



**PENGUJIAN BETON MUTU TINGGI UNTUK MENDAPATKAN  
ANGKA KONVERSI BENTUK BENDA UJI DAN LAJU  
PENGERASAN**

**SKRIPSI**

Oleh:

**Sevira Oktavianingtyas  
NIM 111910301007**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**



**PENGUJIAN BETON MUTU TINGGI UNTUK MENDAPATKAN  
ANGKA KONVERSI BENTUK BENDA UJI DAN LAJU  
PENGERASAN**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Strata 1 (S1) Teknik Sipil  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Sevira Oktavianingtyas  
NIM 111910301007**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**

## PERSEMBAHAN

Puji syukur kepada Allah SWT. karena atas limpahan rahmat dan kasih sayang-Nya akhirnya Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terima kasih yang tak terhingga kupersembahkan tugas akhir ini untuk:

1. Ibunda Susi Saulata, Ayahanda Lexi Novianto, Alm. Mbah Kung Adi Suwarno dan Mbah Putri Sugiharti yang telah membesarkan, mendoakan, mendidik, mendukung dan memberikan kasih sayang yang tak mungkin dapat kubalas hanya dengan selebar kertas persembahan ini;
2. Adikku M. Rizky Akbar yang tiada henti mengganggu dalam proses pengerjaan tugas akhir ini, semoga Allah memberikanmu kemudahan dalam menyelesaikan pendidikan hingga ke jenjang yang tinggi;
3. Bapak Ketut Aswatama dan Ibu Wiwik Yunarni W. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing saya menyelesaikan tugas akhir ini;
4. Bapak Erno Widayanto dan Bapak Ahmad Hasanuddin selaku dosen penguji yang sudah memberikan saran untuk memperbaiki tugas akhir ini;
5. Bapak Syamsul Arifin selaku dosen pembimbing akademik yang selalu membimbing dan memberikan motivasi;
6. Andre Satria Pamungkas yang telah sabar memberikan perhatian, semangat serta inspirasi dalam penyelesaian tugas akhir ini;
7. Teruntuk grup “RUMPIK SEKAWAN” yang selalu mendukung dan memberikan semangat dari awal semester hingga saat ini, semoga tetap kompak sampai kita tua;
8. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Jember angkatan 2011 yang tidak mungkin untuk disebut satu per satu. Terimakasih atas persahabatan yang takkan pernah terlupakan, dukungan serta semangat yang tak henti kepada penulis;
9. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember;

**MOTTO**

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.

(terjemahan Surat *Al-Mujadalah* ayat 11)<sup>\*</sup>

Bukanlah suatu aib jika kamu gagal dalam suatu usaha, yang merupakan aib adalah jika kamu tidak bangkit dari kegagalan itu.

(Ali Bin Abu Thalib)<sup>\*\*</sup>

Jangan tunda sampai besok apa yang bisa engkau kerjakan hari ini.<sup>\*\*\*</sup>

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sevira Oktavianingtyas

NIM : 111910301007

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Pengujian Beton Mutu Tinggi Untuk Mendapatkan Angka Konversi Bentuk Benda Uji dan Laju Pengerasan" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 10 Juni 2015

Yang menyatakan

Sevira Oktavianingtyas  
NIM111910301007

**SKRIPSI**

**PENGUJIAN BETON MUTU TINGGI UNTUK  
MENDAPATKAN ANGKA KONVERSI BENTUK BENDA  
UJI DAN LAJU Pengerasan**

Oleh

Sevira Oktavianingtyas  
NIM 111910301007

Pembimbing

DosenPembimbingUtama : Ketut Aswatama, ST., MT.  
DosenPembimbingAnggota : Wiwik Yunarni W., ST., MT.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Pengujian Beton Mutu Tinggi Untuk Mendapatkan Angka Konversi Bentuk Benda Uji dan Laju Pengerasan” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 10 Juni 2015

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Ketut Aswatama, ST., MT.  
NIP. 19700713 200012 1 001

Wiwik Yunarni W., ST., MT.  
NIP 19700613 199802 2 001

Penguji I

Penguji II,

Ahmad Hasanuddin, ST., MT.  
NIP 19710327 199803 1 003

Erno Widayanto, ST., MT.  
NIP 19700419 199803 1 002

Mengesahkan  
Dekan  
Fakultas Teknik  
Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi, MT.  
NIP 19610414 198902 1 001

## RINGKASAN

**PENGUJIAN BETON MUTU TINGGI UNTUK MENDAPATKAN ANGKA KONVERSI BENTUK BENDA UJI DAN LAJU Pengerasan;** Sevira Oktavianingtyas, 111910301007; 2015: 54 halaman + xx, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Penelitian mengenai beton mutu tinggi mulai mengalami peningkatan di beberapa tahun terakhir. Maraknya penemuan beton dengan mutu yang tinggi ini dapat menunjang berbagai struktur konstruksi seperti pembangunan gedung-gedung pencakar langit maupun jembatan dengan bentang yang sangat panjang. Berdasarkan penelitian terdahulu timbul suatu permasalahan, yakni mengenai angka konversi. Ternyata angka konversi beton normal yang tertera pada Peraturan Beton Bertulang Indonesia tahun 1971 kurang sesuai apabila diaplikasikan pada beton mutu tinggi.

Seperti yang telah kita ketahui, komposisi beton mutu tinggi berbeda dengan komposisi yang digunakan pada campuran beton normal. Ada beberapa bahan tambahan yang dimasukkan di dalamnya yakni, zat-zat *addictive* dan bahan-bahan *microfiller* seperti *silica* yang dapat mengisi pori-pori pada beton sehingga menghasilkan beton yang kuat dan padat. Tentu saja bahan-bahan ini dapat berpengaruh terhadap laju pengerasan beton. Namun hingga saat ini belum ada angka konversi umur yang sesuai digunakan pada beton mutu tinggi.

Adapun tujuan dari penelitian ini yakni mendapatkan angka konversi umur kuat tekan baru sebagai pembanding terhadap angka konversi umur kuat tekan beton yang sudah ditetapkan PBI 1971. Seperti yang telah dipaparkan sebelumnya, kesenjangan yang terjadi antara konversi umur beton menurut PBI 1971 dengan pengujian dilapangan terdahulu, melatarbelakangi penelitian ini untuk mengikut sertakan analisa tentang angka konversi bentuk benda uji apabila kuat tekan yang dihasilkan berasal dari beton mutu tinggi.

Pada penelitian ini dibuat 4 bentuk benda uji yang masing-masing berjumlah 15 buah, yakni silinder diameter 10 cm x tinggi 20 cm, silinder diameter 15 cm x tinggi 30 cm, kubus 10 cm x 10 cm, dan kubus 15 cm x 15 cm. Tiap-tiap benda uji ini diuji pada hari ke 3, 7, 14, 21 dan hari ke 28. Langkah yang dilakukan untuk memperoleh angka konversi umur beton adalah dengan membandingkan kuat tekan pada hari ke 3, 7, 14, 21 pada hari ke 28, hal ini juga berlaku pada keempat bentuk. Sedangkan untuk angka konversi bentuk, didapatkan dengan cara membandingkan kuat tekan ketiga bentuk benda uji pada benda uji berbentuk silinder 15cm x 30 cm di tiap-tiap hari pengujian. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa pada angka konversi umur nilai perbandingan kuat tekan pada hari ke 3, 7, 14, 21 dan 28 adalah berturut-turut sebesar : 0,62; 0,69; 0,86; 0,9; dan 1,00. Sedangkan pada penelitian angka konversi bentuk nilai perbandingan kuat tekan dari semua bentuk terhadap silinder 15 x 30 cm yaitu: untuk bentuk kubus 10 cm sebesar 1,92 ; bentuk kubus 15 cm sebesar 1,69 dan untuk bentuk silinder 10 x 20 cm sebesar 1,56.

**Kata kunci : beton mutu tinggi, angka konversi umur, angka konversi bentuk**

## SUMMARY

**TESTING HIGH PERFORMANCE CONCRETE IS AIMS TO GET THE CONVERSION NUMBER OF SHAPE AND CONVERSION NUMBER OF HARDENING RATE;** Sevira Oktavianingtyas, 111910301007; 2015: 54 page + xx, Civil Engineering, Engineering Faculty, University of Jember

Research on high strength concrete began to increase in recent years. The rise of the discovery of high quality concrete can support a variety of structures such as the construction of buildings construction of skyscrapers and bridges with spans are very long. Based on previous research arises a problem, namely the conversion rate. Turns normal concrete conversion rate listed on the Regulation of Reinforced Concrete Indonesia in 1971 is less appropriate when applied to the high strength concrete.

As we all know, high strength concrete composition is different from the composition that used in normal concrete mix. There are some additional material incorporated therein namely, additive substances and microfiller materials such as silica to fill the pores in the concrete resulting in a strong and solid concrete. Of course, these materials can affect the rate of hardening concrete. But until now there is no appropriate age conversion rate used in high strength concrete.

The aim of this resarch is to get a number of new conversions compressive strength as compared to the compressive strength conversions that have been defined in the PBI 1971. As noted earlier, the gaps between the concrete conversion according to PBI in 1971 with the previous field testing, following this research to include an analysis of the conversion rate of shape when the compressive strength of the test specimen produced from high-quality concrete.

At this research, 60 specimens in the form of the specimen 4 will be made, each of which forms amounted to 15, among other shapes: cube 10 cm; cube of 15

cm; Cylinder 10 x 20 cm and 15 x 30 cm cylinder. Based on result of this research, the rate of conversion age obtained on day 3 = 0.62; day 7 = 0.69; day 14 = 0.86; day 21 = 0.9; and day 28 = 1.00. Meanwhile on the conversion rate of shape research shows that the compressive strength ratio of all form to the cylinder 15 x 30 cm are; cubes 10 cm = 1,92; cubes 15 cm = 1,69 and cylinder 10 x 20 cm = 1,56.

**Keyword :** high strength concrete, conversion rate of age, conversion rate of shape

## PRAKATA

Puji Syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengujian Beton Mutu Tinggi Untuk Mendapatkan Angka Konversi Bentuk Benda Uji dan Laju Pengerasan”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Widyono Hadi, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,
2. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember,
3. Ketut Aswatama, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Utama,
4. Wiwik Yunarni W., ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Anggota,
5. Ahmad Hasanuddin, ST., MT. selaku Dosen Penguji Utama,
6. Erno Widayanto, ST., MT. selaku Dosen Penguji Anggota,
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, 10 Juni 2015

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>PRAKATA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	xviii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xix
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Terdahulu.....	4
2.2 Bahan Penyusun Beton.....	5
2.2.1 Semen .....	6
2.2.2 Agregat Halus .....	7
2.2.3 Agregat Kasar .....	8

2.2.4	Superplasticizer.....	9
2.2.5	Air .....	10
2.2.6	<i>Silica Fume</i> .....	10
2.2.7	<i>Silica Powder</i> .....	11
2.2.8	Serat .....	11
2.3	Landasan Teori .....	12
2.3.1	Perbandingan Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Benda Uji .....	12
2.3.2	Perbandingan Kekuatan Tekan Beton Pada Berbagai Umur .....	13
2.3.3	Kuat Tekan Beton .....	14
2.3.4	Kuat Tekan Rata-Rata.....	15
2.3.5	Standar Deviasi .....	15
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b>		
3.1	Lokasi .....	17
3.2	Pengujian Material.....	17
3.3	Rencana Pembuatan Benda Uji .....	18
3.4	Perawatan Benda Uji .....	20
3.5	Pengujian Sampel Beton Mutu Tinggi .....	20
3.6	Hasil dan Pembahasan .....	21
3.7	Kesimpulan.....	21
3.8	Flowchart Kegiatan Penelitian .....	22
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Data Hasil Pengujian Material.....	24
4.1.1	Pengujian Semen .....	24
4.1.2	Pengujian Agregat Halus .....	25
4.1.3	Pengujian Agregat Kasar .....	26
4.2	Komposisi Material Yang Digunakan .....	26
4.3	Pelaksanaan Pembuatan Benda Uji .....	28

4.4	Pengujian Kuat Tekan .....	29
4.4.1	Analisa Pengujian Kuat Tekan Untuk Mendapatkan Angka Konversi Bentuk Beton .....	44
4.4.2	Analisa Pengujian Kuat Tekan Untuk Mendapatkan Angka Konversi Bentuk Beton .....	47
<b>BAB 5. PENUTUP</b>		
5.1	Kesimpulan .....	50
5.2	Saran .....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>52</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN .....</b>		<b>55</b>

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Perbandingan Kekuatan Tekan Beton Pada Berbagai Benda Uji.....	12
2.2 Perbandingan Kekuatan Tekan Beton Pada Berbagai Umur.....	14
2.3 Nilai Standar Deviasi Untuk Berbagai Tingkat Pengendalian .....	16
3.1 <i>Time Schedule</i> .....	17
3.2 Rencana Komposisi Pembuatan Beton Mutu Tinggi .....	18
4.1 Analisis Pengujian Semen PPC Tiga Roda .....	24
4.2 Analisis Pengujian Agregat Halus.....	25
4.3 Analisis Pengujian Agregat Kasar.....	26
4.4 Komposisi Material Yang Digunakan.....	27
4.5 Kuat Tekan Beton Kubus 10cm x 10cm x 10cm .....	29
4.6 Kuat Tekan Beton Kubus 15cm x 15cm x 15cm .....	30
4.7 Kuat Tekan Beton Silinder 10cm x 20cm .....	32
4.8 Kuat Tekan Beton Silinder 15cm x 30cm .....	33
4.9 Kuat Tekan Rata-Rata Beton Mutu Tinggi Bentuk Kubus 10 cm, Kubus 15 cm, Silinder 10cm x 20 cm dan Silinder 15cm x 30 cm....	38
4.10 Kuat Tekan Beton Normal Pada Bentuk Kubus 10 cm, Kubus 15cm, Silinder 10cm x 20cm dan Silinder 15cmx30cm .....	39
4.11 Perbandingan Kekuatan Tekan Beton Pada Berbagai Benda Uji Menurut PBI 1971 .....	44
4.12 Perbandingan Kekuatan Tekan Beton Pada Berbagai Benda Uji Menurut PBI '71 dan <i>Structural Modeling and Experimental Techniques</i> Yang Telah Disesuaikan .....	45

4.13	Rekapitulasi Perbandingan Hasil Konversi Bentuk Pada Beton Normal Menurut PBI'1971 Dan <i>Structural Modeling and Experimental Techniques</i> Dengan Hasil Konversi Bentuk Pada Hasil Uji Umur 3, 7, 14, 21 dan 28 Hari .....	45
4.14	Angka Konversi Bentuk Dari Benda Uji Berbentuk Kubus 10cm, Kubus 15cm, Silinder 10cm x 20cm dan Silinder 15cm x 30cm.....	46
4.15	Rekapitulasi Perbandingan Hasil Konversi Umur Beton Normal Menurut PBI 1971 Dengan Hasil Uji Beton Mutu Tinggi Bentuk Kubus 10 cm, Kubus 15 cm, Silinder 10x20 cm dan Silinder 15 x 30cm.....	47
4.16	Angka Konversi Umur Dari Benda Uji Berbentuk Kubus 10cm, Kubus 15cm, Silinder 10cm x 20cm dan Silinder 15cm x 30cm.....	48

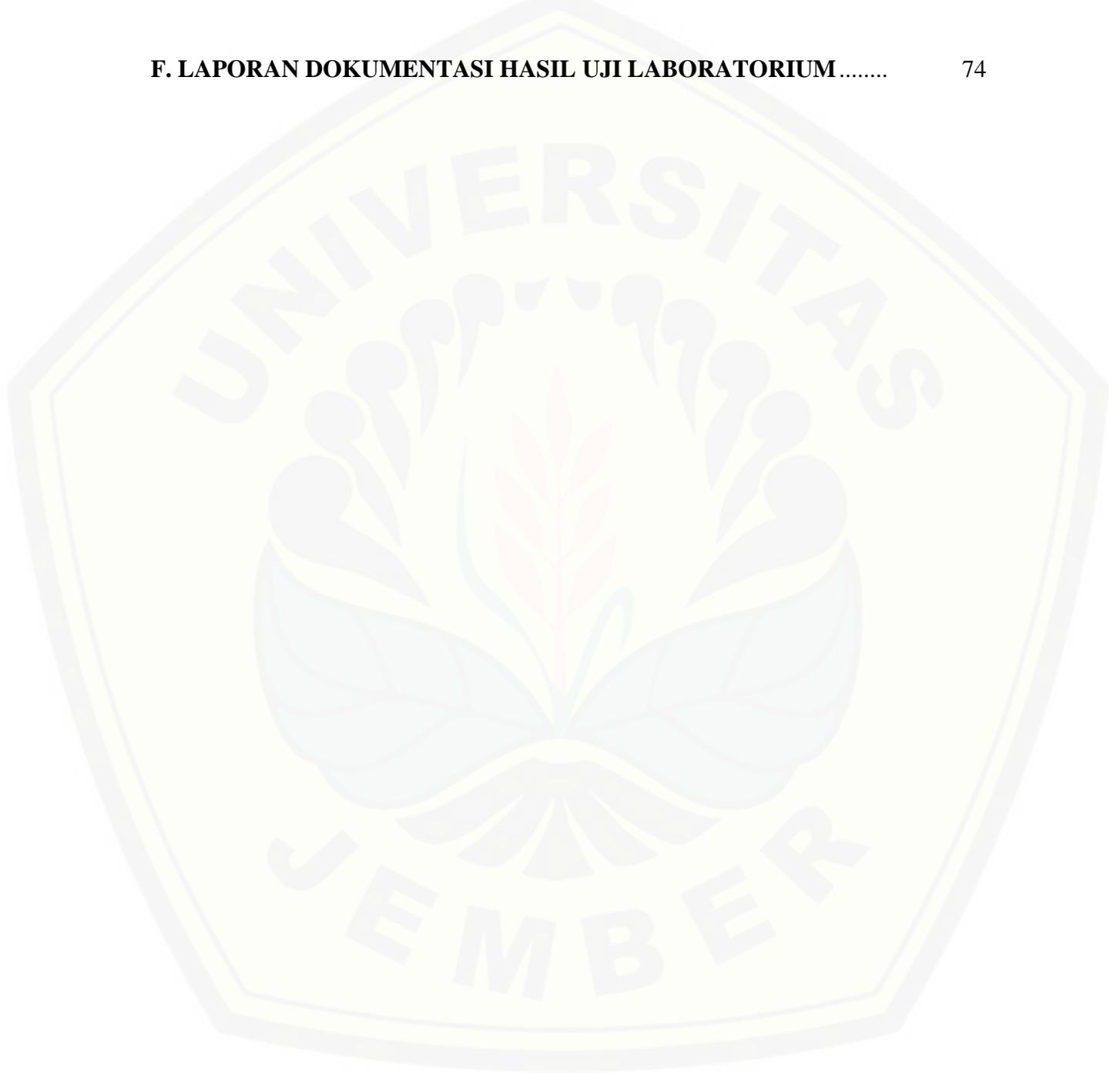
**DAFTAR GRAFIK DAN KURVA**

	Halaman
2.1 Kurva Kuat Tekan dari Benda Uji Silinder 25mm hingga 150mm....	13
4.1 Grafik Kuat Tekan Beton Rata-Rata Pada Benda Uji Kubus 10cm x 10cm x 10cm. ....	30
4.2 Grafik Kuat Tekan Beton Rata-Rata Pada Benda Uji Kubus 15cm x 15cm x 15cm .....	31
4.3 Grafik Kuat Tekan Beton Rata-Rata Pada Benda Uji Silinder 10cm x 20cm. ....	32
4.4 Grafik Kuat Tekan Beton Rata-Rata Pada Benda Uji Silinder 15cm x 30cm .....	34
4.5 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dan Beton Normal pada Bentuk Kubus 10cm x 10cm x 10cm .....	39
4.6 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dan Beton Normal pada Bentuk Kubus 15cm x 15cm x 15cm .....	41
4.7 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dan Beton Normal pada Bentuk Silinder 10cm x 20cm .....	42
4.8 Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi dan Beton Normal pada Bentuk Silinder 15cm x 30cm .....	43

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
<b>A. PENGUJIAN SEMEN</b>	
A.1 Berat Jenis Semen.....	55
A.2 Berat Volume Semen.....	56
<b>B. PENGUJIAN AGREGAT HALUS</b>	
B.1 Analisa Saringan Pasir.....	58
B.2 Berat Jenis Pasir.....	60
B.3 Berat Volume Pasir.....	61
B.4 Kelembaban Pasir.....	62
B.5 Air Resapan Pasir.....	62
B.6 Kadar Lumpur Pasir.....	63
<b>C. PENGUJIAN AGREGAT KASAR</b>	
C.1 Analisa Saringan Kerikil.....	64
C.2 Berat Jenis Kerikil.....	66
C.3 Berat Volume Kerikil.....	67
C.4 Kelembaban Kerikil.....	68
C.5 Air Resapan Kerikil.....	68
<b>D. PERENCANAAN MIX DESAIN</b>	
D.1 Rencana Mix Desain Beton.....	69
<b>E. HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON</b> .....	70
E.1 Kuat Tekan Beton Kubus 10cm x 10cm x 10cm .....	70
E.2 Kuat Tekan Beton Kubus 15cm x 15cm x 15cm .....	71

E.3 Kuat Tekan Beton Silinder 10cm x 20cm.....	72
E.4 Kuat Tekan Beton Silinder 15cm x 30cm.....	73
<b>F. LAPORAN DOKUMENTASI HASIL UJI LABORATORIUM.....</b>	<b>74</b>



## BAB I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penelitian mengenai beton mutu tinggi mulai mengalami peningkatan di beberapa tahun terakhir. Maraknya penemuan beton dengan mutu yang tinggi benar-benar bisa menguntungkan bagi para *civil engineer* yang menginginkan beton sejenis ini dalam rangka sebagai penunjang pembangunan berbagai gedung pencakar langit maupun jembatan dengan bentang yang sangat panjang. Pada tahun 1950an, beton dengan kuat tekan 30 MPa sudah dikategorikan sebagai beton mutu tinggi. Pada tahun 1960an hingga awal 1970an, kriterianya lebih lazim menjadi 40 MPa. Saat ini, beton dengan kuat tekan diatas 50 MPa baru bisa dikatakan sebagai beton mutu tinggi dan 80 MPa sebagai beton mutu sangat tinggi, sedangkan 120 MPa bisa dikategorikan sebagai beton bermutu ultra tinggi (Supartono, 1998).

Dalam penelitian ini akan digunakan benda uji beton dengan mutu yang tinggi. Pada beton ini akan diberi tambahan serat didalamnya untuk menunjang kuat tarik serta kuat tekan beton. Serat yang akan digunakan yakni bendrat. Fungsi serat bendrat adalah untuk memperkuat material yang lemah terhadap tarik. Untuk itu, beton mutu tinggi ini nantinya akan memiliki kuat tarik yang lebih tinggi daripada beton normal mutu tinggi, serta memiliki karakteristik sebagai material beton yang sangat padat dengan kuat tekan yang cukup tinggi.

Kuat tekan beton meningkat seiring dengan bertambahnya umur beton. Angka konversi umur beton sudah ditetapkan pada Peraturan Beton Indonesia, 1971 yaitu umur 3 hari: 0,4; 7 hari: 0,65; 14 hari: 0,88; 21 hari: 0,95; 28 hari: 1,00. Seperti yang kita ketahui, beton bisa memiliki mutu yang tinggi apabila ada beberapa bahan tambahan didalamnya seperti, zat-zat *addictive* dan bahan-bahan *microfiller* seperti *silica* yang dapat mengisi pori-pori pada beton sehingga

menghasilkan beton yang getas dan padat. Bahan-bahan kimia ini akan berpengaruh terhadap laju pengerasan beton. Hingga saat ini belum ada angka konversi umur yang sesuai digunakan pada beton mutu tinggi. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan oleh Aminarti (dalam Kurniawan, 2010:2) pada beton mutu tinggi dengan kadar superplasticizer 1,8 liter / 100 kg semen dihasilkan kuat tekan beton umur 3, 7, 28 hari adalah masing-masing sebesar (27,54; 28,36; 43,77) MPa. Apabila kuat tekan beton pada umur 3 hari dikonversikan ke umur 28 hari menggunakan angka konversi 3 hari ( $=0,4$ ) PBI 1971, maka akan menghasilkan nilai kuat tekan sebesar 68,85 MPa, padahal dari hasil pengujian di laboratorium beton tersebut menghasilkan kuat tekan sebesar 43,77 MPa. Dari nilai tersebut tampak bahwa angka konversi beton normal kurang sesuai apabila diaplikasikan pada beton mutu tinggi. Dari penelitian sebelumnya akan dibuat penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan nilai konversi umur kuat tekan baru sebagai pembandingan terhadap nilai konversi umur kuat tekan beton yang sudah ditetapkan PBI 1971.

Seperti yang telah dipaparkan di atas, kesenjangan yang terjadi antara konversi umur beton menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 dengan hasil pengujian di lapangan terdahulu, melatarbelakangi penelitian ini untuk mengikut sertakan analisa tentang angka konversi bentuk benda uji apabila kuat tekan yang dihasilkan berasal dari beton mutu tinggi. Pada Tugas akhir ini, yang akan diteliti adalah perbandingan kuat tekan beton mutu tinggi yang dihasilkan pada benda uji silinder diameter 10 cm x tinggi 20 cm, silinder diameter 15 cm x tinggi 30 cm, kubus 10 cm x 10 cm, dan kubus 15 cm x 15 cm.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas, permasalahan yang ingin diteliti adalah pengaruh bentuk benda uji dan laju pengerasan terhadap beton mutu tinggi

1. Berapa perbandingan kuat tekan beton yang dihasilkan dari benda uji silinder diameter 10 cm x tinggi 20 cm, kubus beton 10 cm x 10 cm dan silinder diameter 15 cm x tinggi 30 cm terhadap benda uji kubus beton 15 cm x 15 cm?

2. Berapa perbandingan kuat tekan yang dihasilkan pada beton mutu tinggi pada usia 3, 7, 14, 21 dan 28 hari?

### 1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan pembahasan pada penelitian ini, maka perlu dibatasi permasalahannya. Adapun batasan masalah yang diberikan adalah sebagai berikut:

1. Tidak menguji karakteristik *superplasticizer* yang digunakan. Informasi yang digunakan adalah berdasarkan informasi dari pabrikan.
2. Tidak menguji karakteristik *silica fume*.
3. Tidak menguji karakteristik *silica powder*.
4. Tidak menguji kuat tarik belah.
5. Komposisi campuran mortar beton mengacu pada hasil rata-rata komposisi hasil penelitian yang didapat dari penelitian terdahulu.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui angka konversi bentuk benda uji apabila menggunakan beton mutu tinggi.
2. Mengetahui angka konversi umur beton di usia 3, 7, 14, 21 dan 28 hari pada beton mutu tinggi.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi kalangan akademisi agar dapat memperkaya inovasi-inovasi dan potensi dalam melakukan penelitian beton mutu tinggi.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

1. Penelitian yang dilakukan oleh B. Frettlöhr, K.-H. Reineck, and H.-W. Reinhardt: “*Size and Shape Effect of UHPFRC Prisms Tested under Axial Tension and Bending*”.

Pada penelitiannya, mereka melakukan pengujian menggunakan beton UHPFRC terhadap prisma. Pengujian ini dilakukan dalam rangka untuk lebih menjelaskan efek ukuran pada prisma yang ternyata bisa memberikan pengaruh terhadap turunnya gaya aksial beton. Bertambah tebalnya benda uji membuat gaya tarik aksial dan lentur menurun.

2. Penelitian yang dilakukan oleh Krisnamurti dkk pada Tahun 2013-2014:” Analisis Terhadap Berat Total Bahan Penyusun Beton”.

Berdasarkan penelitian oleh Krisnamurti dkk pada tahun 2013-2014, tentang analisis terhadap berat total bahan penyusun beton diperoleh hubungan dengan kuat tekan beton sebagai berikut:

- a. Kadar semen optimum sebesar 33,0% dari berat total benda uji.
- b. Kadar *silica fume* optimum sebesar 3,5% dari berat total benda uji.
- c. Kadar *silica powder* optimum sebesar 3,4% dari berat total benda uji.
- d. Kadar pasir optimum sebesar 22% dari berat total benda uji.
- e. Kadar kerikil optimum sebesar 11% dari berat benda uji.
- f. Kadar air optimum sebesar 11,5% dari berat total benda uji.
- g. Kadar *superplasticizer* optimum sebesar 0,6% dari berat total benda uji.

h. Kadar bendrat optimum sebesar 15% dari berat total benda uji.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Benjamin Graybeal dan Marshaall Davis pada Tahun 2008: “Cylinder or Cube: Strength Testing of 80 to 200 MPa (11,6 to 29 ksi) Ultra-High-Performance Fiber-Reinforced Concrete”.

Pada penelitiannya, mereka menguji perbandingan kuat tekan yang dihasilkan antara benda uji kubus dan silinder dengan ukuran yang bervariasi. Ditemukan bahwa untuk beton dengan kuat tekan yang tinggi dengan diameter yang besar diperlukan mesin uji kuat tekan yang khusus. Dengan harga pembelian kapasitas beban pengujian mesin yang tinggi, solusi sederhananya adalah dengan menggunakan spesimen yang lebih kecil. Dari paparan penelitiannya, disimpulkan bahwa ukuran benda uji beton mutu tinggi yang bisa diterima yakni: Silinder diameter 76 mm dan kubus 100 mm. Pada silinder dan kubus yang berukuran 51 mm menunjukkan hasil kuat tekan yang besar dibandingkan dengan benda uji silinder dan kubus berukuran 76 mm dan 102 mm. Dari hasil pengujian tersebut tampak bahwa spesimen yang lebih kecil cenderung menyajikan kekuatan yang lebih tinggi. Hal tersebut bisa saja terjadi karena spesimen yang lebih besar memiliki kemungkinan yang lebih besar mengandung unsur kekuatan yang rendah.

## 2.2 Bahan Penyusun Beton

Beton mutu tinggi merupakan beton yang mempunyai karakteristik sebagai material yang padat dengan kuat tekan yang tinggi. Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan beton mutu tinggi berbeda dengan campuran beton pada umumnya, yaitu ada penambahan *silica fume*, *silica powder*, *superplasticizer* dengan tambahan bendrat sebagai fibernya. Bahan-bahan tambahan yang ditambahkan ini, akan menjadikan beton memiliki kuat tekan yang tinggi, meningkatkan daktilitas beton, meningkatkan beban kejut, ketahanan terhadap pengaruh susut dan meningkatkan kekuatan lentur.

### 2.2.1 Semen

Menurut Standar Industri Indonesia (1981: 0013) semen portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis bersama bahan-bahan yang biasa digunakan, yaitu gypsum.

Semen Portland adalah suatu bahan pengikat yang digunakan dalam pembangunan fisik. Di samping itu semen juga berfungsi untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Walaupun semen hanya kira-kira mengisi 10% saja dari volume beton, namun karena merupakan bahan yang aktif maka perlu dipelajari maupun dikontrol secara ilmiah sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland di Indonesia dibagi menjadi 5 tipe yaitu (Paul Nugraha & Antoni, 2007) :

- a) Tipe I adalah semen Portland untuk tujuan umum. Jenis ini paling banyak diproduksi karena digunakan untuk hampir semua jenis konstruksi.
- b) Tipe II adalah semen Portland modifikasi, adalah tipe yang sifatnya setengah tipe IV dan setengah tipe V (moderat). Belakangan lebih banyak diproduksi sebagai pengganti tipe IV.
- c) Tipe III adalah semen Portland dengan kekuatan awal tinggi. Kekuatan 28 hari umumnya dapat dicapai dalam 1 minggu. Semen jenis ini umum dipakai ketika acuan harus dibongkar secepat mungkin atau ketika struktur harus dapat cepat dipakai.
- d) Tipe IV adalah semen Portland dengan panas hidrasi rendah, yang dipakai untuk kondisi dimana kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum. Misalnya pada bangunan masif seperti bendungan gravitasi yang besar. Pertumbuhan kekuatannya lebih lambat daripada semen tipe I.

- e) Tipe V adalah semen Portland tahan sulfat, yang biasa dipakai untuk menghadapi aksi sulfat yang ganas. Umumnya dipakai di daerah di mana tanah atau airnya memiliki kandungan sulfat yang tinggi.

### 2.2.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran mineral alami/buatan sebagai *filler* dalam campuran mortar. Agregat halus biasanya memiliki ukuran lebih kecil dari 5 mm. Agregat ini bisa diambil dari batuan alam ukuran kecil ataupun batu alam besar yang dipecah. Persyaratan-persyaratan yang diperlukan agar agregat dapat digunakan sebagai campuran beton terdapat dalam Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBBI 1971).

#### Persyaratan Agregat Halus

- a) Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.
- b) Kandungan lumpur tidak boleh lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0.063 mm. Jika lebih dari 5 % maka agregat harus dicuci.
- c) Tidak boleh mengandung bahan-bahan organis yang terlalu banyak, yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Harder (dengan larutan NaOH). Agregat halus yang tidak memenuhi persyaratan dari percobaan warna ini dapat juga dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak boleh kurang dari 95 % dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan NaOH 3 %, yang kemudian dicuci hingga bersih dengan air, pada umur yang sama.
- d) Agregat halus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan berturut-turut 31.5

mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm (PBI 1971), harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- a). Sisa diatas ayakan 4 mm, harus minimum 2 % berat.
  - b). Sisa diatas ayakan 1 mm, harus minimum 10 % berat.
  - c). Sisa diatas ayakan 0.25 mm, harus minimum 80% - 95% berat.
- e) Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan yang diakui.

### 2.2.3 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam suatu campuran mortar. Pada umumnya agregat kasar terdiri dari serpihan batu yang memiliki ukuran lebih dari 5 mm dan tidak melebihi 50 mm. Fungsi agregat secara umum adalah :

- a) Menghemat penggunaan semen Portland.
- b) Menghasilkan kekuatan yang besar pada beton.
- c) Mengurangi susut pengerasan beton.
- d) Mencapai susunan yang padat pada beton. Dengan gradasi yang baik maka akan didapat beton yang padat.
- e) Mengontrol *workability* atau sifat dapat dikerjakan adukan beton. Dengan gradasi yang baik, akan diperoleh sifat beton yang mudah untuk dikerjakan.

Ukuran maksimum agregat kasar yakni:

- a) Dimensi elemen konstruksi tidak boleh kurang dari 4 x ukuran maks agregat.
- b) Ukuran agregat maksimum harus lebih kecil dari selimut beton.
- c) Ukuran agregat maksimum harus lebih kecil dari 1/5 jarak antar acuan/cetakan.

- d) Ukuran agregat maks tidak boleh lebih besar dari  $\frac{3}{4}$  jarak antar tulangan bersih.

#### 2.2.4 Superplasticizer

Superplasticizer merupakan bahan tambahan (*admixture*) pembuatan adukan beton. Bahan *admixture* adalah bahan selain semen, agregat kasar, agregat halus dan air yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum atau selama pengadukan beton untuk mengubah sifat beton sesuai dengan yang diinginkan. Untuk penelitian tugas akhir ini *admixture* yang akan digunakan adalah *superplasticizer* berbasis Polycarboxylate (PCE) yang akan memberikan tingkat *workability* yang terbaik. Superplasticizer (high range water reducer admixtures) sangat meningkatkan kelecakan campuran. Digunakan terutama untuk beton mutu tinggi, karena dapat mengurangi air hingga 30%

Adapun kegunaan pemakaian superplasticizer adalah sebagai berikut :

- a) Meningkatkan *workability* sehingga menjadi lebih besar daripada *water reducer* biasa.
- b) Mengurangi kebutuhan air (25-35%).
- c) Memudahkan pembuatan beton yang sangat cair. Memungkinkan penuangan pada tulangan yang rapat atau pada bagian yang sulit dijangkau oleh pemadatan yang memadai.
- d) Karena tidak terpengaruh oleh perawatan, yang dipercepat, dapat membantu mempercepat pelepasan kabel prategang dan acuan.
- e) Dapat membantu penuangan dalam air karena gangguan menyebarnya beton dihindari.

### 2.2.5 Air

Air merupakan bahan alami yang harus terpenuhi dalam pembuatan adukan beton. Tanpa adanya air, semen tidak akan berubah menjadi pasta. Dalam pembuatan suatu adukan beton diperlukan kelecakan yang sesuai sehingga *workability*-nya tinggi. Air yang diperlukan dipengaruhi faktor-faktor di bawah ini:

- a) Ukuran agregat maksimum: diameter membesar -> kebutuhan air menurun (begitu pula jumlah mortar yang dibutuhkan menjadi lebih kecil).
- b) Bentuk butir: bentuk bulat -> kebutuhan air menurun (batu pecah, perlu lebih banyak air).
- c) Gradasi agregat: Gradasi baik -> kebutuhan air menurun untuk kelecakan yang sama.
- d) Kotoran dalam agregat: Makin banyak *silt*, tanah liat dan lumpur -> kebutuhan air meningkat.
- e) Jumlah agregat halus (dibandingkan agregat kasar, atau h/k): Agregat halus lebih sedikit -> kebutuhan air menurun.

Faktor air semen dalam campuran mortar harus benar-benar diperhatikan, karena sangat mempengaruhi kuat tekan dan *workability*-nya. Semakin sedikit air, *workability* akan semakin rendah, begitu pula sebaliknya. Hal ini juga berlaku pada kuat tekan yang dihasilkan. Semakin sedikit air, maka kuat tekan menjadi semakin tinggi, namun apabila airnya banyak maka kuat tekan yang dihasilkan akan rendah. Oleh karena itu, air yang digunakan harus dengan jumlah air yang *optimum*, sehingga kuat tekan mortar tinggi dengan *workability* yang cukup baik.

### 2.2.6 Silica Fume

*Silica Fume* merupakan bahan hasil produksi *Silicon Metal*. *Silica Fume* secara kimia terdiri dari *Silicon Dioksida* ( $\text{SiO}_2$ ). Sama halnya dengan *fly ash*,

ukuran butiran bahan tersebut lebih kecil daripada semen. Namun jika *fly ash* memiliki ukuran 20 kali lebih kecil dari semen, *silica fume* memiliki ukuran 100 kali lebih kecil daripada semen. Ukurannya yang sangat kecil memberikan efek *microfilling*. SF bisa didapat dalam bentuk bubuk, dipadatkan atau dicairkan yang dicampur dengan air 50%.

Manfaat dari *silica fume* adalah sebagai berikut:

- a) Menurunkan tingkat permeabilitas.
- b) Meningkatkan *compressive strength* beton.
- c) Meningkatkan *workability*
- d) Meningkatkan perlindungan korosi tulangan

#### 2.2.7 Silica Powder

Silika merupakan bahan hasil produksi Silikon dan Oksigen, dua elemen yang paling melimpah di kerak bumi. Pasir silika memiliki butiran yang seperti kristal. Silika atau dikenal dengan silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) merupakan senyawa yang banyak ditemui dalam bahan galian yang disebut pasir kuarsa, terdiri atas kristal-kristal silika. Silika dengan ukuran mikron banyak diaplikasikan dalam material bangunan beton, yaitu sebagai bahan campuran pada beton dan mortar. Warna pasir silika adalah putih bening dan mengandung komposisi gabungan dari  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , dan  $\text{K}_2\text{O}$ .

#### 2.2.8 Serat

ACI Committee 544 mendefinisikan bahwa semua material yang terbuat dari baja/besi yang terbentuk fisik kecil/pipih dan panjang dapat dimanfaatkan sebagai serat pada beton. Menurut ACI Committee 544 secara umum fiber baja panjangnya antara 0,5 in (12,7 mm) sampai 2,5 in (63,57 mm) dengan diameter antara 0,017 in (0,45 mm) sampai 0,04 in (1,0 mm). (Sukoyo, 2011: 73).

Kawat bendrat merupakan salah satu material baja yang memenuhi kriteria tersebut, karena disamping mudah didapat harganya pun relatif murah sehingga layak dipakai sebagai bahan serat baja.

## 2.3 Landasan Teori

### 2.3.1 Perbandingan Kuat Tekan Beton Pada Berbagai Benda Uji

Untuk kuat tekan beton yang tidak ditentukan dengan benda uji kubus yang bersisi 15 cm, tetapi dengan benda uji kubus yang bersisi 20 cm atau dengan benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, maka perbandingan antara kekuatan tekan yang didapat dengan benda-benda uji terakhir dan dengan benda uji kubus yang bersisi 15 cm, harus diambil menurut Tabel 2.3.1 (Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1971).

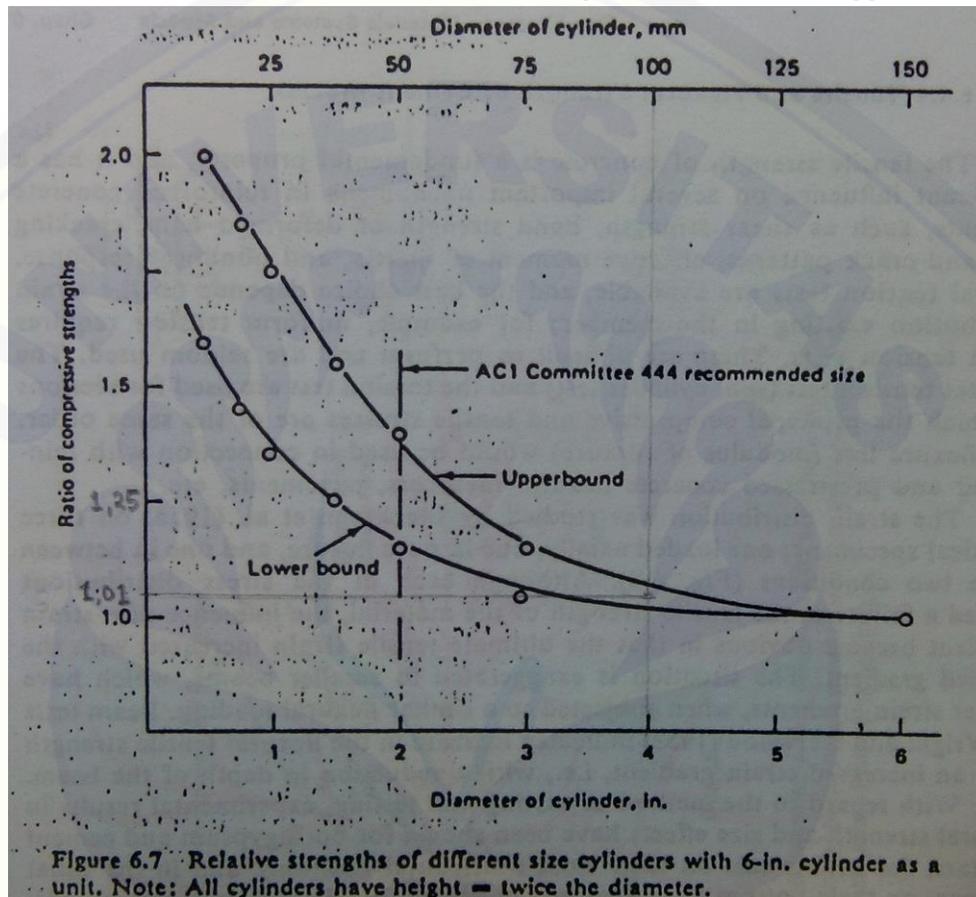
Tabel 2.1 Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai benda uji.

Benda Uji	Perbandingan Kekuatan Tekan
Kubus 15 x 15 x 15 cm	1,00
Kubus 20 x 20 x 20 cm	0,95
Silinder 15 x 30 cm	0,83

Sumber: Peraturan Beton Bertulang Indonesia ( 1971 : 33)

Berikut ini merupakan kurva kuat tekan untuk benda uji silinder dengan ukuran mulai dari 25 mm hingga 150 mm yang diambil dari buku Structural Modeling and Experimental Techniques.

Gambar 2.1 Kurva Kuat Tekan dari Benda Uji Silinder 25mm hingga 150mm



Sumber: Structural Modeling and Experimental Techniques (1983 : 233)

### 2.3.2 Perbandingan Kekuatan Tekan Beton pada Berbagai Umur

Apabila tidak ditentukan dengan percobaan-percobaan, maka untuk keperluan perhitungan kekuatan dan/atau pemeriksaan mutu beton, perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur terhadap beton yang berumur 28 hari, dapat diambil menurut Tabel 2 ( Peraturan Beton Bertulang Indonesia, 1971)

Tabel 2.2 Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur.

Umur Beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland Biasa	0,4	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

Sumber: Peraturan Beton Bertulang Indonesia (1971 : 34)

### 2.3.3 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin uji tekan. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh proporsi semen, agregat halus, agregat kasar, air dan campuran tambahan lainnya. Besar kuat tekan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$f'c = \frac{\text{Pembacaan Dial} \times 100}{A \times \text{kalibrasi}} \dots\dots\dots 1$$

Dengan :  $f'c$  = Kuat tekan beton ( Kg/cm<sup>2</sup> )

A = Luas benda uji ( cm<sup>2</sup> )

Kalibrasi : Beton umur 3 hari = 0,40

Beton umur 7 hari = 0,65

Beton umur 14 hari = 0,88

Beton umur 21 hari = 0,95

Beton umur 28 hari = 1,00

### 2.3.4 Kuat Tekan Rata-Rata

Kuat tekan rata-rata adalah nilai rata-rata kuat tekan beton dari beberapa beton yang jenisnya sama. Besar kuat tekan rata-rata dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$f'_r = \frac{\sum f_c}{n} \dots\dots\dots 2$$

Dengan  $f'_r$  = Kuat tekan rata-rata (MPa)  
 $\sum f_c$  = Jumlah nilai kuat tekan (MPa)  
 $n$  = Jumlah benda uji untuk satu jenis perlakuan

### 2.3.5 Standar Deviasi

Nilai deviasi standart dapat diperoleh jika sejumlah produksi beton mempunyai catatan hasil uji. Bila jumlah produksi beton memiliki catatan 30 benda uji berurutan yang terdiri dari material serupa pada kondisi yang diperkirakan, maka deviasi standart dari hasil tersebut dapat dihitung berdasarkan dengan persamaan berikut:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (f'_c - f'_r)^2}{n-1}} \dots\dots\dots 3$$

Dengan  $S$  = Standart Deviasi (MPa)  
 $f'_c$  = Kuat tekan beton yang diisyaratkan (MPa)  
 $f'_r$  = Kuat tekan beton rata-rata dari n benda uji (MPa)  
 $n$  = Jumlah benda uji

Jika pelaksanaan tidak mempunyai catatan atau pengalaman hasil pengujian beton pada masa lalu yang memenuhi persyaratan tersebut, maka nilai margin langsung diambil sebesar 12 MPa. Untuk memberikan gambaran bagaimana cara menilai tingkat pengendalian mutu pekerjaan beton, berikut ini diberikan pedoman dengan menggunakan Tabel 3.

Tabel 2.3. Nilai standart deviasi untuk berbagai tingkat pengendalian.

<b>Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan</b>	<b>Standart Deviasi (MPa)</b>
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Sumber: Murdock (1999 : 35)

### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi

Pengujian ini dilaksanakan di Laboratorium Struktur Patrang, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jember. Waktu penelitian yang direncanakan tertera pada *time schedule* berikut ini.

Tabel 3.1. *Time Schedule*

No	Kegiatan	Bulan ke-					
		1	2	3	4	5	6
1	Proposal dan studi literature	■					
2	Pembelian material	■					
3	Pengujian material dan pembuatan benda uji	■	■				
4	Perawatan benda uji		■	■			
5	Pengujian kuat tekan benda uji				■		
6	Pembahasan dan analisa hasil pengujian				■	■	
7	Laporan hasil						■

#### 3.2 Pengujian Material

1. Pengujian Semen
  - a) Pengujian Berat Jenis Semen
  - b) Pengujian Berat Volume Semen
2. Pengujian Agregat Halus
  1. Analisa saringan pasir
  2. Kelembaban pasir
  3. Berat jenis pasir

4. Berat volume pasir
  5. Kadar Lumpur
3. Pengujian Agregat Kasar
    1. Analisa Saringan
    2. Berat Jenis Kerikil
    3. Berat Volume Kerikil
    4. Kelembaban Kerikil

### 3.3 Rencana Pembuatan Benda Uji

#### 1. Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang digunakan adalah silinder diameter 10cm x tinggi 20cm, silinder diameter 15cm x tinggi 30cm, kubus 10cm x 10cm, dan kubus 15cm x 15cm. Material yang akan digunakan antara lain semen, pasir, kerikil, air, *silica fume*, *silica powder*, *superplasticizer*, dan serat. Benda uji ini masing-masing dibuat 15 buah. Keempat benda uji ini akan diuji kuat tekannya pada usia 3, 7, 14, 21 dan 28 hari.

Berikut ini merupakan rencana komposisi pembuatan Beton Mutu Tinggi

Tabel 3.2 Rencana Komposisi Pembuatan Beton Mutu Tinggi

No.	Komponen Mix Desain	RENCANA PENGUJIAN KUAT TEKAN BENDA UJI BETON							TOTAL	cmx cm
		Perbandingan komposisi terhadap berat total benda uji	Komposisi berat terhadap semen	Komposisi untuk pengujian						
				Kubus	Kubus	Silinder	Silinder			
				Dimensi	10x10	15x15	10x20	15x30		
				Jumlah	15 buah	15 buah	15 buah	15 buah		
Berat Beton	46.80	157.95	73.51	248.11	526.3705	kg				
1	Portland cement	33.00%	1.000	15.444	52.124	24.259	81.875	173.7023	kg	
2	Silica Fume	3.50%	0.106	1.638	5.528	2.573	8.684	18.4230	kg	
3	Silica powder	3.40%	0.103	1.591	5.370	2.499	8.436	17.8966	kg	
4	Pasir	22.00%	0.667	10.296	34.749	16.173	54.584	115.8015	kg	
5	Kerikil	11.00%	0.333	5.148	17.375	8.086	27.292	57.9008	kg	
6	Added water	11.50%	0.348	5.382	18.164	8.454	28.532	60.5326	liter	
7	Superplasticizer	0.60%	0.018	0.281	0.948	0.441	1.489	3.1582	liter	
8	Bendrat	15.00%	0.455	7.020	23.693	11.027	37.216	78.9556	kg	
	Jumlah	100%		46.800	157.950	73.513	248.107	526.3705	kg	

## 2. Tahap-tahap Pembuatan Benda Uji

- a) Siapkan bahan-bahan campuran beton yang akan digunakan.
- b) Siapkan masing-masing cetakan yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji. Berikan pelumas (oli) pada permukaan bagian dalam masing-masing cetakan, tujuannya adalah memudahkan keluarnya beton dari dalam cetakan.
- c) Masukkan kerikil dan pasir, hidupkan mesin pengaduk (molen) hingga tercampur rata.
- d) Setelah itu masukkan semen, silica fume dan silica powder hingga semua bahan teraduk sempurna.
- e) Pada saat pengadukan berlangsung masukan air dan superplasticizer yang sudah ditentukan proporsinya.
- f) Setelah beton tercampur rata dan siap dicetak, matikan molen
- g) Masukkan adukan beton 1/6 bagian cetakan kemudian taburkan bendrat, masukkan adukan beton 2/6 bagian cetakan setelah itu taburkan bendrat, lakukan hal tersebut berturut-turut hingga memenuhi seluruh volume cetakan.

- h) Lakukan percobaan urutan ke-8 (h) untuk semua bentuk benda uji yang telah ditentukan
- i) Diamkan cetakan beton selama 18 jam atau 24 jam ditempat yang aman
- j) Setelah beton mengeras keluarkan beton dari cetakan.

### 3.4 Perawatan Benda Uji

Setelah benda uji beton keras, beton dikeluarkan dari cetakan. Perawatan benda uji ini dilakukan dengan cara merendam beton yang baru dikeluarkan hingga beton tersebut diuji kuat tekannya pada umur yang telah direncanakan.

### 3.5 Pengujian Sampel Beton Mutu Tinggi

#### 1. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan cara memberikan tekanan pada benda uji dengan kecepatan yang konstan hingga benda uji pecah/runtuh. Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

- a) Benda uji dikeluarkan dari tempat perawatan dan diangin-anginkan.
- b) Setiap benda uji ditimbang dan diukur dimensinya.
- c) Setelah itu dilakukan pengujian tekanan pada benda uji dengan alat *Compression Strength* kemudian catat beban maksimum (P) yang tercatat di alat.
- d) Hitung nilai kuat tekan beton dengan menggunakan rumus:

$$f'c = \frac{\text{Pembacaan Dial} \times 100}{A \times \text{kalibrasi}} \dots\dots\dots 4$$

Dengan :  $f'c$  = Kuat tekan beton ( Kg/cm<sup>2</sup> )

A = Luas benda uji ( cm<sup>2</sup> )

### **3.6 Hasil dan Pembahasan**

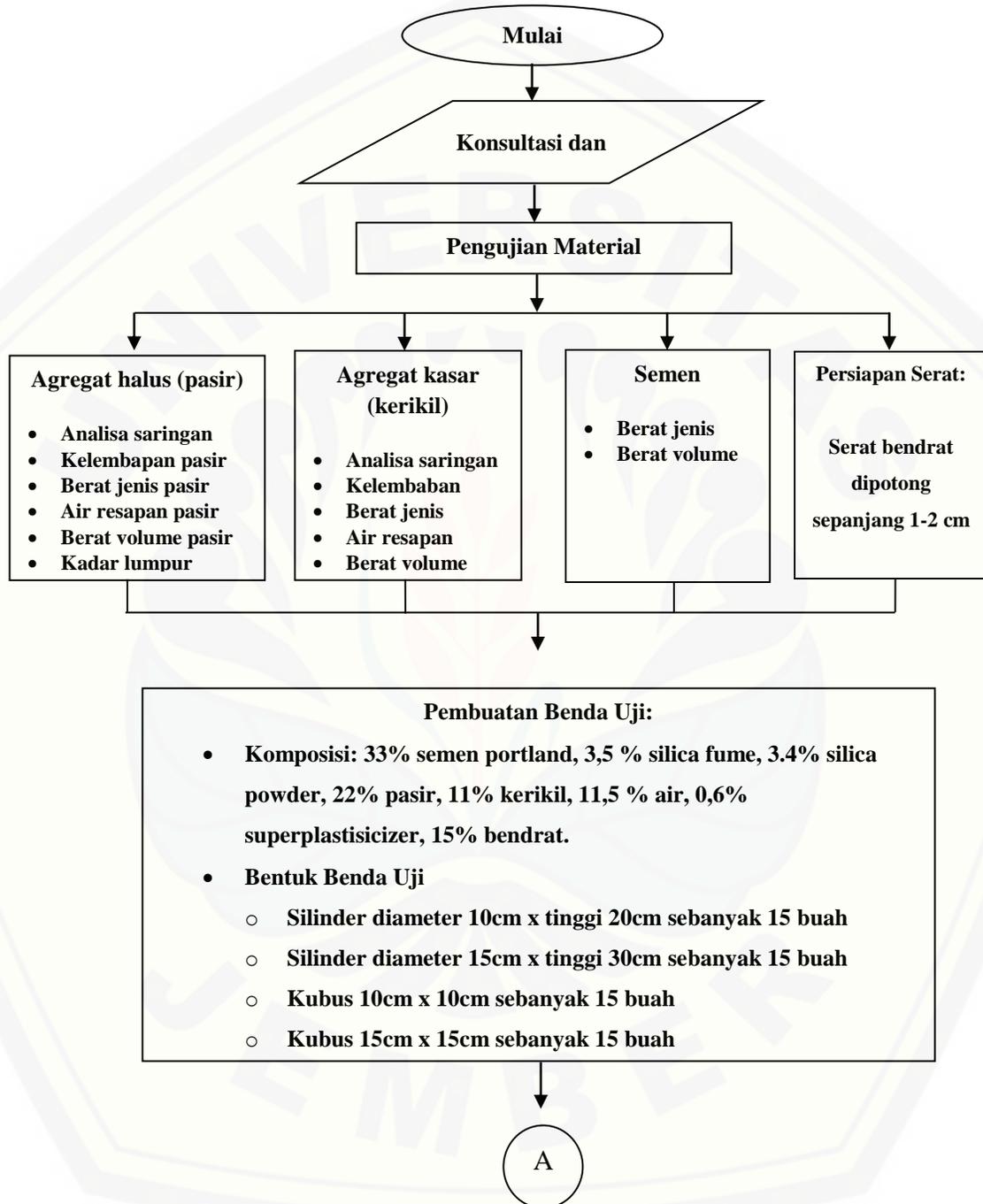
Setiap penelitian yang dilaksanakan di Laboratorium, dilakukan dan diamati secara detail dan dibahas. Hasil yang dibahas antara lain:

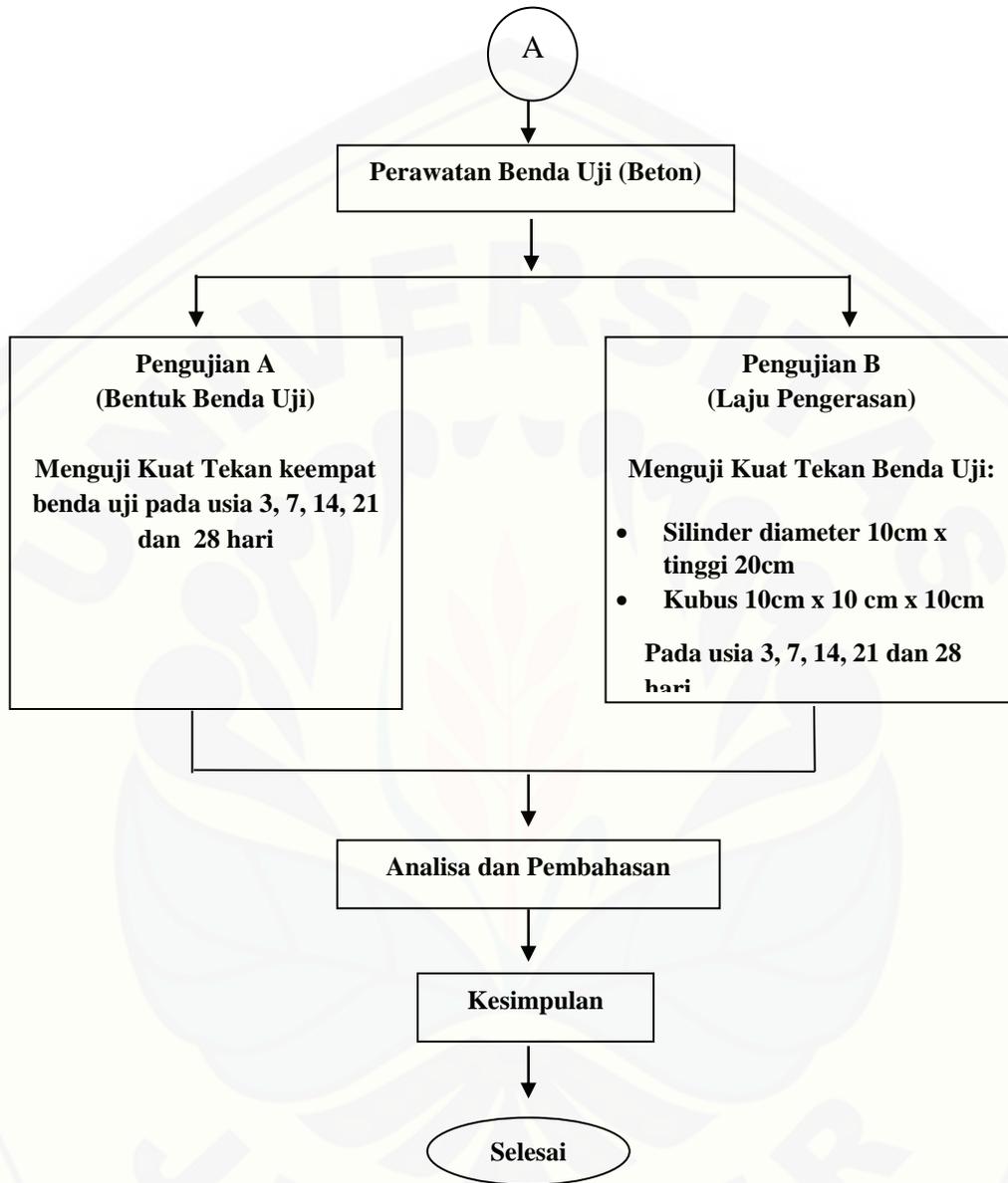
- a) Pembahasan hasil pengujian material yang terdiri dari pengujian pasir, kerikil dan semen
- b) Pembahasan hasil pengujian kuat tekan Beton Mutu Tinggi

### **3.7 Kesimpulan**

Kesimpulan diambil dari hasil dan pembahasan penelitian di Laboratorium, sehingga dapat diketahui perbedaan pengaruh beton mutu tinggi terhadap konversi bentuk benda uji dan konversi laju pengerasan jika di bandingkan dengan beton normal.

## 3.8 Flowchart Kegiatan Penelitian





## BAB 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berikut ini merupakan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium, yang mana telah diolah dan dianalisa sehingga akan didapat kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

### 4.1 Data Hasil Pengujian Material

#### 4.1.1 Pengujian Semen

Data pengujian semen yang telah dilakukan yakni meliputi pengujian berat jenis semen dan berat volume semen.

Tabel 4.1 Analisis Pengujian Semen PPC Tiga Roda

No.	Jenis Pengujian	Pengujian			Rata-Rata	
		1	2	3		
1	Berat Jenis Semen	2,78	2,78	2,78	2,78	
2	Berat Volume Semen					
	a. tanpa rojokan	1,22	1,19		1,20	gr/cm <sup>3</sup>
	b. dengan rojokan	1,32	1,29		1,30	gr/cm <sup>3</sup>
	BV rata-rata				1,25	gr/cm <sup>3</sup>

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

Berdasarkan data hasil pengujian diatas, berat jenis semen rata-rata didapat sebesar 2,78. Pada pengujian berat volume, berat semen dengan menggunakan rojokan memiliki rata-rata sebesar 1,30 gr/cm<sup>3</sup> sedangkan berat volume semen tanpa rojokan memiliki rata-rata sebesar 1,20 gr/cm<sup>3</sup> sehingga berat volume rata-rata keseluruhan adalah 1,25 gr/cm<sup>3</sup>.

#### 4.1.2 Pengujian Agregat Halus (Pasir)

Pengujian agregat halus yang telah dilaksanakan yakni mencari modulus kehalusan, berat jenis, kelembaban, berat volume, air resapan dan kadar lumpur.

Tabel 4.2 Analisis Pengujian Agregat Halus

Jenis Pengujian	Rata-rata	
a. Modulus Kehalusan	2,17	
b. Berat jenis	2,74	
c. Kelembaban	1,43	%
d. Berat volume		
a. Tanpa Rojokan	1301,84	gr/cm <sup>3</sup> .
b. Dengan Rojokan	1445,47	gr/cm <sup>3</sup> .
BV rata-rata	1373,66	gr/cm <sup>3</sup> .
e. Air Resapan	0,84	%
F Kadar Lumpur	0,83	%

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

Modulus kehalusan merupakan jumlah prosentasi kumulatif pasir yang tertinggal pada saringan dibagi dengan 100. Menurut SII.0052-80 (dalam Wicaksono, 2013: 46), untuk agregat halus umumnya mempunyai MHB (Modulus Halus Butir) sekitar 1,5 sampai 3,8 . Dari data diatas dapat dilihat bahwa modulus kehalusan yang dihasilkan yakni sebesar 2,17. Menurut SNI 03-2384-2000, pengujian analisa saringan pasir ini termasuk dalam gradasi (zona 3). Untuk tabel analisa saringan dan grafik zona 3 bisa dilihat pada lampiran.

#### 4.1.3 Pengujian Agregat Kasar (Kerikil)

Pengujian agregat kasar yang telah dilaksanakan yakni meliputi pengujian berat jenis, kelembaban, berat volume dan air resapan.

Tabel 4.3 Analisis Pengujian Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Rata-rata	
a. Modulus Kehalusan	6,11	
b. Berat jenis	2,70	
c. Kelembaban	0,23	%
d. Berat volume		
a. Tanpa Rojokan	1245,99	gr/cm <sup>3</sup> .
b. Dengan Rojokan	1438,28	gr/cm <sup>3</sup> .
BV rata-rata	1342,13	gr/cm <sup>3</sup> .
e. Air Resapan	1,67	%

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

Modulus kehalusan agregat kasar diperoleh dari jumlah prosentasi kumulatif agregat yang tertinggal pada saringan dibagi 100. Menurut SII 0052-80, agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan memiliki modulus kehalusan antara 5-8 . Dari pengujian yang telah dilakukan, modulus kehalusan kerikil didapat sebesar 6,11. Menurut peraturan SNI 03-2384-2000, agregat kasar ini termasuk dalam 10 mm ukuran butiran maksimum. Untuk tabel analisa saringan dan grafik bisa dilihat pada lampiran.

#### 4.2 Komposisi Material Yang Digunakan

Komposisi material yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada hasil penelitian terdahulu yang telah dilaksanakan oleh Ir. Krisnamurti, ST., MT. Hasil penelitiannya yakni sebagai berikut,

- a. Komposisi semen yang menghasilkan kuat tekan terbesar adalah 33,00 % terhadap berat total bahan pencampur beton.
- b. Komposisi kerikil yang menghasilkan kuat tekan terbesar adalah 11% terhadap berat total bahan pencampur beton.
- c. Komposisi pasir yang menghasilkan kuat tekan terbesar adalah 22 % terhadap berat total bahan pencampur beton.
- d. Komposisi *silica fume* yang menghasilkan kuat tekan terbesar adalah 3,5 % terhadap berat total bahan pencampur beton.
- e. Komposisi *silica powder* yang menghasilkan kuat tekan terbesar adalah 3,4 % terhadap berat total bahan pencampur beton.
- f. Komposisi air yang menghasilkan kuat tekan terbesar adalah 11,50% terhadap berat total bahan pencampur beton.
- g. Komposisi *superplasticizer* yang menghasilkan kuat tekan terbesar adalah 0,6% terhadap berat total bahan pencampur.

Tabel 4.4 Komposisi Material yang Digunakan

No.	Komponen Mix Desain	Komposisi terhadap Berat Total Benda Uji
	Portland	
1	cement	33,00%
2	Silica Fume	3,50%
3	Silica powder	3,40%
4	Pasir	22,00%
5	Kerikil	11,00%
6	Added water	11,50%
7	Superplasticizer	0,60%
8	Bendrat	15,00%

### 4.3 Pelaksanaan Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian tugas akhir ini, mix desain yang digunakan mengacu pada penelitian terdahulu. Adapun prosedur pembuatan adukan betonnya yaitu sebagai berikut :

1. Menyiapkan bahan-bahan yang akan digunakan untuk membuat mortar (semen, pasir, kerikil, air, *silica fume*, *silica powder*, *superplasticizer* dan bendrat). Kemudian menimbang masing-masing bahan sesuai dengan perbandingan yang telah direncanakan
2. Menyiapkan 4 bentuk cetakan, yakni silinder diameter 10cm x tinggi 20cm, silinder diameter 15cm x tinggi 30cm, kubus 10cm x 10cm, dan kubus 15cm x 15cm dengan masing-masing bentuk terdiri dari 15 buah, sehingga total cetakan yang disiapkan yakni 60 buah. Semua cetakan yang ada di berikan pelumas pada permukaan bagian dalamnya agar beton mudah dikeluarkan dari cetakan ketika sudah mengeras.
3. Setelah semua bahan dan cetakan telah siap, kerikil dan pasir mulai di mix didalam molen hingga tercampur rata.
4. Kemudian semen, *silica fume* dan *silica powder* dimasukkan dengan ditambah sedikit air.
5. Ketika bahan-bahan telah tercampur rata, superplasticizer dicampur bersama air kemudian dimasukkan perlahan.
6. Setelah pengadukan selama  $\pm 5$  menit, adukan beton akan terlihat lecah, ini pertanda bahwa beton telah siap dicetak.
7. Adukan beton yang telah jadi dimasukkan ke dalam masing-masing cetakan yang telah disiapkan. Prosedurnya yakni memasukkan adukan beton di 1/6 bagian cetakan kemudian diberi taburan bendrat, memasukkan adukan beton di 2/6 bagian cetakan setelah itu diberi taburan bendrat, hal tersebut dilakukan berturut-turut hingga seluruh adukan beton memenuhi volume cetakan.

8. Setelah selesai, beton tersebut didiamkan selama 24 jam hingga mengeras, kemudian beton dilepas dari cetakan.
9. Kemudian dilanjutkan dengan perawatan beton dengan cara direndam dalam bak air agar selalu dalam keadaan basah dan suhu beton tetap dalam keadaan normal.
10. Selanjutnya benda uji beton akan diuji pada umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari.

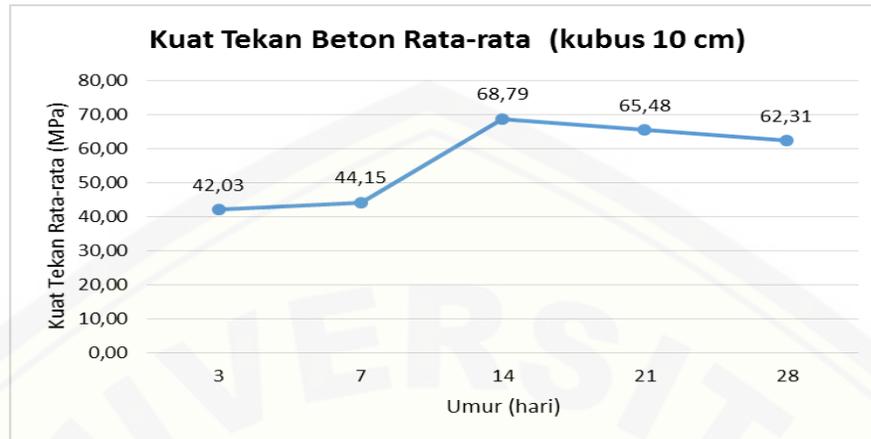
#### 4.4 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tekan beton, yaitu beban per satuan luas yang menyebabkan beton hancur. Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah “*Compression Strength*”. Berikut ini merupakan data hasil pengujian kuat tekan pada 4 bentuk benda uji.

Tabel 4.5 Kuat Tekan Beton Kubus 10cm x 10cm x 10cm

No.	Tgl Mix	Tgl Uji	Umur (hari)	Berat (gram)	P max (kN)	K (kg/cm <sup>2</sup> )	K (Mpa)	SD	Kr (Mpa)
1	06/01/2015	09/01/2015		2505	410,8	410,84	40,30		
2	06/01/2015	09/01/2015	3	2560	433,3	433,34	42,51	1,5	42,03
3	06/01/2015	09/01/2015		2632	441,2	441,24	43,29		
1	06/01/2015	13/01/2015		2589	392,2	392,19	38,47		
2	06/01/2015	13/01/2015	7	2593	478,9	478,85	46,98	4,9	44,15
3	06/01/2015	13/01/2015		2564	479,1	479,07	47,00		
1	06/01/2015	20/01/2015		2590	734,7	734,73	72,08		
2	06/01/2015	20/01/2015	14	2574	679,9	679,89	66,70	2,9	68,79
3	08/01/2015	22/01/2015		2573	689	688,97	67,59		
1	08/01/2015	29/01/2015		2581	610,8	610,83	59,92		
2	08/01/2015	29/01/2015	21	2564	722,7	722,67	70,89	5,5	65,48
3	08/01/2015	29/01/2015		2546	668,9	668,88	65,62		
1	08/01/2015	05/02/2015		2591	660,4	660,41	64,79		
2	08/01/2015	05/02/2015	28	2584	489,3	489,33	48,00	13	62,31
3	08/01/2015	05/02/2015		2591	755,9	755,85	74,15		

Sumber: Hasil Uji Laboratorium



Grafik 4.1 Kuat tekan beton rata-rata pada benda uji kubus 10cm x 10cm x 10cm.

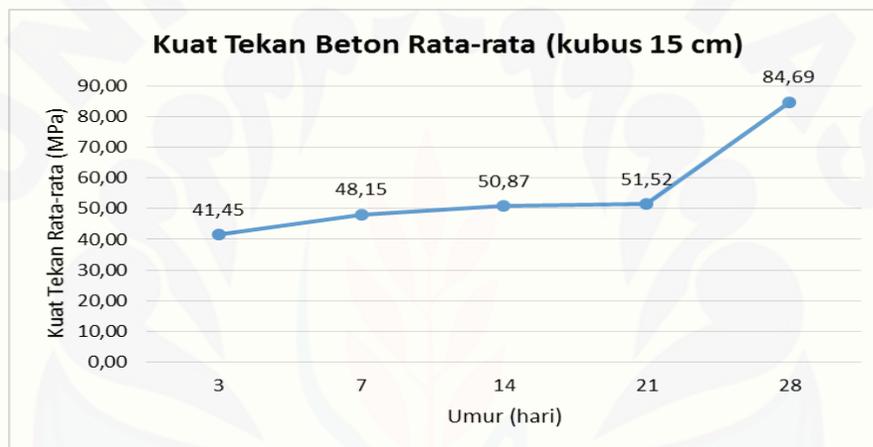
Dari grafik yang ditampilkan diatas, terlihat bahwa kuat tekan pada umur ke 21 dan 28 hari mengalami penurunan dengan nilai masing-masing sebesar 65,48 MPa dan 62,31 MPa. Kemudian apabila ditinjau dari standar deviasi, variasi angka kuat tekan dari ketiga sampel pada umur ke 21 dan 28 juga menunjukkan nilai yang cukup besar, yakni 5,49 dan 13,2 . Hal ini menandakan kurang adanya kontrol yang baik saat pembuatan beton.

Tabel 4.6. Kuat Tekan Beton Kubus 15cm x 15cm x 15cm

No.	Tgl Mix	Tgl Uji	Umur (hari)	Berat (gram)	P max (kN)	K (kg/cm <sup>2</sup> )	K (Mpa)	SD	Kr (Mpa)
1	04/02/2015	07/02/2015		8500	979,2	435,209	42,69		
2	04/02/2015	07/02/2015	3	8770	917,4	407,747	40,00	1,4	41,45
3	04/02/2015	07/02/2015		8750	955,6	424,689	41,66		
1	04/02/1900	11/02/2015		8420	1210	537,778	52,76		
2	04/02/2015	11/02/2015	7	8750	1275	566,667	55,59	11	48,15
3	10/02/2015	17/02/2015		8245	827,8	367,92	36,09		
1	10/02/2015	24/02/2015		9000	1220	542,222	53,19		
2	10/02/2015	24/02/2015	14	8950	1070	475,556	46,65	3,7	50,87
3	10/02/2015	24/02/2015		8930	1210	537,778	52,76		

No.	Tgl Mix	Tgl Uji	Umur (hari)	Berat (gram)	P max (kN)	K (kg/cm <sup>2</sup> )	K (Mpa)	SD	Kr (Mpa)
1	10/02/2015	03/03/2015		8830	1200	533,333	52,32		
2	10/02/2015	03/03/2015	21	8800	1215	540	52,97	2	51,52
3	10/02/2015	03/03/2015		8920	1130	502,222	49,27		
1	10/02/2015	10/03/2015		8990	1370	608,889	59,73		
2	10/02/2015	10/03/2015	28	8890	1240	551,111	54,06	48	84,69
3	10/02/2015	10/03/2015		8940	1430	1430	140,28		

Sumber: Hasil Uji Laboratorium



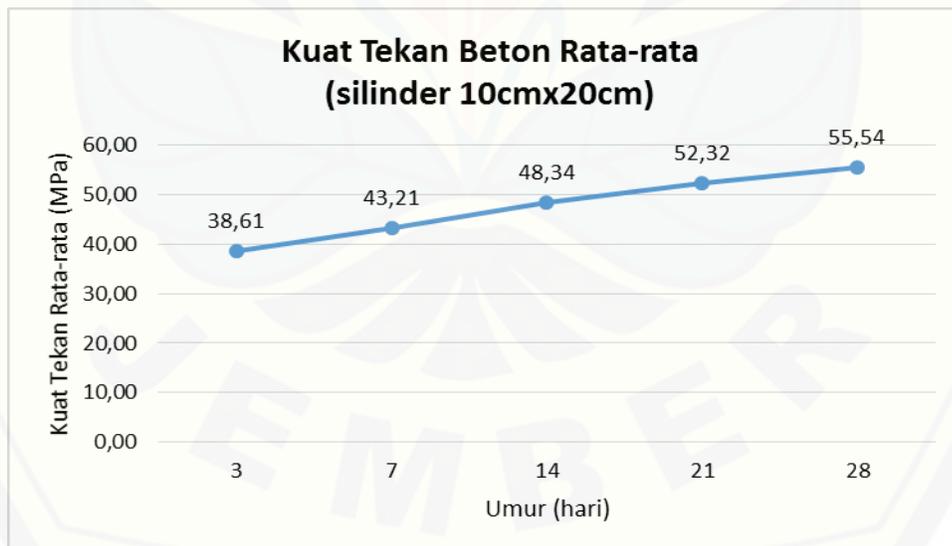
Grafik 4.2 Kuat tekan beton rata-rata pada benda uji kubus 15cm x 15cm x 15cm

Berdasarkan grafik dan tabel diatas, terlihat bahwa kuat tekan yang ditampilkan tiap minggunya tidak ada yang mengalami penurunan namun untuk standar deviasi pada hari ke 28 menunjukkan nilai yang sangat buruk yaitu 48,2. Hal ini menandakan kurang adanya kontrol yang baik saat pembuatan beton.

Tabel 4.7 Kuat Tekan Beton Silinder 10cm x 20cm

No.	Tgl Mix	Tgl Uji	Umur (hari)	Berat (gram)	P max (kN)	fc (kg/cm <sup>2</sup> )	fc (Mpa)	SD	fcr (Mpa)
1	20/01/2015	23/01/2015		4367	335,1	426,612	41,85		
2	20/01/2015	23/01/2015	3	4318	303	385,728	37,84	2,9	38,61
3	20/01/2015	23/01/2015		4432	289,4	368,514	36,15		
1	20/01/2015	27/01/2015		4439	342,4	435,932	42,76		
2	20/01/2015	27/01/2015	7	4440	294,6	375,135	36,80	6,6	43,21
3	20/01/2015	27/01/2015		4366	400,7	510,2	50,05		
1	20/01/2015	03/02/2015		4342	356	453,273	44,47		
2	20/01/2015	03/02/2015	14	4448	440,9	561,359	55,07	5,9	48,34
3	20/01/2015	03/02/2015		4470	364,1	463,523	45,47		
1	20/01/2015	10/02/2015		4234	408,4	520,029	51,01		
2	20/01/2015	10/02/2015	21	4548	441,3	561,881	55,12	2,4	52,32
3	20/01/2015	10/02/2015		4334	406,9	518,107	50,83		
1	20/01/2015	17/02/2015		4424	447,3	569,507	55,87		
2	20/01/2015	17/02/2015	28	4224	470,8	599,467	58,81	3,4	55,54
3	20/01/2015	17/02/2015		4478	415,9	529,502	51,94		

Sumber: Hasil Uji Laboratorium



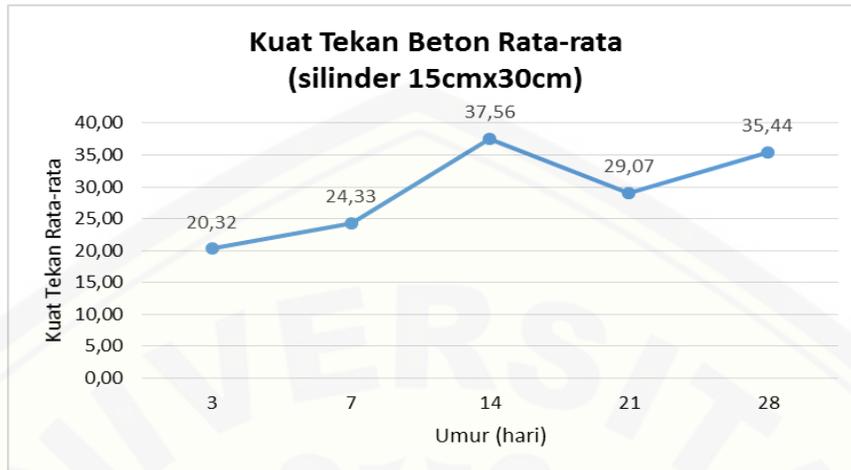
Grafik 4.3 kuat tekan beton rata-rata pada benda uji silinder 10cm x 20cm.

Berdasarkan tabel dan grafik yang ditampilkan diatas, kuat tekan pada pengujian umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari selalu mengalami peningkatan, namun standar deviasi di hari ke 7 memiliki nilai sebesar 6,64. Hal ini menandakan kurang adanya kontrol yang baik saat pembuatan beton.

Tabel 4.8. Kuat Tekan Beton Silinder 15cm x 30cm

No.	Tgl Mix	Tgl Uji	Umur (hari)	Berat (gram)	P max (kN)	fc (kg/cm <sup>2</sup> )	fc (Mpa)	SD	fcr (Mpa)
1	23/01/2015	26/01/2015		13580	308,1	174,321	17,10		
2	23/01/2015	26/01/2015	3	13450	412,5	233,422	22,90	3	20,32
3	23/01/2015	26/01/2015		13820	377,5	213,61	20,96		
1	23/01/2015	30/01/2015		13920	537,1	303,925	29,82		
2	23/01/2015	30/01/2015	7	13900	422	238,775	23,42	5,1	24,33
3	23/01/2015	30/01/2015		13700	355,6	201,228	19,74		
1	25/01/2015	08/02/2015		13750	850	481,002	47,19		
2	25/01/2015	08/02/2015	14	13850	570	322,554	31,64	8,4	37,56
3	25/01/2015	08/02/2015		13850	610	345,189	33,86		
1	25/01/2015	15/02/2015		13920	569,6	322,305	31,62		
2	25/01/2015	15/02/2015	21	13900	384	217,311	21,32	6,8	29,07
3	25/01/2015	15/02/2015		13700	617,2	349,235	34,26		
1	25/01/2015	22/02/2015		13750	360	203,718	19,98		
2	25/01/2015	22/02/2015	28	13850	840	475,343	46,63	14	35,44
3	25/01/2015	22/02/2015		13850	715,3	404,777	39,71		

Sumber: Hasil Uji Laboratorium



Grafik 4.4 Kuat tekan beton rata-rata pada benda uji silinder 15cm x 30cm.

Berdasarkan grafik dan tabel diatas, terlihat bahwa kuat tekan yang ditampilkan pada hari ke 21 dan 28 mengalami penurunan dengan nilai masing-masing sebesar 29,07 MPa dan 35,44 MPa. Untuk variasi kuat tekan dari benda uji silinder 15cm x 30cm ini menghasilkan standar deviasi yang cukup buruk pada hari ke 14, 21 dan hari ke 28, yakni masing-masing sebesar 8,4 , 6,8 dan 14.

Dari keempat tabel dan grafik yang ditampilkan sebelumnya, tampak bahwa ada beberapa penurunan kuat tekan yang terjadi dengan standar deviasi yang cukup tinggi, hal ini menandakan kurang adanya kontrol yang baik saat proses pembuatan beton. Berikut ini akan dibahas beberapa penyebab turunnya kuat tekan beton dan tingginya variasi kuat tekan (standar deviasi):

- Berdasarkan data yang ditunjukkan pada tabel-tabel diatas, ada beberapa benda uji yang dibuat dalam dua kali pengecoran pada tanggal yang berbeda. Pada beton kubus 10 cm, 15 benda uji dibuat dalam dua kali pengecoran yakni 8 buah di tanggal 06-01-2015 dan 7 buah pada tanggal 08-01-2015. Beton kubus 15 cm, 15 benda uji dibuat dalam dua kali pengecoran yakni tanggal 04-02-2015 sebanyak 5 buah dan 10 buah di tanggal 10-02-2015. Pada beton silinder 15x30 cm, 15 benda uji dibuat dalam dua kali pengecoran yakni

tanggal 23-01-2015 sebanyak 6 buah dan 9 buah di tanggal 25-01-2015. Sedangkan untuk beton silinder 10x20 cm dibuat dalam satu kali pengecoran, hal inilah yang menyebabkan kuat tekannya meningkat dengan stabil pada tiap-tiap minggunya. Peraturan menyebutkan bahwa untuk pembuatan sampel yang sejenis seharusnya dibuat dalam sekali pengecoran pada mesin molen yang sama untuk menjaga homogenitas beton. Namun apabila kapasitas satu mesin molen tidak memadai untuk digunakan dalam sekali pengecoran, maka prosedur pengujiannya yang harus diubah. Yakni pengujian dilakukan pada benda uji yang diambil secara acak dari tanggal pengecoran yang berbeda. Pengambilan acak berarti bahwa masing-masing benda uji mempunyai kesempatan yang sama untuk terseleksi. (SNI 03-6815-2002, 2002)

- Pada dasarnya beton mutu tinggi memiliki sifat yang lecah hingga dapat mengalir. Hal ini dikarenakan adanya tambahan superplasticizer yang berfungsi sebagai pengganti beberapa persen air dalam campuran mix desainnya. Dengan sifatnya yang lecah ini, proses pengadukan yang terlalu lama dapat membuat beton ini menjadi segregasi. Segregasi adalah keadaan dimana adonan beton terlalu lecah sehingga menyebabkan semua agregat tenggelam di bagian dasar cetakan. Akibatnya agregat seperti kerikil dan beberapa serat yang dicampurkan tidak terdistribusi dengan baik di seluruh volume beton. Padahal agregat seperti kerikil dan serat berfungsi untuk meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik beton. Apabila agregat dan serat hanya terdistribusi dibagian bawah benda uji, maka pengujian kuat tekan bagian atas akan lebih rendah dari pada kuat tekan bagian bawah benda uji. Padahal pada prosedur pengujian beton, sisi beton yang akan di tekan menggunakan mesin adalah sisi yang paling rata dan halus. Sehingga kuat tekan memiliki selisih yang jauh dikarenakan perbedaan sisi yang ditekan ketika dilakukan pengujian kuat tekan. Dibawah ini ditampilkan dokumentasi beton bentuk silinder 15x30 cm yang diuji pada hari ke 28 . Terlihat pada

gambar bahwa agregat kasar dan bendrat tenggelam dibagian dasar cetakan sehingga bagian atas hanya terisi pasta. Pada benda uji ini kuat tekan yang dihasilkan adalah sebesar 19,98 MPa, sangat jauh berbeda dengan kedua sampel lainnya yang masing-masing sebesar 46,63 MPa dan 39,71 MPa.



Gambar 1. Beton bentuk silinder 15x30 cm yang dibelah

- Darfian (2008) pernah melakukan penelitian mengenai penggunaan beberapa bentuk serat bendrat sebagai bahan tambahan pada adukan betonnya. Dia menggunakan tiga bentuk serat bendrat, yaitu kawat bendrat berbentuk gelombang, kawat bendrat berbentuk U dan kawat bendrat bentuk lurus. Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitiannya yakni kuat tarik belah terbesar bukan didapat dari kawat bendrat berbentuk lurus melainkan kawat bendrat berbentuk gelombang. Berkaitan dengan hal tersebut, serat yang digunakan sebagai campuran pada penelitian ini yakni serat bendrat berbentuk lurus yang dipotong sepanjang 2 cm kemudian ditabur di tiap-tiap layer. Penaburan serat di tiap layer tersebut dilakukan sebab ketika serat bendrat dicampur menjadi satu kedalam mesin molen proses pengerjaannya akan semakin sulit karena banyaknya bendrat yang menempel didinding mesin. Dalam tiap-tiap sampel, cetakan ditandai menjadi 5 layer sehingga diharapkan semua bendrat akan terdistribusi merata keseluruh bagian cetakan beton. Namun setelah hal tersebut dilakukan, ternyata setelah cetakan dilepas tampak bahwa ada beberapa beton yang terlihat keropos pada layer-layer tempat

bendrat ditabur. Hal tersebut terjadi karena bentuk kawat yang lurus sepanjang 2cm. Karena ketika serat ditabur, otomatis posisi kawat akan saling bertindihan secara *horizontal* sehingga celah antar serat menjadi sangat kecil. Hal tersebut menyebabkan campuran beton mutu tinggi sulit untuk masuk ke celah-celah serat bendrat. Sehingga akibatnya beton menjadi keropos. Semakin tinggi porositas beton, maka kuat tekan yang dihasilkan juga semakin rendah. Hal tersebut bisa diminimalisir dengan menggunakan serat bendrat berbentuk gelombang, karena celah yang diberikan akan memudahkan adukan beton mutu tinggi untuk masuk kedalam pori-pori beton. Berikut ini merupakan gambar beton bentuk silinder 10x20cm yang mengalami pengeroposan dikarenakan pasta yang tidak bisa menembus ke celah-celah serat bendrat. Pada benda uji yang berada ditengah (sampel nomer 2) memiliki kuat tekan yang cukup jauh bila dibandingkan dengan kedua sampel lainnya. Kuat tekan yang dihasilkan yakni sebesar 36,80 MPa, sedangkan kedua sampel lainnya memiliki nilai masing-masing sebesar 42,76 MPa dan 50,05 MPa.



Gambar 2. Beton silinder 10x20 cm yang mengalami pengeroposan (gambar tengah)

- Dalam pembuatan campuran beton, proporsi tiap-tiap bahan material diperbesar 1,3 kali dari komposisi campuran awal untuk mencegah kurangnya jumlah beton ketika proses pencetakan. Karena bendrat tidak ikut dicampur kedalam campuran adukan beton maka bendrat dimasukkan sesuai proporsi (sebanyak 1,3 kali jumlah komposisi campuran) sehingga banyak campuran adukan beton yang tersisa dan terbuang. Jadi perbandingan jumlah proporsi bendrat dan proporsi dari masing-masing campuran adukan beton tidak sama. Hal itu menjadi salah satu penyebab selisih yang besar antara kuat tekan sampel satu dengan lainnya.

Kuat tekan yang digunakan untuk mendapatkan nilai konversi umur dan bentuk seharusnya memiliki standard deviasi yang baik serta kuat tekan yang meningkat ditiap minggunya. Oleh karena itu akan ada beberapa data yang tidak dicantumkan kedalam perhitungan karena nilai varian kuat tekan dari benda uji yang belum cukup baik. Setelah dilakukan analisa terhadap kemungkinan penyebab kuat tekan yang menurun dan standar deviasi yang tinggi, berikut ini merupakan rekapitulasi data kuat tekan yang telah diperbaiki.

Tabel 4.9 Kuat tekan rata-rata beton mutu tinggi bentuk kubus 10cm, kubus 15cm, silinder 10cm x 20cm dan silinder 15cm x 30cm (MPa)

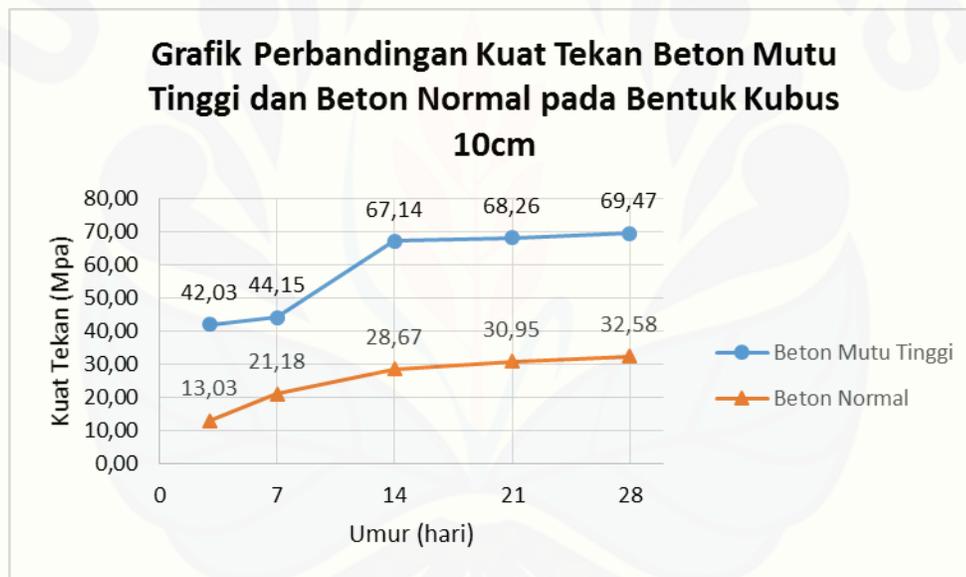
Umur	Silinder 15x30 cm	Silinder 10x20 cm	Kubus 15x15x15 cm	Kubus 10x10x10 cm
3	20,32	38,61	41,45	42,03
7	24,33	39,78	48,15	44,15
14	32,75	44,97	50,87	67,14
21	32,94	52,32	51,52	68,26
28	43,17	55,54	56,90	69,47

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.10 Kuat tekan beton normal pada bentuk kubus 10cm, kubus 15cm, silinder 10cm x 20cm dan silinder 15cm x 30cm (MPa)

Umur	Silinder 15x30 cm	Silinder 10x20 cm	Kubus 15x15x15 cm	Kubus 10x10x10 cm
3	10,30	12,59	12,41	13,03
7	16,74	20,46	20,17	21,18
14	22,66	27,69	27,31	28,67
21	24,46	29,90	29,48	30,95
28	25,75	31,47	31,03	32,58

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

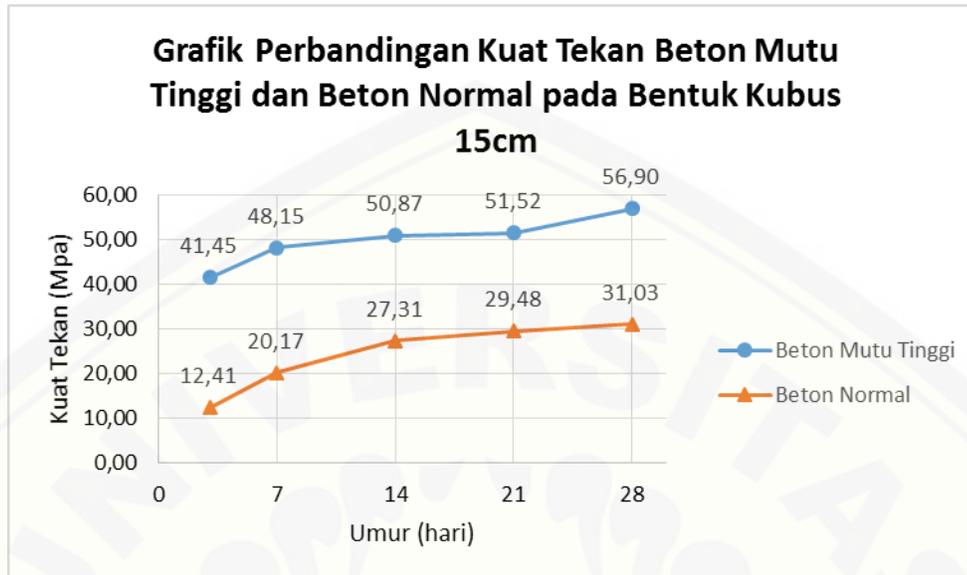


Grafik 4.5 Perbandingan kuat tekan beton mutu tinggi dan beton normal pada bentuk kubus 10 cm

Grafik diatas menunjukkan perkembangan kuat tekan beton yang selalu meningkat seiring dengan bertambahnya umur beton. Terlihat pada gambar bahwa garis yang dibentuk oleh kedua beton yang berbeda mutu ini memiliki *trendline* yang hampir serupa, namun ada sedikit perbedaan dari keduanya. Perbedaan yang pertama yaitu pada beton mutu tinggi di hari ke 7 hingga ke 14 memiliki peningkatan 8%

lebih tinggi bila dibandingkan dengan peningkatan umur beton pada umumnya. Hal ini disebabkan karena sampel yang digunakan pada pengujian hari ke 7 dan 14 tidak diambil secara acak. Kemudian perbedaan yang kedua yaitu garis yang dihasilkan dari kuat tekan beton mutu tinggi memiliki peningkatan yang cukup drastis di tiap minggunya apabila dibandingkan dengan kuat tekan beton normal . Pada garis beton normal, kuat tekan yang dihasilkan pada 2 minggu pertama mengalami peningkatan yang cukup tinggi namun pada minggu ketiga hingga keempat tidak terjadi peningkatan kuat tekan yang cukup berarti. Berbeda dengan garis yang dihasilkan beton mutu tinggi, kuat tekannya memiliki peningkatan dari awal minggu hingga minggu keempat.

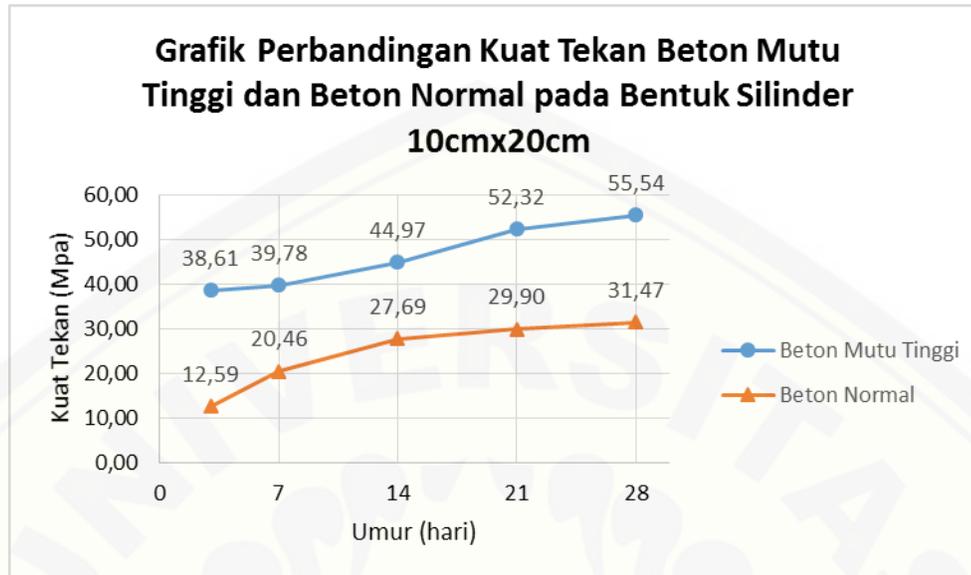
Pada penelitian Talinusa O. G dkk (2014) disebutkan bahwa semakin besar dimensi tinggi benda uji, maka kuat tekan yang dihasilkan akan semakin rendah. Dari keempat bentuk benda uji pada beton normal ini (kubus 15 cm, kubus 10 cm, silinder 15x30 cm, dan silinder 10x20cm), kuat tekan yang tertinggi dihasilkan dari bentuk benda uji yang memiliki dimensi terkecil yakni kubus 10 cm. Hal ini juga berlaku pada kuat tekan yang dihasilkan dari penelitian beton mutu tinggi, kubus 10 cm ternyata memiliki kuat tekan terbesar bila dibandingkan dengan ketiga bentuk lainnya.



Grafik 4.6 Perbandingan kuat tekan beton mutu tinggi dan beton normal pada bentuk kubus 15 cm

Pada grafik diatas terlihat bahwa garis yang dibentuk oleh kedua beton yang berbeda mutu ini memiliki *trendline* yang hampir serupa, namun ada sedikit perbedaan dari keduanya. Garis yang dihasilkan dari kuat tekan beton mutu tinggi memiliki peningkatan di tiap minggunya, namun berbeda dengan garis beton normal. Pada garis beton normal, kuat tekan yang dihasilkan pada 2 minggu pertama mengalami peningkatan yang cukup tinggi namun pada minggu ketiga hingga keempat tidak terjadi peningkatan kuat tekan yang cukup berarti. Berbeda dengan garis yang dihasilkan beton mutu tinggi, kuat tekannya memiliki peningkatan dari awal minggu hingga minggu keempat.

Pada penelitian Talinusa O. G dkk (2014) disebutkan bahwa semakin besar dimensi tinggi benda uji, maka kuat tekan yang dihasilkan akan semakin rendah. Dari keempat bentuk benda uji pada beton normal ini (kubus 15 cm, kubus 10 cm, silinder 15x30 cm, dan silinder 10x20cm), kuat tekan pada kubus 15 cm memiliki kuat tekan tertinggi setelah kubus 10cm. Hal ini ternyata berlaku pada kuat tekan yang dihasilkan dari penelitian beton mutu tinggi.

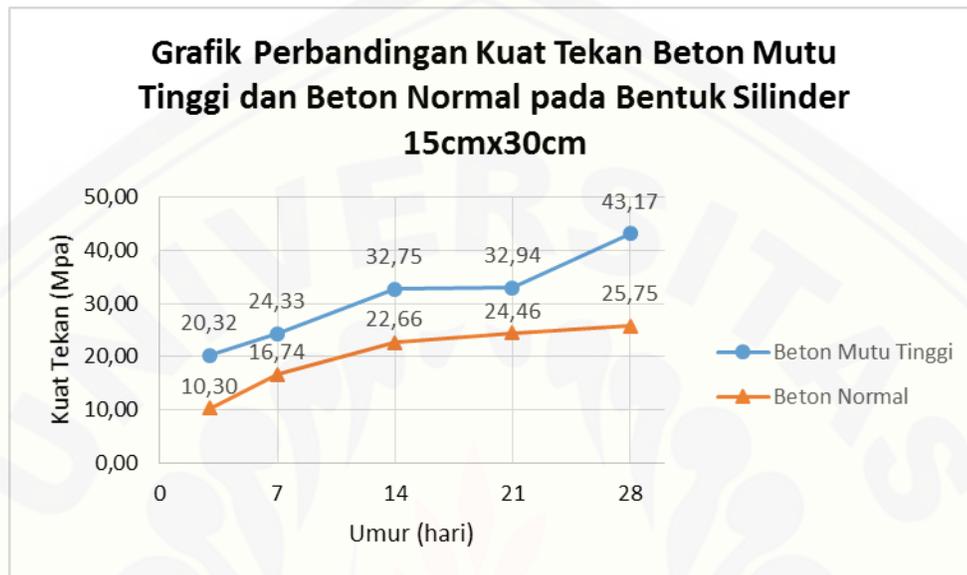


Grafik 4.7 Perbandingan kuat tekan beton mutu tinggi dan beton normal pada bentuk silinder 10x20 cm

Grafik diatas menunjukkan perkembangan kuat tekan beton yang selalu meningkat seiring dengan bertambahnya umur beton. Terlihat pada gambar bahwa garis yang dibentuk oleh kedua beton yang berbeda mutu ini memiliki *trendline* yang hampir serupa, namun ada sedikit perbedaan dari keduanya. Garis yang dihasilkan dari kuat tekan beton mutu tinggi memiliki peningkatan ditiap minggunya, namun berbeda dengan garis beton normal. Pada garis beton normal, kuat tekan yang dihasilkan pada 2 minggu pertama mengalami peningkatan yang cukup tinggi namun pada minggu ketiga hingga keempat tidak terjadi peningkatan kuat tekan yang cukup berarti. Berbeda dengan garis yang dihasilkan beton mutu tinggi, kuat tekannya memiliki peningkatan dari awal minggu hingga minggu keempat.

Pada penelitian Talinusa O. G dkk (2014) disebutkan bahwa semakin besar dimensi tinggi benda uji, maka kuat tekan yang dihasilkan akan semakin rendah. Dari keempat bentuk benda uji pada beton normal ini (kubus 15 cm, kubus 10 cm, silinder 15x30 cm, dan silinder 10x20cm), kuat tekan pada silinder 10x20 cm memiliki kuat

tekan tertinggi ketiga setelah kubus 15 cm. Hal ini ternyata berlaku pada kuat tekan yang dihasilkan dari penelitian beton mutu tinggi.



Grafik 4.8 Perbandingan kuat tekan beton mutu tinggi dan beton normal pada bentuk silinder 15x30 cm

Pada grafik diatas terlihat bahwa garis yang dibentuk oleh kedua beton yang berbeda mutu ini memiliki *trendline* yang hampir serupa, namun ada sedikit perbedaan dari keduanya, yaitu garis yang dihasilkan dari kuat tekan beton mutu tinggi memiliki peningkatan yang cukup drastis ditiap minggunya apabila dibandingkan dengan kuat tekan beton normal . Pada garis beton normal, kuat tekan yang dihasilkan pada 2 minggu pertama mengalami peningkatan yang cukup tinggi namun pada minggu ketiga hingga keempat tidak terjadi peningkatan kuat tekan yang cukup berarti. Berbeda dengan garis yang dihasilkan beton mutu tinggi, kuat tekannya memiliki peningkatan dari awal minggu hingga minggu keempat.

Pada penelitian Talinusa O. G dkk (2014) disebutkan bahwa semakin besar dimensi tinggi benda uji, maka kuat tekan yang dihasilkan akan semakin rendah. Dari keempat bentuk benda uji pada beton normal ini (kubus 15 cm, kubus 10 cm, silinder 15x30 cm, dan silinder 10x20cm), kuat tekan yang dihasilkan dari bentuk benda uji

silinder 15x30 cm memiliki kuat tekan terendah bila dibandingkan dengan ketiga benda uji yang lain. Hal ini ternyata juga berlaku pada kuat tekan yang dihasilkan dari penelitian beton mutu tinggi.

#### 4.4.1 Analisa Pengujian Kuat Tekan untuk Mendapatkan Angka Konversi Bentuk Beton

Pada analisa perhitungan nilai konversi berikut ini, akan ditampilkan perbandingan antara nilai konversi dari Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 dengan nilai konversi dari hasil uji penelitian.

Tabel 4.11 Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai benda uji menurut PBI '71

Benda Uji	Perbandingan Kekuatan Tekan
Kubus 15 x 15 x 15 cm	1,00
Kubus 20 x 20 x 20 cm	0,95
Silinder 15 x 30 cm	0,83

Sumber: Peraturan Beton Bertulang Indonesia ( 1971 : 33)

Berdasarkan perhitungan nilai konversi bentuk, semua kuat tekan pada kubus 10 x 10 x 10 cm, kubus 15 x 15 x 15 cm dan silinder 10 x 20 cm dibandingkan terhadap bentuk benda uji silinder 15 x 30 cm. Karena perbandingan kuat tekan PBI'71 mengacu pada bentuk kubus 15 x 15 x 15cm, maka nilai konversi dari peraturan PBI '71 disesuaikan agar seragam apabila digunakan sebagai pembanding nilai konversi dari hasil uji. Cara menyesuaikan nilai konversi dari PBI '71 ini yakni membagi nilai konversi pada semua bentuk dengan nilai konversi pada bentuk silinder 15 x 30 cm. Berikut ini adalah tabel perbandingan kuat tekan yang bersumber

dari PBI '71 dan *Structural Modeling and Experimental Techniques* yang telah disesuaikan.

Tabel 4.12. Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai bentuk benda uji menurut PBI '71 dan *Structural Modeling and Experimental Techniques* yang telah disesuaikan.

Benda Uji	Perbandingan Kuat Tekan
Kubus 15 x 15 x 15 cm	1,20
Silinder 15 x 30 cm	1,00
Silinder 10 x 20 cm	1,01

Tabel 4.13 Rekapitulasi perbandingan hasil konversi bentuk pada beton normal menurut PBI'1971 dan *Structural Modeling and Experimental Techniques* dengan hasil konversi bentuk pada hasil uji umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari

Umur (Hari)	Bentuk Beton	Kuat Tekan	Menurut PBI'71		Hasil Uji	
			Angk. Konversi	Hsl. Konversi	Angk. Konversi	Hsl. Konversi
3	Kubus 10cm	42,03	-		2,07	20,32
	Kubus 15cm	41,45	1,20	34,41	2,04	20,32
	Silinder (10x20)cm	38,61	1,01	38,23	1,90	20,32
	Silinder (15x30)cm	20,32	1,00	20,32	1,00	20,32
7	Kubus 10cm	44,15	-		1,81	24,33
	Kubus 15cm	48,15	1,20	39,96	1,98	24,33
	Silinder (10x20)cm	39,78	1,01	39,39	1,64	24,33
	Silinder (15x30)cm	24,33	1,00	24,33	1,00	24,33
14	Kubus 10cm	67,14	-		2,05	32,75
	Kubus 15cm	50,87	1,20	42,22	1,55	32,75
	Silinder (10x20)cm	44,97	1,01	44,52	1,37	32,75
	Silinder (15x30)cm	32,75	1,00	32,75	1,00	32,75
21	Kubus 10cm	68,26	-		2,07	32,94
	Kubus 15cm	51,52	1,20	42,76	1,56	32,94
	Silinder (10x20)cm	52,32	1,01	51,80	1,59	32,94
	Silinder (15x30)cm	32,94	1,00	32,94	1,00	32,94
28	Kubus 10cm	69,47	-		1,61	43,17
	Kubus 15cm	56,90	1,20	47,23	1,32	43,17
	Silinder (10x20)cm	55,54	1,01	54,99	1,29	43,17
	Silinder (15x30)cm	43,17	1,00	43,17	1,00	43,17

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan data yang ditampilkan diatas dapat dilihat bahwa ketika kuat tekan kubus 10 cm, kubus 15 cm, silinder 10x20cm dibandingkan terhadap silinder 15x30 cm menggunakan nilai konversi pada PBI '71 dan *Structural Modeling and Experimental Techniques*, hasilnya menunjukkan perbedaan dengan selisih prosentase rata-rata sebesar 30,35%. Melalui pengujian ini terlihat bahwa nilai konversi menurut PBI'71 dan *Structural Modeling and Experimental Techniques* kurang sesuai bila diaplikasikan pada benda uji khusus beton mutu tinggi. Walaupun telah ditemukan kekurangan pada angka konversi PBI'71, sudah tentu hasil penelitian ini juga bukan serta merta menjadi nilai konversi yang bisa dijadikan acuan seperti halnya nilai konversi yang telah dibuat oleh beberapa pakar yang menghasilkan suatu peraturan seperti SNI atau PBI. Namun setidaknya, dari penelitian ini para peneliti yang mahir dibidang beton mutu tinggi bisa mengembangkan penelitiannya sehingga dibuatlah peraturan baru yakni nilai konversi bentuk khusus beton mutu tinggi. Berikut ini merupakan nilai konversi bentuk rata-rata dari hari ke 3, 7, 14, 21 dan 48:

Tabel 4.14 Angka konversi bentuk dari benda uji berbentuk kubus 10cm, kubus 15cm, silinder 10cm x 20cm dan silinder 15cm x 30cm.

Bentuk Beton	3 hari	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari	Rata-rata
Kubus 10cm	2,07	1,81	2,05	2,07	1,61	1,92
Kubus 15cm	2,04	1,98	1,55	1,56	1,32	1,69
Silinder (10x20)cm	1,90	1,64	1,37	1,59	1,29	1,56
Silinder (15x30)cm	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Nilai angka konversi yang didapat pada bentuk kubus 10 x 10 x 10 cm yaitu sebesar 1,92. Pada kubus 15x15x15 cm nilai konversi yang dihasilkan memiliki selisih yang cukup besar yakni 28,75% terhadap nilai konversi PBI '71. Kemudian untuk nilai konversi yang didapatkan pada silinder 10 x 20 cm memiliki selisih 35,12% terhadap nilai konversi yang ada pada buku *Structural Modeling and*

*Experimental Techniques*. Selisih nilai angka konversi yang ditunjukkan antara PBI '71 dan *Structural Modeling and Experimental Techniques* dengan nilai konversi yang didapat dari hasil uji ternyata masih cukup jauh. Hal ini disebabkan karena kurangnya jumlah sampel yang dibuat sehingga data-data kuat tekan yang dihasilkan untuk mendapatkan angka konversi kurang akurat.

#### 4.4.2 Analisa Pengujian Kuat Tekan untuk Mendapatkan Angka Konversi Umur Beton

Tabel 4.15 Rekapitulasi perbandingan hasil konversi umur beton normal menurut PBI 1971 dengan hasil uji beton mutu tinggi bentuk kubus 10 cm, kubus 15 cm, silinder 10x20 cm dan silinder 15 x 30cm

Bentuk	Umur Beton	Kuat Tekan	Menurut PBI'71		Hasil Uji	
			Angk. Konversi	Hsl. Konversi	Angk. Konversi	Hsl. Konversi
Kubus 10cm	3	42,03	0,40	105,08	0,61	69,47
	7	44,15	0,65	67,92	0,64	69,47
	14	67,14	0,88	76,30	0,97	69,47
	21	68,26	0,95	71,85	0,98	69,47
	28	69,47	1,00	69,47	1,00	69,47
Kubus 15cm	3	41,45	0,40	103,63	0,73	56,90
	7	48,15	0,65	74,07	0,85	56,90
	14	50,87	0,88	57,80	0,89	56,90
	21	51,52	0,95	54,23	0,91	56,90
	28	56,90	1,00	56,90	1,00	56,90
Silinder 10x20cm	3	38,61	0,40	96,53	0,70	55,54
	7	39,78	0,65	61,20	0,72	55,54
	14	44,97	0,88	51,10	0,81	55,54
	21	52,32	0,95	55,07	0,94	55,54
	28	55,54	1,00	55,54	1,00	55,54
Silinder 15x30cm	3	20,32	0,40	50,80	0,47	43,17
	7	24,33	0,65	37,43	0,56	43,17
	14	32,75	0,88	37,22	0,76	43,17
	21	32,94	0,95	34,67	0,76	43,17
	28	43,17	1,00	43,17	1,00	43,17

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari data keempat bentuk benda uji yang ditampilkan diatas bisa di simpulkan bahwa kuat tekan pada umur 3 hari yang dikonversikan menurut PBI '71 hasilnya selalu lebih tinggi sekitar 34,12% bila dibandingkan dengan kuat tekan di hari ke 28 pada hasil pengujian laboratorium. Namun untuk umur ke 7 hingga ke 28 hari, selisihnya sangat kecil yakni hanya sebesar 4%. Melalui pengujian ini terlihat bahwa angka konversi menurut PBI'71 kurang sesuai bila diaplikasikan pada benda uji khusus beton mutu tinggi. Walaupun telah ditemukan kekurangan pada angka konversi PBI'71, sudah tentu hasil penelitian ini juga bukan serta merta menjadi angka konversi yang bisa dijadikan acuan seperti halnya angka konversi yang telah dibuat oleh beberapa pakar yang menghasilkan suatu peraturan seperti SNI atau PBI. Namun setidaknya, dari penelitian ini para peneliti yang mahir dibidang beton mutu tinggi bisa mengembangkan penelitiannya sehingga dibuatlah peraturan baru yakni angka konversi beton untuk mutu tinggi. Berikut ini merupakan nilai konversi rata-rata dari keempat bentuk benda uji:

Tabel 4.16 Angka konversi umur dari benda uji berbentuk kubus 10cm, kubus 15cm, silinder 10cm x 20cm dan silinder 15cm x 30cm.

Umur Beton	Kubus (10 cm)	Kubus (15 cm)	Silinder (10cm x 20cm)	Silinder (15cm x 30cm)	Rata-rata
3	0,61	0,73	0,70	0,47	0,62
7	0,64	0,85	0,72	0,56	0,69
14	0,97	0,89	0,81	0,76	0,86
21	0,98	0,91	0,94	0,76	0,90
28	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa pada umur 3 hari, nilai konversi yang dihasilkan dari beton mutu tinggi yaitu sebesar 0,62 sedangkan nilai konversi pada Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 sebesar 0,4 terdapat perbedaan sekitar 35%. Namun nilai konversi pada hari ke 7, 14 21 dan 28 hampir

mendekati nilai konversi yang ada pada PBI '71 yakni masing-masing sebesar: 0,69; 0,86; 0,90 dan 1,00.



## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa perhitungan dapat disimpulkan bahwa dari hasil pengujian:

1. Pada konversi bentuk menunjukkan bahwa nilai konversi kubus 10 x 10 x 10 cm terhadap silinder 15 x 30 cm adalah sebesar 1,92. Untuk nilai konversi kubus 15 x 15 x 15 cm terhadap silinder 15x30 cm adalah sebesar 1,69 sedangkan nilai konversi yang bersumber dari PBI '71 adalah sebesar 1,20. Nilai konversi yang didapat dari penelitian ini memiliki selisih yang cukup besar yakni 28,75% bila dibandingkan dengan nilai konversi pada PBI '71. Kemudian untuk nilai konversi yang didapatkan pada silinder 10 x 20 cm terhadap silinder 15 x 30 cm adalah sebesar 1,56 sedangkan nilai konversi dari buku *Structural Modeling and Experimental Techniques* adalah sebesar 1,01. Nilai konversi yang didapat dari penelitian memiliki selisih 35,12% bila dibandingkan dengan nilai konversi yang bersumber dari buku *Structural Modeling and Experimental Techniques*.
2. Hasil dari uji konversi umur menunjukkan bahwa pada umur 3 hari, nilai konversi yang dihasilkan dari beton mutu tinggi yaitu sebesar 0,62 sedangkan nilai konversi pada Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 sebesar 0,4 terdapat perbedaan sekitar 35% diantara keduanya. Kemudian pada nilai konversi di hari ke 7, 14 21 dan 28 hampir mendekati nilai konversi yang ada pada PBI '71 yakni masing-masing sebesar: 0,69; 0,86; 0,90 dan 1,00.

## 5.2 Saran

Untuk penelitian lebih lanjut, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

1. Penelitian dapat dicoba kembali dengan menggunakan serat bendrat berbentuk gelombang dengan lapisan yang lebih banyak.
2. Penelitian ini hanya terbatas pada beton serat tanpa tulangan (*non-reinforced fiber concrete*), sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui pengaruh penulangan pada beton fiber.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dangzt Iman. 2014. *Jenis-Jenis Semen dan Fungsinya*.  
<http://civilkitau.blogspot.com/2014/03/jenis-jenis-semen-danfungisnya.html>  
[11Oktober 2014].
- Darfian, Mega. 2008. *Pengaruh Bentuk Serat Baja Terhadap Kuat Tarik Belah Beton*. Diterbitkan. Tugas Akhir. Jember: Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember
- Frettlöhr, B., Reineck, K.-H., and Reinhardt, H.-W. (Tanpa Tahun). *Size and Shape Effect oUHPFRC Prisms Tested under Axial Tension and Bending*. Diterbitkan. Jurnal. Germany:Department of Construction Materials University of Stuttgart Germany.
- Graybeal, Benjamin & Davis, Marshall. 2008. *Cylinder or Cube: Strength Testing of 80 to 200 MPa (11.6 to 29 ksi) Ultra-High-Performance Fiber-Reinforced Concrete*. Diterbitkan. Jurnal. Amerika Serikat.
- Hardjasaputra, H., Indrawati, V., Djohari, I. 2013. *Pengaruh Penggunaan Serat Polypropylene dan Micro Steel Fiber pada Ketahanan Api dari Ultra High Performance Concrete (UHPC) untuk Bangunan Infrastruktur (021M)*. Diterbitkan. Jurnal. Lembaga Penelitian Universitas Sebelas Maret.

- Nugraha, P. & Antoni. 2007. *Teknologi BETON*. Yogyakarta: ANDI OFFSET.
- Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang Indonesia. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- Pujianto, A., Putro, T. R. Y. S., Ariska, O. (Tanpa Tahun). *Beton Mutu Tinggi dengan Admixture Superplastisizer dan Aditif Silicafume*. Diterbitkan. Jurnal. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Sabnis, Gajanan M., Harris, Harry G., White, Richard N., Mirza M. S. 1983. *Structural Modeling and Experimental Techniques*.
- Standar Nasional Indonesia. 2002. *Tata cara mengevaluasi hasil uji kekuatan beton*. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. 2000. *Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal*. Badan Standardisasi Nasional.
- Sukoyo. 2011. *Rekayasa Peningkatan Karakteristik Beton Dengan Menggunakan Serat*. Diterbitkan. Jurnal. Semarang: Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang
- Talinusa, O. G., Tenda R., Tamboto W. J. 2014. Pengaruh Dimensi Benda Uji Terhadap Kuat Tekan Beton. Diterbitkan. Jurnal. Manado: Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

- Wadi, D. A. 2013. *Kegunaan Silica Fume / Micro Silica TamCem Microsilica*. <http://dmercycorporation.blogspot.com/2013/03/silica-fume-micro-silica-tamcem.html> [12 Oktober 2014]
- Wicaksono, Kristya H. 2013. Pengujian Kuat Tekan Beton ( $f_c' 25$  Mpa) Dengan Menggunakan Empat Jenis Semen Yang Berberda. Diterbitkan. Tugas Akhir. Jember: Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember
- Wisnumurti, Ristinah, dan Puteri, Y. A. 2007. *Pengaruh Penggunaan Akselerator Megaset Merah Dibawah Dosis Optimal Terhadap Kuat Tekan Beton dengan Berbagai Variasi Umur Beton*. Diterbitkan. Jurnal. Malang: Universitas Brawijaya Malang.

## LAMPIRAN A

### A. PENGUJIAN SEMEN

#### A.1 Pengujian Berat Jenis Semen (ASTM C 128-78)

- Alat dan bahan yang digunakan
  - a. Timbangan analisa 2600 gr
  - b. Picnometer
  - c. Semen PPC
  - d. Minyak tanah
- Prosedur Pengujian
  - a. Timbang semen sebanyak 50 gr.
  - b. Timbangan picnometer 100 cc yang telah dibersihkan.
  - c. Masukkan semen kedalam picnometer dan beratnya ditimbang (untuk cek).
  - d. Isi piknometer dengan minyak tanah dan picnometer diputar-putar agar gelembung udara keluar.
  - e. Tambahkan minyak hingga batas picnometer, kemudian timbang.
  - f. Semen dan minyak dikeluarkan untuk dibersihkan.
  - g. Isi minyak hingga batas kapasitas picnometer dan ditimbang.
  - h. Menghitung berat jenis semen dengan rumus :

$$\text{BJ Semen} = \frac{0,8w1}{(w1 - w2 + w3)}$$

- Keterangan :
- w1 = Berat semen (gr)
  - w2= Berat semen + minyak tanah + picnometer (gr)
  - w3= Berat picnometer + minyak tanah (gr)
  - 0,8= Berat jenis minyak tanah

**Tabel A.1 Pengujian Berat Jenis Semen**

Percobaan Nomor	1	2	3
Berat Picnometer + Semen + Minyak Tanah (W2) (gram)	153,1	153,4	150,7
Berat Semen (W1)	50	50	50
Berat Picnometer + Minyak Tanah (W3) (gram)	117,5	117,8	115,1
Berat Jenis Semen (BJ= (0,8xW1)/(W1-W2+W3))	2,778	2,778	2,778
Rata-rata		2,778	

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

### A.2 Pengujian Berat Volume Semen

• Alat dan bahan yang digunakan

- a. Timbangan analisa 2600 gr
- b. Takaran berbentuk silinder dengan volume 3 lt
- c. Alat perojok dari besi dengan diameter 16 mm dan panjang 60 cm

• Prosedur Pengujian

- 1) Tanpa rojokan
  - a. Timbang silinder dalam keadaan kering
  - b. Isi silinder dengan semen dan ratakan
  - c. Timbang silinder + semen
- 2) Dengan Rojokan
  - a. Timbang silinder dalam keadaan kering
  - b. Isi kubus 1/3 bagian dengan semen kemudian rojok 25 kali sampai silinder penuh, tiap tiap bagian dirojok 25 kali
  - c. Ratakan silinder dan timbang beratnya.
  - d. Menghitung berat volume semen dengan rumus :

$$BV \text{ Semen} = \frac{W2 - W1}{V}$$

Keterangan : W1 = berat silinder (gr)

W2 = berat silinder + semen (gr)

$V$  = volume silinder

**Tabel A.2 Pengujian Berat Volume Semen**

Percobaan Nomor	Tanpa Rojokan		Dengan Rojokan	
	1	2	1	2
Berat Silinder (W1) (gram)	6830	6830	6830	6830
Berat Silinder (W1) + Semen (W2) (gram)	10530	10480	10820	10800
Berat Semen (W2-W1) (gram)	3700	3650	3990	3970
Volume Silinder (V) (cm <sup>3</sup> )	3030,35	3075,78	3030,35	3075,78
Berat Volume (BV=(W2-W1)/V) (gram/cm <sup>3</sup> )	1,22	1,19	1,32	1,29
Berat Volume Rata-Rata	1,20		1,30	
	1,25			

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

## LAMPIRAN B

### B. PENGUJIAN AGREGAT HALUS (PASIR)

#### B.1 Analisa saringan pasir (ASTM C 139 - 76)

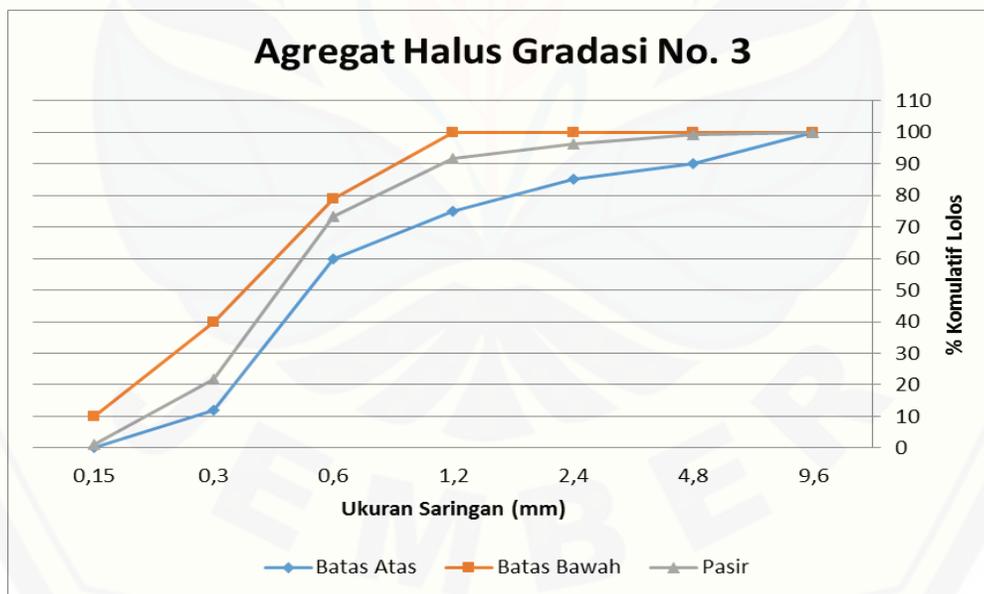
- Alat dan bahan
  - a. Timbangan analisa 2600 gr
  - b. Satu set ayakan ASTM
  - c. Shive shaker
  - d. Pasir dalam keadaan kering oven
- Prosedur Pengujian
  - a. Timbang pasir sebanyak 1000 gr.
  - b. Masukkan pasir dalam ayakan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan diatas dan digetarkan dengan Shieve Shaker selama 10 menit.
  - c. Pasir yang tertinggal dalam ayakan ditimbang.
  - d. Kontrol berat pasir = 1000 gr.
  - e. Mengitung modulus kehalusan pasir dengan rumus :

$$\text{Mod.ElastisitasPasir} = \frac{\sum \% \text{komulatif} - \text{tinggal}}{100}$$

**Tabel B.1 Analisa Saringan Pasir**

Saringan Nomor	Mm	Berat Pasir Tertinggal		% Kumulatif	
		Gram	%	Tinggal	Lolos
3/8	9,5	0	0	0	100
4	4,75	6,6	0,66	0,66	99,34
8	2,36	30	3,00	3,66	96,34
16	1,18	48	4,80	8,47	91,53
30	0,6	183,7	18,39	26,85	73,15
50	0,3	511,8	51,23	78,08	21,92
100	0,15	208,7	20,89	98,97	1,03
pan	0	10,3	1,03		
Jumlah		999,1	100,00		
Modulus halus					2,17

Sumber: Hasil Uji Laboratorium



**Gambar grafik analisa saringan agregat halus gradasi no. 3**

**B.1 Berat jenis pasir (ASTM C 128 - 78)**

- Alat dan bahan yang digunakan
  - a. Timbangan analisa 2600 gr
  - b. Picnometer 100 cc
  - c. Oven
  - d. Pasir kondisi SSD
- Prosedur Pengujian
  - a. Timbang picnometer.
  - b. Timbang pasir kondisi SSD sebanyak 50 gr.
  - c. Masukkan pasir dalam picnometer kemudian ditimbang.
  - d. Picnometer yang berisi pasir diisi air sampai batas kapasitas dan ditimbang beratnya.
  - e. Menghitung berat jenis pasir dengan rumus :

$$BJ.Pasir = \frac{W1}{(W1 - W2)} \times 100\%$$

**Tabel B.2 Pengujian Berat Jenis Pasir**

Percobaan Nomor	1	2	3
Berat Picnometer + Pasir + Air (W1) (gram)	167,8	165,8	166,9
Berat Pasir SSD (gram)	50	50	50
Berat Picnometer + Air (W2) (gram)	136,1	135,2	134,1
Berat Jenis Pasir (BJ)	2,73	2,58	2,91
Berat Jenis Pasir (BJ)		2,74	

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

**B.3 Berat volume pasir (ASTM C 129 - 78)**

- Alat dan bahan yang digunakan
  - a. Timbangan analisa 2600 gr
  - b. Takaran berbentuk silinder
  - c. Alat perojok dari besi dengan diameter 16 mm, panjang 60 cm
  - d. Pasir kering
- Prosedur Pengujian
  - 2) Tanpa rojokan
    - a. Timbang silinder dalam keadaan kering
    - b. Isi silinder dengan pasir dan ratakan
    - c. Timbang silinder + pasir
  - 3) Dengan Rojokan
    - a. Timbang silinder dalam keadaan kering
    - b. Isi silinder 1/3 bagian dengan semen kemudian rojok 25 kali sampai silinder penuh, tiap tiap bagian dirojok 25 kali
    - c. Menghitung dengan rumus :

$$BV = \frac{W2 - W1}{V}$$

**Tabel B.3 Pengujian Berat Volume Pasir**

Percobaan Nomor	Tanpa Rojokan		Dengan Rojokan	
	1	2	1	2
Berat Silinder (W1) (gram)	7200	7200	7200	7200
Berat Silinder + Pasir (W2) (gram)	19570	19950	20990	21300
Berat Pasir ( W2 - W1 ) (gram)	12370	12750	13790	14100
Volume Silinder (V) (cm <sup>3</sup> )	9519,37	9775,94	9519,37	9775,94
Berat Volume (BV) (gram/liter)	1299,46	1304,22	1448,63	1442,32
Berat Volume Rata-Rata (gram/liter)	1301,84		1445,47	
	1373,66			

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

**B.4 Kelembaban pasir (ASTM C 556 - 72)**

- Alat dan bahan yang digunakan
  - a. Timbangan analisa 2600 gr
  - b. Oven
  - c. Loyang
  - d. Pasir dalam keadaan asli
- Prosedur Pengujian
  - a. Pasir dalam keadaan asli ditimbang beratnya 250 gr.
  - b. Pasir dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur 110 kurang lebih 5°C.
  - c. Keluarkan kerikil dari oven, setelah dingin ditimbang beratnya.
  - d. Menghitung kelembaban pasir dengan rumus :

$$\text{Kelembaban Pasir} = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100\%$$

**Tabel B.4 Pengujian Kelembaban Pasir**

Percobaan Nomor	1	2	3
Berat Pasir Asli (W1) (gram)	250	250	250
Berat Pasir Oven (W2) (gram)	246,3	246,6	246,5
Kelembaban Pasir (KP) ((W1-W2)/W2) (%)	1,50	1,38	1,42
Kelembaban Pasir Rata Rata (%)	1,43		

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

**B.5 Air resapan pasir (ASTM C 128)**

- Alat dan bahan yang digunakan
  - a. Timbangan analisa 2600 gr
  - b. Oven
  - c. Pasir kondisi SSD
- Prosedur Pengujian

- Timbang pasir SSD sebanyak 100 gr
- Masukkan pasir tersebut ke dalam oven selama 24 jam
- Keluarkan pasir tersebut serta setelah dingin ditimbang beratnya.
- Menghitung kadar air resapan dengan rumus :

$$Kdr.Air.ResapanPasir = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100\%$$

**Tabel B.5 Pengujian Air Resapan Pasir**

Percobaan Nomor	1	2	3
Berat Pasir (W1) (gram)	100	100	100
Berat Pasir Oven (W2) (gram)	99,1	99,1	99,3
Kadar Air Resapan (KAR) (%)	0,91	0,91	0,70
Kadar Air Resapan (KAR) (%)		0,84	

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

**Tabel B.6 Pengujian Kadar Lumpur Pasir**

Jenis Pengujian	Hasil
Tinggi Lumpur (H) (cm)	0,05
Tinggi Pasir Asli (h) (cm)	6
Kadar Lumpur (h/H)*100% (%)	0,83

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

## LAMPIRAN C

### C. PENGUJIAN AGREGAT KASAR (KERIKIL)

#### C.1 Analisa Saringan Kerikil

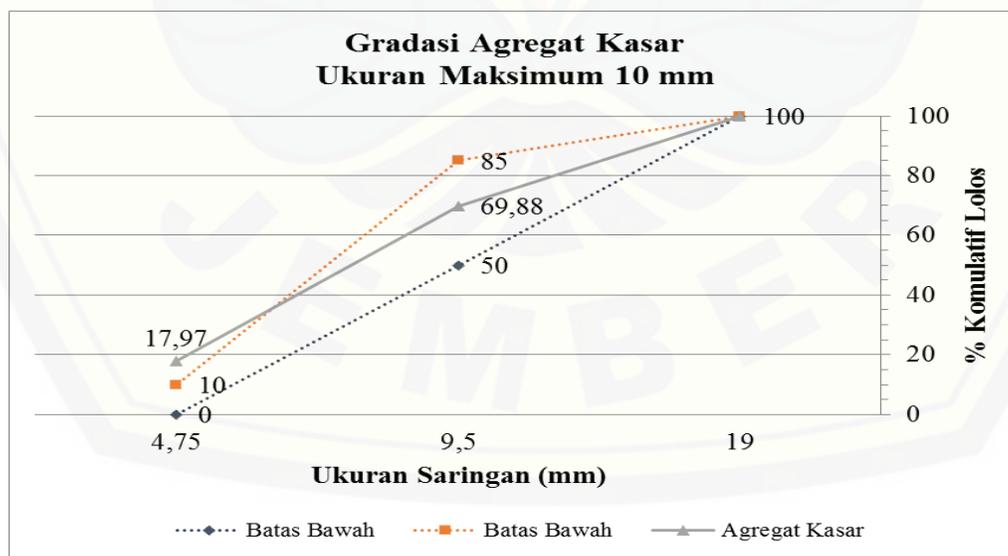
- Alat dan bahan yang digunakan:
  - a. Timbangan 10 kg
  - b. Satu set ayakan ASTM #3,#12, # I4#/8#4, #8,#16,#30,#50,#100.
  - c. Shieve shaker
  - d. Kerikil/ batu pecahan dalam keadaan kering oven.
  
- Prosedur Pengujian
  - a. Timbang kerikil ukuran 0,5-1 sebanyak 8 kg, ukuran 1-2 sebanyak 12 kg.
  - b. Kerikil ukuran 2-3 sebanyak 16 kg.
  - c. Masukkan kerikil dalam ayakan dengan ukuran saringan paling besar di atas dan digetarkan selama 10 menit.
  - d. Timbang masing-masing kerikil yang tertinggal dalam ayakan
  - e. Kontrol berat kerikil = 10 kg.
  - f. Menghitung Angka Kehalusan dengan rumus:

$$\text{Angka Kehalusan} = \frac{\% \text{ kumulatif tertinggal}}{100}$$

**Tabel C.1 Analisa Saringan Kerikil**

Saringan Nomor	Berat Kerikil Tertinggal mm	gram	%	% Kumulatif	
				Tinggal	Lolos
3"					
1,5"					
3/4"	19	0	0		100
3/8"	9,5	903,6	30,12	30,12	69,88
4	4,75	1557,2	51,91	82,03	17,97
8	2,36	531	17,70	99,73	0,27
16	1,18	4,2	0,14	99,87	0,13
30	0,6	0,6	0,02	99,89	0,11
50	0,3	0,4	0,01	99,91	0,09
100	0,15	0,3	0,01	99,92	0,08
Pan	0	2,5	0,08		
Jumlah		2999,8	100,00		
Modulus Halus				6,11	

Sumber: Hasil Uji Laboratorium



### Gambar Grafik Gradasi Agregat Kasar Ukuran Maksimum 10 mm

#### C.2 Berat Jenis Kerikil

Alat dan bahan yang digunakan:

- a. Timbangan 25 kg
  - b. Kontainer
  - c. Mounting table
  - d. Keranjang sample
  - e. Kerikil dalam kondisi SSD
  - f. Air suling.
- Prosedur Pengujian:
    - a. Kerikil yang telah direndam selama 24 jam diangkat kemudian dilap satu persatu
    - b. Timbang kerikil dalam kondisi SSD sebanyak 3000 gram
    - c. Timbang pula beratnya di dalam air.
    - d. Menghitung berat jenis kerikil dengan rumus:

$$BJ.Kerikil = \frac{W1}{(W1 - W2)} \times 100\%$$

**Tabel C.2 Pengujian Berat Jenis Kerikil**

Percobaan Nomor	1	2	3
Berat Kerikil di Udara (W1) (gram)	3000,00	3000,00	3000,00
Berat Kerikil di Air (W2) (gram)	1888,00	1893,00	1885,00
Berat Jenis Kerikil (W1/(W1- W2)	2,70	2,71	2,69
Berat Jenis Kerikil Rata Rata	2,70		

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

### C.3 Berat Volume Kerikil

Alat dan bahan yang digunakan:

- a. Timbangan analitis 25 kg
  - b. Takaran berbentuk silinder dengan volume 15 liter
  - c. Alat perojok dan besi dengan diameter 16 mm, panjang 60 cm
  - d. Kerikil kering.
- Prosedur Pengujian:
    - 1) Tanpa Rojokan
      - a. Timbang silinder dalam keadaan kering
      - b. Timbang kerikil beserta silinder
    - 2) Dengan Rojokan
      - e. Timbang silinder dalam keadaan kering
      - f. Isi silinder 1/3% bagian dengan kerikil kemudian dirojok 25 kali sampai silinder penuh, tiap-tiap bagian dirojok 25 kali.

Menghitung berat volum kerikil dengan rumus:

$$BV = \frac{W2 - W1}{V}$$

**Tabel C.3 Berat Volume Kerikil**

Percobaan Nomor	Tanpa Rojokan		Dengan Rojokan	
	1	2	1	2
Berat Silinder (W1)	10200	10200	10200	10200
Berat Silinder + Kerikil (W2)	28830	29490	32130	32050
Berat Kerikil ( W2 - W1 )	18630	19290	21930	21850
Volume Silinder (V)	15,36	15,08	15,36	15,08
Berat Volume (BV)	1212,56	1279,41	1427,35	1449,20
Berat Volume Rata Rata (BV)	1245,99		1438,28	
	1342,13			

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

#### C.4 Kelembaban Kerikil

- Alat dan bahan yang digunakan:
  - a. Timbangan analitis 2600 gram
  - b. Oven
  - c. Pan
  - d. Kerikil/batu pecahan dalam keadaan asli.
- Prosedur pengujian:
  - a. Kerikil dalam keadaan asli ditimbang beratnya 500 gram
  - b. Kerikil dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur  $110 \pm 5^\circ \text{C}$
  - c. Keluarkan kerikil dari oven, setelah dingin ditimbang beratnya.
  - d. Menghitung kelembaban kerikil menggunakan rumus:

$$KP = \frac{(W1 - W2)}{W2} \times 100\%$$

**Tabel C.4 Kelembaban Kerikil**

Percobaan Nomor	1	2	3
Berat kerikil Asli (W1) (gram)	500,00	500,00	500,00
Berat kerikil Oven (W2) (gram)	498,70	498,90	499,00
Kelembaban kerikil (KP) ((W1-W2)/W2*100%) (%)	0,26	0,22	0,20
Kelembaban kerikil Rata Rata (%)		0,23	

**Tabel C.5 Air Resapan Kerikil**

Percobaan Nomor	1	2	3
Berat Kerikil SSD (W1) (gram)	500,00	500,00	500,00
Berat Kerikil Oven (W2) (gram)	492,10	491,80	491,40
Kadar Air Resapan (KAR) ((W1-W2)/W2*100%)	1,61	1,67	1,75
Kadar Air Resapan Rata Rata (%)		1,67	

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

## LAMPIRAN D

### D.1 Rencana Mix Desain Beton

No.	Komponen Mix Desain	RENCANA PENGUJIAN KUAT TEKAN BENDA UJI BETON							
		Perbandingan komposisi terhadap berat total benda uji	Komposisi berat terhadap semen	Komposisi untuk pengujian				TOTAL	
				Kubus	Kubus	Silinder	Silinder		
				10x10	15x15	10x20	15x30		
				15 buah	15 buah	15 buah	15 buah		
				Dimensi	Jumlah	Berat Beton	cmx cm		
				46,80	157,95	73,51	248,11	526,3705	kg
1	Portland cement	33,00%	1,000	15,444	52,124	24,259	81,875	173,7023	kg
2	Silica Fume	3,50%	0,106	1,638	5,528	2,573	8,684	18,4230	kg
3	Silica powder	3,40%	0,103	1,591	5,370	2,499	8,436	17,8966	kg
4	Pasir	22,00%	0,667	10,296	34,749	16,173	54,584	115,8015	kg
5	Kerikil	11,00%	0,333	5,148	17,375	8,086	27,292	57,9008	kg
6	Added water	11,50%	0,348	5,382	18,164	8,454	28,532	60,5326	liter
7	Superplasticizer	0,60%	0,018	0,281	0,948	0,441	1,489	3,1582	liter
8	Bendrat	15,00%	0,455	7,020	23,693	11,027	37,216	78,9556	kg
	Jumlah	100%		46,800	157,950	73,513	248,107	526,3705	kg

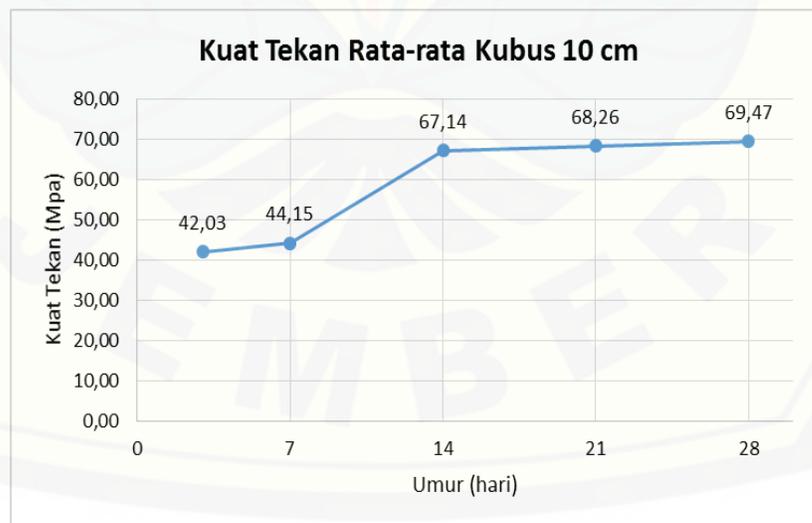
## LAMPIRAN E

### E.1 HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN SETELAH DI ANALISA

Tabel E.1 Kuat Tekan Beton Kubus 10cm x 10cm x 10cm

No.	Tgl Mix	Tgl Uji	Umur (hari)	Berat (gram)	P max (kN)	K (kg/cm <sup>2</sup> )	K (Mpa)	Kr (Mpa)	SD
1	06/01/2015	09/01/2015	3	2505,4	410,84	410,84	40,30		
2	06/01/2015	09/01/2015	3	2560,3	433,34	433,34	42,51	42,03	1,5
3	06/01/2015	09/01/2015	3	2632,3	441,24	441,24	43,29		
1	06/01/2015	13/01/2015	7	2589,4	392,19	392,19	38,47		
2	06/01/2015	13/01/2015	7	2592,7	478,85	478,85	46,98	44,15	4,9
3	06/01/2015	13/01/2015	7	2563,9	479,07	479,07	47,00		
1	06/01/2015	20/01/2015	14	2590	734,73	734,73	72,08		
2	06/01/2015	20/01/2015	14	2574,2	679,89	679,89	66,70	67,14	0,6
3	08/01/2015	22/01/2015	14	2572,8	688,97	688,97	67,59		
1	08/01/2015	29/01/2015	21	2581,2	610,83	610,83	59,92		
2	08/01/2015	29/01/2015	21	2564	722,67	722,67	70,89	68,26	3,7
3	08/01/2015	29/01/2015	21	2546,2	668,88	668,88	65,62		
1	08/01/2015	05/02/2015	28	2590,7	660,41	660,41	64,79		
2	08/01/2015	05/02/2015	28	2584	489,33	489,33	48,00	69,47	6,6
3	08/01/2015	05/02/2015	28	2590,5	755,85	755,85	74,15		

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

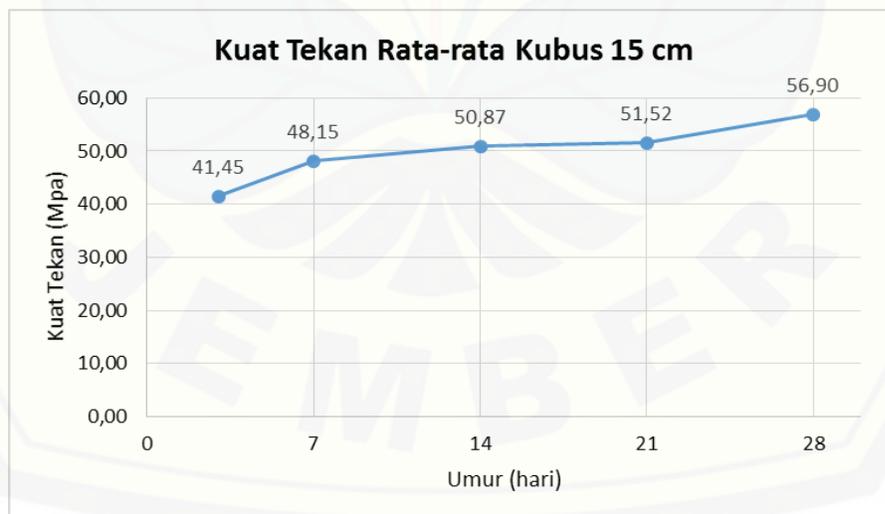


Gambar Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Kubus 10cm

**Tabel E.2 Kuat Tekan Beton Kubus 15cm x 15cm x 15cm**

No.	Tgl Mix	Tgl Uji	Umur (hari)	Berat (gram)	P max (kN)	K (kg/cm <sup>2</sup> )	K (Mpa)	Kr (Mpa)	SD
1	04/02/2015	07/02/2015	3	8500	979,22	435,209	42,69		
2	04/02/2015	07/02/2015	3	8770	917,43	407,747	40,00	41,45	1,4
	04/02/2015	07/02/2015	3	8750	955,55	424,689	41,66		
1	04/02/1900	11/02/2015	7	8420	1210	537,778	52,76		
2	04/02/2015	11/02/2015	7	8750	1275	566,667	55,59	48,15	2
3	10/02/2015	17/02/2015	7	8245	827,82	367,92	36,09		
1	10/02/2015	24/02/2015	14	9000	1220	542,222	53,19		
2	10/02/2015	24/02/2015	14	8950	1070	475,556	46,65	50,87	3,7
3	10/02/2015	24/02/2015	14	8930	1210	537,778	52,76		
1	10/02/2015	03/03/2015	21	8830	1200	533,333	52,32		
2	10/02/2015	03/03/2015	21	8800	1215	540	52,97	51,52	2
3	10/02/2015	03/03/2015	21	8920	1130	502,222	49,27		
1	10/02/2015	10/03/2015	28	8990	1370	608,889	59,73		
2	10/02/2015	10/03/2015	28	8890	1240	551,111	54,06	56,90	4
3	10/02/2015	10/03/2015	28	8940	1430	1430	140,28		

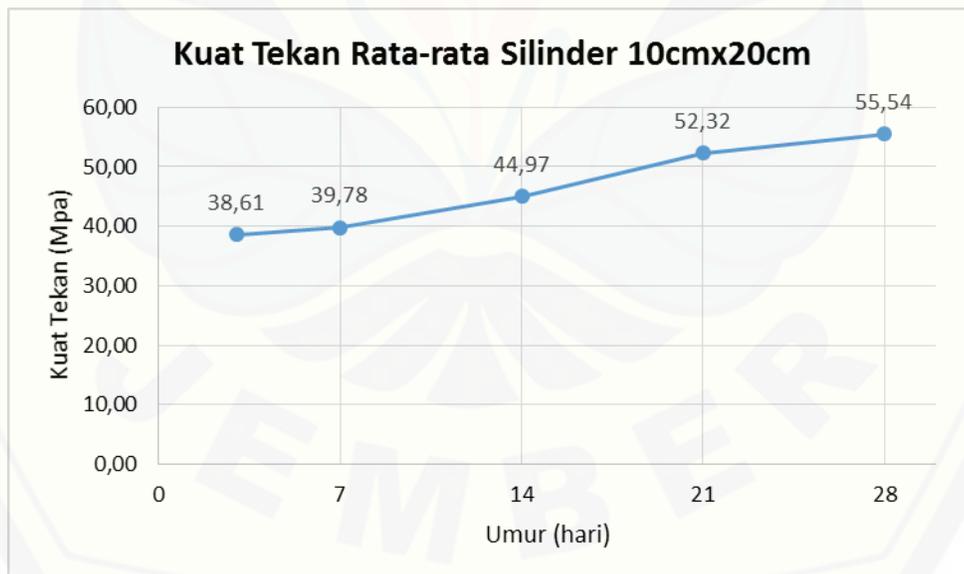
Sumber: Hasil Uji Laboratorium

**Gambar Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Kubus 15cm**

**Tabel E.3 Kuat Tekan Beton Silinder 10cm x 20cm**

No.	Tgl Mix	Tgl Uji	Umur (hari)	Berat (gram)	P max (kN)	fc (kg/cm <sup>2</sup> )	fc (Mpa)	fcr (Mpa)	SD
1	20/01/2015	23/01/2015	3	4367,1	335,06	426,612	41,85		
2	20/01/2015	23/01/2015	3	4318,1	302,95	385,728	37,84	38,61	2,9
3	20/01/2015	23/01/2015	3	4432,2	289,43	368,514	36,15		
1	20/01/2015	27/01/2015	7	4438,8	342,38	435,932	42,76		
2	20/01/2015	27/01/2015	7	4439,5	294,63	375,135	36,80	39,78	4,2
3	20/01/2015	27/01/2015	7	4366,1	400,71	510,2	50,05		
1	20/01/2015	03/02/2015	14	4342,4	356	453,273	44,47		
2	20/01/2015	03/02/2015	14	4448	440,89	561,359	55,07	44,97	0,7
3	20/01/2015	03/02/2015	14	4469,6	364,05	463,523	45,47		
1	20/01/2015	10/02/2015	21	4233,9	408,43	520,029	51,01		
2	20/01/2015	10/02/2015	21	4548	441,3	561,881	55,12	52,32	2,4
3	20/01/2015	10/02/2015	21	4333,5	406,92	518,107	50,83		
1	20/01/2015	17/02/2015	28	4424,4	447,29	569,507	55,87		
2	20/01/2015	17/02/2015	28	4224,2	470,82	599,467	58,81	55,54	3,4
3	20/01/2015	17/02/2015	28	4478,3	415,87	529,502	51,94		

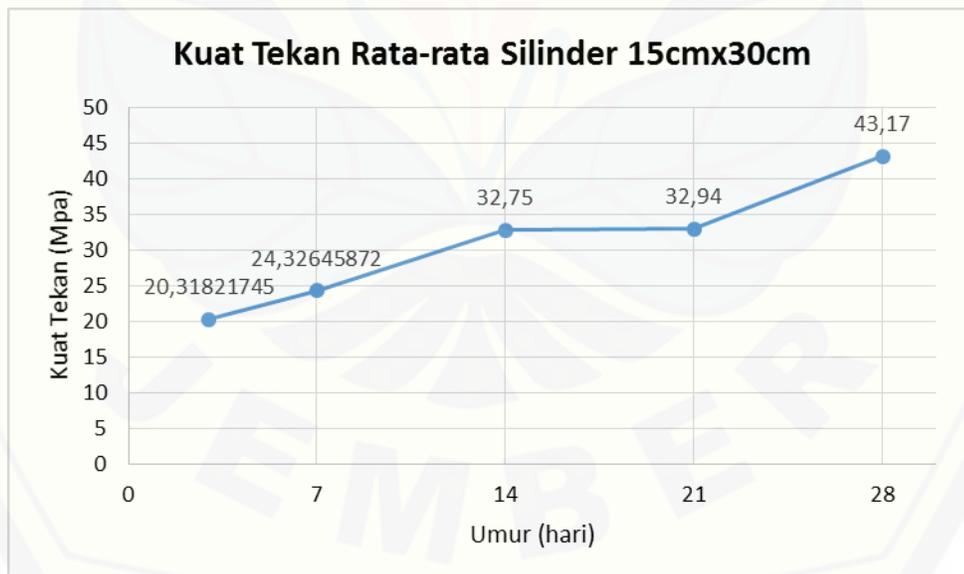
Sumber: Hasil Uji Laboratorium

**Gambar Grafik Kuat Tekan Silinder 10cm x 20cm**

**Tabel E.4 Kuat Tekan Beton Silinder 15cm x 30cm**

No.	Tgl Mix	Tgl Uji	Umur (hari)	Berat (gram)	P max (kN)	fc (kg/cm <sup>2</sup> )	fc (Mpa)	fcr (Mpa)	SD
1	23/01/2015	26/01/2015	3	13580	308,05	174,321	17,10		
2	23/01/2015	26/01/2015	3	13450	412,49	233,422	22,90	20,32	3
3	23/01/2015	26/01/2015	3	13820	377,48	213,61	20,96		
1	23/01/2015	30/01/2015	7	13920	537,08	303,925	29,82		
2	23/01/2015	30/01/2015	7	13900	421,95	238,775	23,42	24,33	5,1
3	23/01/2015	30/01/2015	7	13700	355,6	201,228	19,74		
1	25/01/2015	08/02/2015	14	13750	850	481,002	47,19		
2	25/01/2015	08/02/2015	14	13850	570	322,554	31,64	32,75	1,6
3	25/01/2015	08/02/2015	14	13850	610	345,189	33,86		
1	25/01/2015	15/02/2015	21	13920	569,56	322,305	31,62		
2	25/01/2015	15/02/2015	21	13900	384,02	217,311	21,32	32,94	1,9
3	25/01/2015	15/02/2015	21	13700	617,15	349,235	34,26		
1	25/01/2015	22/02/2015	28	13750	360	203,718	19,98		
2	25/01/2015	22/02/2015	28	13850	840	475,343	46,63	43,17	4,9
3	25/01/2015	22/02/2015	28	13850	715,3	404,777	39,71		

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

**Gambar Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Silinder 15cm x 30cm**

## LAMPIRAN F



**F.1 Gambar Persiapan Material**



**F.2 Gambar Pengujian Agregat Kasar**



**F.3 Gambar Pengujian Agregat Halus**



**F.4 Gambar Pengujian Semen**



**F.5 Gambar Pengadukan Beton**



**F.6 Gambar Benda Uji**



**F.7 Benda Uji Kuat Tekan Beton**

