefisien pengali dari variabel  $\ln(x)$  menunjukkan hasil yang tidak berbeda jauh. Selain itu sebaran data yang ada terhadap persamaan garis memiliki keakuratan yang bagus berkisar 0,91 – 0,96.

Kemudian berdasarkan properti materialnya dibandingkan hasilnya sebagai berikut:

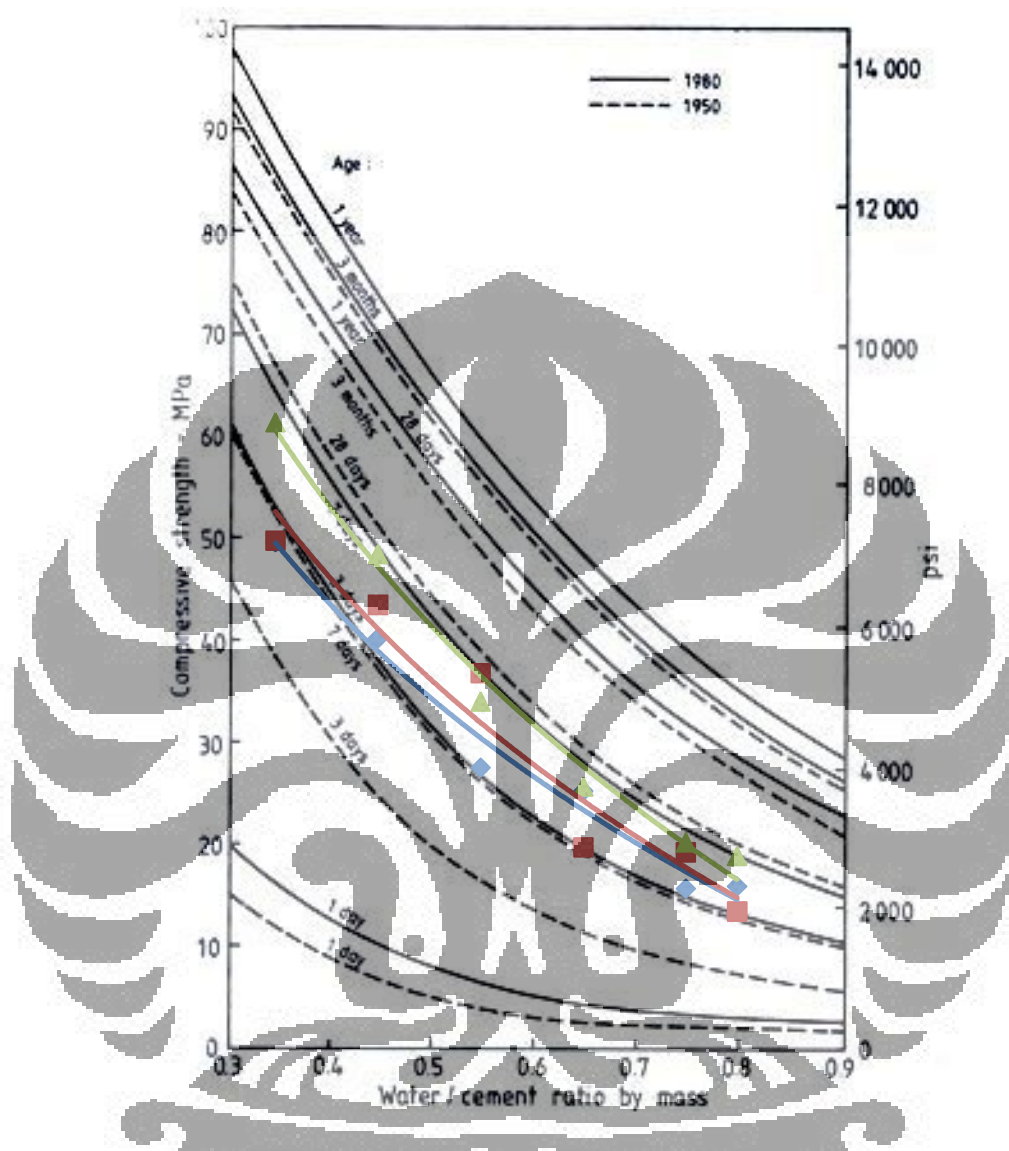
Tabel 4. 25 Perbandingan property material penelitian 2009 dengan penelitian 2010

Properti Material	Penelitian 2009	Penelitian 2010
Agregat Halus		
SSD Spesific Gravity	2,294	2,545
Fine Modulus	2,589	2,749
Kadar Organik	No. 3	No. 3
Kadar lumpur	3,0	1,4
Agregat Kasar		
SSD Spesific Gravity	2,594	2,593

Sehingga terlihat dari tabel diatas terlihat perbedaan properti material dari keduanya. *SSD Spesific Gravity* penelitian 2009 berbeda sebesar 9.86% penelitian 2010, hal ini menyebabkan kebutuhan pasir yang digunakan lebih besar (dalam satuan berat). Nilai FM berbeda (lebih kecil) sehingga berpengaruh dalam mengoreksi untuk volume kebutuhan pasirnya, dalam hal ini menambah volumenya. Kandungan lumpur yang terkandung pada penelitian 2009 lebih banyak dibandingkan dengan penelitian terakhir, sehingga dapat menurunkan kekuatan beton. Untuk agregat kasar dan kadar organik pada agregat halus menunjukkan hasil yang sama.

Selain itu, penelitian ini dibandingkan dengan *Concrete Society Technical Report No. 29* dan SNI 03-2834-1993. Pada *Concrete Society Technical Report No. 29* menggunakan *Ordinary Portland Cement* pada tahun produksi yang berbeda yaitu 1950 dan 1980. Hasil yang ditunjukkan dari perbandingan kedua grafik ini adalah kuat tekan untuk 28 hari penelitian 2010 lebih rendah dibandingkan dengan penelitian 1950 dan 1980, namun untuk kuat tekan 7 hari penelitian 2010 lebih besar sedikit

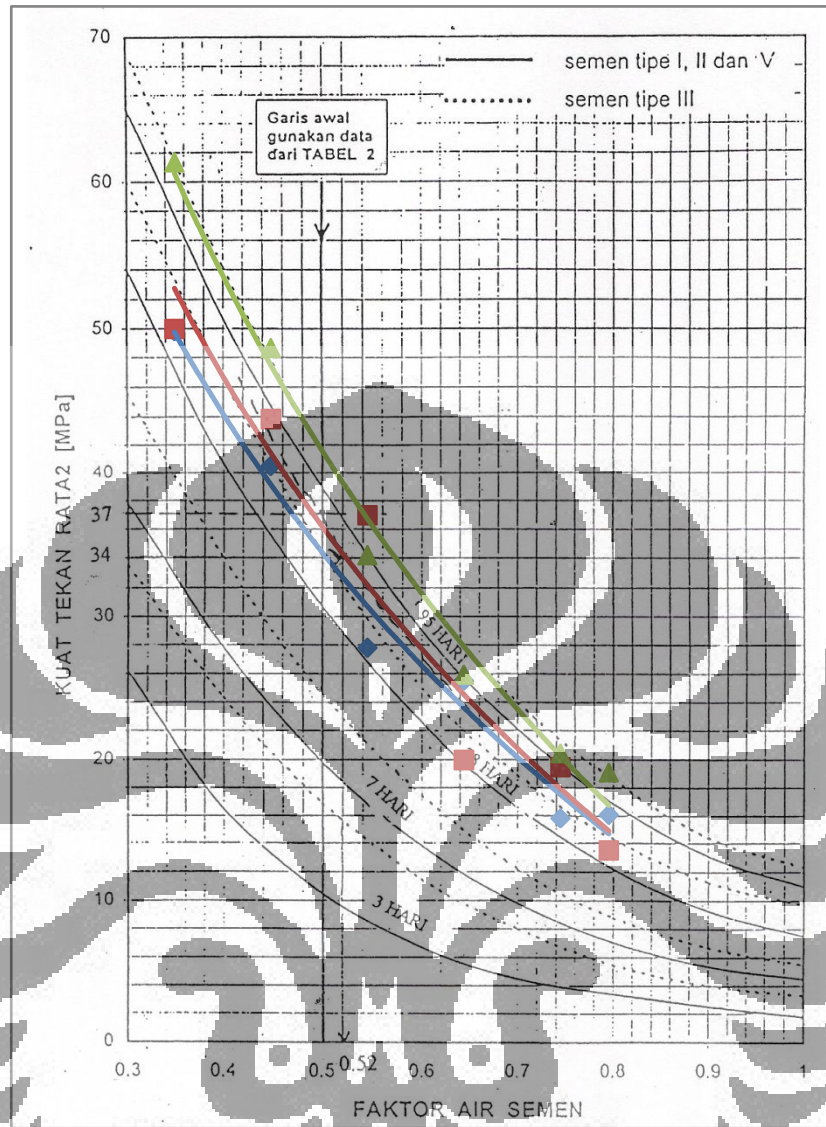
dari tahun 1950 dan lebih kecil dari 1980. Perbandingan kedua grafik tersebut ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. 24 Perbandingan antara grafik penelitian 2010 dan penelitian 1950 serta 1980

(Concrete Society Technical Report No. 29; 1986)

Kemudian pada SNI 03-2834-1993 menggunakan tipe semen yang berbeda semen tipe I, II, V dan tipe III. Hasil menunjukkan penelitian 2010 lebih tinggi kuat tekan yang didapatkan dari grafik SNI tetapi pola persamaan garisnya menunjukkan kemiripan. Berikut grafik perbandingannya.



Gambar 4.25 Perbandingan antara grafik penelitian 2010 dan grafik pada SNI 03-2834-1993

#### 4.3.3 Kuat Tarik Belah

Pengujian kuat tarik belah dalam penelitian ini menggunakan benda uji silinder 15 x 30 cm. Standar yang digunakan adalah ASTM C 496. Kuat tarik belah yang ditinjau ialah pengujian pada hari ke 7, 14, 28. Hasilnya seperti ditampilkan pada tabel dibawah ini :



Tabel 4. 26 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah (MPa) Silinder 15 x 30 cm SPP berdasarkan metode Rata-rata

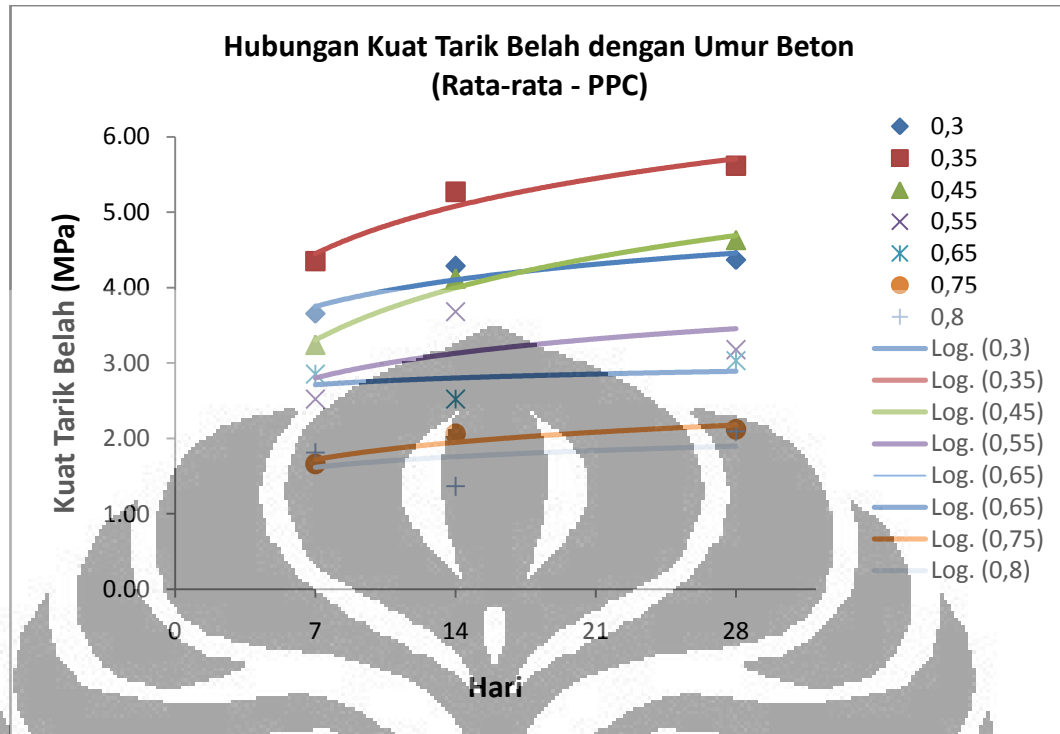
FAS	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.3	3.66	4.29	4.37
0.35	4.35	5.27	5.62
0.45	3.24	4.12	4.63
0.55	2.52	3.68	3.18
0.65	2.85	2.52	3.03
0.75	1.66	2.06	2.12
0.8	1.81	1.36	2.09

Tabel 4. 27. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah (MPa) Silinder 15 x 30 cm SPP berdasarkan metode *Chi square*

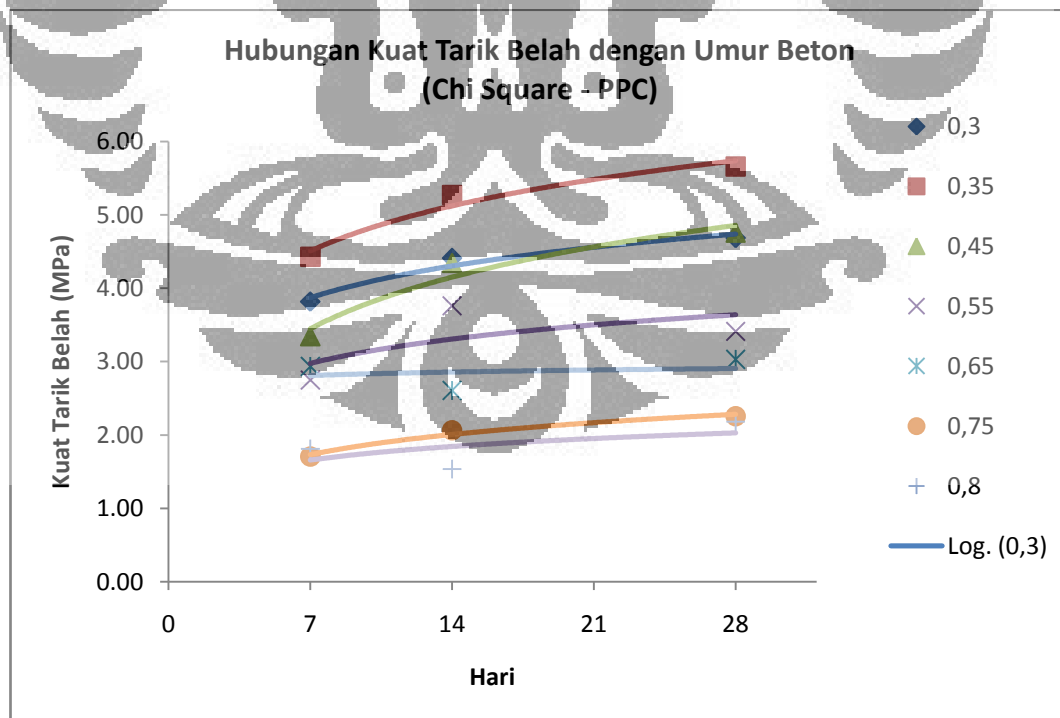
FAS	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.3	3.82	4.41	4.68
0.35	4.43	5.27	5.66
0.45	3.35	4.35	4.76
0.55	2.75	3.76	3.41
0.65	2.94	2.61	3.03
0.75	1.71	2.06	2.25
0.8	1.81	1.54	2.18

Tabel diatas memiliki perbedaan hasil pengujian kuat tarik belah dari kedua metode. Metode rata - rata menggunakan hasil sampel yang memiliki perbedaan (%) kurang dari 14% berdasarkan ASTM C 496. Untuk metode *chi square* digunakan batas atas dan batas bawah dengan tingkat kepercayaan 95%. Berdasarkan kedua metode ini memunculkan perbedaan hasil yang tidak terlalu jauh. Namun kecenderungan data yang didapatkan metode *chi square* memiliki hasil yang lebih besar dari metode rata – rata. Hal ini disebabkan data yang terseleksi pada metode *chi square* diatas batas bawah dan nilai yang terbesar dari keseluruhan data masih dibawah batas atas. Sedangkan untuk metode rata – rata data yang diambil ialah penyimpangan dibawah standar yaitu 14%, sehingga nilai yang lebih besar dan lebih kecil dari rata – rata kelompok data dengan penyimpangan lebih dari 14% akan terbang.

## 1. Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Umur Beton



Gambar 4. 26 Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Umur Beton (Silinder 15 x 30 cm) berdasarkan metode rata – rata



Gambar 4. 27 Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Umur Beton (Silinder 15 x 30 cm) berdasarkan metode *chi square*

Pada grafik diatas, kondisi kuat tarik belah terhadap bertambahnya umur beton dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Pengolahan data dengan menggunakan rata – rata, persamaan logaritma yang terbentuk pada semua FAS mengalami kenaikan kuat tarik belahnya seiring dengan penambahan umur beton.
- Pengolahan data dengan metode *chi square*, persamaan logaritma yang terbentuk pada semua FAS mengalami kenaikan kenaikan kuat tarik belah seiring dengan penambahan umur beton.

Tabel 4. 28 Persamaan Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Umur Beton

FAS	Rata – Rata		Chi Square	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
0,3	$y = 0.513\ln(x) + 2.746$	0,8353	$y = 0.624\ln(x) + 2.656$	0,9574
0,35	$y = 0.912\ln(x) + 2.672$	0,9358	$y = 0.888\ln(x) + 2.777$	0,9571
0,45	$y = 1.002\ln(x) + 1.353$	0,9772	$y = 1.018\ln(x) + 1.465$	0,9454
0,55	$y = 0.473\ln(x) + 1.879$	0,3182	$y = 0.478\ln(x) + 2.044$	0,4158
0,65	$y = 0.128\ln(x) + 2.463$	0,1189	$y = 0.069\ln(x) + 2.676$	0,046
0,75	$y = 0.3308\ln(x) + 1,076$	0,8403	$y = 0.396\ln(x) + 0.964$	0,9695
0,8	$y = 0,2046\ln(x) + 1,217$	0,1486	$y = 0.266\ln(x) + 1.139$	0,3256

Keterangan :

y = Kuat tarik belah beton (MPa)

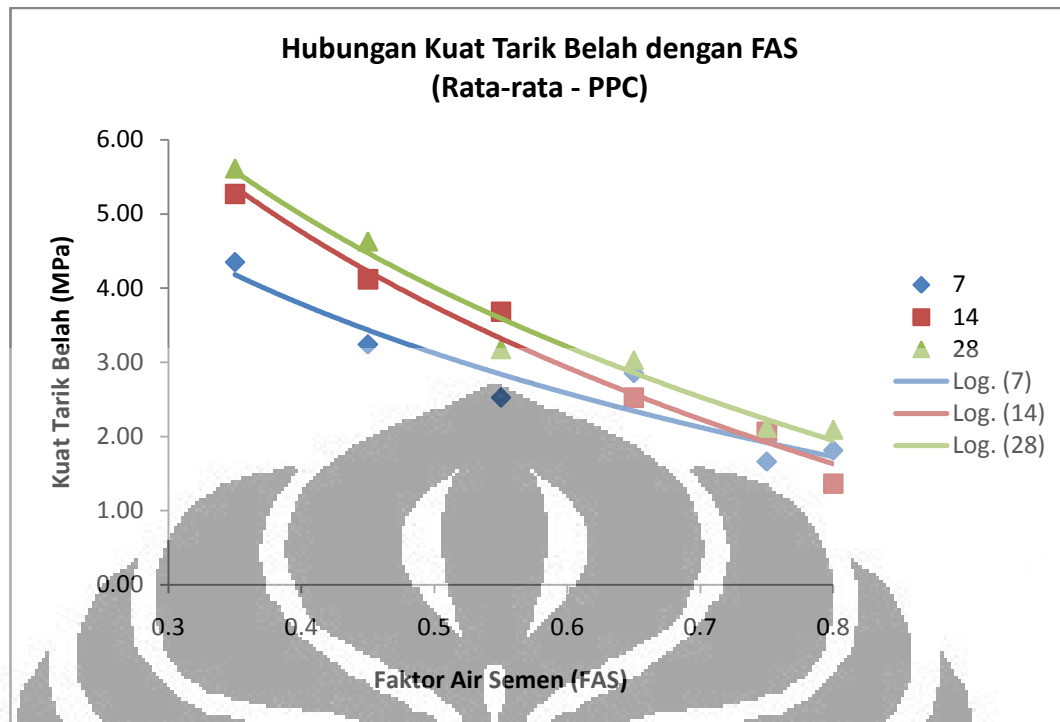
x = Umur beton (hari)

Kedua metode ini menunjukkan pola kenaikan kuat tekan yang serupa. Namun pada beberapa FAS ada beberapa persamaan garisnya terlalu dekat atau berpotongan. Hal ini disebabkan sebagai berikut :

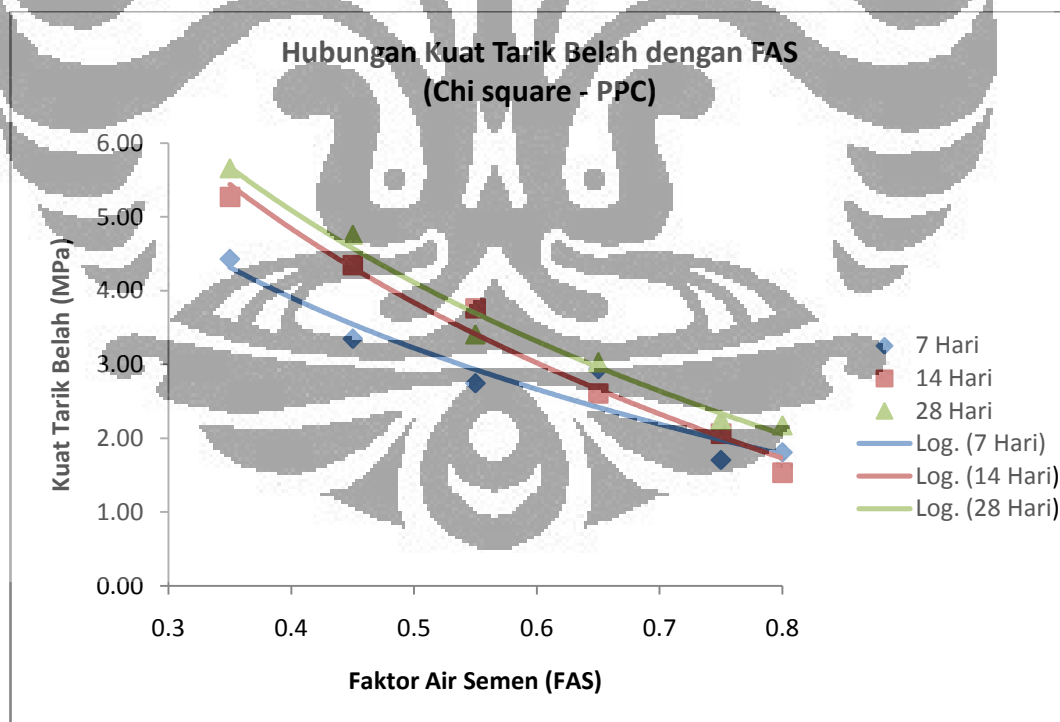
- FAS 0,3 dengan FAS 0,45 persamaan garisnya berpotongan satu sama lain. Hal ini dikarenakan kuat tarik belah pada hari ke 28 FAS 0,45 lebih besar daripada FAS 0,3.
- FAS 0,55 dengan FAS 0,65 pada umur hari ke 7 kuat tarik belahnya terlalu berdekatan.

## 2. Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Faktor Air Semen

Universitas Indonesia



Gambar 4. 28 Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah dengan FAS (Silinder 15 x 30 cm) berdasarkan metode rata – rata



Gambar 4. 29 Grafik Hubungan Kuat Tarik Belah dengan FAS (Silinder 15 x 30 cm) berdasarkan metode *chi square*

Pada grafik diatas, kondisi kuat tekan terhadap bertambahnya FAS dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Pengolahan data dengan menggunakan rata – rata, persamaan logaritma yang terbentuk pada umur beton hari ke 7, 14, dan 28 mengalami penurunan kuat tarik belahnya seiring dengan kenaikan FAS.
- Pengolahan data dengan metode *chi square*, persamaan logaritma yang terbentuk pada umur beton hari ke 7, 14, dan 28 mengalami penurunan kuat tekannya seiring dengan kenaikan FAS.

Tabel 4. 29 Persamaan Hubungan Kuat Tarik Belah dengan FAS

Umur Beton	Rata – rata		<i>Chi square</i>	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
7 Hari	$y = -2,971\ln(x) + 1,0627$	0,8989	$y = -3,065\ln(x) + 1,0992$	0,9168
14 Hari	$y = -4,514\ln(x) + 0,6223$	0,9768	$y = -4,486\ln(x) + 0,7314$	0,9811
28 Hari	$y = -4,389\ln(x) + 0,9668$	0,9738	$y = -4,375\ln(x) + 1,079$	0,9854

Keterangan :

y = Kuat tarik belah beton (MPa)

x = Faktor air semen

Kedua metode ini menunjukkan pola penurunan kuat tarik belah yang serupa. Pola penurunan dengan metode *chi square* cenderung lebih tajam dibandingkan dengan metode rata-rata karena koefisien logaritma yang muncul pada metode *chi square* lebih kecil dibandingkan metode rata – rata. Kemudian pada persamaan garis hari ke 7 dan hari ke 14 berhimpit karena pada kuat tekan FAS 0,8 terjadi penyimpangan yaitu kuat tekan hari ke 14 lebih kecil dibandingkan kuat tekan hari ke 7.

#### 4.3.4 Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur dalam penelitian ini menggunakan benda uji balok 15 x 15 x 60 cm. Standar yang digunakan adalah ASTM C 78. Kuat lentur yang ditinjau ialah pengujian pada hari ke 7, 14, 28. Hasilnya seperti ditampilkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 30. Hasil Pengujian Kuat Lentur (MPa) Balok 15 x 15 x 60 cm SPP berdasarkan metode Rata-rata

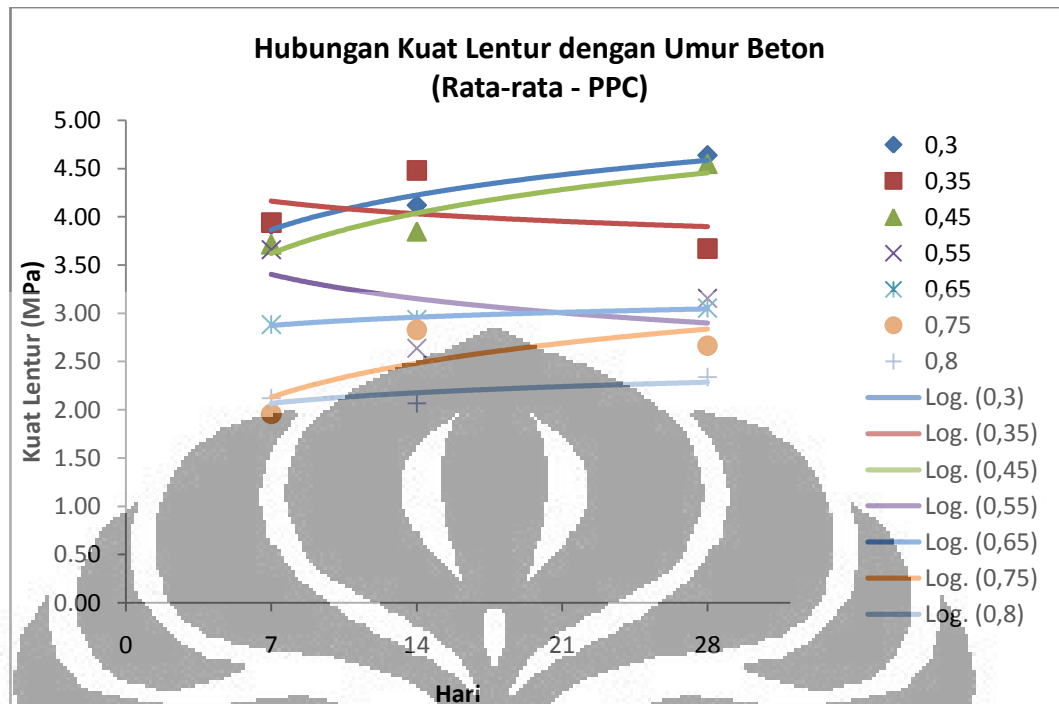
FAS	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.3	3.92	4.12	4.64
0.35	3.94	4.48	3.67
0.45	3.72	3.85	4.55
0.55	3.66	2.64	3.16
0.65	2.88	2.94	3.06
0.75	1.96	2.83	2.67
0.8	2.12	2.07	2.34

Tabel 4. 31 Hasil Pengujian Kuat Lentur (MPa) Balok 15 x 15 x 60 cm SPP berdasarkan metode *Chi square*

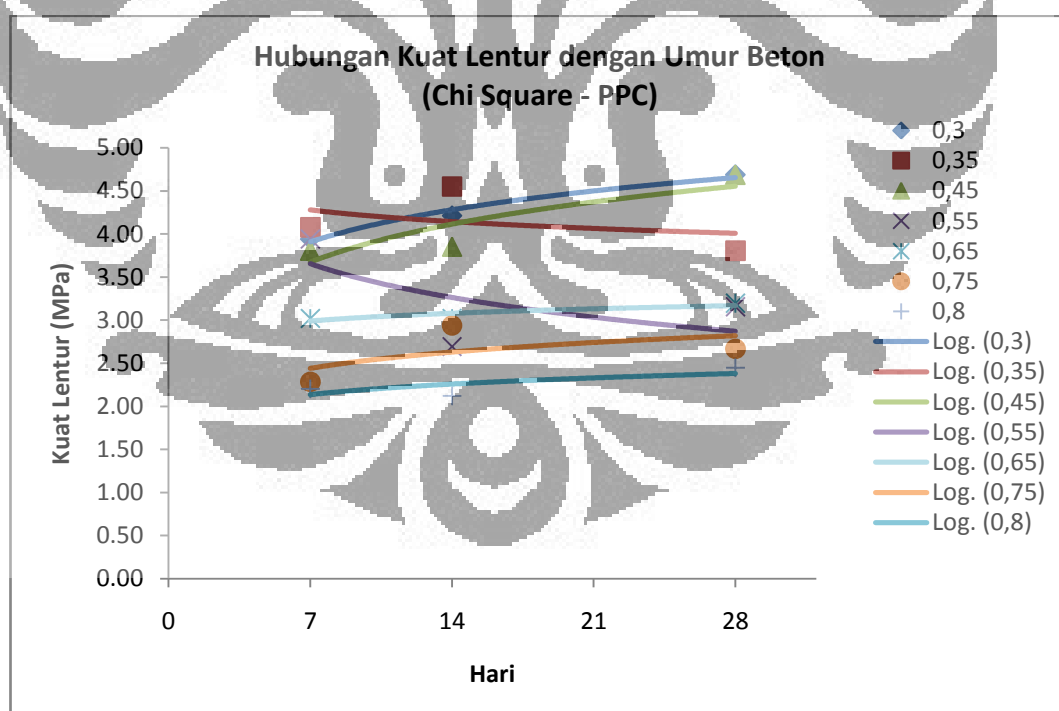
FAS	7 Hari	14 Hari	28 Hari
0.3	3.94	4.21	4.69
0.35	4.08	4.55	3.81
0.45	3.81	3.85	4.69
0.55	3.94	2.69	3.16
0.65	3.02	3.02	3.20
0.75	2.29	2.94	2.67
0.8	2.20	2.12	2.45

Tabel diatas memiliki perbedaan hasil pengujian kuat lentur dari kedua metode. Metode rata - rata menggunakan hasil sampel yang memiliki perbedaan (%) kurang dari 16% berdasarkan ASTM C 496. Untuk metode *chi square* digunakan batas atas dan batas bawah dengan tingkat kepercayaan 95%. Berdasarkan kedua metode ini memunculkan perbedaan hasil yang tidak terlalu jauh. Namun kecenderungan data yang didapatkan metode *chi square* memiliki hasil yang lebih besar dari metode rata – rata. Hal ini disebabkan data yang terseleksi pada metode *chi square* diatas batas bawah dan nilai yang terbesar dari keseluruhan data masih dibawah batas atas. Sedangkan untuk metode rata – rata data yang diambil ialah penyimpangan dibawah standar yaitu 16%, sehingga nilai yang lebih besar dan lebih kecil dari rata – rata kelompok data dengan penyimpangan lebih dari 16% akan terbuang.

## 1. Hubungan Kuat Lentur dengan Umur Beton



Gambar 4. 30 Grafik Hubungan Kuat Lentur dengan Umur Beton  
(Balok 15 x 15 x 60 cm) berdasarkan metode rata - rata



Gambar 4. 31 Grafik Hubungan Kuat Lentur dengan Umur Beton  
(Balok 15 x 15 x 60 cm) berdasarkan metode *chi square*

Pada grafik diatas, kondisi kuat lentur terhadap bertambahnya umur beton dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Pengolahan data dengan menggunakan rata – rata, persamaan logaritma yang terbentuk pada hamper semua FAS mengalami kenaikan kuat lenturnya seiring dengan penambahan umur beton. Namun pengecualian untuk FAS 0,35 dan 0,55 mengalami penurunan.
- Pengolahan data dengan metode *chi square*, persamaan logaritma yang terbentuk pada hampir semua FAS mengalami kenaikan kuat lenturnya seiring dengan penambahan umur beton. Namun pengecualian untuk FAS 0,35 dan 0,55 mengalami penurunan.

Tabel 4. 32 Persamaan Hubungan Kuat Lentur dengan Umur Beton

FAS	Rata – Rata		Chi Square	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
0,3	$y = 0.520\ln(x) + 2.853$	0,94	$y = 0.537\ln(x) + 2.863$	0,9758
0,35	$y = -0.19\ln(x) + 4.542$	0,1056	$y = -0.195\ln(x) + 4.659$	0,129
0,45	$y = 0.601\ln(x) + 2.450$	0,8679	$y = 0.634\ln(x) + 2.440$	0,7884
0,55	$y = -0.36\ln(x) + 4.114$	0,2444	$y = -0.566\ln(x) + 4.758$	0,3874
0,65	$y = 0.123\ln(x) + 2.632$	0,9572	$y = 0.127\ln(x) + 2.744$	0,75
0,75	$y = 0.510\ln(x) + 1.138$	0,5841	$y = 0.275\ln(x) + 1.905$	0,3372
0,8	$y = 0.157\ln(x) + 1.762$	0,5714	$y = 0.177\ln(x) + 1.792$	0,5192

Keterangan :

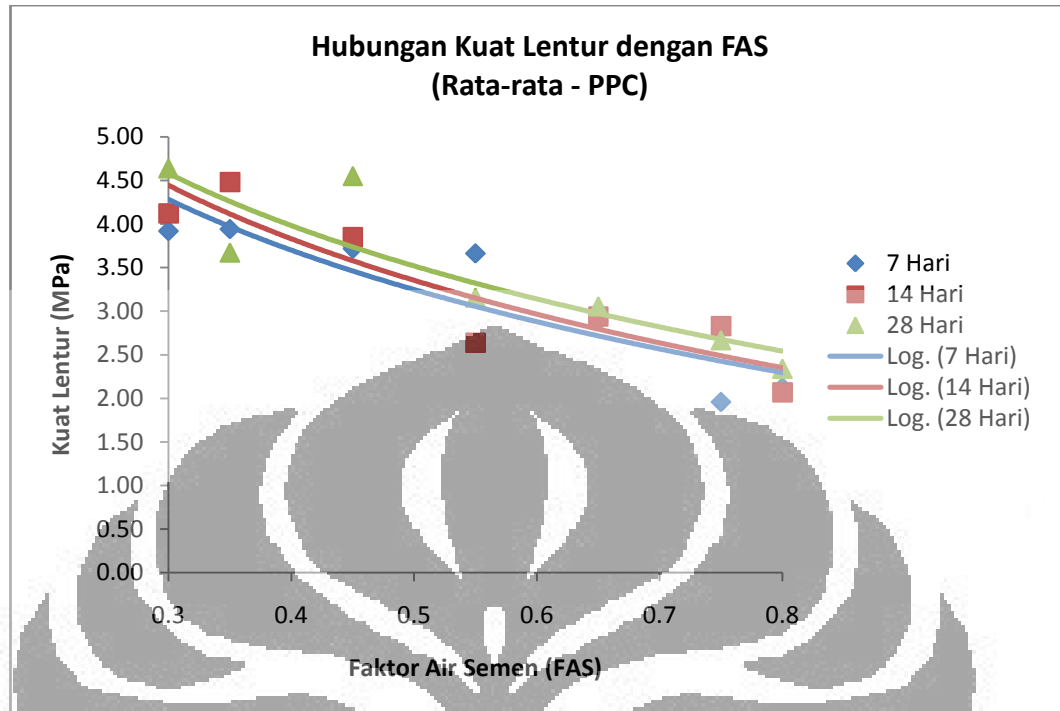
y = Kuat tarik lentur beton (MPa)

x = Umur beton (hari)

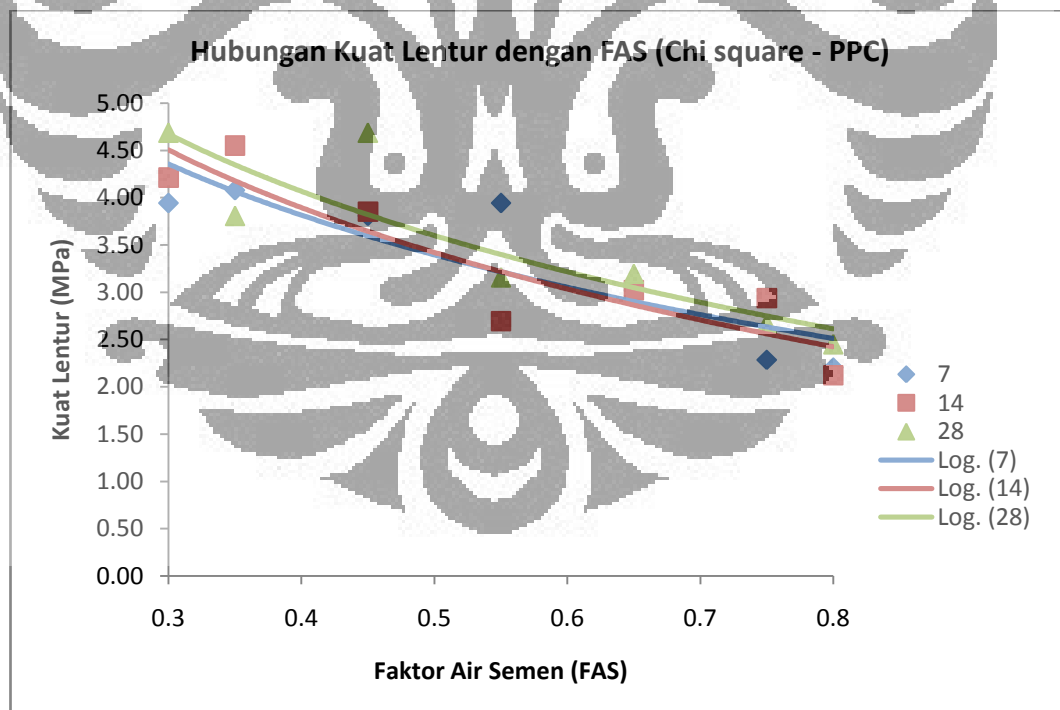
Kedua metode ini menunjukkan pola kenaikan kuat tekan yang serupa. Namun pada FAS 0,35 dan 0,55 persamaan garisnya menurun. Hal ini disebabkan besar kuat lentur pada hari ke 7 lebih besar dibandingkan dengan hari ke 28.



## 2. Hubungan Kuat Lentur dengan Faktor Air Semen



Gambar 4. 32 Grafik Hubungan Kuat Lentur dengan FAS (Balok 15 x 15 x 60 cm) berdasarkan metode rata-rata



Gambar 4. 33 Grafik Hubungan Kuat Lentur dengan FAS (Balok 15 x 15 x 60 cm) berdasarkan metode *chi square*

Pada grafik diatas, kondisi kuat lentur terhadap bertambahnya FAS dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Pengolahan data dengan menggunakan rata – rata, persamaan logaritma yang terbentuk pada umur beton hari ke 7, 14, dan 28 mengalami penurunan kuat tarik belahnya seiring dengan kenaikan FAS.
- Pengolahan data dengan metode *chi square*, persamaan logaritma yang terbentuk pada umur beton hari ke 7, 14, dan 28 mengalami penurunan kuat tekannya seiring dengan kenaikan FAS.

Tabel 4.33 Persamaan Hubungan Kuat Lentur dengan FAS

Umur Beton	Rata – rata		<i>Chi square</i>	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
7 Hari	$y = -2.02\ln(x) + 1.843$	0,8058	$y = -1.88\ln(x) + 2.092$	0,7561
14 Hari	$y = -2.13\ln(x) + 1.875$	0,8308	$y = -2.12\ln(x) + 1.947$	0,8278
28 Hari	$y = -2.08\ln(x) + 2.077$	0,7728	$y = -2.09\ln(x) + 2.144$	0,9854

Keterangan :

y = Kuat tekan beton (MPa)

x = Faktor air semen

Kedua metode ini menunjukkan pola penurunan kuat tekan yang serupa. Namun pada metode *chi square* persamaan garis antara hari ke 14 berpotongan dengan hari ke 7. Hal ini disebabkan oleh koefisien dari persamaan logaritma hari ke 7 lebih besar dari hari ke 14.

#### 4.3.5 Persentase Kuat Beton Terhadap Umur Beton

Berdasarkan pembahasan sebelumnya terlihat bahwa bertambahnya umur beton beriringan dengan kenaikan kekuatan betonnya. Seperti data yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 34 Persentase kuat tekan beton terhadap umur beton

FAS	Rata-rata (%)			Chi square (%)		
	7	14	28	7	14	28
0,30	76,69	93,13	100,00	76,49	90,52	100,00
0,35	80,78	81,06	100,00	79,12	85,27	100,00
0,45	82,95	89,72	100,00	84,50	94,68	100,00
0,55	80,92	108,22	100,00	77,85	106,33	100,00
0,65	98,28	76,73	100,00	100,71	77,97	100,00
0,75	77,43	95,15	100,00	77,43	97,61	100,00
0,80	84,11	71,00	100,00	77,04	73,90	100,00

Tabel 4. 35 Persentase kuat tarik belah beton terhadap umur beton

FAS	Rata-rata (%)			Chi square (%)		
	7	14	28	7	14	28
0,30	83,69	98,12	100,00	81,52	94,13	100,00
0,35	77,49	93,85	100,00	78,26	93,11	100,00
0,45	70,00	88,97	100,00	70,35	91,34	100,00
0,55	79,36	115,84	100,00	80,57	110,23	100,00
0,65	94,14	83,24	100,00	96,86	86,04	100,00
0,75	78,38	97,35	100,00	75,66	91,57	100,00
0,80	86,46	65,16	100,00	83,06	70,42	100,00

Tabel 4. 36 Persentase kuat lentur beton terhadap umur beton

FAS	Rata-rata (%)			Chi square (%)		
	7	14	28	7	14	28
0,30	84,45	88,82	100,00	84,12	89,89	100,00
0,35	107,29	122,03	100,00	107,11	119,55	100,00
0,45	81,66	84,64	100,00	81,23	82,19	100,00
0,55	116,01	83,62	100,00	124,87	85,35	100,00
0,65	94,38	96,16	100,00	94,50	94,50	100,00
0,75	73,47	106,12	100,00	85,71	110,20	100,00
0,80	90,70	88,37	100,00	90,00	86,67	100,00

Melihat hasil diatas, persentase kekuatan beton terhadap umur 28 hari pada beberapa data umur ke 7 dan ke 14 lebih besar terhadap 28 hari seperti salah satu contohnya pada kuat tekan FAS 0,65. Penyebabnya dapat berupa kondisi material yang tidak seragam, pemadatan yang kurang sempurna dan lainnya. Untuk lebih jelasnya akan dibahas pada sub-sub-sub bab berikutnya. Namun secara umum persentase kenaikan kuat tekan, tarik belah dan lentur tidak mengalami kenaikan yang signifikan pada umur 7 hari ke 14 hari dan 14 hari ke 28 hari dibandingkan dengan 0 hari ke 7 hari.

#### 4.3.6 Penyimpangan Hasil Pengujian Kuat Tekan, Tarik Belah dan Lentur

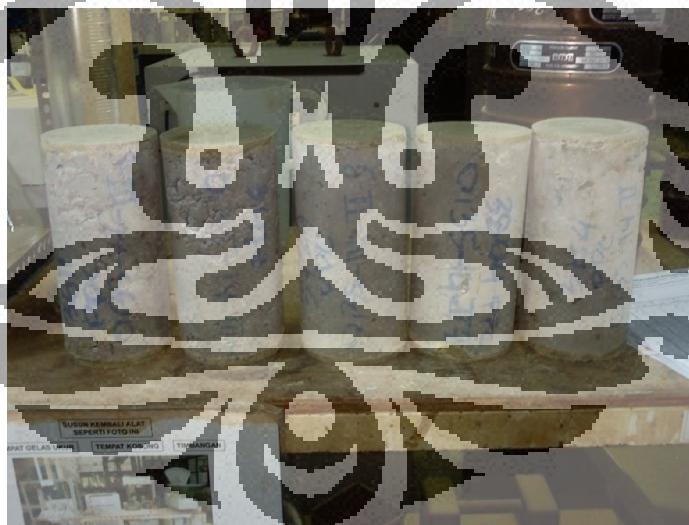
Pada umumnya pada masing – masing FAS, kuat tekan akan mengalami kenaikan seiring dengan kenaikan umur beton. Namun pada beberapa FAS mengalami penyimpangan dari kecenderungan pada umumnya.

- FAS 0,3 lebih kecil dibandingkan dengan FAS 0,35. Kondisi ini menyimpang dari yang seharusnya. Hal ini disebabkan oleh metode pemadatannya yang berbeda serta pemadatan yang kurang sempurna. FAS 0,3 menggunakan meja penggetar untuk pemadatannya. Sedangkan FAS 0,35 sudah mulai menggunakan vibrator tangan. Selain itu saat proses pemindahan sampel ke bekisting serta bekisting ke meja penggetar juga membutuhkan waktu yang lama. Sehingga diperkirakan beton sudah mulai mengeras dan mengering.
- FAS 0,55 untuk hari ke 28 lebih kecil dari hari ke 14. Hal ini disebabkan oleh saat pelaksanaan pembuatan sampel untuk hari ke 28 menggunakan semen yang berbeda kondisi dengan hari ke 14. Hari ke 28 menggunakan semen yang pernah terbuka sebelumnya selama satu minggu sedangkan untuk hari ke 14 menggunakan semen yang baru terbuka saat itu. Semen menjadi lebih lembab sehingga menurunkan kualitas. Namun untuk kuat lentur, pemadatan yang kurang sempurna menyebabkan kuat lentur hari ke 14 dan 28 menjadi lebih kecil dari hari ke 7.
- FAS 0,65 untuk hari ke 7 lebih besar terhadap hari ke 14. Hal ini disebabkan kondisi material agak berbeda antara pengecoran sampel untuk hari ke 7 dengan sampel untuk hari ke 14 dan 28. Agregat halus dan kasar kondisinya lebih kering sehingga dimungkinkan faktor air semen yang diharapkan menjadi berubah lebih kecil. Maka kekuatan dari beton menjadi lebih besar. Hal ini juga terlihat, besar kuat tekannya tidak jauh berbeda dengan FAS 0,55 yaitu terpaut 2,38 MPa. Dengan kata lain, FAS aktual yang terjadi mendekati nilai 0,55.
- Pengapungan tidak datar sempurna menyebabkan pola keruntuhannya patah. Seperti pada kuat tekan, sampel TK-0,75-07-II-3. Hal ini dapat menurunkan kuat tekan yang didapat dari yang lainnya.



Gambar 4. 34 Kehancuran patah pada sampel TK-0,75-07-II-03 (tengah)

- Pemadatan yang kurang sempurna diakibatkan kurang ketelitian saat pencetakan benda uji. Hal ini menyebabkan sampel menjadi keropos dan ada pula yang banyak memiliki rongga saat akan pengujian. Beberapa contoh seperti pada sampel TK-0,35-14-III-05, TB-0,55-14-III-04, dan TL-0,35-28-IV-02



Gambar 4. 35 Sampel keropos pada TK-0,35-14-III-05 (kiri)



Gambar 4. 36 Sampel berongga pada sampel TB-0,55-14-III-04



Gambar 4. 37 Sampel berongga pada sampel TL-0,35-28-IV-02

- Penempatan *softboard* pada benda uji silinder 15 x 30 cm untuk pengujian tarik belah yang kurang sempurna menyebabkan belahannya patah pada salah satunya. Hal ini disebabkan pembebanan yang tidak sempurna diakibatkan salah satu sisi terlebih dahulu mendapatkan baban yang lebih besar dibanding sisi lainnya. seperti pada sampel TB-0,55-14-III-02, TB-0,55-14-III-03, dan TB-0,55-14-IV-05



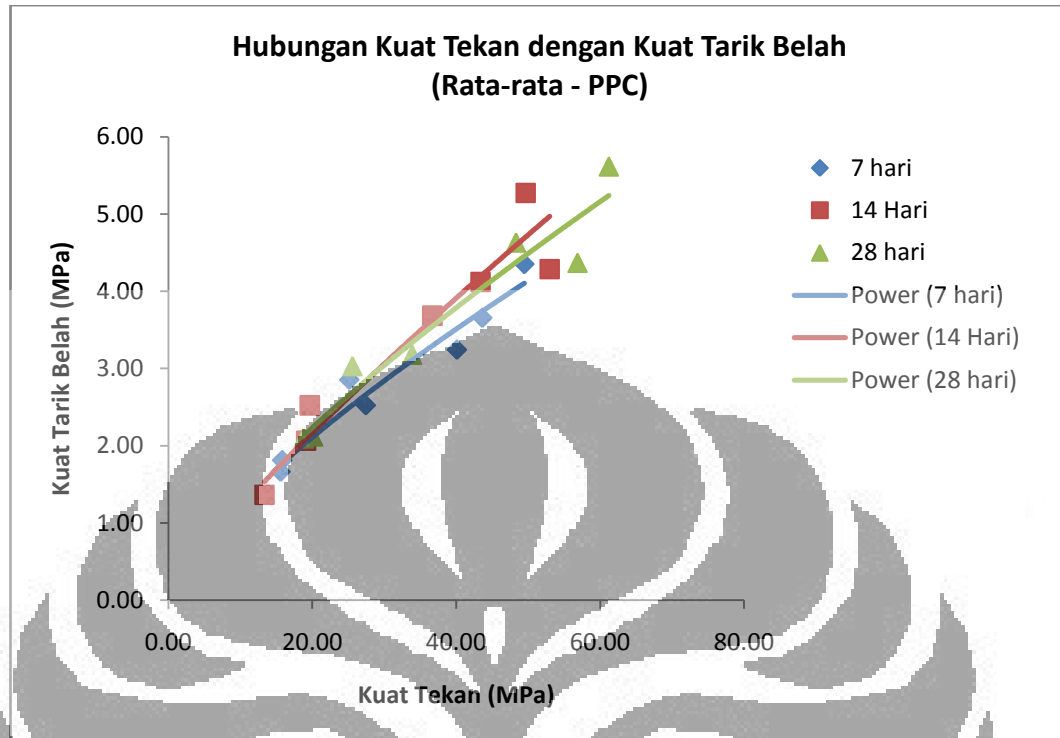


Gambar 4. 38 Sampel patah di salah satu sisi saat pengujian pada TB-0,55-14-III-02, TB-0,55-14-III-03, dan TB-0,55-14-IV-05

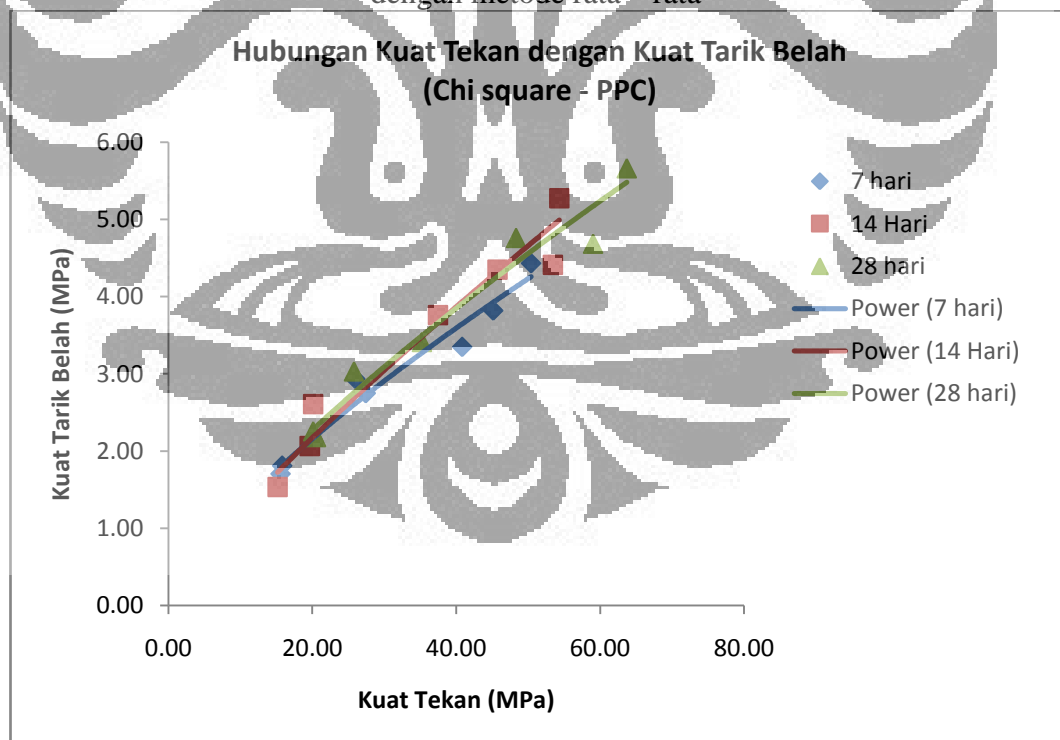
#### 4.3.7 Hubungan antara Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Kuat Lentur

Hubungan nilai kuat tekan dengan kuat tarik belah serta kuat tekan dengan kuat lentur memiliki hubungan yang tidak linier. Berdasarkan penelitian G. F. Kheder dan S. A. Al-Windawi, persamaannya didekati dengan bentuk  $f_t = A f_c^B$  dan  $f_r = A f_c^B$  serta berdasarkan standar dengan bentuk  $f_t = C \sqrt{f_c}$  dan  $f_r = C \sqrt{f_c}$ . Perbandingan antara kedua pendekatan ini akan memperlihatkan kesesuaian dari hubungan ini kedalam sebuah persamaan. Kemudian pada hubungan antara kuat tarik belah dengan kuat lentur didekati dengan persamaan linier yaitu  $f_r = D f_t$ . Kuat tekan yang digunakan ialah nilai yang telah dikonversi dari silinder 10 x 20 cm menjadi 15 x 30 cm. Kuat tarik belah menggunakan silinder 15 x 30 cm. Kuat lentur menggunakan balok 15 x 15 x 60 cm.

## 1. Hubungan Kuat Tekan dengan Kuat Tarik Belah



Gambar 4. 39 Grafik hubungan kuat tekan dengan kuat tarik belah beton SPP dengan metode rata – rata



Gambar 4. 40 Grafik hubungan kuat tekan dengan kuat tarik belah beton SPP dengan metode *chi square*



Dari grafik diatas menunjukkan nilai kuat tarik belah naik seiring dengan kenaikan nilai kuat tekan. Berikut ini persamaan untuk kedua metode:

Tabel 4. 37 Persamaan hubungan kuat tekan dengan kuat tarik belah

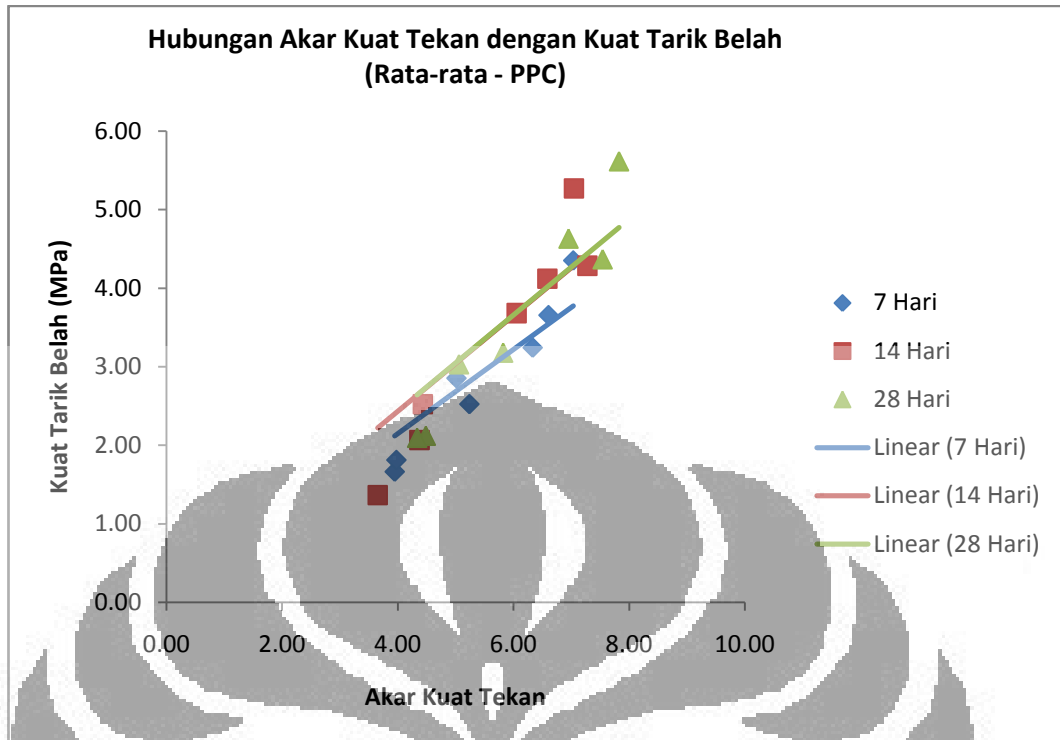
Umur Beton	Rata – rata		Chi square	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
7 Hari	$y = 0.233x^{0.734}$	0,9541	$y = 0.239x^{0.734}$	0,9668
14 Hari	$y = 0.169x^{0.850}$	0,9437	$y = 0.180x^{0.831}$	0,9499
28 Hari	$y = 0.227x^{0.762}$	0,9508	$y = 0.234x^{0.759}$	0,9659

Keterangan :

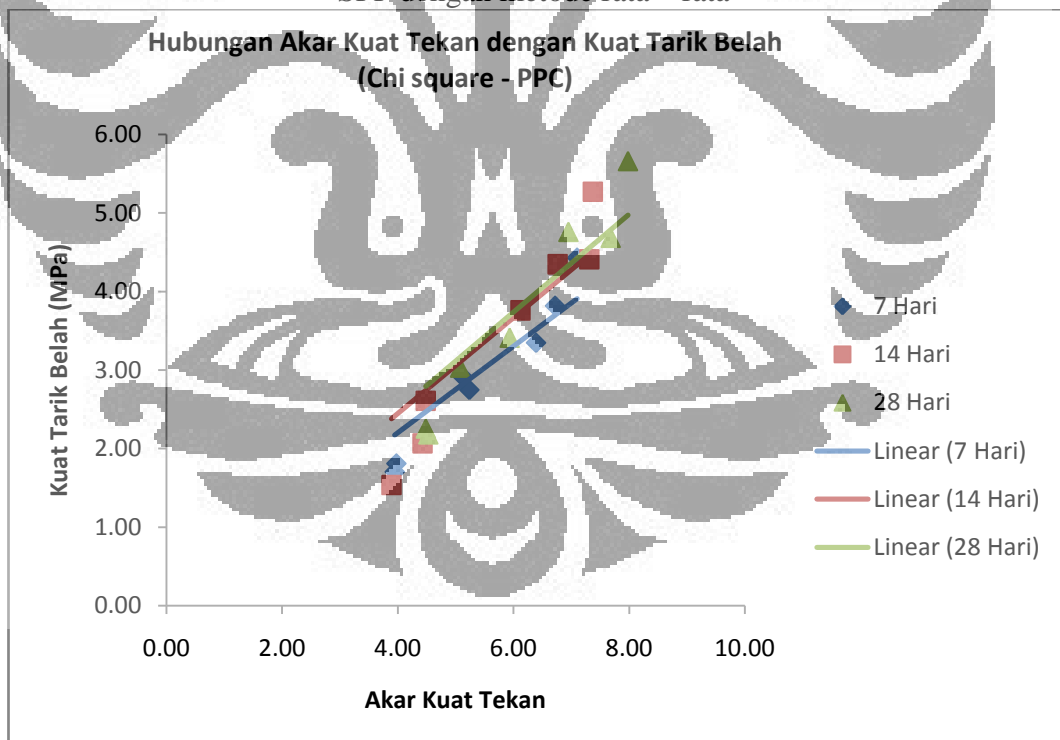
y = Kuat tarik belah beton (MPa)

x = Kuat tekan beton (MPa)

Berdasarkan persamaan diatas hubungan yang didapat ialah untuk metode rata-rata dengan konstanta A berkisar 0,169 – 0,233 dan konstanta B berkisar 0,734 – 0,850 serta untuk metode *chi square* dengan konstanta A berkisar 0,180 – 0,239 dan konstanta B berkisar 0,734 – 0,831. Besar dari nilai pangkat dari variabel kuat tekan kurang dari 1 sehingga persamaan garis yang terbentuk *decrease rate*.



Gambar 4. 41 Grafik hubungan akar kuat tekan dengan kuat tarik belah beton SPP dengan metode rata – rata



Gambar 4. 42 Grafik hubungan akar kuat tekan dengan kuat tarik belah beton SPP dengan metode *chi square*

Pada grafik berikutnya didekati persamaan yang lain didapatkan persamaannya sebagai berikut:

Tabel 4. 38 Persamaan hubungan akar kuat tekan dengan kuat tarik belah

Umur Beton	Rata – rata		Chi square	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
7 Hari	y = 0.536x	0,8604	y = 0.550x	0,8817
14 Hari	y = 0.609x	0,8164	y = 0.611x	0,8446
28 Hari	y = 0.610x	0,8374	y = 0.623x	0,8652

Keterangan :

y = Kuat tarik belah beton (MPa)

x = Akar kuat tekan beton (MPa)

Berdasarkan persamaan diatas hubungan yang didapat ialah untuk metode rata-rata dengan konstanta C berkisar 0,536 – 0,610 dan untuk metode *chi square* dengan konstanta C berkisar 0,550 – 0,623.

Berdasarkan SNI-03-2847-2002 pasal 11.5.2.3(a) hubungan antara kuat tekan dengan kuat tarik belah pada hari ke 28 adalah

$$f_t = 0,556 \sqrt{f_c}$$

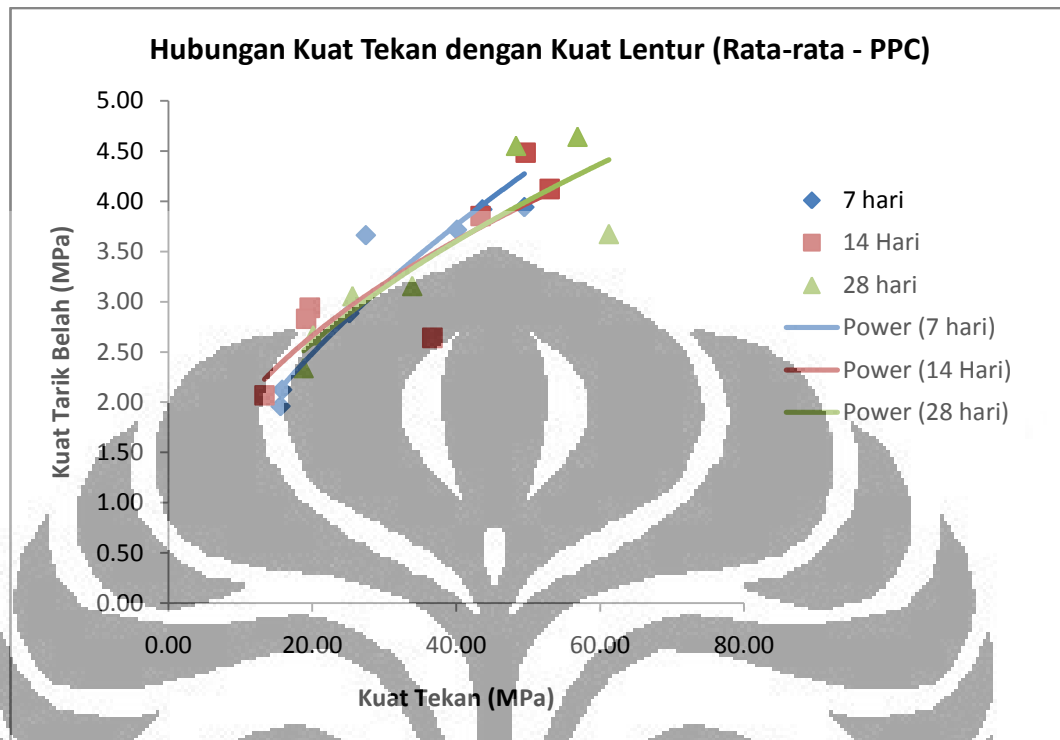
Sehingga jika dibandingkan dengan hasil penelitian didapatkan hasil yang lebih besar yaitu:

$$\text{Metode Rata – rata : } f_t = 0,610 \sqrt{f_c}$$

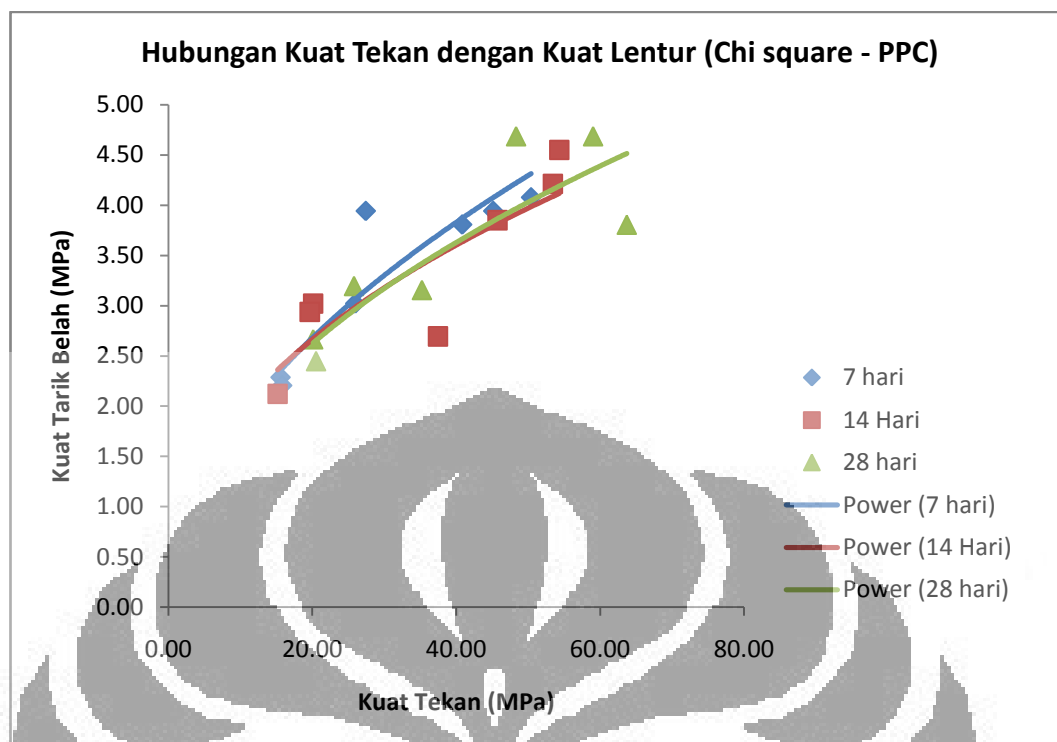
$$\text{Metode } \textit{Chi square} : f_t = 0,623 \sqrt{f_c}$$

Hal ini menunjukkan kenaikan kuat tarik belah pada penelitian lebih tinggi dari standar yang ada.

## 2. Hubungan Kuat Tekan dengan Kuat Lentur



Gambar 4. 43. Grafik hubungan kuat tekan dengan kuat lentur beton SPP dengan metode rata-rata



Gambar 4. 44 Grafik hubungan kuat tekan dengan kuat lentur beton SPP dengan metode *chi square*

Dari grafik diatas menunjukkan nilai kuat lentur naik seiring dengan kenaikan nilai kuat tekan. Berikut ini persamaan untuk kedua metode:

Tabel 4. 39 Hubungan kuat tekan dengan kuat lentur

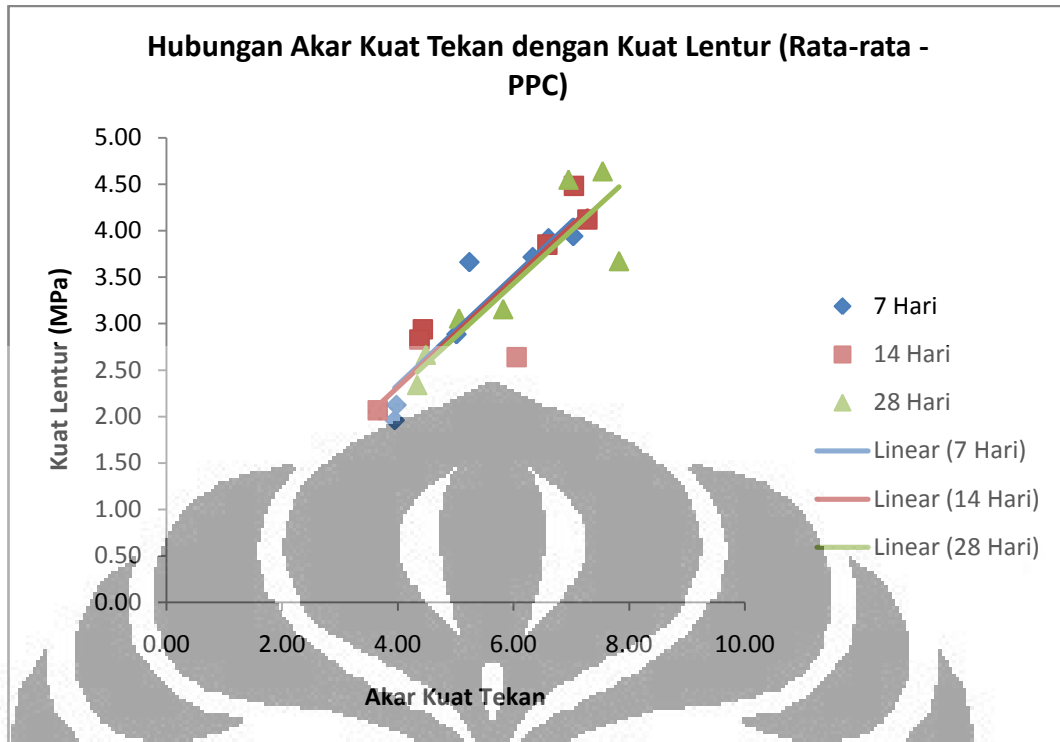
Umur Beton	Rata - rata		<i>Chi square</i>	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
7 Hari	$y = 0.414x^{0.598}$	0,8976	$y = 0.572x^{0.515}$	0,8583
14 Hari	$y = 0.713x^{0.439}$	0,7511	$y = 0.722x^{0.435}$	0,7932
28 Hari	$y = 0.620x^{0.476}$	0,8193	$y = 0.644x^{0.468}$	0,7338

Keterangan :

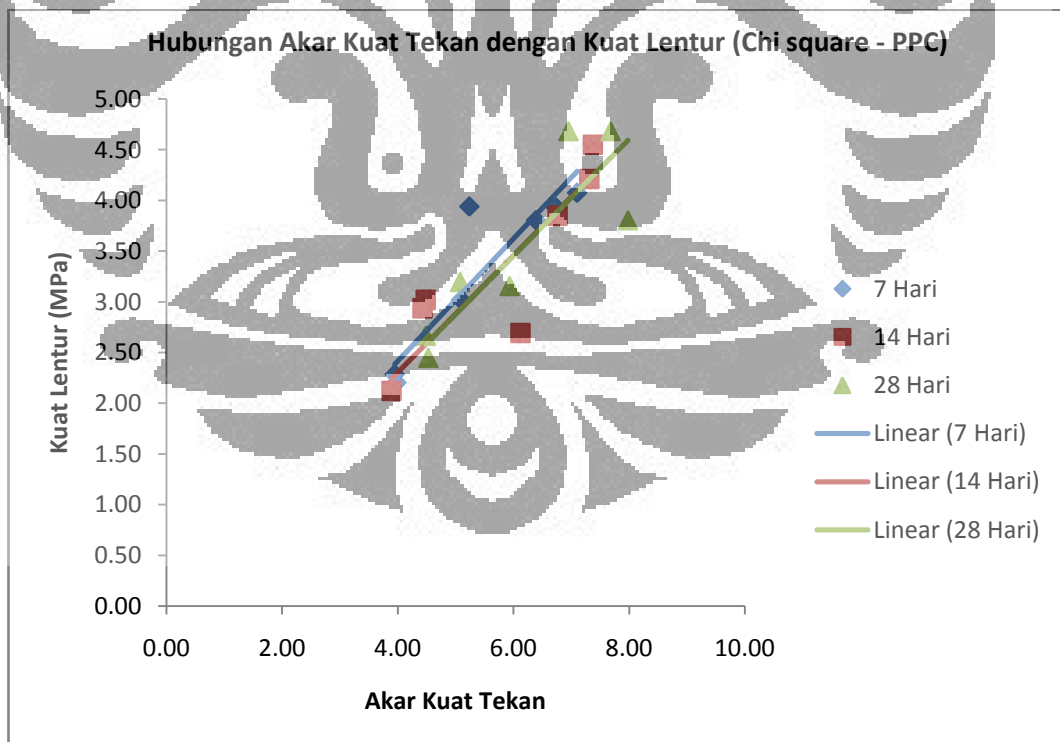
y = Kuat lentur beton (MPa)

x = Kuat tekan beton (MPa)

Berdasarkan persamaan diatas hubungan yang didapat ialah untuk metode rata-rata dengan konstanta A berkisar 0,414 – 0,713 dan konstanta B berkisar 0,439 – 0,598 serta untuk metode *chi square* dengan konstanta A berkisar 0,572 – 0,722 dan konstanta B berkisar 0,435 – 0,515. Besar dari nilai pangkat dari variabel kuat tekan kurang dari 1 sehingga persamaan garis yang terbentuk *decrease rate*.



Gambar 4. 45 Grafik hubungan akar kuat tekan dengan kuat lentur beton SPP dengan metode rata – rata



Gambar 4. 46 Grafik hubungan akar kuat tekan dengan kuat lentur beton SPP dengan metode *chi square*

Pada grafik berikutnya didekati persamaan yang lain didapatkan persamaannya sebagai berikut:

Tabel 4. 40 Persamaan hubungan akar kuat tekan dengan kuat lentur

Umur Beton	Rata – rata		Chi square	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
7 Hari	y = 0.584x	0,872	y = 0.604x	0,8197
14 Hari	y = 0.579x	0,7533	y = 0.576x	0,7544
28 Hari	y = 0.571x	0,7551	y = 0.575x	0,7284

Keterangan :

y = Kuat lentur beton (MPa)

x = Akar kuat tekan beton (MPa)

Berdasarkan persamaan diatas hubungan yang didapat ialah untuk metode rata-rata dengan konstanta C berkisar 0,571 – 0,584 dan untuk metode *chi square* dengan konstanta C berkisar 0,575 – 0,604.

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.2.3 hubungan antara kuat tekan dengan kuat tarik belah pada hari ke 28 adalah

$$f_r = 0,7 \sqrt{f_c}$$

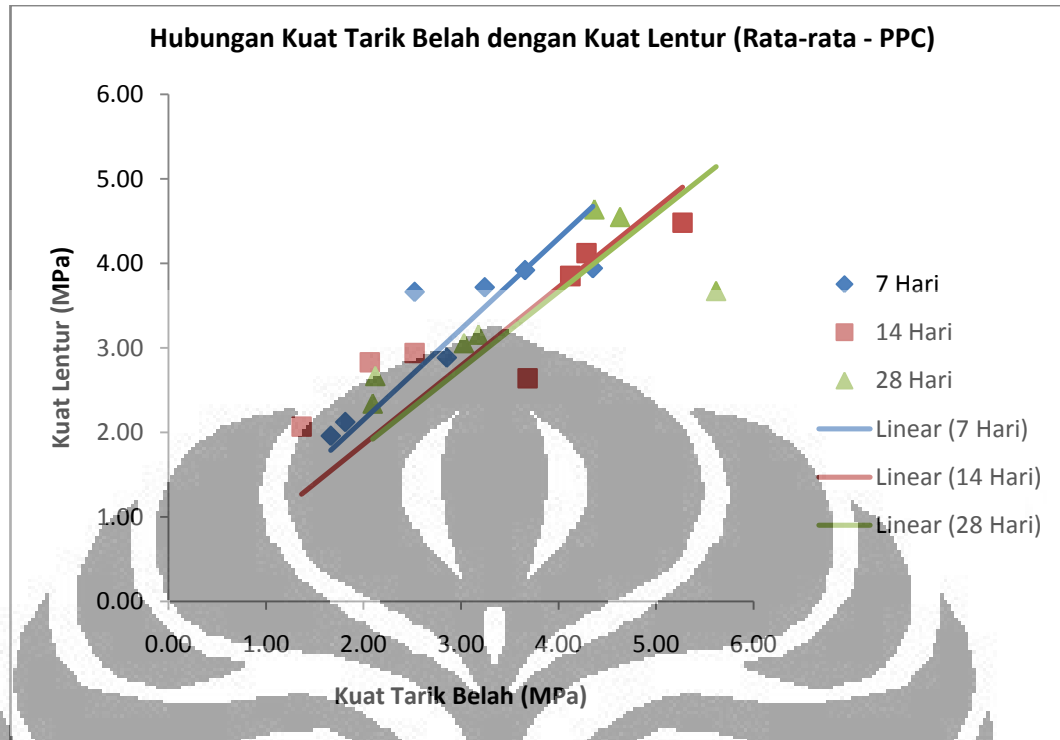
Sehingga jika dibandingkan dengan hasil penelitian didapatkan hasil yang lebih kecil yaitu:

$$\text{Metode Rata – rata : } f_r = 0,571 \sqrt{f_c}$$

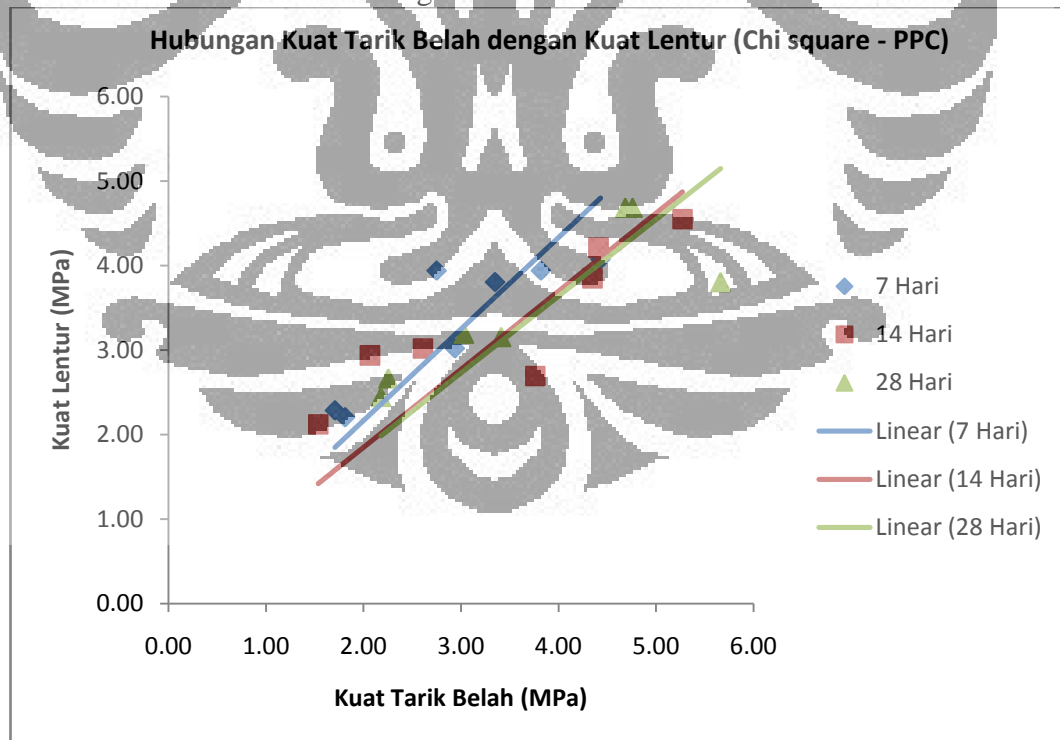
$$\text{Metode } \textit{Chi square} : f_r = 0,575 \sqrt{f_c}$$

Hal ini menunjukkan kenaikan kuat tarik belah pada penelitian lebih rendah dari standar yang ada.

### 3. Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Kuat Lentur



Gambar 4. 47 Grafik hubungan kuat tarik belah dengan kuat lentur beton SPP dengan metode rata – rata



Gambar 4. 48 Grafik hubungan kuat tarik belah dengan kuat lentur beton SPP dengan metode *chi square*



Dari grafik diatas menunjukkan nilai kuat lentur naik seiring dengan kenaikan nilai kuat tarik belah. Berikut ini persamaan untuk kedua metode:

Tabel 4. 41 Persamaan hubungan kuat tarik belah dengan kuat lentur

Umur Beton	Rata – rata		<i>Chi square</i>	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
7 Hari	$y = 1.074x$	0,6333	$y = 1.083x$	0,5492
14 Hari	$y = 0.930x$	0,4384	$y = 0.924x$	0,4213
28 Hari	$y = 0.916x$	0,2638	$y = 0.909x$	0,4088

Keterangan :

y = Kuat lentur beton (MPa)

x = Kuat tarik belah beton (MPa)

Berdasarkan persamaan diatas hubungan yang didapat ialah untuk metode rata-rata dengan konstanta C berkisar 0,916 – 1,074 dan untuk metode *chi square* dengan konstanta C berkisar 0,909 – 1,083. Persamaan ini menunjukkan kenaikan kuat tarik belah seiring dengan kenaikan kuat lentur dan hubungan ini bersifat linier.

## BAB 5

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan, kuat lentur, dan kuat tarik belah beton normal dengan menggunakan semen portland pozzolan dapat disimpulkan sebagai berikut:

##### 1. Kuat tekan

- Kenaikan umur beton akan diikuti dengan kenaikan kuat tekannya pada setiap faktor air semen. Hal ini disebabkan oleh proses hidrasi dari  $C_3S$  dan  $C_2S$  hingga hari ke 28 menyebabkan kenaikan dari kekuatan beton.

Seperti ditunjukkan dengan persamaan:

FAS	Rata – Rata		Chi Square	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
0,3	$y = 9.944\ln(x) + 26.95$	0,9469	$y = 10.41\ln(x) + 27,15$	0,9876
0,35	$y = 8.829\ln(x) + 32.27$	0,7612	$y = 9.977\ln(x) + 32.06$	0,9466
0,45	$y = 6.178\ln(x) + 29.36$	0,9861	$y = 5.617\ln(x) + 31.93$	0,9683
0,55	$y = 4.848\ln(x) + 21.16$	0,464	$y = 5.850\ln(x) + 19.25$	0,5484
0,65	$y = 0.329\ln(x) + 23.50$	0,0044	$y = -0.13\ln(x) + 25.25$	0,0008
0,75	$y = 3.401\ln(x) + 10.00$	0,9023	$y = 3.401\ln(x) + 10.17$	0,8284
0,8	$y = 2.236\ln(x) + 10.69$	0,2993	$y = 3.528\ln(x) + 8.51$	0,6491

Keterangan :

y = Kuat tekan beton (MPa)

x = Umur beton (hari)

- Kenaikan faktor air semen menyebabkan menurunnya dengan kuat tekannya. Hal ini dikarenakan semakin tinggi nilai faktor air semen menyebabkan jumlah pasta yang mengikat semakin sedikit sehingga dapat menurunkan kekuatan beton. Seperti ditunjukkan dengan persamaan:

Umur Beton	Rata – rata		Chi square	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
7 Hari	$y = -43,92\ln(x) + 5,261$	0,9803	$y = -45,01\ln(x) + 5,082$	0,9755
14 Hari	$y = -47,54\ln(x) + 4,652$	0,9442	$y = -51,77\ln(x) + 4,112$	0,9602
28 Hari	$y = -55,34\ln(x) + 4,778$	0,9878	$y = -56,66\ln(x) + 5,031$	0,9826

Keterangan :

y = Kuat tekan beton (MPa)

x = Faktor air semen

- Konversi hasil pengujian dari silinder 10 x 20 cm menjadi silinder 15 x 30 cm memberikan persamaan garis yang lebih landai (gradien lebih kecil). Penyebabnya kuat tekan setelah dikonversi menjadi lebih kecil dari sebelumnya. Namun pola hubungannya memiliki keserupaan dengan sebelum dikonversi. Seperti ditunjukkan dengan persamaan:

FAS	Rata – Rata		Chi Square	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
0,3	$y = 9.562\ln(x) + 25.91$	0,9469	$y = 10.01\ln(x) + 26.11$	0,9876
0,35	$y = 8.490\ln(x) + 31.03$	0,7612	$y = 9.594\ln(x) + 30.83$	0,9466
0,45	$y = 5.940\ln(x) + 28.23$	0,9861	$y = 5.401\ln(x) + 30.70$	0,9683
0,55	$y = 4.661\ln(x) + 20.34$	0,464	$y = 5.625\ln(x) + 18.51$	0,5484
0,65	$y = 0.317\ln(x) + 22.59$	0,0044	$y = -0.13\ln(x) + 24.28$	0,0008
0,75	$y = 3.270\ln(x) + 9.622$	0,9023	$y = 3.270\ln(x) + 9.787$	0,8284
0,8	$y = 2.150\ln(x) + 10.28$	0,2993	$y = 3.393\ln(x) + 8.182$	0,6491

Keterangan :

y = Kuat tekan beton (MPa)

x = Umur beton (hari)

Umur Beton	Rata – rata		Chi square	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
7 Hari	$y = -42,23\ln(x) + 5,059$	0,9803	$y = -43,28\ln(x) + 4,886$	0,9755
14 Hari	$y = -45,71\ln(x) + 4,473$	0,9442	$y = -49,78\ln(x) + 3,9541$	0,9602
28 Hari	$y = -53,21\ln(x) + 4,594$	0,9878	$y = -54,48\ln(x) + 4,8377$	0,9826

Keterangan :

y = Kuat tekan beton (MPa)

x = Faktor air semen

- Perbandingan dengan hasil penelitian ini tahun 2010 menunjukkan hasil yang lebih besar dari penelitian tahun 2009. Untuk 7 hari berkisar 1,11 – 2,19, 14 hari 1,18 – 1,88, dan 28 hari 1,04 – 1,93. Hal tersebut disebabkan perbedaan pasir yang digunakan. Penelitian menggunakan pasir

galunggung yang memiliki *SSD Specific Gravity* dan nilai FM lebih besar serta kadar lumpur yang lebih kecil dibandingkan pasir cimangkok dari penelitian 2009.

- Perbandingan antara *Concrete Society Technical Report No. 29* dan SNI 03-2834-1993 terhadap penelitian 2010 menunjukkan kuat tekan yang lebih besar kecuali untuk umur 28 hari lebih kecil terhadap penelitian 1950 dan 1980 serta umur 7 hari penelitian 1980.

## 2. Kuat tarik belah

- Kenaikan umur beton akan diikuti dengan kenaikan kuat tarik belahnya pada setiap faktor air semen. Hal ini disebabkan oleh proses hidrasi dari  $C_3S$  dan  $C_2S$  hingga hari ke 28 menyebabkan kenaikan dari kekuatan beton. Seperti ditunjukkan dengan persamaan:

FAS	Rata – Rata		Chi Square	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
0,3	$y = 0.513\ln(x) + 2.746$	0,8353	$y = 0.624\ln(x) + 2.656$	0,9574
0,35	$y = 0.912\ln(x) + 2.672$	0,9358	$y = 0.888\ln(x) + 2.777$	0,9571
0,45	$y = 1.002\ln(x) + 1.353$	0,9772	$y = 1.018\ln(x) + 1.465$	0,9454
0,55	$y = 0.473\ln(x) + 1.879$	0,3182	$y = 0.478\ln(x) + 2.044$	0,4158
0,65	$y = 0.128\ln(x) + 2.463$	0,1189	$y = 0.069\ln(x) + 2.676$	0,046
0,75	$y = 0.3308\ln(x) + 1.076$	0,8403	$y = 0.396\ln(x) + 0.964$	0,9695
0,8	$y = 0.2046\ln(x) + 1.217$	0,1486	$y = 0.266\ln(x) + 1.139$	0,3256

Keterangan :

y = Kuat tarik belah beton (MPa)

x = Umur beton (hari)

- Kenaikan faktor air semen berbanding terbalik dengan kuat tarik belahnya. Hal ini dikarenakan semakin tinggi nilai faktor air semen menyebabkan jumlah pasta yang mengikat semakin sedikit sehingga dapat menurunkan kekuatan beton. Seperti ditunjukkan dengan persamaan:

Umur Beton	Rata – rata		Chi square	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
7 Hari	$y = -2,971\ln(x) + 1,0627$	0,8989	$y = -3,065\ln(x) + 1,0992$	0,9168
14 Hari	$y = -4,514\ln(x) + 0,6223$	0,9768	$y = -4,486\ln(x) + 0,7314$	0,9811
28 Hari	$y = -4,389\ln(x) + 0,9668$	0,9738	$y = -4,375\ln(x) + 1,079$	0,9854

Keterangan :

y = Kuat tarik belah beton (MPa)

x = Faktor air semen

### 3. Kuat lentur

- Kenaikan umur beton akan diikuti dengan kenaikan kuat lenturnya pada setiap faktor air semen. Hal ini disebabkan oleh proses hidrasi dari C<sub>3</sub>S dan C<sub>2</sub>S hingga hari ke 28 menyebabkan kenaikan dari kekuatan beton. Seperti ditunjukkan dengan persamaan:

FAS	Rata – Rata		Chi Square	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
0,3	$y = 0.520\ln(x) + 2.853$	0,94	$y = 0.537\ln(x) + 2.863$	0,9758
0,35	$y = -0.19\ln(x) + 4.542$	0,1056	$y = -0.195\ln(x) + 4.659$	0,129
0,45	$y = 0.601\ln(x) + 2.450$	0,8679	$y = 0.634\ln(x) + 2.440$	0,7884
0,55	$y = -0.36\ln(x) + 4.114$	0,2444	$y = -0.566\ln(x) + 4.758$	0,3874
0,65	$y = 0.123\ln(x) + 2.632$	0,9572	$y = 0.127\ln(x) + 2.744$	0,75
0,75	$y = 0.510\ln(x) + 1.138$	0,5841	$y = 0.275\ln(x) + 1.905$	0,3372
0,8	$y = 0.157\ln(x) + 1.762$	0,5714	$y = 0.177\ln(x) + 1.792$	0,5192

Keterangan :

y = Kuat tarik lentur beton (MPa)

x = Umur beton (hari)

- Kenaikan faktor air semen berbanding terbalik dengan kuat lenturnya. Hal ini dikarenakan semakin tinggi nilai faktor air semen menyebabkan jumlah pasta yang mengikat semakin sedikit sehingga dapat menurunkan kekuatan beton. Seperti ditunjukkan dengan persamaan:

Umur Beton	Rata – rata		Chi square	
	Persamaan	R <sup>2</sup>	Persamaan	R <sup>2</sup>
7 Hari	$y = -2.02\ln(x) + 1.843$	0,8058	$y = -1.88\ln(x) + 2.092$	0,7561
14 Hari	$y = -2.13\ln(x) + 1.875$	0,8308	$y = -2.12\ln(x) + 1.947$	0,8278
28 Hari	$y = -2.08\ln(x) + 2.077$	0,7728	$y = -2.09\ln(x) + 2.144$	0,9854

Keterangan :

y = Kuat tekan beton (MPa)

x = Faktor air semen

#### 4. Penyimpangan hasil pengujian

- Hasil pengujian yang mengalami penyimpangan dari yang seharusnya disebabkan oleh beberapa hal:
  - a. Kondisi material yang tidak selalu sama pada setiap pengecoran. Agregat yang tidak SSD dan kondisi semen yang lembab.,
  - b. Kondisi cuaca yang tidak sama menyebabkan perubahan kondisi faktor air semen saat pengecoran.
  - c. Pemadatan benda uji dalam bekisting yang kurang sempurna menyebabkan timbulnya rongga dan keropos pada benda uji. Sehingga ketika pengujian kekuatan beton yang lebih rendah dari yang seharusnya.
  - d. Penempatan benda uji yang tidak sempurna menyebabkan pembebanan yang tidak merata.

#### 5. Hubungan kuat tekan dengan kuat tarik belah

- Kenaikan kuat tekan akan diikuti dengan kenaikan kuat tarik belah. Kenaikan kuat tekan menyebabkan bahan – bahan penyusun pada beton akan lebih mengikat satu sama lain sehingga kuat tarik akan meningkat juga.
- Persamaan yang terbentuk dari hubungan kedua ini didekati dengan persamaan power. Persamaan yang didapat koefisiennya lebih besar dari dari standar yang ada. Kuat tarik belah yang didapatkan lebih besar dari yang standar yang ada. Persamaan umum yang didapatkan pada umur 28 hari adalah sebagai berikut:

$$\text{Metode Rata – rata : } f_t = 0,610 \sqrt{f'_c}$$

$$\text{Metode Chi square : } f_t = 0,623 \sqrt{f'_c}$$

$$\text{terhadap SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.2.3(a) : } f_t = 0,556 \sqrt{f'_c}$$

## 6. Hubungan kuat tekan dengan kuat lentur

- Kenaikan kuat tekan akan diikuti dengan kenaikan kuat lentur. Kenaikan kuat tekan menyebabkan bahan – bahan penyusun pada beton akan lebih mengikat satu sama lain sehingga kuat lentur akan meningkat juga.
- Persamaan yang terbentuk dari hubungan kedua ini didekati dengan persamaan power. Persamaan yang didapat koefisiennya lebih kecil dari dari standar yang ada. Kuat lentur yang didapatkan lebih kecil dari yang standar yang ada. Persamaan umum yang didapatkan pada umur 28 hari adalah sebagai berikut:

$$\text{Metode Rata – rata : } f_r = 0,571 \sqrt{f'_c}$$

$$\text{Metode } \textit{Chi square} : f_r = 0,575 \sqrt{f'_c}$$

$$\text{terhadap SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.2.3: } f_r = 0,7 \sqrt{f'_c}$$

## 7. Hubungan kuat tarik belah dengan kuat lentur

- Kenaikan kuat tarik belah akan diikuti dengan kenaikan kuat lentur. Hubungan keduanya bersifat linier dan kuat tarik belah lebih besar dibandingkan dengan kuat lentur. Koefisien hubungan yang didapat ialah untuk metode rata-rata berkisar 0,916 – 1,074 dan untuk metode *chi square* berkisar 0,909 – 1,083.

## 5.2 Saran

Dari penelitian pengaruh faktor air semen terhadap kuat tekan, kuat lentur, dan kuat tarik belah beton normal dengan menggunakan semen portland pozzolan, maka dapat dikemukakan beberapa saran sebagai berikut;

1. Untuk menghasilkan kekuatan beton yang maksimal, agregat halus dan agregat kasar dalam keadaan SSD dan terbebas dari kotoran organik.
2. Perlu diberikan tanda garis pada benda uji silinder dan balok untuk mempermudah penempatan saat pengujian sehingga hasil yang diperoleh akan lebih akurat.

3. Menjaga kondisi cetakan agar senantiasa presisi karena cetakan yang tidak presisi menyebabkan bentuk yang tidak sempurna sehingga hasil pengujian yang didapatkan menjadi lebih rendah.
4. Saat pengecoran diusahakan menjaga homogenitas campuran, karena perbedaan akan menghasilkan trend yang berbeda.

Untuk pengembangan penelitian berikutnya dapat dilakukan penelitian lanjutan seperti sebagai berikut:

1. Menambahkan waktu pengujian menjadi 1, 3, 7, 14, 21, 28, 56, dan 90 hari sehingga grafik yang terbentuk menjadi lebih baik.
2. Meninjau hubungan nilai FM material terhadap kuat tekan, kuat tarik belah dan kuat lentur pada beton normal dengan menggunakan semen Portland Pozzolan.
3. Meninjau hubungan susut, modulus elastisitas, rangkai dan kuat geser dengan variasi nilai faktor air semen pada beton normal dengan menggunakan semen Portland Pozzolan.

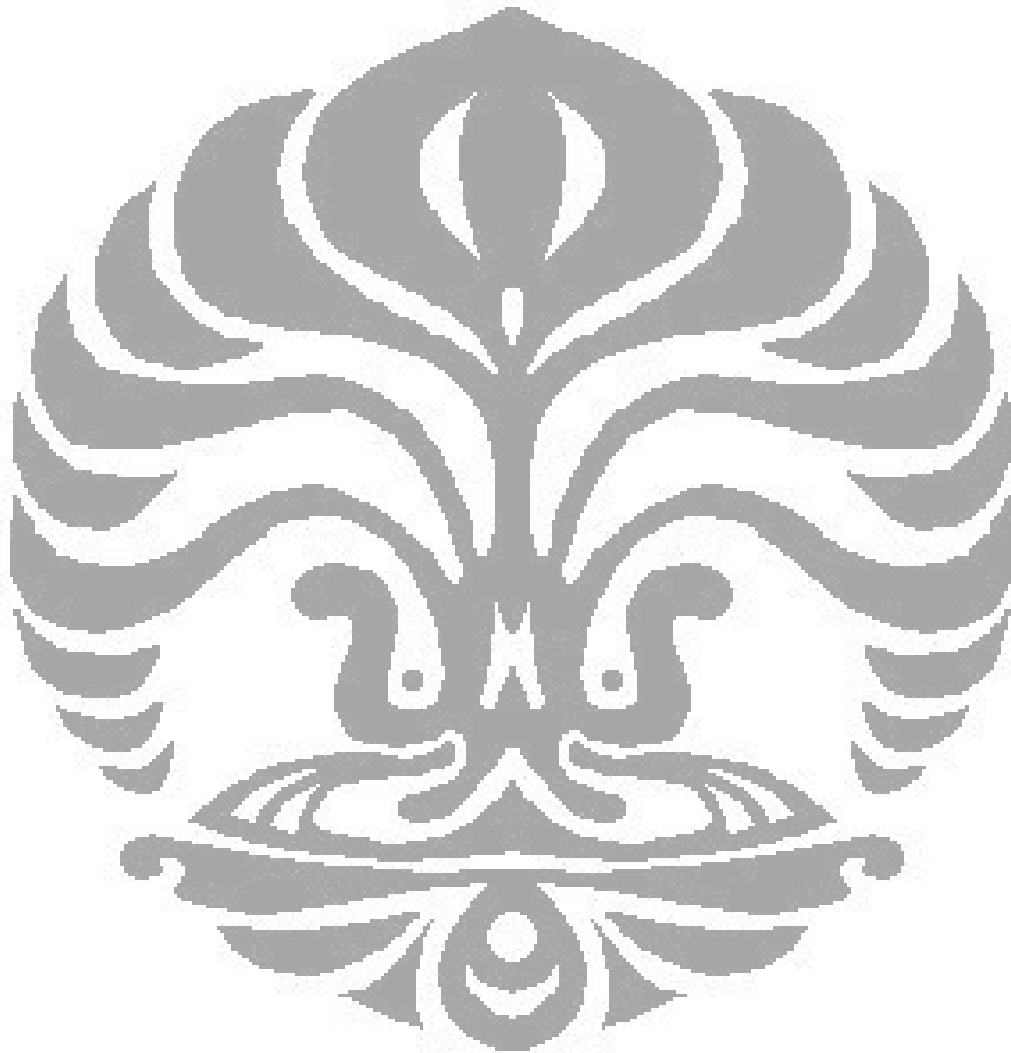


## DAFTAR REFERENSI

- Ariyuni, Essy dkk. 2009. *Pengaruh Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Semen Portland Komposit dan Semen Portland Pozzolan*. Depok : Laboratorium Departemen Teknik Sipil
- ASTM International. 2005. “*Annual Book of ASTM Standards 2005, Section Four : Construction Vol 04-02*” Philadelphia
- Buku Pedoman Praktikum. *Pemeriksaan Bahan Beton dan Mutu Beton*. (Depok: Laboratorium Struktur dan Material Departemen Teknik Sipil FTUI, Depok.
- Chandra, Johanes. 2008. *Pengaruh Pemakaian Cacahan Limbah Gelas Plastik Polypropylene (PP) pada Kuat Tarik dan Kuat Lentur pada Material Beton*. Skripsi, Depok: Program Sarjana Fakultas Teknik UI
- Neville, A. M. 1995. *Properties of Concrete*. London : Longman.
- Neville, A. M. and Brooks, J.J. 1987. *Concrete Technology*. London : Longman Scientific & Technical.
- Kheder, G.F. and Al-Windawi S.A. 2004. *Variation in mechanical properties of natural and recycled aggregate concrete as related to the strength of their binding mortar*. Bagdad : RILEM Material and Structure Journal
- Madsuri. *Rancangan Proporsi Campuran Beton*. (Depok: Bahan Kuliah Properti Material Departemen Teknik Sipil FTUI, 2003).
- Maknun, Imam J. 2009. *Studi Kuat Tekan dan Susut pada Beton dengan Tambahan Kaca Sebagai Filler dan Agregat Halus*. Skripsi, Depok: Program Sarjana Fakultas Teknik UI
- Tjokrodimuljo, Kardiyono. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Biro Penerbit KMTS FT UGM

LAMPIRAN A

PENGUJIAN MATERIAL



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

Sample : Pasir alam  
Source : Galunggung  
Date Tested : January, 26<sup>th</sup> 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	
$A = \frac{B-C}{B} \times 100\%$		

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

Sample : Pasir alam  
 Source : Galunggung  
 Date Tested : January, 26<sup>th</sup> 2010

Nearest Color of The Liquid of the Test Sample	Organic Plate Number
Lighter / <span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">Equal</span> / Darker Color to	1
	2
	<span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">3</span> (standard)
	4
	5

**Determination of Color Value**

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

### TEST FOR UNIT WEIGHT AND VOIDS IN FINE AGGREGATE

Sample : Pasir alam  
 Source : Galunggung  
 Date Tested : January, 26<sup>th</sup> 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		
W) Unit Weight of Water (kg/liter)	1	
Void (%)		
Average		
$d = c - a$ $e = b - a$	$f = \frac{d}{e}$	$\text{Void (\%)} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W} \times 100\%$

### TEST FOR UNIT WEIGHT AND VOIDS IN FINE AGGREGATE

Sample : Pasir alam  
 Source : Galunggung  
 Date Tested : January, 26<sup>th</sup> 2010  
 Method : Stabbing

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		
W) Unit Weight of Water (kg/liter)	1	
Void (%)		
Average		
$d = c - a$ $e = b - a$	$f = \frac{d}{e}$	$\text{Void (\%)} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W} \times 100\%$

### TEST FOR UNIT WEIGHT AND VOIDS IN FINE AGGREGATE

Sample : Pasir alam  
 Source : Galunggung  
 Date Tested : January, 26<sup>th</sup> 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		
W) Unit Weight of Water (kg/liter)	1	
Void (%)		
Average		
$d = c - a$ $e = b - a$	$f = \frac{d}{e}$	$\text{Void (\%)} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W} \times 100\%$

**TEST FOR SPECIFIC GRAVITY  
AND ABSORPTION-TEST OF FINE AGGREGATE**

Sample : Pasir alam  
 Source : Galunggung JHS Saeti Concretindo  
 Date Tested : January, 26<sup>th</sup> 2010

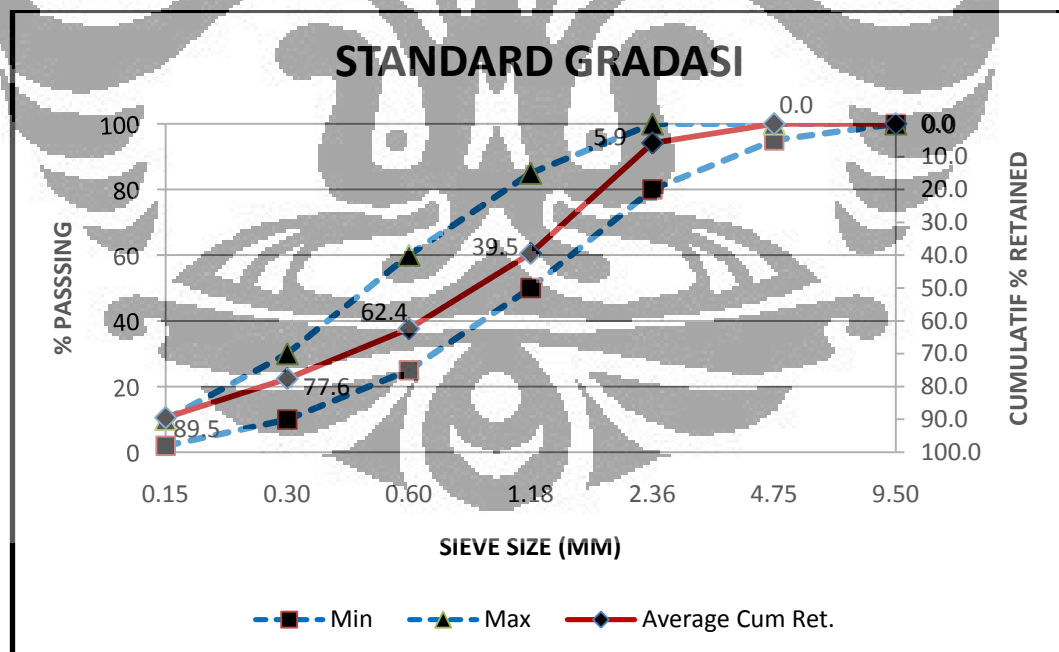
A) Weight of Oven-Dry Specimen in Air	(gram)	490	489
B) Weight of Pycnometer Filled with Water	(gram)	663	667
C) Weight of Pycnometer with Specimen and Water to Calibration Mark	(gram)	967	970
Bulk Specific Gravity	$= \frac{A}{B + 500 - C}$	2,500	2,482
Average of Above		2,491	
SSD Specific Gravity (Saturated-Surface-Dry 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 (%)	$= \frac{500 - A}{A} \times 100\%$	2,041	2,249
Average of Above	(%)	2,145	



## SIEVE ANALYSIS OF FINE AGGREGATE

Sample : Pasir alam  
 Source : Galumggung, JHS Saeti Concretindo  
 Date Tested : January, 26<sup>th</sup> 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
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								



### TEST FOR UNIT WEIGHT AND VOIDS IN COARSE AGGREGATE

Sample : Batu Pecah  
 Source : Rumpin  
 Date Tested : January, 26<sup>th</sup> 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	
$d = c - a$ $e = b - a$	$f = \frac{d}{e}$	$\text{Void (\%)} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W} \times 100\%$

### TEST FOR UNIT WEIGHT AND VOIDS IN COARSE AGGREGATE

Sample : Batu Pecah  
 Source : Rumpin, Jayamix  
 Date Tested : January, 26<sup>th</sup> 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 Specific Gravity of Aggregate	2,5026	
W) Unit Weight of Water (kg/liter)	1	
Void (%)	38,744	38,624
Average	38,684	
$d = c - a$ $e = b - a$	$f = \frac{d}{e}$	$\text{Void (\%)} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W} \times 100\%$

### TEST FOR UNIT WEIGHT AND VOIDS IN COARSE AGGREGATE

Sample : Batu Pecah  
 Source : Rumpin Jayamix  
 Date Tested : January, 26<sup>th</sup> 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	
$d = c - a$ $e = b - a$	$f = \frac{d}{e}$	$\text{Void (\%)} = \frac{(A \times W) - B}{A \times W} \times 100\%$

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

Sample : Batu Pecah  
 Source : Rumpin Jayamix  
 Date Tested : January, 26<sup>th</sup> 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	

**TEST OF SPECIFIC GRAVITY  
AND ABSORPTION OF COARSE AGGREGATE**

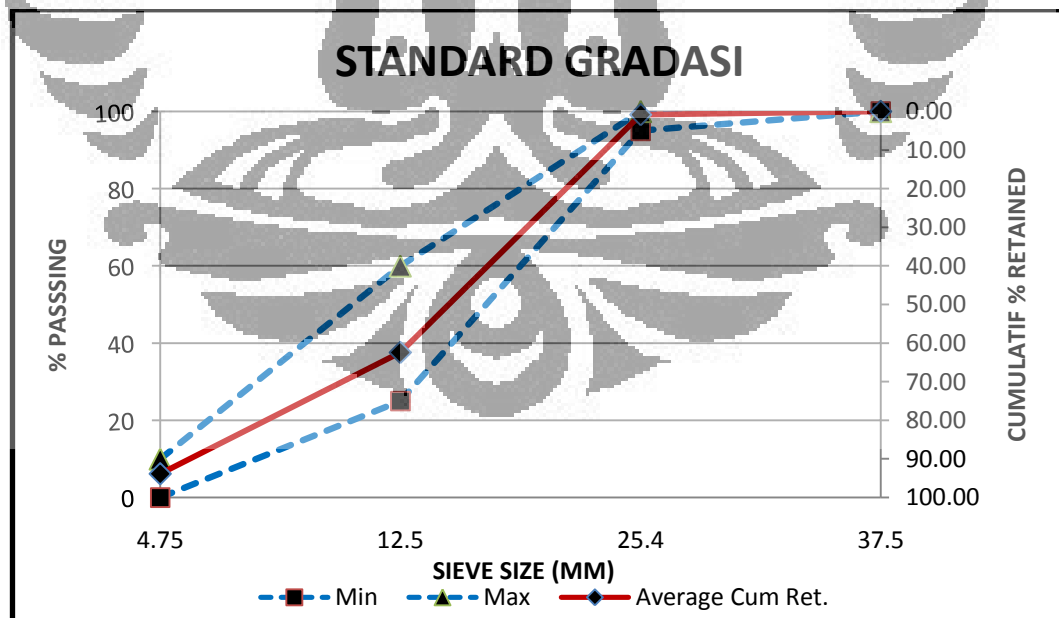
Sample : Batu Pecah  
 Source : Rumpin, Jayamix  
 Date Tested : January, 26<sup>th</sup> 2008

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	

## SIEVE ANALYSIS OF COARSE AGGREGATE

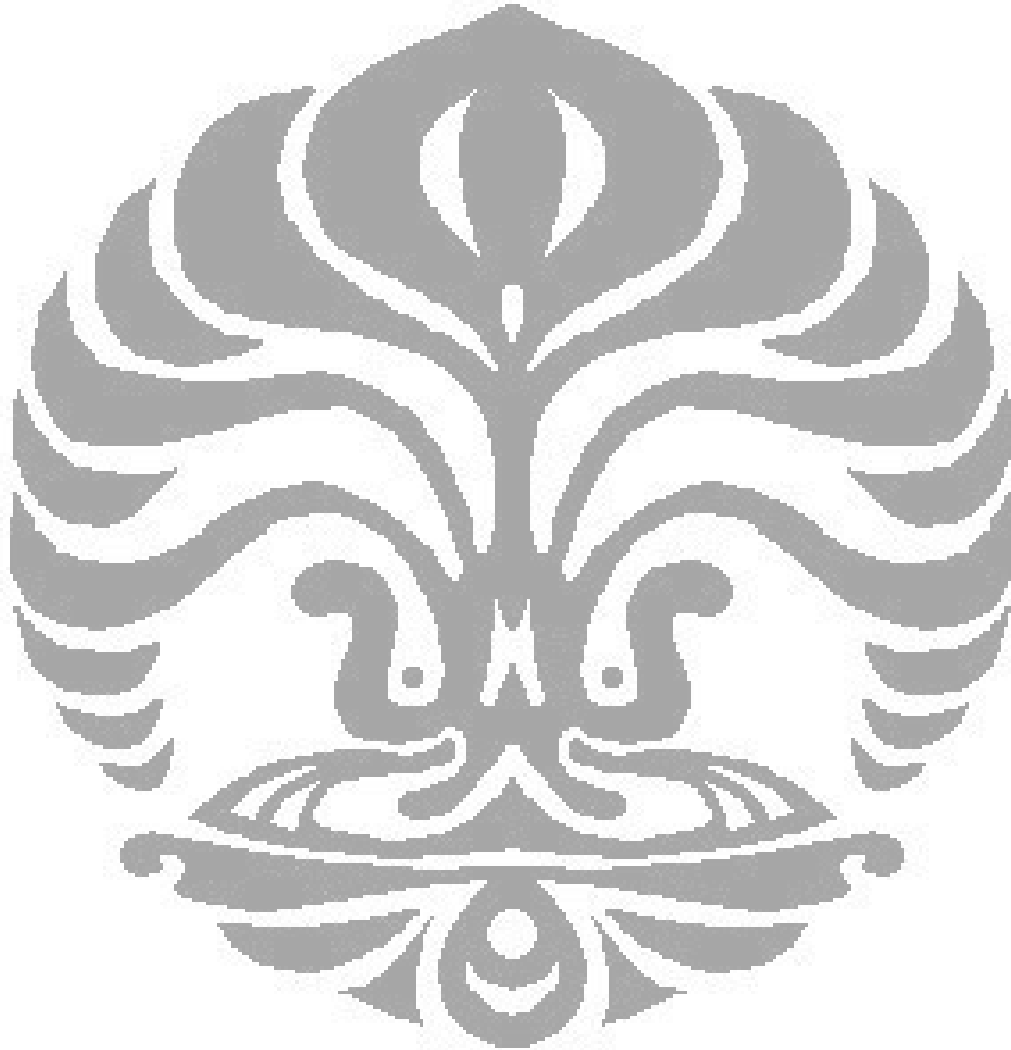
Sample : Split  
 Source : Rumpin, Adhimix  
 Date Tested : March, 19<sup>th</sup> 2008

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
<b>TOTAL</b>		5000	100		5000	100		100		



LAMPIRAN B

PERHITUNGAN DATA





## Perhitungan Rancang Campur

### US BUREAU RECLAMATION METHOD

developed by Japan Society Civil Engineer

#### 1. Data Pengujian Material

MSA	25	mm
Slump	10	cm
FAS	0,8	
SG sand	2545	kg/m <sup>3</sup>
SG split	2593	kg/m <sup>3</sup>
FM	2,75	
A	1,5	%
S/A	41	%
W	175	kg

#### 2. Koreksi Nilai

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

#### 3. Koreksi Perubahan FAS

	0,8	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,3
W (kg)	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

#### 4. Kebutuhan per m<sup>3</sup>

FAS	W kg	S/A %	C kg	Total Ag m <sup>3</sup>	S m <sup>3</sup>	S kg	Ca m <sup>3</sup>	Ca kg
0,8	193,825	44,75	242,2813	0,71426	0,319631	813,4621	0,394629	1023,273
0,75	192,325	43,75	256,4333	0,711268	0,31118	791,952	0,400088	1037,428
0,65	189,325	41,75	291,2692	0,703209	0,29359	747,1855	0,409619	1062,142
0,55	186,325	39,75	338,7727	0,691128	0,274723	699,1711	0,416405	1079,737
0,45	183,325	37,75	407,3889	0,672345	0,25381	645,9472	0,418535	1085,261
0,35	180,325	35,75	515,2143	0,641115	0,229199	583,3104	0,411916	1068,099
0,3	178,825	34,75	596,0833	0,616942	0,214387	545,616	0,402555	1043,825

keterangan:

$$Ag = 1 - \frac{W}{\gamma_w} - \frac{C}{SG_c} - A$$

### 5. Kebutuhan per sampel benda uji

FAS	Silinder 15x30 cm				Silinder 10x20 cm				Balok 15x15x60 cm			
	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

## Perhitungan Metode Rata - Rata

Langkah – langkah perhitungannya

1. Tentukan datanya.
2. Hitung rata – rata dari sampel
3. Tentukan penyimpangan maksimum dari standar acuan (dalam hal ini ASTM)
  - Kuat tekan = 10,6%
  - Kuat tarik belah = 14%
  - Kuat lentur = 16%
4. Hitung perbedaan data per sampel dengan rata – rata sampel
5. Buang data yang melebihi standar yang ditentukan (maksimal 2 data dihilangkan). Jika ada kurang dari 3 sampel yang tersimpan (untuk kuat lentur 2 sampel) ambil yang mendekati dari standar.
6. Kemudian buat rata – rata baru

Contoh pada tabel dibawah ini:

Per sampel	Tegangan (MPa)		Perbedaan (%)	Rata - rata		
	Rata - rata	Std.Dev		Seleksi	Rata - rata	Std dev
<b>45,24</b>			0,09	45,24		
42,27		5,15862	6,63	42,27		3,14867
<b>48,57</b>	45,28	(MPa)	7,27	48,57	45,36	(MPa)
38,57		11,3939	14,81			6,9417
<b>51,73</b>		(%)	14,25			(%)

## Perhitungan Metode *Chi square*

Langkah – langkah perhitungannya

1. Tentukan datanya
2. Hitung standar deviasinya
3. Tentukan batas atas dan batas bawahnya

$$\frac{s\sqrt{N}}{\chi_{1-\frac{\alpha}{2}}} < \sigma < \frac{s\sqrt{N}}{\chi_{\frac{\alpha}{2}}}$$

4. Buang data yang di luar batas yang ditentukan (maksimal 2 data dihilangkan).  
Jika ada kurang dari 3 sampel yang tersimpan (untuk kuat lentur 2 sampel) ambil yang mendekati batas.
5. Hitung rata – rata baru

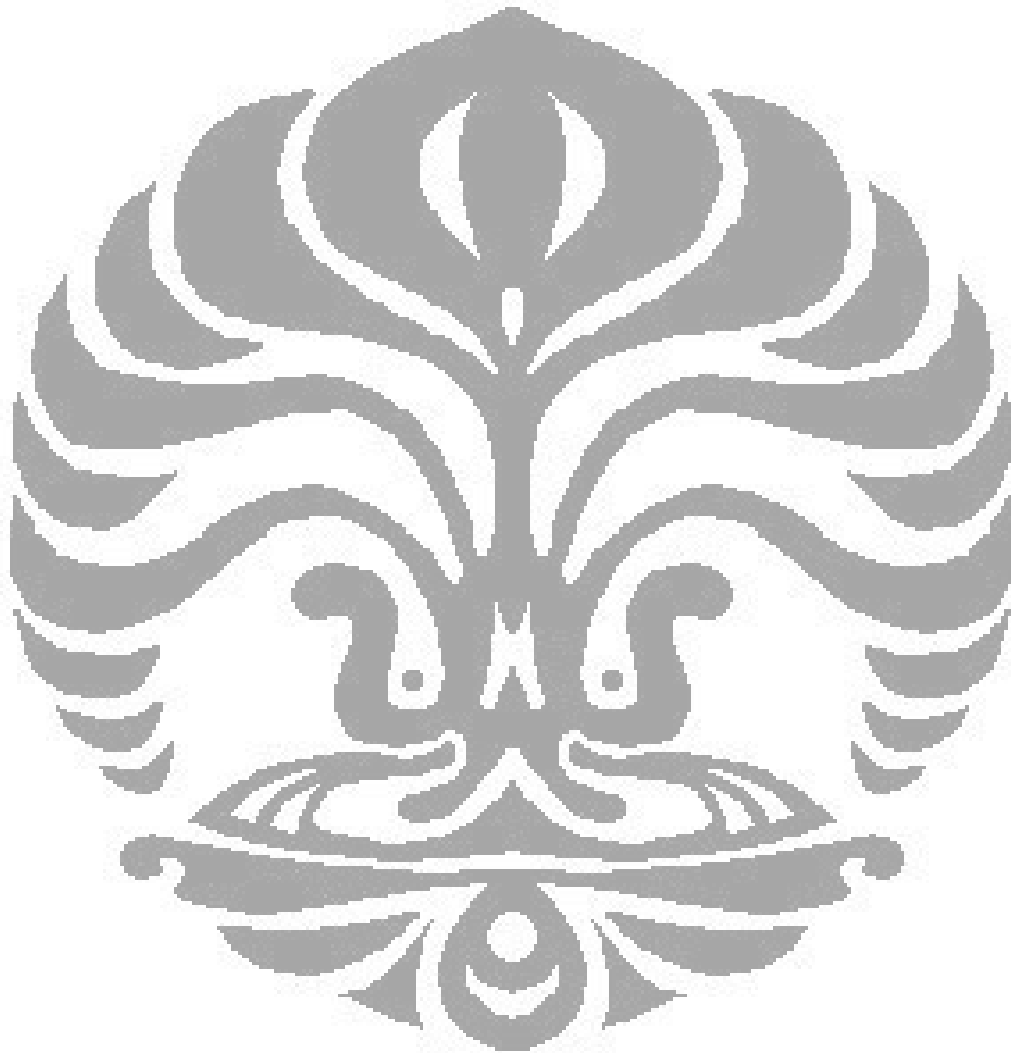
Contoh perhitungan sebagai berikut:

Tingkat kepercayaan ( $\alpha$ ):	5%
N	5
v	4
$\chi(0.975)$	3,331666
$\chi(0.025)$	0,695701

Tegangan (MPa)			Chi square			
Per sampel	Rata - rata	Std Dev	Batas	seleksi	rata - rata	std dev
45,2353471			3,462239	45,23535		
42,2736019		5,1586205	41,81316	42,2736		4,09334
48,5673105	45,2754	(MPa)		48,56731	46,95139	(MPa)
38,5714204		11,393871	16,58043			8,71825
51,7293172		(%)	61,85583	51,72932		(%)

LAMPIRAN C

HASIL PENGUJIAN DAN PENGOLAHAN DATA



HASIL UJI KUAT TEKAN BETON  
 CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST  
 (ASTM C 39/C 39 M)

No	Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Berat (kg)	Beban (ton)	Tegangan (MPa)				Rata-rata			Chi square				Massa Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Ket
	Cor	Test						Per sampel	Rata-rata	Std Dev	Perbedaan (%)	Seleksi	Rata-rata	Std dev	Batas	seleksi	rata-rata	std dev		
1	2/10/2010	2/17/2010	7	TK-0,3-7-1	0	3.67	36.20	45.24	45.24	0.09	45.24	45.24	3.46223937	45.24	2337.58					
2	2/10/2010	2/17/2010	7	TK-0,3-7-2	0	3.76	33.83	42.27	5.15862	6.63	42.27	41.81	42.27	2394.90						
3	2/10/2010	2/17/2010	7	TK-0,3-7-3	0	3.66	38.86	48.57	45.28	7.27	48.57	48.57	48.57	2331.21						
4	2/10/2010	2/17/2010	7	TK-0,3-7-4	0	3.68	30.87	38.57	11.3939	14.81	38.57	16.5804342	46.95	2343.95						
5	2/10/2010	2/17/2010	7	TK-0,3-7-5	0	3.71	41.39	51.73	(%)	14.25	51.73	61.86	51.73	2363.06						
6	2/10/2010	2/24/2010	14	TK-0,3-14-1	0	3.641	44.75	55.92	1.52	55.92	55.92	0.53920509	55.92	2319.11	C					
7	2/10/2010	2/24/2010	14	TK-0,3-14-2	0	3.739	43.35	54.17	0.8034	1.65	54.17	54.54	54.17	2381.53	C					
8	2/10/2010	2/24/2010	14	TK-0,3-14-3	0	3.662	44.75	55.92	55.08	1.52	55.92	55.08	55.92	2332.48	C					
9	2/10/2010	2/24/2010	14	TK-0,3-14-4	0	3.666	43.63	54.52	1.45862	1.01	54.52	2.58221731	55.57	2335.03	C					
10	2/10/2010	2/24/2010	14	TK-0,3-14-5	0	3.741	43.91	54.87	(%)	0.38	54.87	57.66	54.87	2382.80	C					
11	2/10/2010	3/10/2010	28	TK-0,3-28-1	0	3.719	46.70	58.36	1.70	58.36	58.36	3.91357582	58.36	2368.79	C					
12	2/10/2010	3/10/2010	28	TK-0,3-28-2	0	3.713	50.33	62.90	5.8311	9.61	62.90	58.47	62.90	2364.97	C					
13	2/10/2010	3/10/2010	28	TK-0,3-28-3	0	3.745	50.33	62.90	57.38	9.61	62.90	59.15	62.90	2385.35	C					
14	2/10/2010	3/10/2010	28	TK-0,3-28-4	0	3.714	40.28	50.33	10.1618	12.28	50.33	18.7418544	61.38	2365.61	C					
15	2/10/2010	3/10/2010	28	TK-0,3-28-5	0	3.71	41.95	52.43	(%)	8.64	52.43	76.12	52.43	2363.06	B					
16	4/28/2010	5/5/2010	7	TK-0,35-7-I-1	0	3.669	41.95	52.43	1.93	52.43	52.43	1.60699147	52.43	2336.94	C					
17	4/28/2010	5/5/2010	7	TK-0,35-7-I-2	0	3.642	41.67	52.08	2.39436	1.25	52.08	49.83	52.08	2319.75	C					
18	4/28/2010	5/5/2010	7	TK-0,35-7-II-3	0	3.638	43.07	53.82	51.43	4.65	53.82	51.43	53.82	2317.20	C					
19	4/28/2010	5/5/2010	7	TK-0,35-7-II-4	0	3.666	41.11	51.38	4.65529	0.10	51.38	4.65529	51.38	2335.03	C					
20	4/28/2010	5/5/2010	7	TK-0,35-7-II-5	0	3.648	37.98	47.46	(%)	7.73	47.46	59.13	47.46	2323.57	C					
21	2/19/2010	3/5/2010	14	TK-0,35-14-II-1	1	3.754	44.75	55.92	12.68	55.92	55.92	6.5751367	55.92	2391.08	C					
22	2/19/2010	3/5/2010	14	TK-0,35-14-II-2	1	3.804	44.75	55.92	9.79673	12.68	55.92	7.44953	55.92	2422.93	C					
23	2/19/2010	3/5/2010	14	TK-0,35-14-III-3	1	3.729	46.14	57.66	49.62	16.20	57.66	14.4326	57.66	2375.16	C					
24	2/19/2010	3/5/2010	14	TK-0,35-14-III-4	1	3.47	28.50	35.61	19.742	28.24	35.61	31.4878926	35.61	2210.19	C					
25	2/19/2010	3/5/2010	14	TK-0,35-14-III-5	1	3.611	34.42	43.01	(%)	13.32	43.01	81.11	43.01	2300.00	C					
26	2/19/2010	3/19/2010	28	TK-0,35-28-I-1	1	3.671	52.81	66.00	6.48	66.00	66.00	3.93944474	66.00	2338.22	C					
27	2/19/2010	3/19/2010	28	TK-0,35-28-II-2	1	3.756	44.75	55.92	5.86964	9.79	55.92	5.18411	58.04	2392.36	C					
28	2/19/2010	3/19/2010	28	TK-0,35-28-IV-3	1	3.787	53.44	66.78	61.93	7.73	66.78	63.67	66.78	2412.10	B					
29	2/19/2010	3/19/2010	28	TK-0,35-28-IV-4	1	3.722	44.19	55.22	9.46978	10.91	55.22	8.14167	55.22	2370.70	C					
30	2/19/2010	3/19/2010	28	TK-0,35-28-IV-5	1	3.745	52.81	66.00	(%)	6.48	66.00	80.85	66.00	2385.35	C					
31	4/28/2010	5/5/2010	7	TK-0,45-7-III-1	1	3.662	32.35	40.42	2.49176	3.02	40.42	1.67236213	40.42	2332.48	C					
32	4/28/2010	5/5/2010	7	TK-0,45-7-III-2	1	3.65	36.20	45.24	8.53	45.24	45.24	40.01	45.24	2324.84	C					
33	4/28/2010	5/5/2010	7	TK-0,45-7-IV-3	1	3.664	34.12	42.64	41.68	2.31	42.64	41.68	42.64	2333.76	C					
34	4/28/2010	5/5/2010	7	TK-0,45-7-IV-4	1	3.659	30.87	38.57	5.97814	7.46	38.57	8.00883105	38.57	2330.57	B					
35	4/28/2010	5/5/2010	7	TK-0,45-7-IV-5	1	3.667	33.24	41.53	(%)	0.36	41.53	49.69	41.53	2335.67	C					
36	3/19/2010	4/2/2010	14	TK-0,45-14-I-1	4	3.604	33.24	41.53	7.87	41.53	41.53	2.42148958	41.53	2295.54	C					
37	3/19/2010	4/5/2010	17	TK-0,45-14-I-2	4	3.632	37.98	47.46	3.60794	5.27	47.46	42.66	47.46	2313.38	B					
38	3/19/2010	4/5/2010	17	TK-0,45-14-II-3	4	3.659	32.94	41.16	45.08	8.70	41.16	45.08	41.16	2330.57	C					
39	3/19/2010	4/5/2010	17	TK-0,45-14-II-4	4	3.639	39.44	49.29	8.00288	9.32	49.29	8.00288	49.29	2317.83	C					
40	3/19/2010	4/5/2010	17	TK-0,45-14-II-5	4	3.671	36.79	45.98	(%)	0.98	45.98	56.68	45.98	2338.22	C					
41	2/24/2010	3/24/2010	28	TK-0,45-28-I-1	3.5	3.47	39.16	48.94	1.89	48.94	48.94	2.76000329	48.94	2210.19	C					
42	2/24/2010	3/24/2010	28	TK-0,45-28-I-2	3.5	3.52	39.72	49.64	4.11231	2.33	49.64	45.74	49.64	2242.04	C					
43	2/24/2010	3/24/2010	28	TK-0,45-28-II-3	3.5	3.47	33.24	41.53	48.50	14.37	41.53	1.5178	41.53	2210.19	B					
44	2/24/2010	3/24/2010	28	TK-0,45-28-II-4	3.5	3.63	40.00	49.98	8.47837	3.05	49.98	3.02073	49.98	2312.10	C					
45	2/24/2010	3/24/2010	28	TK-0,45-28-II-5	3.5	3.53	41.95	52.43	(%)	8.09	52.43	61.72	52.43	2248.41	B					

HASIL UJI KUAT TEKAN BETON  
 CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST  
 (ASTM C 39/C 39 M)

No	Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Berat (kg)	Beban (ton)	Tegangan (MPa)				Rata-rata			Chi square				Massa Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Ket
	Cor	Test						Per sampel	Rata-rata	Std Dev	Perbedaan (%)	Seleksi	Rata-rata	Std dev	Batas	seleksi	rata-rata	std dev		
46	5/5/2010	5/12/2010	7	TK-0,55-7-I-1	4	3.71	19.39	24.23	12.39	1.38	28.04	28.51	1.21928	26.19	28.04	1.21928	2363.06	C		
47	5/5/2010	5/12/2010	7	TK-0,55-7-I-2	4	3.662	22.43	28.04	2.18776	1.38	28.04	28.51	1.21928	26.19	28.04	1.21928	2332.48	C		
48	6/1/2010	6/8/2010	7	TK-0,55-7-II-3	5	3.72	22.43	28.04	7.91105	1.38	28.04	28.51	1.21928	26.19	28.04	1.21928	2369.43	B		
49	6/1/2010	6/8/2010	7	TK-0,55-7-II-4	5	3.711	24.26	30.32	7.91105	9.64	30.32	28.51	4.27648	30.32	30.32	4.28	2363.69	C		
50	6/1/2010	6/8/2010	7	TK-0,55-7-II-5	5	3.663	22.13	27.65	7.91105	0.00	27.65	28.51	4.27648	27.65	27.65	4.28	2333.12	C		
51	3/5/2010	3/19/2010	14	TK-0,55-14-III-1	7	3.604	30.27	37.83	0.78	37.83	38.13	38.13	1.4316942	37.83	37.83	1.28247	2295.54	C		
52	3/5/2010	3/19/2010	14	TK-0,55-14-III-2	7	3.582	27.90	34.87	2.13318	8.54	34.87	38.13	36.70	34.87	38.13	1.28247	2281.53	C		
53	3/5/2010	3/19/2010	14	TK-0,55-14-IV-3	7	3.44	30.27	37.83	0.78	37.83	38.13	38.13	1.4316942	37.83	38.94	1.28247	2191.08	B		
54	3/5/2010	3/19/2010	14	TK-0,55-14-IV-4	7	3.617	32.05	40.05	5.5949	5.05	40.05	38.13	5.5949	40.05	40.05	3.29	2303.82	C		
55	3/5/2010	3/19/2010	14	TK-0,55-14-IV-5	7	3.621	32.05	40.05	5.5949	5.05	40.05	38.13	5.5949	40.05	40.05	3.29	2306.37	B		
56	3/5/2010	4/2/2010	28	TK-0,55-28-I-1	8	3.58	26.70	33.37	5.64	33.37	35.36	35.36	2.72068167	33.37	35.36	3.36442	2280.25	C		
57	3/5/2010	4/2/2010	28	TK-0,55-28-I-2	8	3.64	27.61	34.50	4.05372	2.44	34.50	35.36	32.64	34.50	36.62	3.36442	2318.47	C		
58	3/5/2010	4/2/2010	28	TK-0,55-28-II-3	7	3.63	24.26	30.32	11.46335	14.26	30.32	35.36	13.0291637	30.32	36.62	9.19	2318.47	B		
59	3/5/2010	4/2/2010	28	TK-0,55-28-II-4	7	3.64	30.27	37.83	11.46335	6.98	37.83	35.36	48.39	37.83	36.62	9.19	2318.47	B		
60	3/5/2010	4/2/2010	28	TK-0,55-28-II-5	7	3.61	32.64	40.79	15.36	15.36	40.79	35.36	48.39	40.79	36.62	9.19	2299.36	B		
61	6/1/2010	6/8/2010	7	TK-0,65-7-III-1	6	3.66	20.91	26.13	1.78	26.13	26.13	26.13	2.2747264	26.13	26.99	1.95123	2331.21	B		
62	6/1/2010	6/8/2010	7	TK-0,65-7-III-2	6	3.678	20.00	24.99	3.38927	2.67	24.99	26.13	1.14252	23.40	24.99	1.95123	2342.68	C		
63	6/1/2010	6/8/2010	7	TK-0,65-7-IV-3	6	3.702	23.65	29.56	15.13	29.56	26.13	26.13	4.37226	29.56	26.99	7.23	2357.96	C		
64	6/1/2010	6/8/2010	7	TK-0,65-7-IV-4	6	3.695	21.82	27.27	13.2011	6.23	27.27	26.13	4.37226	27.27	26.99	7.23	2353.50	B		
65	6/1/2010	6/8/2010	7	TK-0,65-7-IV-5	6	3.655	16.34	20.42	20.47	20.47	20.42	26.13	36.57	20.42	26.99	7.23	2328.03	C		
66	3/12/2010	3/26/2010	14	TK-0,65-14-III-1	8	3.595	16.34	20.42	0.09	20.42	20.42	20.42	0.85206284	20.42	20.89	0.72092	2289.81	C		
67	3/12/2010	3/26/2010	14	TK-0,65-14-III-2	8	3.6	14.74	18.42	1.26955	9.69	18.42	20.42	1.26955	19.55	20.89	0.72092	2292.99	B		
68	3/12/2010	3/26/2010	14	TK-0,65-14-IV-3	8	3.59	17.56	21.94	20.40	7.56	21.94	20.42	6.22319	21.94	20.89	3.45	2286.62	C		
69	3/12/2010	3/26/2010	14	TK-0,65-14-IV-4	8	3.58	16.64	20.80	6.22319	1.96	20.80	20.42	6.22319	20.80	20.89	3.45	2280.25	C		
70	3/12/2010	3/26/2010	14	TK-0,65-14-IV-5	8	3.59	16.34	20.42	0.09	20.42	20.42	20.42	24.48	20.42	20.89	3.45	2286.62	C		
71	3/12/2010	4/9/2010	28	TK-0,65-28-I-1	9	3.616	21.22	26.51	0.29	26.51	26.51	26.51	0.45723721	26.51	26.80	0.57126	2303.18	B		
72	3/12/2010	4/9/2010	28	TK-0,65-28-I-2	9	3.66	22.13	27.65	0.68127	4.01	27.65	26.51	0.68127	26.13	27.65	0.57126	2331.21	B		
73	3/12/2010	4/9/2010	28	TK-0,65-28-II-3	9	3.538	20.61	25.75	26.59	3.15	25.75	26.59	2.18967861	26.51	26.80	2.13	2253.50	B		
74	3/12/2010	4/9/2010	28	TK-0,65-28-II-4	9	3.541	21.22	26.51	2.5623	0.29	26.51	26.59	2.5623	26.51	26.80	2.13	2255.41	C		
75	3/12/2010	4/9/2010	28	TK-0,65-28-II-5	9	3.595	21.22	26.51	0.29	26.51	26.51	26.51	2.18967861	26.51	26.80	2.13	2289.81	B		
76	4/14/2010	4/21/2010	7	TK-0,75-7-I-1	9	3.629	13.61	17.01	10.43	17.01	16.06	16.18	1.26021083	17.01	16.18	0.80674	2311.46	B		
77	4/14/2010	4/21/2010	7	TK-0,75-7-I-2	9	3.6	12.85	16.06	1.87767	4.29	16.06	16.18	0.80674	14.14	16.06	0.80674	2292.99	B		
78	4/14/2010	4/21/2010	7	TK-0,75-7-II-3	9	3.563	9.83	12.28	15.40	20.25	12.28	16.18	4.98635	12.28	16.18	4.99	2269.43	B		
79	4/14/2010	4/21/2010	7	TK-0,75-7-II-4	9	3.581	12.10	15.12	12.193	1.84	15.12	16.18	4.98635	15.12	16.18	4.99	2280.89	B		
80	4/14/2010	4/21/2010	7	TK-0,75-7-II-5	9	3.606	13.23	16.53	12.193	7.36	16.53	16.18	4.98635	16.53	16.18	4.99	2296.82	B		
81	4/14/2010	4/28/2010	14	TK-0,75-14-III-1	8	3.645	16.64	20.80	5.49	20.80	19.88	19.88	1.3271343	20.80	20.40	1.4659	2321.66	C		
82	4/14/2010	4/28/2010	14	TK-0,75-14-III-2	8	3.552	17.56	21.94	1.97739	11.28	21.94	19.88	1.27646	18.39	21.94	1.4659	2262.42	C		
83	4/14/2010	4/28/2010	14	TK-0,75-14-IV-3	8	3.624	16.34	20.42	19.72	3.55	20.42	19.88	6.42077	20.42	20.40	7.19	2308.28	C		
84	4/14/2010	4/28/2010	14	TK-0,75-14-IV-4	8	3.61	14.74	18.42	10.0285	6.57	18.42	19.88	6.42077	18.42	20.40	7.19	2299.36	C		
85	4/14/2010	4/28/2010	14	TK-0,75-14-IV-5	8	3.56	13.61	17.01	13.75	13.75	17.01	19.88	26.07	17.01	20.40	7.19	2267.52	C		
86	3/26/2010	4/23/2010	28	TK-0,75-28-I-1	12	3.677	10.96	13.70	29.59	1.04	13.70	19.85	0.26929	17.18	19.66	1.21928	2342.04	C		
87	3/26/2010	4/23/2010	28	TK-0,75-28-I-2	12	3.601	15.73	19.66	3.38678	1.04	19.66	19.85	0.26929	17.18	19.66	1.21928	2293.63	C		
88	3/26/2010	4/23/2010	28	TK-0,75-28-I-3	12	3.634	16.03	20.04	19.46	2.99	20.04	19.85	1.35683	20.04	20.89	5.84	2314.65	B		
89	3/26/2010	4/23/2010	28	TK-0,75-28-II-4	9	3.666	17.56	21.94	17.4079	12.78	21.94	19.85	1.35683	21.94	20.89	5.84	2335.03	C		
90	3/26/2010	4/23/2010	28	TK-0,75-28-II-5	9	3.615	17.56	21.94	17.4079	12.78	21.94	19.85	1.35683	21.94	20.89	5.84	2302.55	B		

HASIL UJI KUAT TEKAN BETON  
 CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH TEST  
 (ASTM C 39/C 39 M)

No	Tanggal		Umur (hari)	Kode	Slump (cm)	Berat (kg)	Beban (ton)	Tegangan (MPa)				Rata-rata			Chi square				Massa Jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Ket
	Cor	Test						Per sampel	Rata-rata	Std Dev	Perbedaan (%)	Seleksi	Rata-rata	Std dev	Batas	seleksi	rata-rata	std dev		
								0.00157	7850											
91	6/7/2010	6/14/2010	7	TK - 0,8 - 7 - I - 1	10	3.519	13.61	17.01			6.51	17.01		0.85070877	17.01				2241.40	C
92	6/7/2010	6/14/2010	7	TK - 0,8 - 7 - I - 2	10	3.527	12.10	15.12		1.26753	5.33	15.12	0.8942	15.12	15.12		0.8942		2246.50	C
93	6/7/2010	6/14/2010	7	TK - 0,8 - 7 - II - 3	10	3.635	13.23	16.53	15.97	(MPa)	3.55	16.53	16.42	16.53	16.42		(MPa)		2315.29	C
94	6/7/2010	6/14/2010	7	TK - 0,8 - 7 - II - 4	10	3.631	13.61	17.01		7.9387	6.51	17.01	5.44739	17.01	17.01		5.45		2312.74	C
95	6/7/2010	6/14/2010	7	TK - 0,8 - 7 - II - 5	10	3.618	11.34	14.17		(%)	11.24		(%)	20.04		(%)			2304.46	C
96	4/7/2010	4/21/2010	14	TK - 0,8 - 14 - I - 1	15	3.5	8.32	10.39			24.66		1.88098787						2229.30	B
97	4/7/2010	4/21/2010	14	TK - 0,8 - 14 - I - 2	15	3.587	9.07	11.34		2.80261	17.81		11.91				1.09091		2284.71	C
98	4/7/2010	4/21/2010	14	TK - 0,8 - 14 - II - 3	14	3.545	12.10	15.12	13.79	(MPa)	9.59	15.12	15.12	15.12	15.75		(MPa)		2257.96	B
99	4/7/2010	4/21/2010	14	TK - 0,8 - 14 - II - 4	14	3.571	12.10	15.12		20.3184	9.59	15.12	0	15.12	15.12		6.93		2274.52	C
100	4/7/2010	4/21/2010	14	TK - 0,8 - 14 - II - 5	14	3.63	13.61	17.01		(%)	23.29		(%)	22.80		(%)			2312.10	C
101	4/7/2010	5/5/2010	28	TK - 0,8 - 28 - III - 1	12	3.564	16.34	20.42			1.32	20.42	1.20905853	20.42					2270.06	B
102	4/7/2010	5/5/2010	28	TK - 0,8 - 28 - III - 2	12	3.535	16.64	20.80		1.80146	3.21	20.80	1.27172	18.94	20.80		1.22423		2251.59	B
103	4/7/2010	5/5/2010	28	TK - 0,8 - 28 - IV - 3	11	3.634	14.74	18.42	20.15	(MPa)	8.59	18.42	19.52	18.42	21.31		(MPa)		2314.65	B
104	4/7/2010	5/5/2010	28	TK - 0,8 - 28 - IV - 4	11	3.609	14.74	18.42		8.93871	8.59	18.42	6.51634	18.42		5.79010093	5.75		2298.73	B
105	4/7/2010	5/5/2010	28	TK - 0,8 - 28 - IV - 5	11	3.607	18.17	22.70		(%)	12.65		(%)	25.94	22.70	(%)			2297.45	C



HASIL UJI KUAT TARIK BELAH BETON  
 CONCRETE SPLITTING TENSILE STRENGTH TEST  
 ( ASTM C.496M - 04)

l (m) 0.30  
 d (m) 0.15 vol (m3) 0.0052988

No	Tanggal		Umur (hari)	Kode	Berat (kg)	Beban (ton)	Tegangan (MPa)				Rata-rata				Chi Square				Massa Jenis (kg/m <sup>3</sup> )
	Cor	Test					Per Sampel	Rata - Rata	Std Dev	Perbedaan (%)	Seleksi	Rata-rata	Std dev	batas	Seleksi	Rata-rata	Std dev		
1	2/8/2010	2/15/2010	7	TB - 0,30 - 7 - 1	12.355	24.26	3.37				7.84	3.37			0.1661898				2331.68
2	2/8/2010	2/15/2010	7	TB - 0,30 - 7 - 2	12.366	24.87	3.45			5.52	3.45			3.49				0.15	2333.76
3	2/8/2010	2/15/2010	7	TB - 0,30 - 7 - 3	12.344	28.50	3.96	3.66 (MPa)		8.24	3.96	3.66 (MPa)		3.96		3.82 (MPa)		3.83	2329.61
4	2/8/2010	2/15/2010	7	TB - 0,30 - 7 - 4	12.455	26.40	3.67			0.26	3.67			0.795872					2350.55
5	2/8/2010	2/15/2010	7	TB - 0,30 - 7 - 5	12.235	27.61	3.83	(%)		4.86	3.83	(%)		4.45					2309.04
6	2/8/2010	2/22/2010	14	TB - 0,30 - 14 - 1	12.331	30.27	4.20			1.07	4.20			0.4054762				0.26	2327.15
7	2/8/2010	2/22/2010	14	TB - 0,30 - 14 - 2	12.266	34.42	4.78			14.92				3.75					2314.89
8	2/8/2010	2/22/2010	14	TB - 0,30 - 14 - 3	12.377	30.57	4.24	4.16 (MPa)		2.06	4.24	4.29 (MPa)		4.24		4.41 (MPa)			2335.83
9	2/8/2010	2/22/2010	14	TB - 0,30 - 14 - 4	12.243	31.75	4.41			6.02	4.41			1.9417987				5.95	2310.54
10	2/8/2010	2/22/2010	14	TB - 0,30 - 14 - 5	12.094	22.74	3.16	(%)		24.08				6.10					2282.43
11	2/8/2010	3/8/2010	28	TB - 0,30 - 28 - 1	12.317	27.90	3.87			14.32				0.4863396					2324.51
12	2/8/2010	3/8/2010	28	TB - 0,30 - 28 - 2	12.393	40.56	5.63			24.53				4.04		5.63		0.72	2338.85
13	2/8/2010	3/8/2010	28	TB - 0,30 - 28 - 3	12.376	35.01	4.86	4.52 (MPa)		7.51	4.86	4.37 (MPa)		4.86		4.68 (MPa)			2335.65
14	2/8/2010	3/8/2010	28	TB - 0,30 - 28 - 4	12.259	30.27	4.20			7.04	4.20			9.97		2.3290481		15.48	2313.56
15	2/8/2010	3/8/2010	28	TB - 0,30 - 28 - 5	12.425	29.09	4.04	(%)		10.68	4.04	(%)		6.85		4.04	(%)		2344.89
16	4/28/2010	5/5/2010	7	TB - 0,35 - 7 - I - 1	12.208	29.09	4.04			7.18	4.04			0.1581159					2303.94
17	4/28/2010	5/5/2010	7	TB - 0,35 - 7 - I - 2	12.265	33.24	4.61			6.05	4.61			4.19		4.61		0.18	2314.70
18	4/28/2010	5/5/2010	7	TB - 0,35 - 7 - I - 3	12.218	31.46	4.37	4.35 (MPa)		0.38	4.37	4.35 (MPa)		4.37		4.43 (MPa)			2305.83
19	4/28/2010	5/5/2010	7	TB - 0,35 - 7 - I - 4	12.28	32.64	4.53			4.16	4.53			5.41		0.7572067		4.12	2317.53
20	4/28/2010	5/5/2010	7	TB - 0,35 - 7 - II - 5	12.28	30.27	4.20	(%)		3.40	4.20	(%)		5.11		4.20	(%)		2317.53
21	2/19/2010	3/5/2010	14	TB - 0,35 - 14 - III - 1	12.204	38.57	5.36			8.20	5.36			0.5174166		5.36			2303.18
22	2/19/2010	3/5/2010	14	TB - 0,35 - 14 - III - 2	12.52	34.72	4.82			2.61	4.82			4.43		4.82		0.32	2362.82
23	2/19/2010	3/5/2010	14	TB - 0,35 - 14 - III - 3	12.317	38.27	5.31	4.95 (MPa)		7.37	5.31	5.27 (MPa)		5.31		5.27 (MPa)			2324.51
24	2/19/2010	3/5/2010	14	TB - 0,35 - 14 - III - 4	11.91	26.40	3.67			25.95				6.15		2.4778739		6.15	2247.70
25	2/19/2010	3/5/2010	14	TB - 0,35 - 14 - II - 5	12.54	40.28	5.59	(%)		12.99	5.59	(%)		7.43		5.59	(%)		2366.60
26	2/19/2010	3/19/2010	28	TB - 0,35 - 28 - I - 1	12.533	40.28	5.59			0.41	5.59			0.0931062		5.59			2365.27
27	2/19/2010	3/19/2010	28	TB - 0,35 - 28 - I - 2	12.585	39.16	5.44			3.18	5.44			5.52				0.11	2375.09
28	2/19/2010	3/19/2010	28	TB - 0,35 - 28 - I - 3	12.488	41.95	5.83	5.62 (MPa)		3.73	5.83	5.62 (MPa)		5.83		5.66 (MPa)			2356.78
29	2/19/2010	3/19/2010	28	TB - 0,35 - 28 - I - 4	12.518	40.56	5.63			0.28	5.63			2.47		0.4458793		1.97	2362.44
30	2/19/2010	3/19/2010	28	TB - 0,35 - 28 - IV - 5	12.53	40.28	5.59	(%)		0.41	5.59	(%)		6.06		5.59	(%)		2364.71
31	4/28/2010	5/5/2010	7	TB - 0,45 - 7 - III - 1	12.252	18.17	2.52			20.74				0.2815794					2312.24
32	4/28/2010	5/5/2010	7	TB - 0,45 - 7 - III - 2	12.373	22.43	3.12			2.13	3.12			2.90		3.12		0.23	2335.08
33	4/28/2010	5/5/2010	7	TB - 0,45 - 7 - III - 3	12.208	26.40	3.67	3.18 (MPa)		15.16				3.67		3.35 (MPa)			2303.94
34	4/28/2010	5/5/2010	7	TB - 0,45 - 7 - III - 4	12.253	23.96	3.33			4.52	3.33			3.45		1.3484649		6.88	2312.43
35	4/28/2010	5/5/2010	7	TB - 0,45 - 7 - IV - 5	12.241	23.65	3.28	(%)		3.19	3.28	(%)		4.53		3.28	(%)		2310.17
36	3/19/2010	4/2/2010	14	TB - 0,45 - 14 - I - 1	12.332	30.27	4.20			2.30	4.20			0.4785255		4.20			2327.34
37	3/19/2010	4/2/2010	14	TB - 0,45 - 14 - I - 2	12.252	22.74	3.16			23.16				3.63				0.55	2312.24
38	3/19/2010	4/2/2010	14	TB - 0,45 - 14 - I - 3	12.286	36.20	5.03	4.11 (MPa)		22.32				5.03		4.35 (MPa)			2318.66
39	3/19/2010	4/2/2010	14	TB - 0,45 - 14 - I - 4	12.275	26.70	3.71			9.77	3.71			9.18		2.291627		12.61	2316.58
40	3/19/2010	4/2/2010	14	TB - 0,45 - 14 - II - 5	12.252	32.05	4.45	(%)		8.31	4.45	(%)		6.40		4.45	(%)		2312.24

HASIL UJI KUAT TARIK BELAH BETON  
 CONCRETE SPLITTING TENSILE STRENGTH TEST  
 ( ASTM C.496M - 04)

l (m) 0.30  
 d (m) 0.15 vol (m3) 0.0052988

No	Tanggal		Umur (hari)	Kode	Berat (kg)	Beban (ton)	Tegangan (MPa)				Rata-rata				Chi Square				Massa Jenis (kg/m <sup>3</sup> )
	Cor	Test					Per Sampel	Rata - Rata	Std Dev	Perbedaan (%)	Seleksi	Rata-rata	Std dev	batas	Seleksi	Rata-rata	Std dev		
41	2/24/2010	3/24/2010	28	TB - 0,45 - 28 - I - 1	11.734	32.64	4.53				2.13	4.53			0.2450766	4.53			2214.48
42	2/24/2010	3/24/2010	28	TB - 0,45 - 28 - I - 2	11.773	32.64	4.53				2.13	4.53			4.39	4.53		0.26	2221.84
43	2/24/2010	3/24/2010	28	TB - 0,45 - 28 - I - 3	11.839	36.20	5.03	4.63 (MPa)			8.53	5.03	4.63 (MPa)		5.03	4.76 (MPa)		5.53	2234.30
44	2/24/2010	3/24/2010	28	TB - 0,45 - 28 - I - 4	11.766	35.61	4.94				6.75	4.94			1.1736555	4.94			2220.52
45	2/24/2010	3/24/2010	28	TB - 0,45 - 28 - II - 5	11.837	29.68	4.12	(%)			11.01	4.12	(%)		5.80				2233.92
46	5/5/2010	5/12/2010	7	TB - 0,55 - 7 - I - 1	12.167	15.12	2.10				16.77				0.2341955				2296.20
47	5/5/2010	5/12/2010	7	TB - 0,55 - 7 - I - 2	12.5	18.17	2.52				0.00	2.52			2.29	2.52		0.21	2359.05
48	5/5/2010	5/12/2010	7	TB - 0,55 - 7 - I - 3	12.301	16.34	2.27	2.52 (MPa)			10.06	2.27	2.52 (MPa)			2.75 (MPa)			2321.49
49	5/5/2010	5/12/2010	7	TB - 0,55 - 7 - I - 4	12.262	21.22	2.95				13.83				1.1215466	2.95		7.75	2314.13
50	6/1/2010	6/8/2010	7	TB - 0,55 - 7 - II - 5	12.55	20.00	2.78	(%)			10.06	2.78	(%)		3.64	2.78			2368.48
51	3/5/2010	3/19/2010	14	TB - 0,55 - 14 - III - 1	12.151	26.70	3.71				0.69	3.71			0.1198213	3.71			2293.18
52	3/5/2010	3/19/2010	14	TB - 0,55 - 14 - III - 2	12.241	27.31	3.79				2.99	3.79			3.56	3.79		0.04	2310.17
53	3/5/2010	3/19/2010	14	TB - 0,55 - 14 - III - 3	12.398	27.31	3.79	3.68 (MPa)			2.99	3.79	3.68 (MPa)			3.79		3.76 (MPa)	2339.80
54	3/5/2010	3/19/2010	14	TB - 0,55 - 14 - III - 4	12.188	27.01	3.75				1.84	3.75			0.5738163	3.75		1.08	2300.17
55	3/5/2010	3/19/2010	14	TB - 0,55 - 14 - IV - 5	12.092	24.26	3.37	(%)			8.50	3.37	(%)		4.26				2282.05
56	3/5/2010	4/2/2010	28	TB - 0,55 - 28 - I - 1	12.225	21.82	3.03				8.20	3.03			0.2822946	3.03			2307.15
57	3/5/2010	4/2/2010	28	TB - 0,55 - 28 - I - 2	12.175	22.43	3.12				5.64	3.12			3.02	3.12		0.39	2297.71
58	3/5/2010	4/2/2010	28	TB - 0,55 - 28 - I - 3	12.298	26.70	3.71	3.30 (MPa)			12.31	3.71	3.18 (MPa)			3.71		3.41 (MPa)	2320.92
59	3/5/2010	4/2/2010	28	TB - 0,55 - 28 - I - 4	12.299	20.61	2.86				13.33	2.86			1.35189			11.55	2321.11
60	3/5/2010	4/2/2010	28	TB - 0,55 - 28 - II - 5	12.298	27.31	3.79	(%)			14.87		(%)		4.65	3.79			2320.92
61	6/1/2010	6/8/2010	7	TB - 0,65 - 7 - III - 1	12.254	22.43	3.12				9.20	3.12			0.1481182	3.12			2312.62
62	6/1/2010	6/8/2010	7	TB - 0,65 - 7 - III - 2	12.336	20.91	2.90				1.78	2.90			2.70	2.90		0.14	2328.10
63	6/1/2010	6/8/2010	7	TB - 0,65 - 7 - III - 3	12.089	21.22	2.95	2.85 (MPa)			3.26	2.95	2.85 (MPa)			2.95		2.94 (MPa)	2281.48
64	6/1/2010	6/8/2010	7	TB - 0,65 - 7 - III - 4	12.425	20.00	2.78				2.67	2.78			0.7093284	2.78		4.76	2344.89
65	6/1/2010	6/8/2010	7	TB - 0,65 - 7 - III - 5	12.377	18.17	2.52	(%)			11.57	2.52	(%)		3.56				2335.83
66	3/12/2010	3/26/2010	14	TB - 0,65 - 14 - III - 1	12.261	18.47	2.56				1.68	2.56			0.1434149	2.56			2313.94
67	3/12/2010	3/26/2010	14	TB - 0,65 - 14 - III - 2	12.138	18.47	2.56				1.68	2.56			2.38	2.56		0.11	2290.73
68	3/12/2010	3/26/2010	14	TB - 0,65 - 14 - III - 3	12.085	20.00	2.78	2.52 (MPa)			10.06	2.78	2.52 (MPa)			2.78		2.61 (MPa)	2280.73
69	3/12/2010	3/26/2010	14	TB - 0,65 - 14 - III - 4	12.033	18.17	2.52				0.00	2.52			0.6868042	2.52		4.40	2270.91
70	3/12/2010	3/26/2010	14	TB - 0,65 - 14 - IV - 5	12.06	15.73	2.18	(%)			13.42	2.18	(%)		3.21				2276.01
71	3/12/2010	4/9/2010	28	TB - 0,65 - 28 - I - 1	12.136	23.65	3.28				13.45	3.28			0.2519483	3.28			2290.35
72	3/12/2010	4/9/2010	28	TB - 0,65 - 28 - I - 2	12.159	20.91	2.90				0.29	2.90			2.64	2.90		0.26	2294.69
73	3/12/2010	4/9/2010	28	TB - 0,65 - 28 - I - 3	12.222	23.04	3.20	2.89 (MPa)			10.52	3.20	3.03 (MPa)			3.20		3.03 (MPa)	2306.58
74	3/12/2010	4/9/2010	28	TB - 0,65 - 28 - I - 4	12.022	19.69	2.73				5.55	2.73			1.2065637	2.73		8.46	2268.84
75	3/12/2010	4/9/2010	28	TB - 0,65 - 28 - II - 5	12.047	16.95	2.35	(%)			18.71		(%)		4.10				2273.56
76	4/14/2010	4/21/2010	7	TB - 0,75 - 7 - I - 1	12.436	7.56	1.05				33.33				0.2069101				2346.97
77	4/14/2010	4/21/2010	7	TB - 0,75 - 7 - I - 2	12.089	11.34	1.57				0.00	1.57			1.37	1.57		0.11	2281.48
78	4/14/2010	4/21/2010	7	TB - 0,75 - 7 - I - 3	12.179	12.47	1.73	1.57 (MPa)			10.00	1.73	1.66 (MPa)			1.73		1.71 (MPa)	2298.47
79	4/14/2010	4/21/2010	7	TB - 0,75 - 7 - I - 4	11.978	13.23	1.84				16.67				0.9908787	1.84		6.41	2260.53
80	4/14/2010	4/21/2010	7	TB - 0,75 - 7 - II - 5	12.088	12.10	1.68	(%)			6.67	1.68	(%)		2.57	1.68			2281.29



HASIL UJI KUAT LENTUR BETON  
 CONCRETE FLEXURAL STRENGTH TEST  
 (ASTM C.496M - 04)

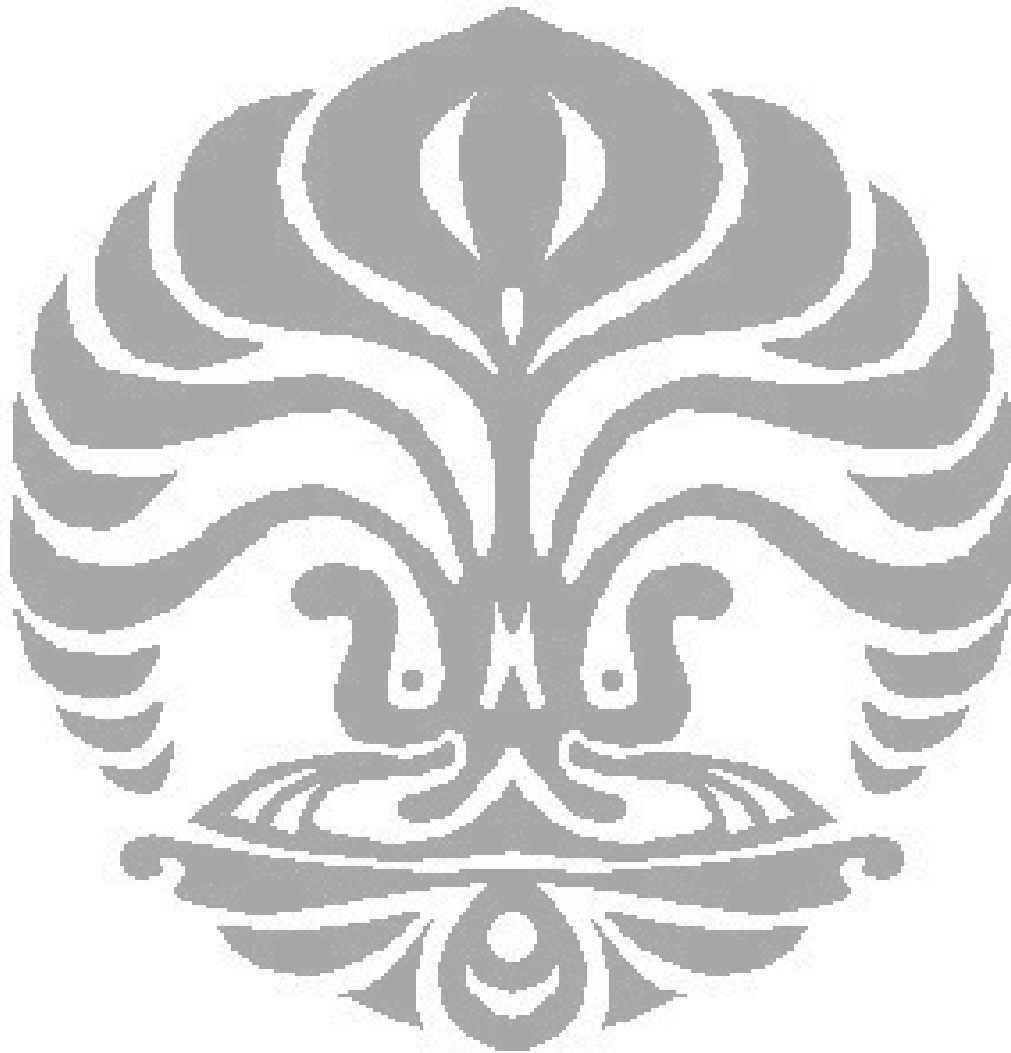
No	Tanggal		Umur (hari)	Kode	Beban (ton)	Tegangan (MPa)			Rata-rata			Chi Square						
	Cor	Test				l (m) b or h (m)	0.45 0.15	Per Sampel	Rata-rata	Std dev	Perbedaan (%)	Seleksi	Rata-rata	Std dev	batas			
															Seleksi	Rata-rata	Std dev	batas
1	4/21/2010	4/28/2010	7	TL - 0,3 - 7 - I - 1	3.01	3.94	0.03906	0.58	3.94	0.04	0.0249	3.89	3.94	3.94	0			
2	4/21/2010	4/28/2010	7	TL - 0,3 - 7 - I - 2	2.96	3.87	3.92	1.15	3.87	3.92	3.94	3.94	3.94	3.94	0			
3	4/21/2010	4/28/2010	7	TL - 0,3 - 7 - I - 3	3.01	3.94	0.99664	0.58	3.94	1.00	0.30074	4.22	3.94	3.94	0			
4	4/21/2010	5/5/2010	14	TL - 0,80 - 14 - II - 1	3.01	3.94	0.20668	4.38	3.94	0.21	0.13177	3.99	4.08	4.21	0.19134			
5	4/21/2010	5/5/2010	14	TL - 0,80 - 14 - II - 2	3.12	4.08	4.12	1.09	4.08	4.12	4.12	4.08	4.21	4.21	4.54269			
6	4/21/2010	5/5/2010	14	TL - 0,80 - 14 - II - 3	3.32	4.35	5.01404	5.47	4.35	5.01	1.59138	5.71	4.35	4.21	4.54269			
7	4/21/2010	5/19/2010	28	TL - 0,3 - 28 - III - 1	3.53	4.62	0.10334	0.49	4.62	0.10	0.06589	4.57	4.62	4.69	0.09567			
8	4/21/2010	5/19/2010	28	TL - 0,3 - 28 - III - 2	3.48	4.55	4.64	1.94	4.55	4.64	4.64	4.69	4.69	4.69	2.04179			
9	4/21/2010	5/19/2010	28	TL - 0,3 - 28 - III - 3	3.63	4.75	2.22682	2.43	4.75	2.23	0.79569	5.44	4.75	4.75	2.04179			
10	4/28/2010	5/5/2010	7	TL - 0,35 - 7 - II - 1	2.81	3.67	0.23435	6.87	3.67	0.23	0.14941	3.79	4.08	4.08	0			
11	4/28/2010	5/5/2010	7	TL - 0,35 - 7 - II - 2	3.12	4.08	3.94	3.43	4.08	3.94	4.08	4.08	4.08	4.08	0			
12	4/28/2010	5/5/2010	7	TL - 0,35 - 7 - II - 3	3.12	4.08	5.9456	3.43	4.08	5.95	1.80446	5.75	4.08	4.08	0			
13	2/19/2010	3/5/2010	14	TL - 0,35 - 14 - III - 1	3.32	4.35	0.1353	3.02	4.35	0.14	0.08626	4.40	4.62	4.55	0.09567			
14	2/19/2010	3/5/2010	14	TL - 0,35 - 14 - III - 2	3.53	4.62	4.48	3.02	4.62	4.48	4.48	4.62	4.55	4.55	2.10251			
15	2/19/2010	3/5/2010	14	TL - 0,35 - 14 - III - 3	3.43	4.48	3.01826	0.00	4.48	3.02	1.0418	5.52	4.48	4.48	2.10251			
16	2/19/2010	3/19/2010	28	TL - 0,35 - 28 - IV - 1	2.61	3.41	0.22975	7.22	3.41	0.23	0.14649	3.53	3.81	3.81	0			
17	2/19/2010	3/19/2010	28	TL - 0,35 - 28 - IV - 2	2.91	3.81	3.67	3.61	3.81	3.67	3.67	3.81	3.81	3.81	0			
18	2/19/2010	3/19/2010	28	TL - 0,35 - 28 - IV - 3	2.91	3.81	6.25419	3.61	3.81	6.25	1.76908	5.44	3.81	3.81	0			
19	4/28/2010	5/5/2010	7	TL - 0,45 - 7 - III - 1	2.91	3.81	0.15623	2.43	3.81	0.16	0.09961	3.62	3.81	3.81	0			
20	4/28/2010	5/5/2010	7	TL - 0,45 - 7 - IV - 2	2.70	3.54	3.72	4.85	3.54	3.72	3.72	3.81	3.81	3.81	0			
21	4/28/2010	5/5/2010	7	TL - 0,45 - 7 - IV - 3	2.91	3.81	4.20427	2.43	3.81	4.20	1.20297	4.92	3.81	3.81	0			
22	3/19/2010	4/2/2010	14	TL - 0,45 - 14 - I - 1	2.91	3.81	0.07812	1.17	3.81	0.08	0.0498	3.80	3.81	3.81	0.07812			
23	3/19/2010	4/2/2010	14	TL - 0,45 - 14 - II - 2	3.01	3.94	3.85	2.34	3.94	3.85	3.85	3.94	3.85	3.85	2.02828			
24	3/19/2010	4/2/2010	14	TL - 0,45 - 14 - II - 3	2.91	3.81	2.02828	1.17	3.81	2.03	0.60149	4.45	3.81	3.81	2.02828			
25	2/24/2010	3/24/2010	28	TL - 0,45 - 28 - I - 1	3.32	4.35	0.4115	4.46	4.35	0.41	0.26236	4.29	4.35	4.69	0.47836			
26	2/24/2010	3/24/2010	28	TL - 0,45 - 28 - II - 2	3.27	4.28	4.55	5.95	4.28	4.55	4.55	4.69	4.69	4.69	10.209			
27	2/24/2010	3/24/2010	28	TL - 0,45 - 28 - II - 3	3.84	5.02	9.04322	10.41	5.02	9.04	3.16852	7.72	5.02	5.02	10.209			
28	5/5/2010	5/12/2010	7	TL - 0,55 - 7 - I - 1	2.37	3.10	0.50318	15.28	3.10	0.50	0.32081	3.34	3.81	3.94	0.19134			
29	6/1/2010	6/8/2010	7	TL - 0,55 - 7 - II - 2	2.91	3.81	3.66	3.95	3.81	3.66	3.66	3.81	3.94	3.94	4.85456			
30	6/1/2010	6/8/2010	7	TL - 0,55 - 7 - II - 3	3.12	4.08	13.7415	11.34	4.08	13.74	3.8744	7.54	4.08	4.08	4.85456			
31	3/5/2010	3/19/2010	14	TL - 0,55 - 14 - III - 1	1.93	2.53	0.1247	4.12	2.53	0.12	0.0795	2.56	2.61	2.69	0.11545			
32	3/5/2010	3/19/2010	14	TL - 0,55 - 14 - IV - 2	2.00	2.61	2.64	1.03	2.61	2.64	2.64	2.61	2.61	2.69	4.2855			
33	3/5/2010	3/19/2010	14	TL - 0,55 - 14 - IV - 3	2.12	2.78	4.7243	5.15	2.78	4.72	0.96017	3.60	2.78	2.78	4.2855			
34	3/5/2010	4/2/2010	28	TL - 0,55 - 7 - I - 1	2.50	3.27	0.09406	3.44	3.27	0.09	0.05997	3.10	3.27	3.16	0.09406			
35	3/5/2010	4/2/2010	28	TL - 0,55 - 7 - II - 2	2.37	3.10	3.16	1.72	3.10	3.16	3.16	3.10	3.16	3.16	2.98006			
36	3/5/2010	4/2/2010	28	TL - 0,55 - 7 - II - 3	2.37	3.10	2.98006	1.72	3.10	2.98	0.72428	3.88	3.10	3.10	2.98006			
37	6/1/2010	6/8/2010	7	TL - 0,65 - 7 - III - 1	2.00	2.61	0.2494	9.43	2.61	0.25	0.15901	2.73	3.10	3.02	0.11545			
38	6/1/2010	6/8/2010	7	TL - 0,65 - 7 - IV - 2	2.37	3.10	2.88	7.55	3.10	2.88	2.88	3.10	3.02	3.02	3.8222			
39	6/1/2010	6/8/2010	7	TL - 0,65 - 7 - IV - 3	2.25	2.94	8.64637	1.89	2.94	8.65	1.92034	4.80	2.94	2.94	3.8222			

HASIL UJI KUAT LENTUR BETON  
 CONCRETE FLEXURAL STRENGTH TEST  
 ( ASTM C.496M - 04)

No	Tanggal		Umur (hari)	Kode	Beban (ton)	Tegangan (MPa)			Rata-rata			Chi Square					
	Cor	Test				l (m) b or h (m)	Per Sampel	Rata - rata	Std dev	Perbedaan (%)	Seleksi	Rata-rata	Std dev	batas			
														Seleksi	Rata-rata	Std dev	batas
40	3/12/2010	3/26/2010	14	TL - 0,65 - 14 - III - 1	2.25	2.94	0.16327	0.00	2.94	0.16	0.1041	2.83	2.94	0.11545			
41	3/12/2010	3/26/2010	14	TL - 0,65 - 14 - IV - 2	2.12	2.78	2.94	5.56	2.78	2.94	3.02	3.02	3.02	3.8222			
42	3/12/2010	3/26/2010	14	TL - 0,65 - 14 - IV - 3	2.37	3.10	5.55556	5.56	3.10	5.56	1.25716	4.20	3.10	3.8222			
43	3/12/2010	4/9/2010	28	TL - 0,65 - 28 - I - 1	2.70	3.54	0.41726	15.69	3.54	0.42	0.26603	2.79	3.54	0.47972			
44	3/12/2010	4/9/2010	28	TL - 0,65 - 28 - II - 2	2.18	2.86	3.06	6.51	2.86	3.06	3.20	2.86	3.20	15.0081			
45	3/12/2010	4/9/2010	28	TL - 0,65 - 28 - II - 3	2.12	2.78	13.6531	9.18	2.78	13.65	3.21284	6.27	2.78	15.0081			
46	4/14/2010	4/21/2010	7	TL - 0,75 - 7 - I - 1	2.00	2.61	0.49879	26.32	#DIV/0!	0.31802	1.75	2.61	0.46179				
47	4/14/2010	4/21/2010	7	TL - 0,75 - 7 - II - 2	1.25	1.63	2.07	21.05	1.96	1.96	2.29	1.96	2.29	20.2031			
48	4/14/2010	4/21/2010	7	TL - 0,75 - 7 - II - 3	1.50	1.96	24.1188	5.26	1.96	#DIV/0!	3.84067	5.91	1.96	20.2031			
49	4/14/2010	4/28/2010	14	TL - 0,75 - 14 - III - 1	2.25	2.94	0.18853	3.85	2.94	0.19	0.1202	2.71	2.94	0			
50	4/14/2010	4/28/2010	14	TL - 0,75 - 14 - IV - 2	2.00	2.61	2.83	7.69	2.61	2.83	2.94	2.61	2.94	0			
51	4/14/2010	4/28/2010	14	TL - 0,75 - 14 - IV - 3	2.25	2.94	6.66173	3.85	2.94	6.66	1.45164	4.28	2.94	0			
52	3/26/2010	4/23/2010	28	TL - 0,75 - 28 - I - 1	2.00	2.61	0.09426	2.04	2.61	0.09	0.0601	2.61	2.61	0.09426			
53	3/26/2010	4/23/2010	28	TL - 0,75 - 28 - II - 2	2.12	2.78	2.67	4.08	2.78	2.67	2.67	2.78	2.67	3.5348			
54	3/26/2010	4/23/2010	28	TL - 0,75 - 28 - II - 3	2.00	2.61	3.5348	2.04	2.61	3.53	0.72582	3.39	2.61	3.5348			
55	6/7/2010	6/14/2010	7	TL - 0,8 - 7 - I - 1	1.75	2.29	0.16327	7.69	2.29	0.16	0.1041	2.02	2.29	0.11545			
56	6/7/2010	6/14/2010	7	TL - 0,8 - 7 - II - 2	1.62	2.12	2.12	0.00	2.12	2.12	2.20	2.12	2.20	5.23783			
57	6/7/2010	6/14/2010	7	TL - 0,8 - 7 - II - 3	1.50	1.96	7.69231	7.69	1.96	7.69	1.25716	3.38	1.96	5.23783			
58	4/7/2010	4/21/2010	14	TL - 0,8 - 14 - I - 1	1.62	2.12	0.09426	2.63	2.12	0.09	0.0601	2.01	2.12	0			
59	4/7/2010	4/21/2010	14	TL - 0,8 - 14 - II - 2	1.50	1.96	2.07	5.26	1.96	2.07	2.12	1.96	2.12	0			
60	4/7/2010	4/21/2010	14	TL - 0,8 - 14 - II - 3	1.62	2.12	4.55803	2.63	2.12	4.56	0.72582	2.79	2.12	0			
61	4/7/2010	5/5/2010	28	TL - 0,80 - 28 - III - 1	2.00	2.61	0.2494	11.63	2.61	0.25	0.15901	2.18	2.61	0.2309			
62	4/7/2010	5/5/2010	28	TL - 0,80 - 28 - IV - 2	1.75	2.29	2.34	2.33	2.29	2.34	2.45	2.29	2.45	9.42809			
63	4/7/2010	5/5/2010	28	TL - 0,80 - 28 - IV - 3	1.62	2.12	10.6572	9.30	2.12	10.66	1.92034	4.26	2.12	9.42809			

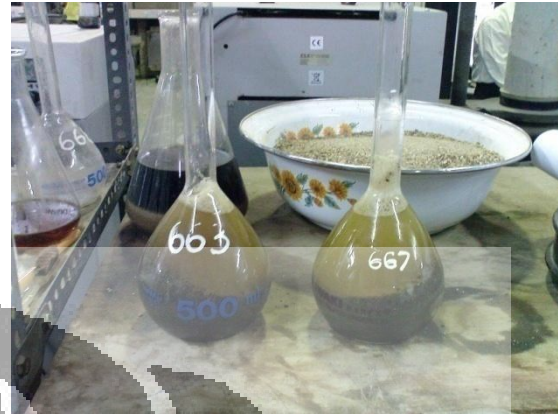
LAMPIRAN D

DOKUMENTASI PENELITIAN





Penyediaan material agregat halus



Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus



Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar



Pengujian kadar organik agregat halus



Pengujian kadar lumpur agregat halus



Pengujian analisa saringan agregat halus





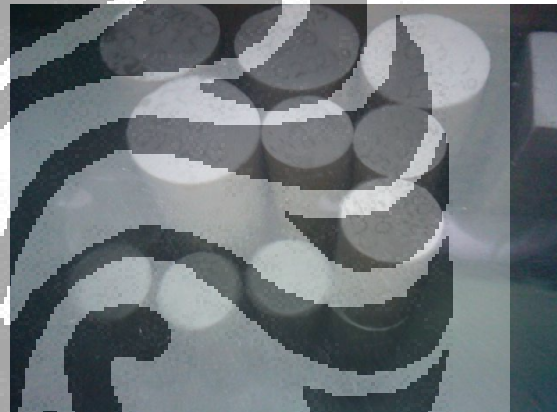
Pengadukan rancang campur



Pengujian slump



Pencetakan benda uji



Perawatan benda uji



Pengeringan benda uji

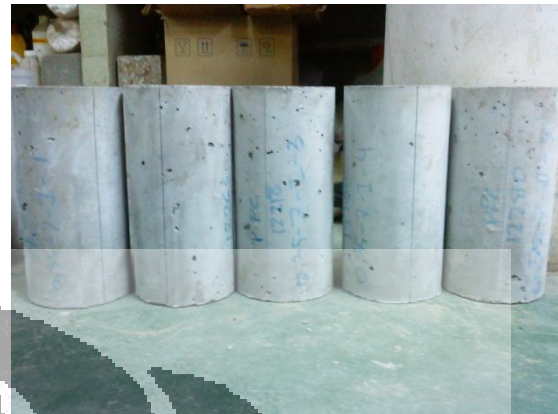


Pengkodean benda uji





Pen-caping-an benda uji kuat tekan



Pemberian garis tanda pada benda uji kuat tarik belah



Pemberian garis tanda pada benda uji kuat lentur



Pengujian kuat tarik belah



Pengujian kuat tekan



Pengujian kuat lentur



Hasil pengujian kuat tekan



Hasil pengujian kuat tarik belah



Hasil pengujian kuat lentur