

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PEMANFAATAN SABUT KELAPA
SEBAGAI MATERIAL SERAT TERHADAP KUAT
TEKAN DAN DAYA SERAP BETON
(*THE INFLUENCE OF USING COCONUT FIBERS AS
FIBER MATERIALS TO THE COMPRESSION STRESS
AND ABSORBENT OF CONCRETE*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Muhammad Dian Ardhiansyah
13511298**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2018**

TUGAS AKHIR

PENGARUH PEMANFAATAN SABUT KELAPA SEBAGAI MATERIAL SERAT TERHADAP KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP BETON (*THE INFLUENCE OF USING COCONUT FIBERS AS FIBER MATERIALS TO THE COMPRESSION STRESS AND ABSORBENT OF CONCRETE*)

Disusun oleh

Muhammad Dian Ardhiansyah

13511298

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 3 April 2018

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing

Penguji 1

Penguji 2

Sarwidi, Prof. Ir., MSCE., Ph.D. Suharyatna, Ir., M.T. Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.
NIK: 845110101 NIK: 865110201 NIK: 155111306

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D.
NIK: 955110103

PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, April 2018

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Dian Ardhiansyah

(13511298)

“... Perhaps you hate a thing and it is good for you; and perhaps you love a thing and it is bad for you. And Allah Knows, while you know not.”

(QS Al Baqarah 2:216)

“For indeed, with hardship [will be] ease.

Indeed, with hardship [will be] ease.

So when you have finished [your duties], then stand up [for worship].

And to your Lord direct [your] longing.”

(QS Al Inshirah 94:5-8)

*This research paper is
dedicated to my beloved
parents, sisters, brother, and
my closest friend Mia Rahmannia.
Thank you for always supporting me.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya. Shalawat serta salam selalu dilimpahkan kepada junjungan Rasulullah SAW, keluarga, sahabat, serta pengikut beliau hingga *yaumul akhir*.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat Strata Satu (S1) di Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, banyak hambatan yang dihadapi penulis. Tetapi berkat saran, dorongan serta semangat dari berbagai pihak, *alhamdulillah* Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan hal tersebut penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Miftahul Fauziah S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Sarwidi, Prof. Ir., MSCE., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dan bimbingan selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Yunalia Muntafi S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu membimbing serta memberikan banyak masukan dan motivasi selama masa kuliah.
4. Seluruh dosen, pengajar, laboran, asisten, serta staff dan karyawan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan banyak ilmu serta memfasilitasi penulis selama masa kuliah.
5. Bapak dan Ibu penulis, Bapak Agus Irianto S. H. dan Ibu Endah Dwi Listyaningroem S. E., M.M. yang selalu memberikan doa, dukungan, serta semangat tiada henti hingga selesainya Tugas Akhir ini. Terima kasih atas

semua kasih sayang, doa, dan kesabaran dalam mendidik dan membesarkan penulis hingga sekarang.

6. Kakak-kakak dan adik penulis, Irine Yustitia Hersiani S. H., Septa Dwi Aditya Putri S.H., M.H., dan Muhammad Akbar Firmansyah yang selalu memberikan dukungan selama ini.
7. Sahabat-sahabat penulis, Mia Rahmannia S. Pd, Dedi Agus Medianto, Mochammad Jum'atul Ramadhan, Imam Agung Baskoro dan Ni'ma Al Mumtaz. Terima kasih untuk doa, dukungan, semangat, dan bantuannya.
8. Saudara-saudara Teknik Sipil 2013 "13rothers" yang telah menjadi rekan dan saudara selama menjalani masa kuliah.
9. Teman-teman KKN Unit 106 Keburusan, Khair, Ariq, Aldo, Benk, Iit, Shieazara, Bang Candra. Terima kasih untuk doa dan dukungannya.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, April 2018

Penulis,

Muhammad Dian Ardhiansyah

13511298

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II STUDI PUSTAKA	6
2.1 Tinjauan Umum	6
2.1.1. Pengertian Beton Serat	7
2.1.2. Keunggulan dan Kelemahan Beton Serat	8
2.2 Penelitian Terdahulu	8
2.3 Keaslian Penelitian	14
BAB III LANDASAN TEORI	15
3.1 Beton	15
3.2 Semen Portland (PC)	17
3.2.1 Semen Portland Pozzolan (PPC)	20

3.2.1.1	Pozolan	21
3.2.1.2	Kelebihan dan Kekurangan Semen PPC	21
3.3	Agregat	23
3.3.1	Agregat Halus	24
3.3.2	Agregat Kasar	25
3.4	Air	26
3.5	Bahan Tambah	27
3.5.1	Sabut Kelapa	29
3.6	Karakteristik Beton	31
3.7	Faktor Air Semen	32
3.8	<i>Slump</i>	34
3.9	Kuat Tekan	35
3.10	Daya Serap Air (<i>Water Absorbtion</i>)	37
3.11	Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	38
3.11	Koefisien Korelasi	46
BAB IV	METODOLOGI PENELITIAN	49
4.1	Tinjauan Umum	49
4.2	Benda Uji	49
4.3	Bahan-bahan	50
4.4	Peralatan	53
4.5	Lokasi Penelitian	60
4.6	Pemeriksaan Agregat	60
4.6.1	Pemeriksaan Agregat Halus	60
4.6.2	Pemeriksaan Agregat Kasar	65
4.7	Perencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	69
4.8	Pembuatan Benda Uji	69
4.9	Perawatan Benda Uji	71
4.10	Pengujian Daya Serap Beton	72
4.11	Pengujian Kuat Tekan Beton	72
4.12	Pengolahan Data	73
4.13	Langkah-langkah Penelitian	73

BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	75
5.1	Umum	75
5.2	Pengujian Agregat Halus	75
5.2.1	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air	76
5.2.2	Pemeriksaan Berat Isi	77
5.2.3	Pengujian Kandungan Lumpur	78
5.2.4	Analisis Saringan	78
5.3	Pengujian Agregat Kasar	80
5.3.1	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air	80
5.3.2	Pemeriksaan Berat Isi	81
5.3.3	Analisis Saringan	82
5.4	Perencanaan Campuran Beton	84
5.5	Pengujian Beton Segar	91
5.5.1	Pengujian <i>Slump</i>	91
5.5.2	Pemeriksaan Berat Isi Beton	94
5.6	Pengujian Daya Serap Beton	94
5.7	Pengujian Kuat Tekan Beton	96
5.8	Pembahasan Hasil Daya Serap Beton	98
5.9	Pembahasan Hasil Uji Kuat Tekan Beton	102
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	110
6.1	Kesimpulan	110
6.2	Saran	111
	DAFTAR PUSTAKA	112
	LAMPIRAN	114

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan	12
Tabel 3.1 Komposisi Bahan Utama Semen	18
Tabel 3.2 Jenis-jenis Semen Portland Menurut ASTM C.150	19
Tabel 3.3 Gradasi Pasir	24
Tabel 3.4 Komposisi Sabut Kelapa	30
Tabel 3.5 Faktor Air Semen Untuk Setiap Kondisi Lingkungan	33
Tabel 3.6 Nilai Slump Untuk Berbagai Macam Struktur	35
Tabel 3.7 Faktor Pengali Deviasi Standar	38
Tabel 3.8 Nilai Deviasi Standar untuk berbagai tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	39
Tabel 3.9 Faktor Pengali (k) Deviasi Standar	39
Tabel 3.10 Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan Dalam Lingkungan Khusus	40
Tabel 3.11 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan FAS = 0,5	41
Tabel 3.12 Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap Meter Kubik Beton	42
Tabel 4.1 Benda Uji dengan Berbagai Variasi	50
Tabel 5.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	76
Tabel 5.2 Berat Isi Gembur Agregat Halus	77
Tabel 5.3 Berat Isi Padat Agregat Halus	77
Tabel 5.4 Kandungan Lumpur Agregat Halus	78
Tabel 5.5 Analisis Saringan Agregat Halus	79
Tabel 5.6 Spesifikasi Gradasi Pasir Daerah II	80
Tabel 5.7 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	81
Tabel 5.8 Berat Isi Gembur Agregat Kasar	81
Tabel 5.9 Berat Isi Padat Agregat Kasar	82
Tabel 5.10 Analisis Saringan Agregat Kasar	83
Tabel 5.11 Spesifikasi Gradasi Kerikil dengan Besar Butir Maksimum 20 mm	84

Tabel 5.12 Kebutuhan Material untuk 1 Benda Uji	91
Tabel 5.13 Kebutuhan Material untuk 1 Kali Adukan	91
Tabel 5.14 Nilai <i>Slump</i> pada Adukan Beton	92
Tabel 5.15 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Beton	94
Tabel 5.16 Hasil Pemeriksaan Daya Serap Beton	95
Tabel 5.17 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Grafik Hubungan Antara Kuat Desak dan Faktor Air Semen (FAS)	41
Gambar 3.2 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan Untuk Ukuran Maksimum 20 mm	43
Gambar 3.3 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan Untuk Ukuran Maksimum 40 mm	44
Gambar 3.4 Grafik Perkiraan Berat Beton Basah Yang Telah Selesai Dipadatkan	45
Gambar 4.1 Semen Portland Pozolan	50
Gambar 4.2 Agregat Halus	51
Gambar 4.3 Agregat Kasar	51
Gambar 4.4 Air	52
Gambar 4.5 Sabut Kelapa	53
Gambar 4.6 Ayakan Agregat	53
Gambar 4.7 Cetakan Silinder	54
Gambar 4.8 Ember	54
Gambar 4.9 Gelas Ukur	55
Gambar 4.10 Gerobak Dorong	55
Gambar 4.11 Kerucut <i>Abrams</i>	56
Gambar 4.12 <i>Mixer</i> Beton	56
Gambar 4.13 Sendok Semen	57
Gambar 4.14 Sekop	57
Gambar 4.15 Timbangan	58
Gambar 4.16 Tongkat Penumbuk	58
Gambar 4.17 Cetakan <i>Capping</i>	59
Gambar 4.18 <i>Compressing Test Machine</i> (CTM)	59
Gambar 4.19 Kaliper	60
Gambar 4.20 Flowchart Langkah-Langkah Penelitian	74

Gambar 5.1 Grafik Gradasi Agregat Halus	80
Gambar 5.2 Grafik Gradasi Agregat Kasar	84
Gambar 5.3 Mencari Nilai Faktor Air Semen Pada Beton Normal	86
Gambar 5.4 Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm	88
Gambar 5.5 Grafik Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran, dan Berat Beton	89
Gambar 5.6 Grafik Perbandingan Nilai <i>Slump</i> dan Panjang Sabut Kelapa	92
Gambar 5.7 Grafik Perbandingan Nilai <i>Slump</i> dan Panjang Sabut Kelapa Skala Kecil Dari Panjang Sabut Kelapa 6 cm Hingga 9 cm	93
Gambar 5.8 Perbandingan Daya Serap Beton Umur 26 Hari	96
Gambar 5.9 Perbandingan Kuat Tekan Umur 28 Hari	98
Gambar 5.10 Perbandingan Daya Serap Rata-rata Dengan Nilai <i>Slump</i>	99
Gambar 5.11 Perbandingan Daya Serap Rata-rata Dengan Panjang Sabut Kelapa	100
Gambar 5.12 Perbandingan Daya Serap Rata-rata Dengan Panjang Sabut Kelapa Skala Kecil Dari Panjang Sabut Kelapa 6 cm Hingga 9 cm	101
Gambar 5.13 Perbandingan Kuat Tekan Rata-rata Dengan Nilai <i>Slump</i>	103
Gambar 5.14 Perbandingan Kuat Tekan Rata-rata Dengan Panjang Sabut Kelapa	105
Gambar 5.15 Perbandingan Kuat Tekan Rata-rata Dengan Panjang Sabut Kelapa Skala Kecil Dari Panjang Sabut Kelapa 0 cm Hingga 3 cm	105
Gambar 5.16 Perbandingan Kuat Tekan Rata-rata Dengan Panjang Sabut Kelapa Skala Kecil Dari Panjang Sabut Kelapa 3 cm Hingga 6 cm	106
Gambar 5.17 Perbandingan Kuat Tekan Rata-rata Dengan Panjang Sabut Kelapa Skala Kecil Dari Panjang Sabut Kelapa 6 cm Hingga 9 cm	106
Gambar 5.18 Perbandingan Kuat Tekan Rata-rata Dengan Daya Serap	108

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Laporan Sementara Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus
- Lampiran 2 Laporan Sementara Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar
- Lampiran 3 Laporan Sementara Analisis Saringan Agregat Halus
- Lampiran 4 Laporan Sementara Analisis Saringan Agregat Kasar
- Lampiran 5 Laporan Sementara Pemeriksaan Berat Isi Gembur Agregat Halus
- Lampiran 6 Laporan Sementara Pemeriksaan Berat Isi Padat Agregat Halus
- Lampiran 7 Laporan Sementara Pemeriksaan Berat Isi Gembur Agregat Kasar
- Lampiran 8 Laporan Sementara Pemeriksaan Berat Isi Padat Agregat Kasar
- Lampiran 9 Laporan Sementara Uji Kandungan Lumpur dalam Pasir
- Lampiran 10 Formulir Perencanaan Campuran Beton
- Lampiran 11 Laporan Sementara Pengamatan Percobaan Adukan Beton
- Lampiran 12 Laporan Sementara Pengamatan Uji Desak Silinder Beton
- Lampiran 13 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$f'c$	= Kuat Tekan Yang Disyaratkan (MPa)
$f'cr$	= Kuat Tekan Rata-Rata yang Direncanakan (MPa)
M	= Nilai Tambah (MPa)
Sd	= Deviasi Standar Rencana (MPa)
Wh	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Halus
Wk	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Kasar
BJ_{AG}	= Berat Jenis Agregat Gabungan
BJ_{AH}	= Berat Jenis Agregat Halus
BJ_{AK}	= Berat Jenis Agregat Kasar
$\%AH$	= Persentase Agregat Halus
$\%AK$	= Persentase Agregat Kasar
P	= Beban Maksimum
A	= Luas Penampang Yang Menerima Beban
fas	= Faktor Air Semen
SNI	= Standard Nasional Indonesia
CTM	= Compression Testing Machine
ACI	= American Concrete Institute
PBI	= Peraturan Beton Indonesia
PC	= Portland Cement
MHB	= Modulus Halus Butir

ABSTRAK

Beton memiliki karakteristik kuat terhadap gaya tekan, tetapi memiliki nilai kuat tarik dan kuat lentur yang rendah. Kapasitas regangan beton yang rendah menyebabkan penurunan kekuatan tekan yang cepat setelah beton mencapai beban maksimum, sehingga dapat terjadi keruntuhan secara tiba-tiba. Oleh karena itu diperlukan inovasi pencampuran beton dengan bahan tambah, salah satunya menggunakan sabut kelapa yang diharapkan dapat menunda terjadinya keruntuhan secara tiba-tiba tersebut.

Pada penelitian ini digunakan bahan tambah sabut kelapa dengan persentase 0 %, 0,125 % dan 0,2 % dari berat beton normal dengan panjang serat 3 cm, 6 cm, dan 9 cm. Metode pengeringan sabut kelapa adalah dengan cara menjemur serat sabut kelapa yang sebelumnya sudah dipotong-potong kecil sesuai dengan panjang sabut yang dibutuhkan dibawah sinar matahari selama kurang lebih 6 jam. Tinjauan analisis penelitian ini adalah kuat tekan dan daya serap beton dengan benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Metode perencanaan beton menggunakan standar SNI-03-2843-2000 dengan kuat tekan rencana 37 MPa.

Dari hasil pengujian, diketahui bahwa penambahan serat sabut kelapa pada campuran beton dengan persentase dan panjang serat yang berbeda dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton dari kuat tekan awal 25 MPa. Namun, kuat tekan rencana minimum sebesar 37 MPa tidak dapat dicapai. Pada benda uji BV3-0,2 dengan komposisi sabut kelapa 0,2% dari berat beton normal dengan panjang serat 3 cm, memiliki nilai kuat tekan paling tinggi sebesar 29,859 MPa atau menurun 19,300% dari kuat tekan rencana minimum. Peningkatan panjang serat sabut kelapa dan daya serap pada beton ternyata dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton hingga panjang serat dan daya serap tersebut mencapai titik optimumnya. Untuk penambahan sabut kelapa 0,125%, titik optimum panjang serat dan daya serap adalah 3,246 cm dan 2,544%. Kemudian untuk penambahan sabut kelapa 0,2%, titik optimum panjang serat dan daya serap adalah 3,325 cm dan 2,695%.

Kata kunci: Kuat tekan, Daya serap, Sabut kelapa

ABSTRACT

Concrete has strong characteristics against compressive force, but brittle for tensile and flexural forces. A low capacity of concrete strain can cause rapid decrease of compressive strength after the concrete reaches the maximum load and causes a sudden collapse. Therefore, mixing coconut fiber and concrete are necessary to postpone the sudden collapse.

In this research, using coconut fiber added material with 0% percentage, 0,125% and 0,2% from normal concrete weight as long as 3 cm, 6 cm, and 9 cm. The method used is by drying the coconut fiber that has been cut into small pieces according to the required length of the fiber under the sun about 6 hours. The analysis are compressive strength of concrete and absorption with cylindrical concrete test object with diameter 15 cm and height 30 cm. Concrete planning method uses SNI-03-2843-2000 standard with strong press of 37 MPa plan.

From the results, the addition of coco fiber on concrete mixture with different percentages and fiber length can increase the value of concrete compressive strength of the initial 25 MPa. However, minimum compressive force of 37 MPa cannot be achieved. On the specimen BV3-0,2 with the composition of coconut fiber 0.2% of the normal concrete weight of 3 cm, has the highest compressive strength value compared to others that is equal to 29,859 MPa at 28 days, decreased - 19,300% of the minimum compressive strength plan. Increasing the length of coco fiber and absorption capacity in concrete was able to increase the value of concrete compressive strength until its reach the optimum point. For the addition of coconut husk 0.125%, the optimum point of fiber length and absorption is 3,246 cm and 2,544%. Then for the addition of coconut husk 0.2%, the optimum point of fiber length and absorption is 3,325 cm and 2,695%.

Keywords: Strong press, Absorption power, Coconut fiber

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan di Indonesia dalam arti fisik seperti perumahan dan sarana yang lain, semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk. Disisi lain, pembangunan rumah tinggal dengan biaya yang murah merupakan program yang senantiasa diupayakan pemerintah dan didambakan oleh masyarakat pada saat ini. Dalam upaya untuk menekan biaya bangunan, salah satu caranya adalah dengan pemanfaatan bahan rumah tangga, karena mudah diperoleh, biaya transportasi murah serta dapat menjadi sumber mata pencaharian masyarakat setempat diantaranya pemanfaatan sabut kelapa yang diambil seratnya.

Ide dasar pada penggunaan bahan rumah tangga seperti limbah sabut kelapa adalah untuk memanfaatkan bahan yang tidak terpakai yang juga tidak dapat didaur ulang dan memiliki nilai ekonomis bagi masyarakat sebagai bahan tambah dalam pembuatan beton. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini mencoba untuk memanfaatkan sabut kelapa yang terinspirasi dari bahan rumah tangga sebagai bahan tambahan dalam pembuatan beton.

Sabut kelapa memiliki daya serap air yang cukup tinggi yaitu sekitar 8-9 kali dari massanya, dan mampu menyerap air di sekitarnya. Selain itu, sabut kelapa mengandung kadar garam yang rendah sehingga bebas dari bakteri dan jamur (Anonim, 2008). Sabut kelapa memiliki sifat fisik yaitu memiliki porositas 95% dan densitas kamba atau *bulk density* $\pm 0,25$ gram/ml (Manzen dan Van Holm, 1993).

Fiber concrete adalah beton yang dibuat dari bahan campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan sejumlah serat (*fiber*) yang disebar secara acak dalam adukan. Pemberian serat (*fiber*) diharapkan dapat menambah kemampuan beton dalam menahan kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur. Penelitian menggunakan bahan tambah serat Polypropylene pernah dilakukan oleh Astawa, mahasiswa program pasca sarjana teknik sipil ITS dengan menambah serat sebanyak 0% - 5%

dari volume berat beton normal. Penambahan serat ini berhasil meningkatkan kuat tekan 19,94%, kuat tarik 24,85 %, kuat lentur 16,62%, dan nilai modulus elastisitas 38,6% (Astawa, 2001).

Beton pada dasarnya memiliki karakteristik kuat terhadap gaya tekan, akan tetapi memiliki nilai kuat tarik dan kuat lentur yang rendah. Kemudian kapasitas regangan beton yang umumnya rendah juga menyebabkan penurunan kekuatan tekan yang cepat setelah beton mencapai beban maksimum, sehingga dapat terjadi keruntuhan secara tiba-tiba. Oleh karena itu diperlukan suatu inovasi pencampuran beton dengan bahan tambah serat yang elastis, salah satunya menggunakan sabut kelapa di dalam beton yang diharapkan dapat menunda terjadinya keruntuhan yang terjadi secara tiba-tiba tersebut.

Penelitian ini dilakukan dengan menambah serat sabut kelapa ke dalam adukan beton. Sabut kelapa diaplikasikan pada beton sebagai bahan tambah untuk mengetahui kuat tekan dan daya serap air yang dihasilkan. Kemampuan daya serap air pada beton perlu dilakukan untuk mengetahui apakah daya serap yang dihasilkan dapat mempengaruhi kuat tekannya, sehingga perlu dilakukan pengujian daya serap pada beton. Kemudian dengan penambahan sabut kelapa yang berdimensi kecil dan dengan persentase yang sedikit, diharapkan bahan tambah tersebut mampu untuk mengisi rongga dengan baik sehingga akan menghasilkan massa yang lebih padat dan dapat menghasilkan nilai kuat tekan yang tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas di atas maka timbul pertanyaan yang dijadikan rumusan masalah dalam penelitian yang dilakukan sebagai berikut ini.

1. Apakah penambahan serat sabut kelapa dalam campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan beton?
2. Berapa persentase serat sabut kelapa yang optimal?
3. Berapa panjang serat sabut kelapa yang lebih baik dalam campuran beton?
4. Berapa nilai daya serap air maksimal pada beton setelah penambahan serat sabut kelapa?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pada penelitian ini adalah untuk mengetahui:

1. penambahan serat sabut kelapa dalam campuran beton terhadap peningkatan nilai kuat tekan beton,
2. persentase penambahan serat sabut kelapa yang optimal dalam campuran beton,
3. panjang serat sabut kelapa yang optimal dalam campuran beton (3 cm, 6 cm atau 9 cm), dan
4. persentase daya serap air pada beton yang maksimal.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah bahwa hasil penelitian ini:

1. merupakan salah satu wawasan untuk pengembangan ilmu teknologi bahan,
2. dapat dijadikan sebagai salah satu rujukan bagi praktisi dan mahasiswa untuk lebih memanfaatkan serat sabut kelapa sebagai bahan tambah dalam pembuatan beton atau pekerjaan sipil lain,
3. memberi nilai ekonomis dari limbah yang tidak bermanfaat, dan
4. diharapkan dapat menjadi tambahan referensi serta masukan bagi pekerja jasa konstruksi dan masyarakat pada umumnya.

1.5 Batasan Masalah

Sebelum dilakukan penelitian, terlebih dahulu diperlukan batasan – batasan dalam penelitian agar penelitian ini dapat dilakukan lebih fokus dan mendalam, seperti yang dijelaskan di bawah ini.

1. Penelitian dilakukan pada beton dengan kuat tekan awal ($f'c$) adalah 25 MPa pada umur 28 hari.
2. Metode perencanaan campuran adukan beton mengacu pada standar SNI-03-2834-2000.
3. Agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil) yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Kali Kuning, Merapi.
4. Ukuran agregat kasar (kerikil) maksimum 20 mm.

5. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland pozolan tipe II, merek Semen Gresik yang dibungkus kemasan 40 kg.
6. Dalam penelitian ini menggunakan bahan tambah serat sabut kelapa yang diperoleh dari pengerajin sabut kelapa di Kaliurang, Yogyakarta.
7. Persentase serat sabut kelapa yang digunakan adalah 0 %, 0,125 % dan 0,2 % dari berat beton normal yang berupa potongan-potongan kecil dengan panjang serat sabut kelapa 3 cm, 6 cm, dan 9 cm.
8. Air yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari saluran air yang berada di Laboratorium Teknologi Bahan dan Konstruksi Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
9. Pengujian karakteristik beton dilakukan pada umur 28 hari, dengan masing-masing perlakuan pengujian menggunakan total benda uji sebanyak 28 buah.
10. Sampel benda uji beton dibuat dan dicetak berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
11. Perawatan benda uji dilaksanakan dengan cara merendam benda uji selama 26 hari, kemudian beton dikeringkan selama 2 hari.
12. Penelitian dilakukan di laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia.

BAB II

STUDI PUSTAKA

Pada studi pustaka ini akan menjelaskan hal-hal yang berkaitan dengan beton serat, keunggulan dan kelemahan beton serat, dan hasil penelitian-penelitian sebelumnya.

2.1 Tinjauan Umum

Beton yang digunakan sebagai struktur dalam konstruksi teknik sipil, dapat dimanfaatkan untuk banyak hal. Dalam konstruksi gedung, struktur beton digunakan untuk fondasi, kolom, balok, dan pelat. Selain itu struktur beton juga digunakan untuk bangunan air seperti bendung, bendungan, dan drainase perkotaan, serta digunakan juga pada struktur jalan untuk pekerjaan *rigid pavement*. Jadi, beton hampir digunakan dalam semua aspek ilmu teknik sipil.

Beton terdiri atas agregat, semen dan air yang dicampur bersama-sama dalam keadaan plastis dan mudah untuk dikerjakan. Karena sifat ini menyebabkan beton mudah untuk dibentuk sesuai dengan keinginan pengguna. Sesaat setelah pencampuran, pada adukan terjadi reaksi kimia yang pada umumnya bersifat hidrasi dan menghasilkan suatu pengerasan dan penambahan kekuatan. Menurut Tjokrodimuljo (1996), beton pada dasarnya adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus serta kadang-kadang ditambahkan *additive*. Pada saat keras, beton diharapkan mampu memikul beban sehingga sifat utama yang harus dimiliki oleh beton adalah kekuatannya. Kekuatan beton terutama dipengaruhi oleh banyaknya air dan semen yang digunakan atau tergantung pada faktor air semen dan derajat kekompakannya. Adapun faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah perbandingan berat air dan semen, tipe dan gradasi agregat, kualitas semen, dan perawatan (*curing*).

2.1.1 Pengertian Beton Serat

Beton serat merupakan campuran beton ditambah serat. Bahan serat dapat berupa serat asbestos, serat plastik (*poly-propylene*), atau potongan kawat baja, serat tumbuh-tumbuhan (rami, sabut kelapa, bambu, ijuk) (Trimulyono, 2004)

Beton serat adalah bahan komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Serat dalam beton ini berfungsi mencegah retak-retak sehingga menjadikan beton lebih daktail daripada beton biasa.

Beton serat adalah beton yang dalam pembuatannya ditambahkan serat kedalamnya, yang bertujuan untuk meningkatkan kuat tarik beton agar tahan terhadap gaya tarik yang diakibatkan pengaruh iklim, temperatur dan perubahan cuaca yang dialami oleh permukaan yang luas. Penambahan serat itu sendiri dapat mereduksi retak-retak yang mungkin timbul akibat perubahan cuaca tersebut.

Dalam pembagian beton serat, jenis beton serat dapat kita bedakan menjadi 2 jenis, yaitu beton serat alami dan beton serat buatan. Serat alami umumnya terbuat dari bermacam-macam tumbuhan. Karena sifat umumnya mudah menyerap dan melepaskan air, serat alami mudah lapuk sehingga tidak dianjurkan digunakan pada beton bermutu tinggi atau untuk penggunaan khusus. Yang termasuk serat alam antara lain rami, ijuk, sabut kelapa dan lain-lain.

Serat buatan umumnya dibuat dari senyawa-senyawa polimer. Mempunyai ketahanan tinggi terhadap perubahan cuaca. Mempunyai titik leleh, kuat tarik, dan kuat lentur tinggi. Digunakan untuk beton bermutu tinggi dan yang akan digunakan secara khusus.

Dalam sifat fisik beton, penambahan serat menyebabkan perubahan terhadap sifat beton tersebut. Dibandingkan dengan beton yang bermutu sama tanpa serat, maka beton dengan serat membuatnya menjadi lebih kaku sehingga memperkecil nilai slump serta membuat waktu ikat awal lebih cepat juga. Sedangkan dalam sifat mekanisnya, penambahan serat sampai batas optimum umumnya meningkatkan kuat tarik dan kuat lentur, tetapi menurunkan kekuatan tekan.

2.1.2 Keunggulan dan Kelemahan Beton Serat

Adapun kelebihan dan kekurangan penggunaan beton serat adalah sebagai berikut.

Kelebihan penggunaan serat sebagai bahan tambah pada beton adalah:

1. dapat meningkatkan kuat lentur beton,
2. kemungkinan terjadi segregasi kecil,
3. daktilitas (kemampuan menyerap energi) juga meningkat,
4. tahan benturan,
5. retak-retak yang terjadi dapat direduksi,
6. beton menjadi lebih kaku, dan
7. meningkatkan kuat tarik, kuat tekan dan kuat desak beton.

Kekurangan penggunaan serat sebagai bahan tambah pada beton adalah:

1. biaya menjadi lebih mahal karena adanya penambahan material yang berupa serat dan
2. proses pengerjaan lebih sulit dari beton biasa.

2.2 Penelitian Terdahulu

Berikut ini akan dijelaskan mengenai hasil penelitian-penelitian sebelumnya dengan topik atau masalah yang sama guna memperoleh informasi tentang penelitian-penelitian sejenis atau yang ada kaitannya dengan penelitian yang sama.

1. Penelitian berjudul Pengaruh Penambahan Sabut Kelapa Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Sebagai Peredam Suara oleh Marpaung dan Karolina, 2014.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan memanfaatkan limbah pertanian dalam hal ini sabut kelapa sebagai bahan pengisi pada beton terhadap kuat tekan, dan kuat tarik beton, dan untuk mengetahui perbedaan kuat tekan, kuat tarik dan peredaman suara dari beton normal dengan beton yang ditambah dengan sabut kelapa. Pada penelitian ini serabut kelapa yang digunakan adalah serabut kelapa yang di cacah sepanjang 3 cm dan direndam air selama 24 jam kemudian dikeringkan. Variasi persentase serabut kelapa yang digunakan adalah 5%, 10%, 15% dan 20%. Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton maka

dibuat benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm masing-masing sebanyak 5 buah untuk benda uji beton normal dan untuk beton dengan penambahan serabut kelapa. Setelah umur beton 24 jam, cetakan silinder dibuka dan mulai dilakukan perendaman selama 28 hari. Dari hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa penggunaan serabut kelapa pada campuran beton dengan variasi 5%,10%, 15% dan 20% dapat menurunkan nilai slump. Hal ini disebabkan oleh bahan tambahan yang tinggi mengakibatkan volume udara dan faktor air semennya turun hal ini sesuai dengan sifat serabut kelapa yang memiliki daya serap air tinggi. Penggunaan serabut kelapa pada campuran beton dengan variasi 5%,10%, 15% dan 20% dari volume beton berdampak terhadap penurunan nilai kuat tekan menjadi dari beton normal mengalami penurunan nilai kuat tekan 25.9 kg/cm², 22.49 kg/cm², 17.46 kg/cm², 12.59 kg/cm², 7.9 kg/cm². Diakibatkan karena serabut kelapa yang memiliki berbagai kandungan yang dapat mengubah karakteristik beton.

2. Penelitian berjudul Pengaruh Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Material Serat Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton oleh Rustendi, 2004.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penambahan serat tempurung kelapa pada adukan beton terhadap peningkatan kuat tekannya, penambahan serat tempurung kelapa pada adukan beton terhadap peningkatan kuat tariknya, dan besar nilai berat jenis beton setelah ditambahkan serat tempurung kelapa. Pada penelitian ini serabut kelapa yang digunakan adalah serabut kelapa dengan panjang 2 cm dan direndam air selama 24 jam kemudian dikeringkan. Variasi persentase serabut kelapa yang digunakan adalah 5%, 10% dan 15% dari volume beton. Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton maka dibuat benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Benda uji dibuat sebanyak 16 buah untuk benda uji beton normal dan untuk beton dengan penambahan serabut kelapa. Setelah umur beton 24 jam, cetakan silinder dibuka dan mulai dilakukan perendaman selama 28 hari. Dari hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa penambahan serat tempurung kelapa pada

adukan beton akan menurunkan kuat tekannya. Makin besar persentase tempurung kelapa yang ditambahkan makin besar pula penurunannya. Penambahan serat tempurung kelapa pada adukan beton akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kuat tariknya. Dari beberapa persentase yang dicoba yaitu 5%, 10%, dan 15% persentase terbesar memberikan efek terbesar pula. Karena ada sebagian massa/volume agregat kasar yang tereliminasi oleh serat tempurung kelapa, maka berat jenis betonnya menjadi berkurang.

3. Penelitian berjudul Analisa Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Dalam Presentase Tertentu Pada Beton Mutu Tinggi oleh Prahara, Liong dan Rachmansyah, 2015.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan serat serabut kelapa dengan persentase kandungan 1,5 %, 2 %, 2,5 %, dan 3 % pada beton mutu tinggi terhadap kemampuan beton menahan gaya tekan dan gaya tarik melalui proses pengujian kuat tekan dan kuat tarik. Pada penelitian ini serabut kelapa yang digunakan adalah serabut kelapa dengan panjang 5 cm dan direndam air selama 24 jam kemudian dikeringkan. Variasi kandungan serat serabut kelapa yakni 1,5 %, 2 %, 2,5 %, dan 3 % yang ditambahkan superplasticizer sebanyak 1,5 %. Benda uji yang dibuat berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tekan, serta benda uji berbentuk balok dengan ukuran lebar 15 cm, tinggi 15 cm, dan panjang 75 cm untuk pengujian kuat tarik. Benda uji yang dibuat sebanyak 5 buah untuk masing-masing tipe campuran dan variabel umur, sehingga total benda uji yang diproduksi adalah 50 buah sampel silinder dan 50 buah sampel balok. Setelah umur beton 24 jam, cetakan silinder dibuka dan mulai dilakukan perendaman selama 28 hari. Dari hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa penambahan serat serabut kelapa pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan beton. Dari persentase penambahan yang diteliti yakni 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% beton dengan kandungan serat serabut kelapa sebanyak 1,5% menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton tanpa penambahan serat serabut kelapa maupun beton dengan persentase

campuran lainnya. Penambahan serat serabut kelapa pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tarik beton. Dari persentase penambahan yang diteliti yakni 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% beton dengan kandungan serat serabut kelapa sebanyak 2% menghasilkan nilai kuat tarik yang lebih tinggi dibandingkan beton tanpa penambahan serat serabut kelapa maupun beton dengan persentase campuran lainnya.

Adapun perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

No	Peneliti	Judul Penelitian	Konten	Parameter yang Diuji	Hasil Penelitian
1.	Richo Ronald Marpaung dan Rahmi Karolina (2014)	Pengaruh Penambahan Sabut Kelapa Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Sebagai Peredam Suara	<ol style="list-style-type: none"> 1. Panjang serat sabut kelapa yang digunakan 3 cm 2. Variasi persentase serabut kelapa yang digunakan adalah 5%, 10%, 15% dan 20%. 3. Umur pengujian 28 hari 	Kuat tekan dan peredam suara beton	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penggunaan serabut kelapa pada campuran beton dengan variasi 5%,10%, 15% dan 20% dapat menurunkan nilai slump 2. Penggunaan serabut kelapa pada campuran beton dengan variasi 5%,10%, 15% dan 20% dari volume beton berdampak terhadap penurunan nilai kuat tekan menjadi dari beton normal mengalami penurunan nilai kuat tekan 25.9 kg/cm², 22.49 kg/cm², 17.46 kg/cm², 12.59 kg/cm², 7.9 kg/cm².
2.	Iwan Rustendi (2004)	Pengaruh Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Material Serat Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton	<ol style="list-style-type: none"> 1. Panjang serat sabut kelapa yang digunakan 2 cm 2. Variasi persentase serabut kelapa yang digunakan adalah 5%, 10% dan 15%. 3. Umur pengujian 28 hari 	Kuat tekan dan kuat tarik beton	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penambahan serat tempurung kelapa pada adukan beton akan menurunkan kuat tekannya. Makin besar persentase tempurung kelapa yang ditambahkan makin besar pula penurunannya. 2. Penambahan serat tempurung kelapa pada adukan beton akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kuat tariknya. Dari beberapa persentase yang dicoba yaitu 5%, 10%, dan 15% persentase terbesar memberikan efek terbesar pula.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

No	Peneliti	Judul Penelitian	Konten	Parameter yang Diuji	Hasil Penelitian
3.	Eduardi Prahara, Gouw Tjie Liong dan Rachmansyah (2015)	Analisa Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Dalam Presentase Tertentu Pada Beton Mutu Tinggi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Panjang serat sabut kelapa yang digunakan 5 cm 2. Variasi persentase serabut kelapa yang digunakan adalah 1,5 %, 2 %, 2,5 %, dan 3 % 3. Umur pengujian 28 hari 	Kuat tekan dan kuat tarik beton	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penambahan serat serabut kelapa pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tekan beton. Dari persentase penambahan yang diteliti yakni 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% beton dengan kandungan serat serabut kelapa sebanyak 1,5% menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton campuran lainnya. 2. Penambahan serat serabut kelapa pada campuran beton dapat meningkatkan kuat tarik beton. Dari persentase penambahan yang diteliti yakni 1,5%, 2%, 2,5%, dan 3% beton dengan kandungan serat serabut kelapa sebanyak 2% menghasilkan nilai kuat tarik yang lebih tinggi dibandingkan beton campuran lainnya.
4.	Muhammad Dian Ardhiansyah (2017)	Pengaruh Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Material Serat Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Beton	<ol style="list-style-type: none"> 1. Panjang serat sabut kelapa yang digunakan 3 cm, 6 cm dan 9 cm. 2. Variasi persentase serabut kelapa yang digunakan adalah 0,125% dan 0,2% 3. Umur pengujian 28 hari 	Kuat tekan dan daya serap beton	

2.3 Keaslian Penelitian

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian terdahulu yaitu penelitian ini meneliti tentang kuat tekan dan daya serap beton dengan bahan tambah sabut kelapa sebagai material serat. Panjang sabut kelapa yang digunakan dalam penelitian ini adalah 3 cm, 6 cm dan 9 cm. Persentase sabut kelapa yang digunakan adalah 0%, 0.125% dan 0.2% dari berat beton normal. Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran beton (*mix design*) sesuai dengan standar SNI-03-2834-2000 dengan umur rencana 28 hari. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian yang dilakukan dapat dipertanggungjawabkan keasliannya.

BAB III

LANDASAN TEORI

Pada landasan teori ini akan memaparkan hal-hal yang berkenaan dengan gambaran umum beton, material-material penyusun beton, dan bahan tambah serat sabut kelapa.

3.1 Beton

Beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) tertentu. Material pembentuk beton tersebut dicampur dengan merata dengan komposisi tertentu menghasilkan suatu campuran yang plastis sehingga dapat dituang dalam cetakan untuk dibentuk sesuai keinginan. Campuran tersebut bila dibiarkan akan mengalami pengerasan sebagai akibat reaksi kimia antara semen dan air yang berlangsung selama jangka waktu yang panjang atau dengan kata lain campuran beton akan bertambah keras sejalan dengan umurnya (Wicaksono, 2005).

Nilai kekuatan dan daya tahan (*durability*) beton merupakan fungsi dari banyak faktor, diantaranya adalah nilai banding campuran dan mutu bahan susun, metode pelaksanaan pembuatan adukan beton, temperatur dan kondisi perawatan pengerasannya. Nilai kuat tekan beton relatif tinggi dibanding kuat tariknya, dan beton merupakan bahan getas. Nilai kuat tariknya berkisar antara 9%-15% dari kuat tekannya, pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan mampu membantu kelemahannya, terutama pada bagian yang bekerja menahan tarik (Dipohusodo, 1994).

Beton dibentuk dari pencampuran bahan batuan yang diikat dengan bahan perekat semen. Bahan batuan yang digunakan untuk menyusun beton umumnya dibedakan menjadi agregat kasar (krikil/batu pecah) dan agregat halus (pasir). Agregat halus dan agregat kasar disebut sebagai bahan susun kasar campuran dan merupakan komponen utama beton. Umumnya penggunaan bahan agregat dalam adukan beton mencapai jumlah $\pm 70\%$ - 75% dari seluruh beton.

Bahan penyusun beton dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu bahan aktif dan pasif. Kelompok bahan aktif yaitu semen dan air, sedangkan bahan yang pasif yaitu pasir dan kerikil (disebut agregat halus dan agregat kasar). Kelompok bahan pasif disebut pengisi sedangkan yang aktif disebut perekat/pengikat (Tjokrodinuljo, 1996).

Beton memiliki kelebihan dibanding material lain, diantaranya adalah sebagai berikut ini.

1. Beton termasuk bahan yang mempunyai kuat tekan yang tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap pengkaratan atau pembusukan dan tahan terhadap kebakaran.
2. Harga relatif murah karena menggunakan bahan dasar dari lokal, kecuali semen *portland*.
3. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk yang sesuai keinginan.
4. Kuat tekan yang tinggi, apabila dikombinasikan dengan baja tulangan dapat digunakan untuk struktur berat.
5. Beton segar dapat disemprotkan pada permukaan beton lama yang retak, maupun diisikan ke dalam cetakan beton pada saat perbaikan, dan memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit.
6. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit.
7. Beton termasuk tahan aus dan kebakaran, sehingga biaya perawatannya relatif rendah.

Adapun kekurangan beton adalah sebagai berikut ini.

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak.
2. Beton segar mengalami susut pada saat pengeringan, dan beton segar mengembang jika basah.
3. Beton keras mengeras dan menyusut apabila terjadi perubahan suhu.
4. Beton sulit kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak tulangan beton.

5. Beton bersifat getas sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama agar setelah dikombinasikan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail.

3.2 Semen Portland (PC)

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan menghaluskan klinker terutama terdiri dari atas silikat kalsium yang bersifat hidrolis, dengan gips sebagai bahan tambahannya. Semen portland diperoleh dengan membakar secara bersamaan suatu campuran dari *calcareous* (yang mengandung kalsium karbonat atau batu gamping) dan *argillaceous* (yang mengandung alumina) dengan perbandingan tertentu. Secara mudahnya kandungan semen portland adalah kapur, silika, dan alumina. Ketiga bahan tadi dicampur dan dibakar dengan suhu 1550°C dan menjadi klinker. Setelah itu kemudian dikeluarkan, didinginkan, dan dihaluskan sampai halus seperti bubuk. Biasanya lalu klinker digiling halus secara mekanis sambil ditambahkan gips atau kalsium sulfat (CaSO₄) kira-kira 2-4% sebagai bahan pengontrol waktu pengikatan. Bahan tambah lain kadang ditambahkan untuk membentuk semen khusus (Tjokrodimuljo, 1996).

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif (*adhesive*) dan kohesif (*cohesive*) yang memungkinkan melekatnya *fragmen-fragmen* mineral menjadi suatu masa yang padat. Semen yang dimaksudkan untuk konstruksi beton bertulang adalah bahan yang jadi dan mengeras dengan adanya air atau disebut juga semen hidraulis (*hidraulic cement*). Walaupun terdapat sejumlah semen portland standar, kebanyakan beton untuk gedung-gedung terbuat dari semen standar atau semen biasa tipe I (untuk beton dimana kekuatan kritis dibutuhkan dalam jangka waktu 28 hari) atau dari semen dengan kuat awal yang tinggi tipe III yaitu untuk beton dimana kekuatan diperlukan dalam jangka waktu beberapa hari saja. (Murdock, 1999).

Material-material utama dari semen portland adalah batu kapur yang mengandung komponen-komponen utama CaO (kapur) dan tanah liat yang mengandung komponen-komponen SiO₂ (*silica*), Al₂O₃ (alumina), Fe₂O₃ (oksida besi), MgO (magnesium), SO₃ (sulfur) serta Na₂+K₂O (soda/potash). Komposisi dari bahan utama pembuatan semen dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komposisi Bahan Utama Semen

Komposisi	Persentase (%)
Kapur (CaO)	60 – 65
Silika (SiO ₂)	17 – 25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 6
Magnesia (MgO)	0,5 – 4
Sulfur (SO ₃)	1 – 2
Potash (Na ₂ O + K ₂ O)	0,5 – 1

Sumber: Tjorodimulyo (1996)

Walaupun demikian pada dasarnya ada 4 (empat) unsur yang paling utama dari bahan semen itu sendiri, seperti yang dijelaskan berikut ini.

1. Trikalsium silikat (C3S) atau 3CaO.SiO₂

Senyawa ini mengalami hidrasi sangat cepat disertai pelepasan sejumlah besar panas, berpengaruh besar pada pengerasan semen sebelum umur 14 hari, kurang ketahanan terhadap agresi kimiawi, paling menonjol mengalami disintegrasi oleh sulfat air tanah dan kemungkinan sangat besar untuk retakretak oleh perubahan volume.

2. Dikalsium silikat (C2S) atau 2CaO.SiO₂

Formasi senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas lambat. Senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi dari umur 14 hari sampai dengan 28 hari dan seterusnya. Dengan kadar C2S banyak maka akan memiliki ketahanan terhadap agresi kimiawi yang relatif tinggi, pengerasan yang lambat, dan panas hidrasi yang rendah.

3. Trikalsium aluminat (C3A) atau 3CaO.Al₂O₃

Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dengan melepas sejumlah panas. Jika kandungan unsur ini lebih besar dari 10% akan menyebabkan kurang tahan terhadap asam sulfat. Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan beton pada awal umurnya terutama dalam 14 hari.

4. Tetrakalsium aluminoforit (C4AF) atau $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$

Senyawa ini kurang penting karena tidak begitu besar pengaruhnya terhadap kekuatan dan kekerasan semen. C4AF hanya berfungsi untuk menyempurnakan reaksi pada dapur pembakaran pembentukan semen.

Dua unsur pertama (1 dan 2) biasanya merupakan 70-80% dari kandungan berat semen sehingga merupakan bagian yang paling dominan dalam memberikan sifat semen (Tjokrodinuljo, 1996).

Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah prosentase empat komponen utama semen dapat menghasilkan beberapa tipe semen yang sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen portland di Indonesia (PUBI, 1982) dibagi menjadi 5 (lima) jenis seperti yang terlihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Jenis-jenis Semen Portland Menurut ASTM C.150

Jenis Semen	Sifat Pemakaian	Kadar Senyawa (%)				Kehalusan Blaine (m^2/kg)	Kuat 1 Hari (kg/cm^3)	Panas Hidrasi (J/kg)
		C3S	C2S	C3A	C4Af			
I	Normal	50	24	11	8	350	1000	330
II	Modifikasi	42	33	5	13	350	900	250
III	Kekuatan	60	13	9	8	450	2000	500
IV	Awal Tinggi	25	50	5	12	300	450	210
V	Hidrasi Rendah	40	40	9	9	350	900	250
	Tahan Sulfat							

Sumber: Antoni dan Nugraha (2007)

Keterangan dari pada jenis semen di Tabel 3.2 adalah sebagai berikut ini.

1. Jenis I adalah semua semen portland untuk tujuan umum, biasa tidak memerlukan sifat-sifat khusus misalnya, gedung, trotoar, jembatan, dan lain-lain.
2. Jenis II semen portland yang tahan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang dan ketahanan terhadap sulfat lebih baik, penggunaannya pada pir (tembok di laut dermaga), dinding tahan tanah tebal dan lain-lain.
3. Jenis III adalah semen portland dengan kekuatan awal tinggi. Kekuatan dicapai umumnya dalam satu minggu. Umumnya dipakai ketika acuan harus dibongkar secepat mungkin atau ketika struktur harus cepat dipakai.
4. Jenis IV adalah semen portland dengan panas hidrasi rendah. Dipakai untuk kondisi dimana kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum. Misalnya pada bangunan masif seperti bendungan grafitasi yang besar. Pertumbuhan kekuatannya lebih lambat daripada Kelas I.
5. Jenis V adalah semen portland tahan sulfat, dipakai untuk beton dimana menghadapi aksi sulfat yang panas. Umumnya dimana tanah atau air tanah mengandung kandungan sulfat yang tinggi.

3.2.1 Semen Portland Pozolan (PPC)

Suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dengan pozolan halus, yang diproduksi dengan menggiling klinker semen portland dan pozolan bersama-sama, atau mencampur secara merata bubuk semen portland dengan bubuk pozolan, atau gabungan antara menggiling dan mencampur, dimana kadar pozolan 6 % sampai dengan 40 % massa semen portland pozolan (SNI 15-0302-2004).

Jenis dan penggunaan semen portland pozolan adalah sebagai berikut.

1. Jenis IP-U yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton.
2. Jenis IP-K yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk semua tujuan pembuatan adukan beton, semen untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi sedang.

3. Jenis P-U yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi.
4. Jenis P-K yaitu semen portland pozolan yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton dimana tidak disyaratkan kekuatan awal yang tinggi, serta untuk tahan sulfat sedang dan panas hidrasi rendah.

3.2.1.1 Pozolan

Bahan yang mengandung silika atau senyawanya dan alumina, yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen, akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, senyawa tersebut akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu kamar membentuk senyawa yang mempunyai sifat seperti semen.

3.2.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Semen PPC

Berdasarkan penjelasan di atas, pada semen portland pozolan terdapat bahan tambahan antara 6% - 40% kadar pozolan. Maka dengan adanya bahan tambahan dalam semen tersebut, semen jenis ini memiliki kelebihan dan kekurangan sebagai berikut.

1. Kelebihan semen portland pozolan adalah sebagai berikut ini.
 - a. Kuat awal semen portland pozolan tergantung dari produsen menggunakan seberapa banyak bahan tambah dalam semen tersebut, yang artinya semakin banyak bahan tambah pozolan dalam semen, maka beton akan mempunyai kuat tekan awal dan kuat tekan akhir yang lebih baik dibandingkan dengan semen PC.
 - b. Semen portland pozolan memiliki perkembangan kuat tekan akhir yang baik karena pengaruh dari senyawa SiO_2 , dimana senyawa tersebut sangat mempengaruhi kuat tekan akhir pada beton. Biasanya semakin tinggi bahan tambah silika, maka kuat tekan akhir yang dihasilkan oleh semen portland pozolan sangat baik diatas umur 28 hari.
 - c. Berdasarkan SNI 03-2915-2004 semen portland pozolan dapat digunakan untuk beton di daerah sulfat
 - d. Memiliki panas hidrasi yang lebih rendah dibandingkan semen PC

2. Kekurangan semen portland pozolan adalah sebagai berikut ini.
 - a. Dengan jumlah semen yang sama dengan semen PC, maka nilai kuat tekan awal pada umur 28 hari dibawah dari penggunaan semen PC. Kuat tekan semen portland pozolan akan mencapai optimum pada umur diatas 28 hari, bisa 56 hari atau 90 hari tergantung dari jumlah bahan tambah pozolan yang ditambahkan ke dalam semen.
 - b. Konsistensi beton sangat dipengaruhi oleh seberapa banyak bahan tambah pozolan yang terdapat pada semen portland pozolan.
 - c. Untuk mengejar kuat tekan yang sama pada umur 28 hari, maka biasanya penggunaan semen portland pozolan lebih banyak dibandingkan dengan semen PC.
 - d. Kuat tekan beton dengan semen portland pozolan pada umur awal lebih rendah dibanding semen PC, tetapi pada umur lama akan semakin tinggi karena masih terjadi reaksi antara silika aktif pozolan dengan Ca(OH)_2 membentuk senyawa CSH

Jika dibandingkan dengan *portland cement* (PC) yang merupakan semen hidrolis Tipe I, umumnya dipergunakan secara luas untuk konstruksi umum atau bangunan yang tidak membutuhkan persyaratan khusus. Semen tipe ini memiliki kadar silika yang terbesar dibandingkan dengan semen Tipe PPC ataupun PCC. Dari segi kekuatan lekatan yang ada pada semen Tipe I PC, memiliki kekuatan lekatan awal yang lebih besar daripada semen Tipe II PPC. Hal tersebut dikarenakan kandungan silika yang ada pada semen Tipe I PC lebih banyak. Namun, semen tipe PC ini jarang ditemui langsung di pasaran atau toko bangunan lainnya melainkan harus memesan langsung ke pabrik atau ke *provider ready mix* yang memiliki *batching plan* terdekat. Tipe semen yang tersedia di pasaran, khususnya dengan merek Semen Gresik hanya memproduksi *portland pozzoland cement* (PPC) yang dikategorikan ke dalam semen Tipe II. Kemudian, harga semen PC Tipe I juga lebih mahal dibandingkan dengan harga semen PPC Tipe II.

3.3 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat menempati 70-75% dari total volume beton, maka kualitas agregat akan sangat mempengaruhi kualitas beton, tetapi sifat-sifat ini lebih bergantung pada faktor-faktor seperti bentuk, dan ukuran butiran pada jenis batuanannya. Berdasarkan butiran, agregat dapat dibedakan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu agregat halus dan agregat kasar.

Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm dan 40 mm untuk kerikil. Untuk pasir lubang ayakan 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm dan 0,15 mm.

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada ukuran butir-butirnya. Agregat yang mempunyai butir-butir yang besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih besar dari 4,8 mm. Sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,8 mm.

Menurut peraturan SK-SNI-T-15-1990-03 kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar. Pasir yang digunakan dalam adukan beton harus memenuhi syarat sebagai berikut ini.

1. Pasir harus terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Hal ini dikarenakan dengan adanya bentuk pasir yang tajam, maka kaitan antar agregat akan lebih baik, sedangkan sifat keras untuk menghasilkan beton yang keras pula.
2. Butirnya harus bersifat kekal. Sifat kekal ini berarti pasir tidak mudah hancur oleh pengaruh cuaca, sehingga beton yang dihasilkan juga tahan terhadap pengaruh cuaca.
3. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat kering pasir, lumpur yang ada akan menghalangi ikatan antara pasir dan pasta semen, jika konsentrasi lumpur tinggi maka beton yang dihasilkan akan berkualitas rendah.
4. Pasir tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.

5. Gradasinya harus memenuhi syarat seperti yang terlihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen Bahan Butiran yang Lewat Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	95-100	95-100
2,4	75-100	85-100	95-100	95-100
1,2	55-90	75-100	90-100	90-100
0,6	35-59	60-79	80-100	80-100
0,3	8-30	12-40	15-50	15-50
0,15	0-10	0-10	0-15	0-15

Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo, (1996)

Keterangan:

Daerah I : Pasir kasar

Daerah III : Pasir agak halus

Daerah II : Pasir agak kasar

Daerah IV : Pasir halus

3.3.1 Agregat Halus

Agregat halus merupakan agregat yang lolos ayakan 4,75 mm. Agregat halus pada beton dapat berupa pasir alam atau pasir buatan. Pasir alam didapatkan dari hasil disintegrasi alami dari batu-batuan (pasir gunung atau pasir sungai). Pasir buatan adalah pasir yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu atau diperoleh dari hasil sampingan dari *stone crusher*. Pasir (*fine aggregate*) berfungsi sebagai pengisi pori-pori yang ditimbulkan oleh agregat yang lebih besar (agregat kasar/*coarse aggregate*). Kualitas pasir sangat mempengaruhi kualitas beton yang dihasilkan. Oleh karena itu, sifat-sifat pasir harus diteliti terlebih dahulu sebelum pasir tersebut digunakan dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Persyaratan agregat halus (pasir) menurut PBI 1971 Bab 3.3. adalah sebagai berikut ini.

1. Terdiri dari butir-butir tajam dan keras. Butir-butirnya harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan
2. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5% maka agregat halus harus dicuci.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abram-Harder (dengan larutan NaOH).
4. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam Pasal 3.5 ayat (1), harus memenuhi syarat-syarat:
 - a. sisa diatas ayakan 4mm harus minimal 2% berat,
 - b. sisa diatas ayakan 1mm harus minimal 10% berat, dan
 - c. sisa diatas ayakan 0,25 mm harus berkisar antara 80% dan 90% berat.
5. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.

3.3.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm (SNI 03-2847-2002). Agregat ini harus memenuhi syarat kekuatan, bentuk, tekstur maupun ukuran. Agregat kasar yang baik bentuknya bersudut dan pipih (tidak bulat/blondos).

Menurut PBI 1971 Bab 3.4. agregat kasar/split harus memenuhi syarat sebagai berikut ini.

1. Agregat kasar terdiri dari butir-butir keras dan tidak berpori. Kerikil yang berpori akan menghasilkan beton yang mudah ditembus air. Agregat kasar

yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai jika jumlah butirannya tidak melebihi 20% berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar tersebut harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.

2. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% apabila lebih dari 1% maka agregat harus dicuci terlebih dahulu.
3. Agregat kasar tidak mengandung zat-zat yang merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif dengan alkali.
4. Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan bejana pengujian dari Rudeloff, atau dengan mesin pengaus Los Angeles dimana tidak boleh kehilangan berat lebih dari 50%.
5. Agregat kasar terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya atau bergradasi baik.
6. Besar butiran maksimum agregat kasar tidak boleh lebih dari $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $\frac{1}{3}$ tebal pelat, atau $\frac{3}{4}$ dari jarak bersih minimum antar tulangan yang ada.

3.4 Air

Air merupakan bahan dasar pembuatan beton yang penting namun harganya murah. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Sifat dan kualitas air yang digunakan dalam campuran beton akan sangat mempengaruhi proses, sifat serta mutu beton yang dihasilkan. Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air juga berpengaruh terhadap kuat desak beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton menjadi bleeding, yaitu air bersama-sama semen akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan yang lemah.

Tujuan utama dari penggunaan air adalah agar terjadi hidrasi, yaitu reaksi kimia antar semen dan air yang menyebabkan campuran ini menjadi keras setelah lewat beberapa waktu tertentu. Air yang di butuhkan agar terjadi proses hidrasi tidak banyak, kira-kira 20% dari berat semen, tetapi kita tambahkan air dengan tujuan ekonomi. Dengan menambahkan lebih banyak air harus dibatasi sebab penggunaan air yang terlalu banyak dapat menyebabkan berkurangnya kekuatan beton.

Proses hidrasi akan berlangsung baik apabila dipakai air tawar serta murni. Disamping digunakan sebagai bahan campuran untuk beton. Air digunakan pula untuk merawat beton dengan cara pembasahan setelah di cor dan untuk membasahi atau membersihkan. Air untuk perawatan dan pembuatan tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, zat organik atau bahan-bahan lain yang dapat merusak beton dan atau baja tulangan. Sebaiknya digunakan air bersih, tidak berasa, tidak berbau dan dapat diminum (Subakti, 1994).

Air harus ada di dalam beton cair, tidak saja untuk hidrasi semen, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi pasta sehingga betonnya lecah (*workable*). Jumlah air yang terikat dalam beton dengan faktor air semen 0,65 adalah sekitar 20% dari berat semen pada umur 4 minggu. Dihitung dari komposisi mineral semen, jumlah air yang diperlukan untuk hidrasi secara teoritis adalah 35-37% dari berat semen.

3.5 Bahan Tambah

Admixture atau bahan tambah didefinisikan sebagai material selain air, agregat dan semen yang dicampurkan dalam beton yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, penghematan, atau untuk tujuan lain seperti menaikkan kuat tekan beton.

Suatu bahan tambah pada umumnya dimasukkan ke dalam campuran beton dengan jumlah sedikit, sehingga tingkat kontrolnya harus lebih besar daripada pekerjaan beton biasa. Oleh sebab itu, kontrol terhadap bahan tambah perlu dilakukan dengan tujuan untuk menunjukkan bahwa pemberian bahan tambah pada

beton tidak menimbulkan efek samping seperti kenaikan penyusutan kering, pengurangan elastisitas (Murdock dan Brook, 1991).

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*).

Salah satu contoh bahan tambah *admixture* adalah *Water-reducing Admixture*. Klasifikasi *Water-reducing Admixture* menurut ASTM C 494 adalah sebagai berikut ini.

1. Tipe A sebagai *Water-reducing*
Tipe ini berfungsi sebagai bahan tambah *Admixture* yang dapat mengurangi jumlah kadar air dalam campuran beton.
2. Tipe B sebagai *Retarding*
Tipe ini berfungsi sebagai bahan tambah *Admixture* yang dapat memperlambat laju pengerasan beton.
3. Tipe C sebagai *Accelerating*
Tipe ini berfungsi sebagai bahan tambah *Admixture* yang dapat mempercepat laju pengerasan beton.
4. Tipe D sebagai *Water-reducing dan Retarding*
Tipe ini berfungsi sebagai bahan tambah *Admixture* yang dapat mengurangi jumlah kadar air sekaligus memperlambat laju pengerasan beton.
5. Tipe E sebagai *Water-reducing dan Accelerating*
Tipe ini berfungsi sebagai bahan tambah *Admixture* yang dapat mengurangi jumlah kadar air sekaligus mempercepat laju pengerasan beton.
6. Tipe F sebagai *Water-reducing dan High-Range*
Tipe ini berfungsi sebagai bahan tambah *Admixture* yang dapat mengurangi jumlah kadar air sekaligus menaikkan kuat tekan beton.
7. Tipe G sebagai *Water-reducing, High-Range dan Retarding*
Tipe ini berfungsi sebagai bahan tambah *Admixture* yang dapat mengurangi jumlah kadar air, menaikkan kuat tekan beton sekaligus memperlambat laju pengerasan beton.

3.5.1 Serat Sabut Kelapa

Menurut Suhardiyono (1999), serabut kelapa adalah bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm, merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Buah kelapa sendiri terdiri atas serabut 35%, tempurung 12%, daging buah 28%, dan air buah 25%. Adapun sabut kelapa terdiri atas 78% dinding sel dan 22,2% rongga. Salah satu cara mendapatkan serat dari sabut kelapa yaitu dengan ekstraksi menggunakan mesin. Serat yang dapat diekstraksi diperoleh 40% serabut berbulu dan 60% serat matras. Dari 100 gram serabut yang diabstrasikan diperoleh sekam 70 bagian, serat matras 18 bagian, dan serat berbulu 12 bagian. Dari segi teknis sabut kelapa memiliki sifat-sifat yang menguntungkan, antara lain mempunyai panjang 15-30 cm, tahan terhadap serangan mikroorganisme, pelapukan dan pekerjaan mekanis (gosokan dan pukulan) dan lebih ringan dari serat lain.

Menurut Soroushian dan Bayasi (1987) serta menurut Tjokrodinuljo (1996), bahwa gelas/kaca bisa dijadikan material serat pada adukan beton. Secara visual baik kaca maupun sabut kelapa apabila dilebur performanya tidak jauh berbeda, yaitu berbentuk serpihan yang keras. Sehingga karakteristiknya pun diperkirakan sama. Maka secara logika, sabut kelapa jika dijadikan material serat pengaruhnya akan sama atau bahkan lebih tinggi daripada kaca. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain sebagai berikut.

1. Kekuatan dan keuletan sabut kelapa lebih tinggi daripada kaca (kaca lebih getas daripada sabut kelapa). Kekuatan dan keuletan yang tinggi umumnya mengakibatkan modulus elastisitas tinggi, sehingga akan menghasilkan beton dengan modulus elastisitas tinggi pula.
2. Sabut kelapa mempunyai tekstur permukaan serat yang lebih kasar daripada kaca, sehingga ikatannya dengan pasta semen akan lebih kuat untuk dapat mengisi rongga pada beton.

Sabut kelapa mengandung unsur kalium sebesar 10,25%, sehingga dapat menjadi alternatif sumber kalium organik dari alam. Kalium pada tanaman kelapa akan berfungsi membentuk batang yang lebih kuat, memperkuat perakaran sehingga tanaman lebih tahan roboh, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit serta dapat membuat serat sabut kelapa menjadi lebih berisi dan padat.

Di berbagai negara lainnya, serat sebagai penguat dan peningkat sifat deformasi beton bukan lagi barang asing. Beton diperkuat dengan serat maka beban deformasi akan dialihkan ke serat. Peranan serat adalah sebagai penahan retakan yang menjalar untuk menjebak ujung retakan agar lambat melintasi matrik dengan demikian regangan retakan ultimit komposit meningkat drastis dibandingkan beton tanpa serat. Mutu serat ditentukan oleh warna, persentase kotoran, kadar air, dan proporsi berat antar serat panjang dan serat pendek. Serat sabut kelapa yang bermutu tinggi berwarna cerah cemerlang dengan persentase berat kotoran tidak lebih dari 2% dan tidak mengandung lumpur.

Sabut kelapa adalah bagian penting dari buah kelapa dengan porsi 35% dari seluruh berat buah kelapa. Sabut kelapa adalah serat yang diambil dari penutup luar yang berserat dari buah kelapa dan merupakan tanaman asli daerah tropis. Sabut juga dianggap sebagai serat biji, meskipun penampilannya serupa dengan serat dari kulit pohon dengan selulosa (sekitar 26%), lignin (29,4%), pektin dan senyawa terkait (36,6%), serta air (8%). Dengan kandungan lignin yang lebih tinggi membuat serat lebih keras dan kaku. Komposisi kandungan sabut kelapa dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 Komposisi Sabut Kelapa

Parameter	Kadar (%)
Selulosa	26,6
Hemiselulosa	27,7
Lignin	29,4
Air	8
Komponen Ekstraktif	4,2
Uronat Anhidrat	3,5
Nitrogen	0,1
Abu	0,5

Sumber: Suhardiyono, (1988)

3.6 Karakteristik Beton

Tjokrodimuljo (1996) menyatakan bahwa beton mempunyai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tariknya. Kuat tarik beton antara 9%-15% dari kuat tekannya. Oleh sebab itu, pada bagian elemen struktur yang mengalami tarik diperkuat dengan memberi baja tulangan, sehingga terbentuk suatu bahan struktur komposit yang disebut beton bertulang. Beton tanpa tulangan disebut beton polos (*plain concrete*).

Selanjutnya, menurut Wang dan Salmon (1990), beton memiliki berbagai macam karakteristik, karakteristik beton adalah sebagai berikut.

1. Mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah.
2. Beton tidak dapat dipergunakan pada elemen konstruksi yang memikul momen lengkung atau tarikan.
3. Beton sangat lemah dalam menerima gaya tarik, sehingga akan terjadi retak yang semakin lama akan makin besar.
4. Proses kimia pengikatan semen dengan air menghasilkan panas dan dikenal dengan proses hidrasi.
5. Air berfungsi juga sebagai pelumas untuk mengurangi gesekan antar butiran sehingga beton dapat dipadatkan dengan mudah.
6. Kelebihan air dari jumlah yang dibutuhkan akan menyebabkan butiran semen berjarak semakin jauh sehingga kekuatan beton akan berkurang.
7. Dengan perkiraan komposisi (*mix design*) dibuat rekayasa untuk memeriksa dan mengetahui perbandingan campuran agar dihasilkan kekuatan beton yang tinggi.
8. Selama proses pengerasan campuran beton, kelembaban beton harus dipertahankan untuk mendapatkan hasil yang direncanakan.
9. Setelah 28 hari, beton akan mencapai kekuatan penuh dan elemen konstruksi akan mampu memikul beban luar yang bekerja padanya.
10. Untuk menjaga keretakan yang lebih lanjut pada suatu penampang balok, maka dipasang tulangan baja pada daerah yang tertarik.

11. Pada beton bertulang memanfaatkan sifat beton yang kuat dalam menerima gaya tekan serta tulangan baja yang kuat menerima gaya tarik.
12. Dari segi biaya, beton menawarkan kemampuan tinggi dan harga yang relative rendah.
13. Beton hampir tidak memerlukan perawatan dan masa konstruksinya mencapai 50 tahun serta elemen konstruksinya yang mempunyai kekakuan tinggi serta aman terhadap bahaya kebakaran.
14. Salah satu kekurangan yang besar adalah berat sendiri konstruksi.
15. Kelemahan lainnya adalah perubahan volume sebagai fungsi waktu berupa susut dan rangkak.

3.7 Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah faktor air semen kuat tekan beton semakin tinggi. Namun demikian, nilai faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai faktor air semen yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Oleh sebab itu ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat desak maksimum. Umumnya nilai faktor air semen minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (Mulyono, 2003). Perbandingan faktor air semen dengan kondisi lingkungan dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Faktor Air Semen Untuk Setiap Kondisi Lingkungan

	Kondisi Lingkungan		
	Kondisi normal	Basah kering berganti-ganti	Dibawah pengaruh sulfat/air laut
Koreksi langsing atau yang hanya mempunyai penutup tulangan kurang dari 25 mm.	0,53	0,49	0,40
Struktur dinding penahan tanah, pilar, balok, abutmen.	*	0,53	0,44
Beton yang tertanam dalam pilar, balok, kolom	-	0,44	0,44
Struktur lantai beton di atas Tanah	*	-	-
Beton yang terlindung dari perubahan udara (konstruksi interior bangunan).	*	-	-

* Rasio air semen ditentukan berdasarkan persyaratan kekuatan tekan rencana.

Sumber : Tim penyusun Struktur Beton, 1999

Hubungan antara faktor air semen dengan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus Duff Abrams (1919) sebagai berikut:

$$f'c = \frac{A}{B^{1,5} X} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan : $f'c$ = Kuat tekan beton
 X = faktor air semen
 A, B = konstanta

Dengan demikian semakin besar faktor air semen, maka semakin rendah nilai kuat desak betonnya. Walaupun apabila dilihat dari rumus tersebut tampak bahwa semakin kecil faktor air semen, maka semakin tinggi nilai kuat desak beton. Akan tetapi nilai fas yang rendah akan menyulitkan pemadatan, sehingga kekuatan betonnya akan rendah karena beton kurang padat. Dapat disimpulkan bahwa, hampir untuk semua tujuan pembuatan beton maka harus mempunyai nilai fas optimum. Dengan menggunakan nilai fas optimum, maka akan memberikan

kemudahan pengerjaan (*workability*) yang baik, sehingga pada saat pemadatan campuran beton akan mudah dan dapat menghasilkan massa yang padat.

Nilai faktor air semen pada beton termasuk berat air yang terkandung di dalam agregat. Pada beton normal nilai faktor air semen ada dalam rentang 0,2-0,5 (SNI 03-6468-2000). Bahan ikat yang digunakan pada penelitian ini adalah semen portland pozolan tipe II. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$Fas = W/C \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan : Fas = Faktor air semen

W = Rasio total berat air

C = Rasio total berat semen

3.8 Slump

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton, yaitu kecairan/kepadatan adukan yang berguna dalam pengerjaan beton, hal ini berkaitan dengan tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Makin tinggi nilai *slump* berarti makin cair adukan beton tersebut, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan.

Nilai *slump* lebih ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga variasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat, bila nilai *slump* sama akan tetapi nilai f.a.s berubah maka beton mempunyai kekuatan yang lebih tinggi (Tjokrodinuljo, 1992). Nilai slump untuk berbagai macam struktur diperlihatkan pada Tabel 3.6 berikut ini.

Tabel 3.6 Nilai *Slump* Untuk Berbagai Macam Struktur

URAIAN	Nilai <i>Slump</i> (mm)	
	Maksimum	Minimum
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,00
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi di bawah tanah	9,00	2,50
Pelat, balok, kolom dan dinding	15,00	7,50
Perkerasan jalan	7,50	5,00
Pembetonan massal	7,50	2,50

Sumber : Tjokrodimulyo, (1992)

Pada penelitian ini *slump* yang digunakan untuk beton normal digunakan nilai *slump* sebesar 7,5-15 cm. Namun untuk beton mutu tinggi *slump* yang digunakan adalah sebesar 0-10 cm. Hal ini didasarkan karena untuk mencapai nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibutuhkan nilai *slump* yang lebih rendah. Namun penggunaan nilai *slump* yang rendah berakibat pada menurunnya tingkat *workability*.

3.9 Kuat Tekan

Sifat yang paling penting dari beton adalah kuat tekan beton. Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu oleh mesin tekan. Kuat tekan beton biasanya berhubungan dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton sudah tinggi, maka sifat-sifat lainnya juga baik.

Beton berdasarkan kuat tekan dapat dibagi menjadi beberapa jenis, antara lain adalah sebagai berikut ini.

1. Beton sederhana, dipakai untuk bagian-bagian non struktur seperti dinding bukan penahan tembok, kuat tekan $f'c < 100$ Mpa.

2. Beton normal, dipakai untuk beton bertulang, bagian struktur penahan beban misalnya kolom dan balok, kuat tekan $f'_c < 30$ Mpa.
3. Beton prategang untuk balok prategang yaitu balok dengan baja tulangan ditarik terlebih dahulu sebelum diberi beban, kuat tekan $f'_c < 40$ Mpa.
4. Beton kuat tekan tinggi dan sangat tinggi dipakai pada struktur khusus, misalnya gedung bertingkat sangat banyak, kuat tekan $f'_c \leq 80$ Mpa. (Tjokrodimulyo, 1995)

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh sejumlah faktor selain oleh perbandingan faktor air semen (f.a.s) dan tingkat pematatannya. Faktor-faktor tersebut antara lain adalah:

1. jenis semen dan kualitasnya,
2. jenis dan bentuk permukaan agregat,
3. efisiensi peralatan,
4. faktor umur, dan
5. mutu agregat.

Kekuatan tekan beton dapat dicapai sampai 1000 kg/cm^2 atau lebih, tergantung pada jenis campuran, sifat-sifat agregat, serta kualitas perawatan. Kekuatan tekan beton yang paling umum digunakan adalah sekitar 200 kg/cm^2 sampai 500 kg/cm^2 . Nilai kuat tekan beton didapatkan melalui tata cara pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu dengan benda uji berupa silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Selanjutnya benda uji ditekan dengan mesin tekan sampai pecah. Beban tekan maksimum pada saat benda uji pecah dibagi luas penampang benda uji merupakan nilai kuat desak beton yang dinyatakan dalam MPa atau kg/cm^2 . Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah standar *ASTM C 39* atau menurut yang disyaratkan PBI 1989.

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah :

$$f'_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan : $f'c$ = kuat desak beton
 P = beban maksimum
 A = luas penampang benda uji

Kuat tekan menurut Tjokrodimulyo, (1995) sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain adalah sebagai berikut:

1. pengaruh mutu semen portland,
2. pengaruh dari perbandingan adukan beton,
3. pengaruh air untuk membuat adukan,
4. pengaruh umur beton,
5. pengaruh waktu pencampuran,
6. pengaruh perawatan, dan
7. pengaruh bahan campuran tambahan.

3.10 Daya Serap Air (*Water Absorbtion*)

Daya serap air adalah kemampuan beton normal untuk menyerap air ketika direndam dalam air hingga memiliki massa jenuh, artinya hingga beton normal tidak mampu menyerap air lagi karena sudah penuh. Besar kecilnya penyerapan air pada benda uji sangat dipengaruhi oleh pori-pori atau rongga. Semakin banyak pori-pori yang terkandung dalam benda uji maka akan semakin besar pula penyerapan airnya sehingga ketahanannya akan berkurang. Besarnya penyerapan air ini dapat dihitung. Pengukuran daya serap merupakan persentase perbandingan antara selisih berat basah dengan berat kering.

Untuk menghitung besarnya penyerapan air oleh beton normal dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$WA = \frac{MJ - MK}{MK} 100 \% \dots\dots\dots(3.4)$$

Dengan: Mk = Massa sampel kering (kg)

Mj = Massa jenuh air (kg)

WA = Daya serap air (%)

3.11 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Pada penelitian ini perencanaan campuran beton (mix design) menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Adapun tahapan-tahapan dalam perhitungan campuran beton tersebut adalah sebagai berikut ini.

1. Menentukan nilai deviasi standar (ds)

Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standarnya. Jika jumlah data hasil uji kurang dari 30 buah maka dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali, seperti terlihat pada Tabel 3.7 dan Tabel 3.8 berikut ini.

Tabel 3.7 Faktor Pengali Deviasi Standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
< 15	-
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥ 30	1,00

Sumber: SNI-03-2834-2000

Tabel 3.8 Nilai Deviasi Standar untuk berbagai tingkat Pengendalian Mutu Pekerja

Tingkat Pengendalian Mutu Pekerja	Sd (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (2000)

Apabila jumlah data hasil uji kurang dari 15, maka nilai tambah (M) diambil tidak kurang dari 12 MPa.

2. Mencari nilai tambah untuk kuat tekan rencana (M) dihitung dengan rumus:

$$M = 1,64 \cdot sd \cdot k \dots \dots \dots (3.5)$$

Faktor pengali (k) deviasi standar dapat diketahui dari Tabel 3.9 berikut ini.

Tabel 3.9 Faktor Pengali (k) Deviasi Standar

Jumlah Data	≥ 30	25	20	15	< 15
Faktor Pengali	1,00	1,03	1,08	1,15	-

Catatan: Bila jumlah data hasil uji kurang dari 15, maka nilai tambah (M) diambil tidak kurang dari 12 Mpa

3. Menentukan kuat tekan beton ($F'c$)

Kuat desak atau kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat. Kuat tekan beton yang disyaratkan adalah kuat tekan beton dengan kemungkinan lebih rendah dari nilai itu sebesar 5% saja. Setelah itu menentukan kuat tekan rata-rata yang direncanakan, diperoleh dengan Persamaan 3.6 sebagai berikut.

$$f'_{cr} = f'c + M \dots \dots \dots (3.6)$$

Dengan:

f'_{cr} = kuat tekan rata-rata yang direncanakan, MPa

f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan, MPa

M = Nilai tambah, margin (MPa)

4. Menentukan jenis semen yang digunakan.
5. Menentukan jenis agregat yang digunakan.
 - a. Agregat halus (pasir) alami
 - b. Agregat kasar (kerikil) batu pecah
6. Menentukan nilai faktor air semen (fas)

Menentukan faktor air semen berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur yang dikehendaki dan jenis semen yang dipakai.

Tabel 3.10 Persyaratan Jumlah Semen Minimum Dan Faktor Air Semen Maksimum Untuk Berbagai Macam Pembetonan Dalam Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen minimum Per m ³ beton (Kg)	Nilai Fas Maksimum
Beton didalam ruang bangunan.		
a. Keadaan keliling non-koresif.	275	0,60
b. Keadaan keliling koresif disebabkan oleh kondensasi atau uap koresif.	325	0,52
Beton diluar ruangan bangunan.		
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	325	0,60
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung.	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah.		
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-gantian.	325	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		Tabel 3.5
c. Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap Meter Kubik Beton		Tabel 3.6

Sumber : Balitbang P.P.W. (2000)

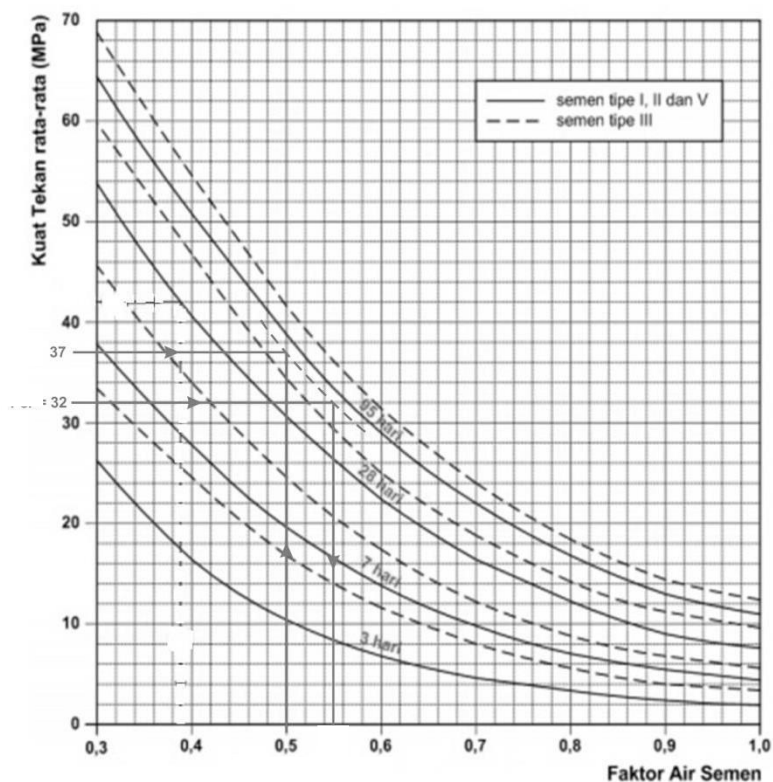
Menentukan nilai kuat tekan pada umur 28 hari sesuai dengan semen dan agregat yang dipakai seperti yang terlihat pada Tabel 3.11 menunjukkan perkiraan kuat desak beton dengan FAS = 0,5.

Tabel 3.11 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan FAS = 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (MPa)				Betuk Benda Uji
		Pada Umur (Hari)				
		3	7	28	95	
Semen portland tipe I, dan semen tahan sulfat tipe II, V	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu Pecah	19	27	37	45	
	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu Pecah	25	32	45	54	
Semen portland tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu Pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu Pecah	30	40	53	60	

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (2000)

Dengan menggunakan grafik (lihat Gambar 3.1) dapat ditentukan nilai fas berdasarkan nilai kuat desak.



Gambar 3.1 Grafik Hubungan Antara Kuat Desak dan Faktor Air Semen (FAS)

7. Menentukan nilai *slump*

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton. Tingkat kelecakan berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pekerjaan (*workability*). Makin besar nilai *slump* berarti semakin cair adukan betonnya, sehingga adukan betonnya semakin mudah dikerjakan.

Slump ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, dipadatkan dan diratakan.

8. Besar Butir Agregat Maksimum

Besar butir agregat maksimum dihitung berdasarkan ketentuan yaitu seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan.

9. Kadar air bebas

Kadar air bebas agregat campuran (agregat tak dipecahkan dan agregat dipecahkan) dihitung dengan persamaan 3.7 berikut.

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3} W_h + \frac{1}{3} W_k \dots \dots \dots (3.7)$$

Dengan:

W_h = Perkiraan Jumlah air untuk agregat halus

W_k = Perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Nilai W_h dan W_k diperoleh dari Tabel 3.12 berikut ini.

Tabel 3.12 Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap Meter Kubik Beton

Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	Slump			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu Pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu Pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu Pecah	155	175	190	205

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (2000)

a. Jumlah kadar air yang dipakai per m³ beton

1) Dengan menggunakan tabel

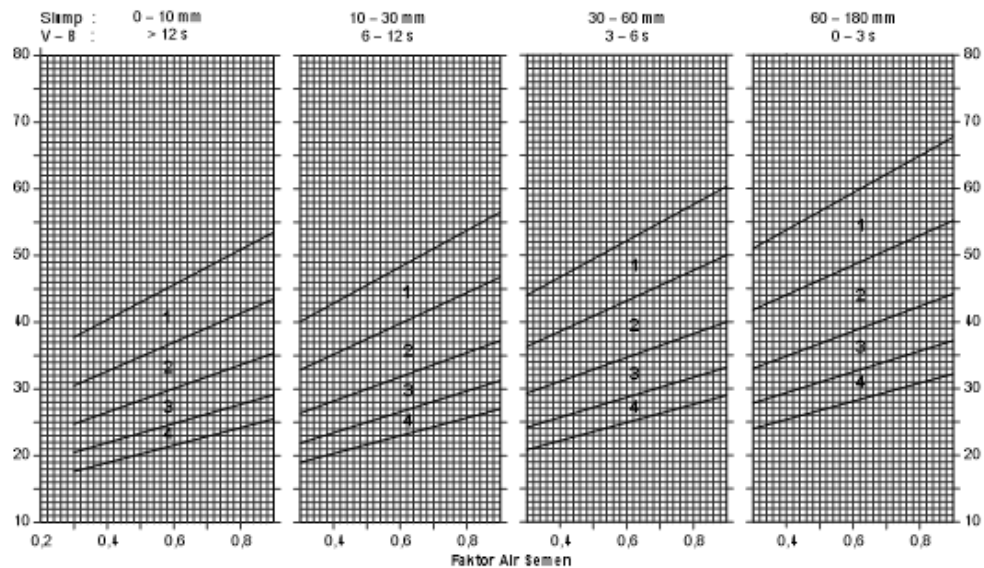
Tabel yang digunakan adalah Tabel 3.10 yang telah tertera dalam perhitungan nilai FAS dan kondisi lingkungan beton.

2) Dengan menggunakan rumus:

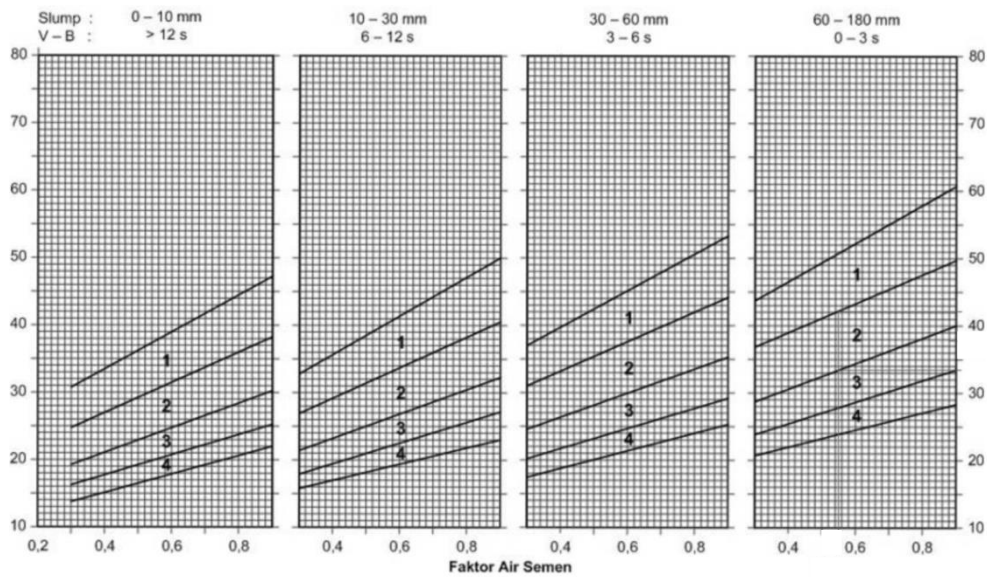
$$\text{Jumlah semen minimum per m}^3 \text{ beton} = \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{FAS}} \dots\dots\dots(3.8)$$

Dari kedua cara tersebut dipakai jumlah semen minimum per m³ beton.

b. Menentukan persentase agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan gambar grafik (lihat Gambar 3.2 dan Gambar 3.3).



Gambar 3.2 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan Untuk Ukuran Maksimum 20 mm



Gambar 3.3 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat Yang Dianjurkan Untuk Ukuran Maksimum 40 mm

Cara menggunakan grafik adalah sebagai berikut ini.

- Pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 diatas, tentukan grafik yang akan dipakai berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang direncanakan.
- Tarik garis vertikal ke atas sampai ke kurva yang paling atas diantara 2 kurva yang menunjukkan daerah gradasi pasir.
- Kemudian, tarik garis horizontal ke kanan, baik kurva batas atas maupun kurva batas bawah yang berada didaerah gradasi dan catat nilainya
- Ambil rata-rata dari kedua nilai tersebut

Untuk nilai persentase agregat kasar dihitung dengan rumus:

$$\text{Nilai persentase agregat kasar} = 100\% - \text{Persentase agregat halus} \dots (3.9)$$

10. Berat Jenis Relatif Agregat

Berat jenis relatif agregat diambil berdasarkan data hasil pengujian laboratorium. Berat jenis agregat gabungan dihitung berdasarkan persamaan 3.7 berikut ini.

$$BJ_{AG} = (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK}) \dots (3.10)$$

Dengan :

BJ_{AG} = Berat jenis agregat gabungan

BJ_{AH} = Berat jenis agregat halus

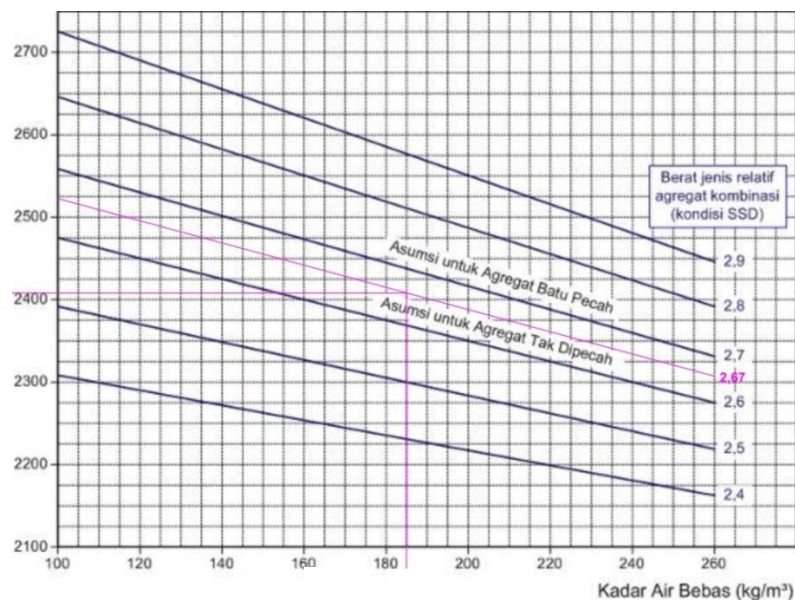
BJ_{AK} = Berat jenis agregat kasar

% AH = Prosentase agregat halus

% AK = Prosentase agregat kasar

(sumber : Balitbang P.P.W.,2000)

11. Mencari nilai berat isi beton dengan menggunakan grafik (lihat Gambar 3.4).



Gambar 3.4 Grafik Perkiraan Berat Beton Basah Yang Telah Selesai Dipadatkan

Cara menggunakan grafik adalah sebagai berikut ini.

- Pada Gambar 3.4 diatas, tarik garis sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan sejajar dengan garis linier yang telah ada pada grafik
- Tarik garis vertikal ke atas sampai memotong garis yang telah dibuat tadi sesuai dengan nilai kadar air bebas Kemudian tarik garis horizontal ke kiri pada perpotongan kedua garis diatas dan catat nilainya.

12. Menghitung kadar agregat gabungan dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar agregat gabungan} = \text{berat isi beton} - \text{kadar semen} - \text{kadar air bebas} \dots (3.11)$$

13. Menghitung kadar agregat halus dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar agregat halus} = \frac{\% \text{ agregat halus}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \dots \dots (3.12)$$

14. Menghitung kadar agregat kasar dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar agregat kasar} = \frac{\% \text{ agregat kasar}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \dots \dots (3.13)$$

15. Menghitung Proporsi campuran (agregat dalam kondisi SSD)

Dari hasil perhitungan diatas, maka didapatkan susunan campuran proporsi teoritis untuk setiap 1 m³ beton.

16. Menghitung berat masing-masing bahan dalam setiap variasi campuran.

3.12 Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi ialah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variabel. Besarnya koefisien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Koefisien korelasi menunjukkan kekuatan (strength) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Jika koefisien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah (dan sebaliknya).

Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel, dapat dilihat pada kriteria sebagai berikut ini (Sarwono, 2006).

1. 0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel
2. > 0 – 0,25: Korelasi sangat lemah
3. > 0,25 – 0,5: Korelasi cukup
4. > 0,5 – 0,75: Korelasi kuat
5. > 0,75 – 0,99: Korelasi sangat kuat
6. 1: Korelasi sempurna

Penafsiran hasil analisis korelasi bisa dilakukan dengan cara melakukan interpretasi kekuatan hubungan antara dua variabel dengan melihat angka koefisien korelasi hasil perhitungan dengan menggunakan kriteria sebagai berikut ini.

1. Jika angka koefisien korelasi menunjukkan 0, maka kedua variabel tidak mempunyai hubungan.
2. Jika angka koefisien korelasi mendekati 1, maka kedua variabel mempunyai hubungan semakin kuat.
3. Jika angka koefisien korelasi mendekati 0, maka kedua variabel mempunyai hubungan semakin lemah
4. Jika angka koefisien korelasi sama dengan 1, maka kedua variabel mempunyai hubungan linier sempurna positif.
5. Jika angka koefisien korelasi sama dengan -1, maka kedua variabel mempunyai hubungan linier sempurna negatif.

Perlu diketahui bahwa hasil dari koefisien koefisien korelasi hanya bisa digunakan sebagai indikasi awal/asumsi dalam analisa. Nilai dari koefisien korelasi tidak dapat menggambarkan hubungan sebab akibat antara variabel X dan Y. Untuk sampai pada adanya hubungan sebab dan akibat diperlukan penelitian yang lebih intensif atau dapat didasarkan pada teori yang ada dimana X mempengaruhi Y atau Y yang mempengaruhi X.

R Square (R^2) sering disebut dengan koefisien determinasi, adalah mengukur kebaikan kecocokan (goodness of fit) dari persamaan regresi; yaitu memberikan proporsi atau persentase variasi total dalam variabel terikat yang dijelaskan oleh variabel bebas. R Square (R^2) adalah kuadrat dari koefisien korelasi yang menunjukkan kuat/tidaknya hubungan linier antara dua variabel (kadang lebih dari dua variabel) dengan skala-skala tertentu. Nilai R^2 terletak antara 0 – 1, dan kecocokan model dikatakan lebih baik kalau R^2 semakin mendekati 1.

Secara umum R^2 digunakan sebagai informasi mengenai kecocokan suatu model. Dalam regresi R^2 ini dijadikan sebagai pengukuran seberapa baik garis regresi mendekati nilai data asli yang dibuat model. Jika R^2 sama dengan 1, maka angka tersebut menunjukkan garis regresi cocok dengan data secara sempurna.

Dalam hubungannya dengan korelasi, maka R^2 merupakan kuadrat dari koefisien korelasi yang berkaitan dengan variabel bebas (X) dan variabel Y (tergantung). Secara umum dikatakan bahwa R^2 merupakan kuadrat korelasi antara variabel yang digunakan sebagai *predictor* (X) dan variabel yang memberikan *response* (Y).

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian adalah langkah-langkah umum atau metode yang dilakukan dalam penelitian suatu masalah, kasus, fenomena, atau yang lain secara ilmiah untuk memperoleh hasil yang rasional. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dan dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi teknik, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Objek utama penelitian ini adalah beton normal dan beton variasi yang menggunakan bahan tambah sabut kelapa sebagai material serat dengan variasi panjang serat 3 cm, 6 cm, dan 9 cm yang masing-masing persentasenya adalah 0 %, 0,125 % dan 0,2 % dari berat beton normal.

4.2 Benda Uji

Pada penelitian ini, benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Jumlah sampel beton silinder pada pengujian ini adalah sebanyak 28 buah. Benda uji beton silinder dibuat dalam 4 variasi campuran seperti yang terlihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Benda Uji dengan Berbagai Variasi

No.	Kode Benda Uji	Panjang Sabut Kelapa (cm)	Komposisi Sabut Kelapa (%)	Jumlah Sampel	Jumlah Sampel Cadangan
1	BN	-	0	3	1
2	BV3 (0,125)	3	0,125	3	1
	BV3 (0,2)		0,2	3	1
3	BV6 (0,125)	6	0,125	3	1
	BV6 (0,2)		0,2	3	1
4	BV9 (0,125)	9	0,125	3	1
	BV9 (0,2)		0,2	3	1
Total Jumlah Sampel				28	

4.3 Bahan-bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Semen Portland Pozolan

Semen yang digunakan adalah semen portland pozolan (PPC) merek Gresik tipe II. Pengamatan keadaan fisik berupa keutuhan kemasan semen dan kehalusan butiran semen (butiran berwarna abu-abu, halus, dan tidak menggumpal). Semen portland pozolan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Semen Portland Pozolan

2. Agregat

Agregat dibedakan menjadi dua yaitu agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus berupa pasir yang lolos saringan 4,80 mm dan agregat kasar berupa batu pecah dengan ukuran maksimum 20 mm. Agregat halus dan agregat kasar yang digunakan berasal dari Kali Kuning, Yogyakarta. Agregat halus dan agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.2 Agregat Halus



Gambar 4.3 Agregat Kasar

3. Air

Air digunakan sebagai katalis pembuatan beton yang bereaksi dengan semen sebagai bahan aktif mengikat agregat dan juga digunakan untuk perawatan beton setelah dicor. Air yang digunakan dalam pembuatan sampel benda uji berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dan dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.4 Air

4. Sabut Kelapa

Pada penelitian ini, sabut kelapa digunakan sebagai bahan tambah pada beton. Persentase serat sabut kelapa yang digunakan adalah 0 %, 0,125 % dan 0,2 % dari berat beton normal yang berupa potongan-potongan kecil dengan panjang serat sabut kelapa 3 cm, 6 cm, dan 9 cm. Sabut kelapa yang digunakan diperoleh dari pengerajin sabut di daerah Kaliurang, Yogyakarta. Metode pengeringan sabut kelapa adalah dengan cara menjemur serat sabut kelapa yang sebelumnya sudah dipotong-potong kecil sesuai dengan panjang sabut yang dibutuhkan dibawah sinar matahari selama kurang lebih 6 jam. Sabut kelapa dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Sabut Kelapa

4.4 Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut.

1. Ayakan Agregat

Ayakan agregat digunakan untuk mengayak agregat halus dan agregat kasar. Ayakan agregat dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 4.6 Ayakan Agregat

2. Cetakan Silinder

Cetakan silinder digunakan untuk mencetak benda uji untuk pengujian kuat tekan dan dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut ini.



Gambar 4.7 Cetakan Silinder

3. Ember

Ember digunakan untuk menampung agregat kasar, agregat halus, semen dan air seperti yang terlihat pada Gambar 4.8 berikut ini.



Gambar 4.8 Ember

4. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur takaran air dan dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.9 Gelas Ukur

5. Gerobak Dorong

Gerobak dorong digunakan untuk memudahkan dalam membawa material dan dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut ini.



Gambar 4.10 Gerobak Dorong

6. Kerucut *Abrams*

Kerucut *abrams* digunakan pada pengujian *slump* campuran beton dan dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.11 Kerucut Abrams

7. *Mixer* Beton

Mixer beton digunakan untuk mengaduk campuran beton dan dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut ini.



Gambar 4.12 Mixer Beton

8. Sendok Semen

Sendok semen digunakan untuk memasukkan dan meratakan campuran beton ke dalam cetakan silinder dan dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 Sendok Semen

9. Sekop

Sekop digunakan untuk mengaduk dan memasukkan agregat ke dalam *mixer* beton dan dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut ini.



Gambar 4.14 Sekop

10. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang bahan uji dan dapat dilihat pada Gambar 4.15 berikut.



Gambar 4.15 Timbangan

11. Tongkat Penumbuk

Tongkat penumbuk digunakan untuk memadatkan benda uji dan dapat dilihat pada Gambar 4.16 berikut ini.



Gambar 4.16 Tongkat Penumbuk

12. Cetakan *Capping*

Cetakan *capping* digunakan untuk mencetak belerang yang telah leleh kemudian dilapisi pada permukaan beton agar rata dan dapat dilihat pada Gambar 4.17 berikut ini.



Gambar 4.17 Cetakan *Capping*

13. *Compressing Test Machine (CTM)*

Compressing Test Machine (CTM) adalah alat yang berfungsi untuk menguji kuat tekan beton dan dapat dilihat pada Gambar 4.18 berikut ini.



Gambar 4.18 *Compressing Test Machine (CTM)*

14. Kaliper

Kaliper digunakan untuk mengukur dimensi benda uji dan dapat dilihat pada Gambar 4.19 berikut ini.



Gambar 4.19 Kaliper

4.5 Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian mulai dari persiapan bahan, pemeriksaan bahan, pembuatan benda uji, dan pengujian kuat tekan benda uji dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

4.6 Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat dilakukan untuk mengetahui sifat serta karakteristik bahan tersebut memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan atau tidak jika digunakan dalam pencampuran beton (*mix design*).

4.6.1 Pemeriksaan Agregat Halus

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu, dan angka penyerapan air dalam agregat halus.

a. Peralatan

- 1) Timbangan kapasitas 2500 gram atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram
- 2) Piknometer dengan kapasitas 500 ml
- 3) Kerucut terpancung
- 4) Batang penumbuk

- 5) Saringan No. 4 (4,75 mm)
- 6) Oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$
- 7) Pengukur suhu dengan ketelitian 1°C
- 8) Talam
- 9) Bejana tempat air
- 10) Desikator

b. Benda Uji

Benda uji adalah agregat yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm), diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat sebanyak 1000 gram.

c. Prosedur Pengujian

- 1) Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap yaitu keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut, tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar dari pada 0,1%. Kemudian benda uji didinginkan pada suhu ruang dan direndam dalam air selama (24 ± 4) jam.
- 2) Kemudian air perendam dibuang dengan hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, lalu agregat ditebar di atas talam dan dikeringkan di udara panas dengan cara membalik-balikan benda uji. Pengeringan dilakukan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
- 3) Keadaan kering permukaan jenuh diperiksa dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, kemudian dipadatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, lalu angkat kerucut terpancung. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
- 4) Segera setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh benda uji sebanyak 500 gram dimasukkan ke dalam piknometer. Lalu

dimasukkan air suling sampai mencapai 90 % isi piknometer, putar sambil diguncangkan sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya. Untuk mempercepat proses ini dapat dipergunakan pompa

hampa udara tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang ikut terisap, dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer.

- 5) Piknometer direndam dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25°C.
- 6) Air ditambahkan sampai mencapai tanda batas.
- 7) Piknometer berisi air dan benda uji ditimbang sampai ketelitian 0.1 gr (Bt).
- 8) Benda uji dikeluarkan dan dikeringkan dalam oven dengan suhu (110±5)°C sampai berat tetap kemudian benda uji didinginkan dalam desikator.
- 9) Setelah benda uji dingin kemudian ditimbang (Bk).
- 10) Piknometer berisi air penuh ditimbang dan diukur suhu air untuk penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

d. Perhitungan

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{Bk}{B+500-Bt} \quad (4.1)$$

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{500}{B+500-Bt} \quad (4.2)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \quad (4.3)$$

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{500-Bk}{Bk} \times 100\% \quad (4.4)$$

dengan:

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

500 = Berat benda uji dalam keadaan SSD (gram)

2. Analisis saringan agregat halus

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir atau gradasi agregat dengan menggunakan saringan.

a. Peralatan

- 1) Timbangan kapasitas 2500 gram atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram
- 2) Satu set saringan
- 3) Alat pemisah contoh
- 4) Mesin pengguncang saringan
- 5) Oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$
- 6) Kuas, sikat halus, sikat kuningan, talam

b. Benda Uji

Benda uji adalah agregat yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dengan keadaan kering oven sebanyak 2000 gram.

c. Prosedur Pengujian

- 1) Saringan disusun dari yang lubangnya paling besar di bagian atas dan pan diletakkan pada bagian paling bawah.
- 2) Benda uji dimasukkan dari bagian atas saringan, lalu bagian atas saringan ditutup dengan penutup saringan. Pengayakan dilakukan dengan menggunakan mesin pengguncang selama 10-15 menit agar hasil ayakan terpisah merata.
- 3) Kemudian benda uji yang terdapat pada masing-masing saringan ditimbang dan dicatat beratnya.

d. Perhitungan

$$\text{MHB} = \frac{\sum \text{persen tertinggal kumulatif mulai dari saringan } 0,15 \text{ mm}}{100} \quad (4.5)$$

dengan:

MHB = Modulus halus butir

3. Pemeriksaan berat isi agregat halus

Pemeriksaan berat isi pada agregat halus dibedakan menjadi berat isi gembur dan berat isi padat.

a. Peralatan

- 1) Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh
- 2) Silinder kapasitas 5 liter
- 3) Alat penumbuk dengan diameter 16 mm dan panjang 600 mm
- 4) Oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$
- 5) Talam
- 6) Mistar perata

b. Benda Uji

Benda uji adalah agregat halus yang telah dikeringkan sampai berat tetap.

c. Prosedur Pengujian

- 1) Silinder kosong ditimbang dan dicatat dimensinya.
- 2) Untuk berat isi padat, benda uji dimasukkan ke dalam silinder per 1/3 bagian dari tinggi silinder dan dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali secara merata. Untuk berat isi gembur, benda uji dimasukkan ke dalam silinder sampai penuh tanpa dipadatkan.
- 3) Permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata, kemudian silinder beserta isinya ditimbang dan dicatat beratnya.
- 4) Selanjutnya dihitung berat benda uji dan volume silinder.

d. Perhitungan

$$\text{Berat isi} = \frac{W_3}{V} \quad (4.6)$$

dengan:

W_3 = Berat benda uji (gram)

V = Volume silinder (cm^3)

4. Pengujian kandungan lumpur agregat halus

Pengujian kandungan lumpur pada agregat halus dilakukan dengan memeriksa butiran yang lolos saringan No. 200 dan bertujuan untuk mendapatkan nilai kadar lumpur pada agregat halus.

a. Peralatan

- 1) Timbangan kapasitas 2500 gram atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram
 - 2) Saringan No. 200
 - 3) Tempat untuk pencucian dengan saluran air mengalir
 - 4) Oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$
 - 5) Cawan
- b. Benda Uji
- Benda uji adalah agregat yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dengan keadaan kering oven sebanyak 500 gram.
- c. Prosedur Pengujian
- 1) Benda uji diletakkan dalam saringan dan dialirkan air di atasnya.
 - 2) Saringan digerakkan dengan air mengalir yang cukup deras sehingga bagian yang halus menembus saringan No. 200 dan bagian yang kasar tertinggal di atasnya.
 - 3) Pekerjaan di atas diulangi hingga air pencucian jernih.
 - 4) Benda uji diletakkan dalam cawan dan dikeringkan dengan oven sampai berat tetap. Setelah kering ditimbang dan dicatat beratnya.
- d. Perhitungan

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (4.7)$$

dengan:

W_1 = Berat benda uji kering oven (gram)

W_2 = Berat benda uji kering oven setelah dicuci (gram)

4.6.2 Pemeriksaan Agregat Kasar

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD), berat jenis semu, dan angka penyerapan air dalam agregat kasar.

a. Peralatan

- 1) Timbangan kapasitas 20000 gram atau lebih dengan ketelitian 0,1% dari berat contoh dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
 - 2) Keranjang kawat ukuran 3,35 mm atau 2,36 mm (No. 6 atau No. 8) dengan kapasitas ± 5000 gram.
 - 3) Tempat air dengan kapasitas dan bentuk sesuai untuk pemeriksaan dan dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air tetap
 - 4) Alat pemisah contoh
 - 5) Saringan No. 4 (4,75 mm)
 - 6) Oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$
 - 7) Pengukur suhu dengan ketelitian 1°C
 - 8) Kain lap, sekop kecil, pan
- b. Benda Uji
- Benda uji adalah agregat yang tertahan saringan No. 4 (4,75 mm), diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat sebanyak 5000 gram.
- c. Prosedur Pengujian
- 1) Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap. Kemudian benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam.
 - 2) Kemudian benda uji direndam dalam air pada suhu kamar selama (24 ± 4) jam.
 - 3) Benda uji dikeluarkan dari air dan dilap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (jenuh kering permukaan/SSD), untuk butiran yang besar dilap satu persatu.
 - 4) Benda uji keadaan SSD ditimbang.
 - 5) Benda uji diletakkan dalam keranjang air, lalu benda uji digoncangkan untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air. Suhu air diukur untuk penyesuaian pada suhu standar 25°C .

- 6) Benda uji dimasukkan ke dalam pan dan dimasukkan ke dalam oven pada suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ selama (24 ± 4) jam, kemudian setelah kering ditimbang beratnya.

d. Perhitungan

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \quad (4.8)$$

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{Bj}{Bj - Ba} \quad (4.9)$$

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{Bk}{Bk - Ba} \quad (4.10)$$

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \quad (4.11)$$

dengan:

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat benda uji SSD (gram)

Bt = Berat benda uji SSD di dalam air (gram)

2. Analisis saringan agregat kasar

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir atau gradasi agregat dengan menggunakan saringan.

a. Peralatan

- 1) Timbangan kapasitas 20000 gram atau lebih dengan ketelitian 0,2% dari berat contoh
- 2) Satu set saringan
- 3) Alat pemisah contoh
- 4) Mesin pengguncang saringan
- 5) Oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$
- 6) Kuas, sikat halus, sikat kuning, talem

b. Benda Uji

Benda uji adalah agregat kasar dengan keadaan kering oven sebanyak 5000 gram.

c. Prosedur Pengujian

- 1) Saringan disusun dari yang lubangnya paling besar di bagian atas dan pan diletakkan pada bagian paling bawah.
- 2) Benda uji dimasukkan dari bagian atas saringan, lalu bagian atas saringan ditutup dengan penutup saringan. Pengayakan dilakukan dengan menggunakan mesin pengguncang selama 10-15 menit agar hasil ayakan terpisah merata.
- 3) Kemudian benda uji yang terdapat pada masing-masing saringan ditimbang dan dicatat beratnya.

d. Perhitungan

$$\text{MHB} = \frac{\sum \text{persen tertinggal kumulatif mulai dari saringan } 0,15 \text{ mm}}{100} \quad (4.12)$$

dengan:

MHB = Modulus halus butir

3. Pemeriksaan berat isi agregat kasar

Pemeriksaan berat isi pada agregat kasar dibedakan menjadi berat isi gembur dan berat isi padat.

a. Peralatan

- 1) Timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh
- 2) Silinder kapasitas 10 liter
- 3) Alat penumbuk dengan diameter 16 mm dan panjang 600 mm
- 4) Oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$
- 5) Talam
- 6) Mistar perata

b. Benda Uji

Benda uji adalah agregat kasar yang telah dikeringkan sampai berat tetap.

c. Prosedur Pengujian

- 1) Silinder kosong ditimbang dan dicatat dimensinya.
- 2) Untuk berat isi padat, benda uji dimasukkan ke dalam silinder per 1/3 bagian dari tinggi silinder dan dipadatkan dengan tongkat pemadat sebanyak 25 kali secara merata. Untuk berat isi gembur,

benda uji dimasukkan ke dalam silinder sampai penuh tanpa dipadatkan.

- 3) Permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata, kemudian silinder beserta isinya ditimbang dan dicatat beratnya.
- 4) Selanjutnya dihitung berat benda uji dan volume silinder.

d. Perhitungan

$$\text{Berat isi} = \frac{W_3}{V} \quad (4.13)$$

dengan:

W_3 = Berat benda uji (gram)

V = Volume silinder (cm³)

4.7 Perencanaan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton (mix design) dilakukan berdasarkan hasil pengujian dari masing-masing bahan yang akan digunakan untuk pencampuran beton. Perencanaan campuran beton pada penelitian ini sesuai dengan SNI-03-2834-2000.

4.8 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. Pembuatan benda uji dikerjakan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Langkah pertama adalah melakukan perhitungan mix design agar diperoleh komposisi campuran yang sesuai.
2. Kemudian mempersiapkan bahan-bahan campuran beton seperti semen, agregat kasar, agregat halus dan air serta komponen tambahan seperti serat sabut kelapa sesuai dengan komposisi campuran yang telah dihitung.
3. Mempersiapkan molen dan talam baja untuk melakukan proses pencampuran agregat, basahi alat terlebih dahulu dan bersihkan karena jika alat dalam keadaan kering akan menyerap sebagian air dari campuran beton.

4. Setelah itu nyalakan molen dengan menekan tombol berwarna hijau pada molen. Pada saat molen mulai berputar diusahakan molen selalu dalam keadaan miring 45° , agar didapatkan adukan yang merata dan tidak menggumpal.
5. Agregat kasar dimasukkan sebagian terlebih dahulu kedalam molen.
6. Agregat halus dimasukkan sebagian dan tunggu sampai adukan merata.
7. Setelah merata masukkan semen sebagian.
8. Tuangkan air sesuai kebutuhan sedikit demi sedikit kedalam molen menggunakan gelas ukur agar lebih terkontrol.
9. Setelah adukan terlihat merata, sebagian adukan dituang kedalam talam baja dan dilakukan uji *slump*. Uji *slump* ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai *slump* beton sebelum dimasukkan bahan tambah.
10. Pengujian slump dilakukan dengan menggunakan kerucut abrams yaitu berupa kerucut terpancung dengan ukuran diameter atas 10 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi 30 cm. Pelaksanaan pengukuran slump dilakukan dengan memasukkan adukan secara bertahap sebesar $1/3$ isi cetakan, setiap lapis ditumbuk sebanyak 25 kali tumbukan secara merata, tongkat harus masuk sampai kapisan bawah tiap-tiap lapisan. Setelah kerucut penuh dan sisi atasnya diratakan, adukan beton dibiarkan selama ± 30 detik. Selanjutnya kerucut diangkat secara perlahan-lahan vertikal keatas. Cetakkan diletakkan perlahan-lahan disamping benda uji, ukurlah slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi benda uji.
11. Masukkan sebagian material bahan tambah serat sabut kelapa secara bertahap sampai semua bahan habis.
12. Setelah semua bahan habis dimasukkan dan adukan terlihat merata, uji *slump* nya kembali untuk mengetahui seberapa besar nilai *slump* beton setelah semua bahan tambah dimasukkan. Apabila nilai slump beton lebih besar dari yang telah ditetapkan maka adukan dibiarkan beberapa menit didalam molen agar kandungan air dalam campuran berkurang. Apabila nilai slump lebih kecil dari yang disyaratkan maka adukan beton yang ada didalam talam dimasukkan kembali kedalam molen dan diaduk kembali dengan memberikan air secukupnya hingga dicapai nilai slump yang diinginkan.

13. Mempersiapkan cetakan-cetakan silinder yang akan dipakai untuk mencetak benda uji dengan terlebih dahulu diolesi oli.
14. Menuangkan seluruh adukan beton dari molen kedalam talam baja.
15. Masukkan adukan beton kedalam cetakan-cetakan silinder yang telah disiapkan, masukkan adukan beton dengan menggunakan cetok sedikit demi sedikit secara bertahap $\frac{1}{3}$ bagian sambil ditumbuk-tumbuk menggunakan tongkat penumbuk sebanyak 25 kali, ulangi lagi sampai cetakan penuh. Memukul-mukul dinding luar cetakan silinder dengan martil karet agar gelembung udara yang ada didalam campuran naik ke permukaan beton sehingga beton menjadi lebih padat. Lakukan pemukulan pada dinding cetakan sebanyak 10-15 kali.
16. Setelah selesai dipadatkan, permukaan diratakan dengan cetok.
17. Adukan yang dicetak diletakkan ditempat yang terlindung dari hujan dan matahari.
18. Setelah 24 jam lepaskan benda uji dari cetakan kemudian dilakukan pengkodean agar benda uji tidak tertukar.
19. Benda uji kemudian direndam kedalam bak yang berisi air selama 26 hari.
20. Setelah direndam, beton dikeringkan dan di angin-anginkan selama 1-2 hari.
21. Beton siap untuk diuji kekuatannya.

4.9 Perawatan Benda Uji

Perawatan beton adalah suatu pekerjaan menjaga agar permukaan beton selalu lembab, sejak adukan beton dipadatkan sampai beton dianggap cukup keras. Kelembaban permukaan beton harus dijaga untuk menjamin proses hidrasi semen (reaksi semen dengan air) berlangsung dengan sempurna. Bila hal ini tidak dilakukan akan terjadi beton yang kurang kuat, dan juga timbul keretakan. Selain itu kelembaban permukaan tadi juga menambah lebih tahan cuaca dan lebih kedap air. Pada penelitian ini, perawatan benda uji yang dilakukan adalah dengan cara direndam di kolam berisi air penuh yang terdapat pada Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

Selain itu masih ada cara perawatan beton yang biasa dilakukan yaitu dengan:

1. menaruh beton segar didalam ruangan yang lembab,
2. menaruh beton segar didalam genangan air, dan
3. menyelimuti permukaan beton dengan karung basah.

Benda uji beton tersebut dirawat dengan membasahi beton tersebut secara terus menerus selama 26 hari maka kekuatan beton akan terus meningkat. Dengan tersedianya air dalam jumlah yang memadai untuk hidrasi penuh selama pencampuran untuk memungkinkan kelanjutan reaksi kimia yang terjadi pada pengikatan dan pengerasan beton. Disamping beton lebih kuat dengan perawatan yang baik juga menjadikan beton lebih awet terhadap agresi kimia (Bahan dan Praktek Beton, Murdock dan Brook, 1986).

4.10 Pengujian Daya Serap Beton

Daya serap air adalah kemampuan beton normal untuk menyerap air ketika direndam dalam air hingga memiliki massa jenuh, artinya hingga beton normal tidak mampu menyerap air lagi karena sudah penuh. Besar kecilnya penyerapan air pada benda uji sangat dipengaruhi oleh pori-pori atau rongga. Semakin banyak pori-pori yang terkandung dalam benda uji maka akan semakin besar pula penyerapan airnya sehingga ketahanannya akan berkurang.

Langkah-langkah pengujian daya serap beton adalah:

1. menyiapkan benda uji berupa beton silinder,
2. timbang dan catat berat benda uji,
3. merendam benda uji ke dalam bak berisi air selama 26 hari,
4. ambil benda uji dari bak perendaman atau pematangan (curing) setelah 26 hari,
5. bersihkan sampel beton dari kotoran yang menempel dengan kain lap,
6. timbang dan catat berat benda uji setelah direndam.

4.11 Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Langkah-langkah pengujian kuat desak beton adalah :

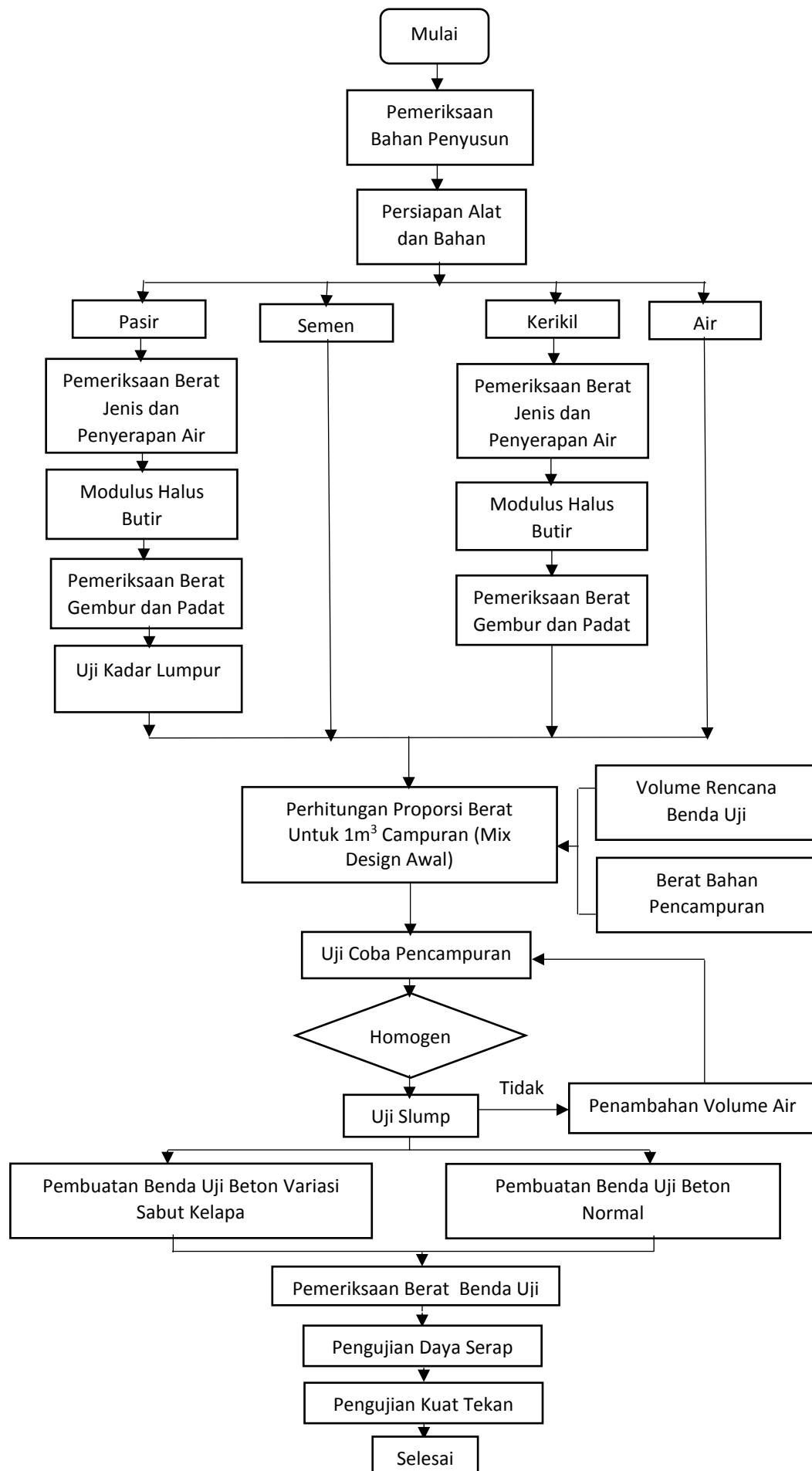
1. ambil benda uji yang akan ditentukan kuat tekannya dari bak perendaman atau pematangan (curing) selama 26 hari, kemudian didiamkan atau dikeringkan selama 2 hari sebelum pengujian,
2. bersihkan sampel beton dari kotoran yang menempel dengan kain lap,
3. timbang dan ukurlah benda uji,
4. lapislah permukaan atas dan bawah benda uji silinder dengan mortar belerang jika terdapat permukaan yang tidak rata,
5. letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris,
6. jalankan mesin tekan dengan penambahan konstan, sekitar 2 sampai 4 kg/cm³ perdetik, dan
7. lakukan pembebanan sampai benda uji hancur dan catat beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.

4.12 Pengolahan Data

Setelah bahan dan alat uji siap serta sampel uji telah dibuat, maka siap untuk diuji sesuai prosedur penelitian. Hasil dari pengujian berupa data-data kasar yang masih perlu diolah lebih lanjut berdasarkan peraturan SNI-03-2834-2000 untuk mengetahui hubungan/korelasi antara satu pengujian dengan pengujian lainnya. Secara umum dari pengujian-pengujian yang akan dilakukan nantinya akan menghasilkan pengaruh perawatan dan penambahan *additif* pada mutu beton.

4.13 Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian ini digambarkan dalam bentuk flowchart seperti yang terlihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Flowchart Langkah-langkah Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Pada bab ini akan dijabarkan hasil penelitian telah yang dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik (BKT) Universitas Islam Indonesia. Hasil penelitian yang diperoleh berupa data material yang meliputi berat jenis dan penyerapan air agregat halus dan kasar, modulus halus butir agregat halus dan kasar, berat isi gembur dan padat agregat halus dan kasar, kandungan lumpur dalam pasir, hasil pengujian kuat tekan beton dan daya serap air. Pengujian semen tidak dilakukan, karena semen yang digunakan adalah jenis semen tipe PCC yang dianggap sudah melalui *quality control* yang ketat dari pihak pabrik dan dapat dilihat secara visual yaitu tidak menggumpal. Sedangkan untuk bahan tambah yang digunakan berupa sabut kelapa telah dipotong-potong terlebih dahulu sesuai dengan panjang yang dibutuhkan yaitu 3 cm, 6 cm dan 9 cm.

Selain itu, pada bab ini juga akan diuraikan pembahasan mengenai hasil yang diperoleh. Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan mesin uji tekan (*Compressive Testing Machine*) tipe ADR dengan kapasitas 3000 KN. Hasil penelitian yang berupa data-data kasar, selanjutnya dianalisis untuk mengetahui nilai kuat tekan beton dan daya serap beton dengan bahan tambah berupa serat sabut kelapa.

5.2 Pengujian Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pasir alami yang diperoleh dari Kali Kuning Merapi. Sebelum membuat rencana campuran beton, peneliti harus melakukan pengujian awal pada material pasir agar mengetahui karakteristiknya.

5.2.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air

Setelah dilakukan pengujian, didapat data berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus seperti pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Pasir Kering Mutlak (<i>BK</i>), gram	495.8
Berat Pasir <i>SSD</i> , gram	500
Berat Piknometer + Pasir + Air (<i>BT</i>), gram	1025.5
Berat Piknometer Berisi Air (<i>B</i>), gram	707.9
Berat Jenis Curah	2.718
Berat Jenis <i>SSD</i>	2.741
Berat Jenis Semu	2.782
Penyerapan Air	0.847%

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa benda uji agregat halus mempunyai nilai berat jenis curah sebesar 2,718, berat jenis jenuh kering muka sebesar 2,741 dan berat jenis semu sebesar 2,782. Dalam perencanaan campuran beton, pasir yang digunakan merupakan pasir dalam kondisi jenuh kering muka (*SSD*) yang pada agregat normal berat jenisnya berkisar 2,5 – 2,7. Sehingga dari hasil penelitian didapatkan berat jenis jenuh kering mukanya sebesar 2,741 sudah masuk kriteria dan siap untuk dipakai dalam campuran beton. Dalam pengujian ini juga diketahui bahwa benda uji agregat halus mempunyai penyerapan air sebesar 0,847% yang menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering muka sebesar 0,847% dari berat agregat itu sendiri.

5.2.2 Pemeriksaan Berat Isi

Pemeriksaan berat isi pada agregat halus dibedakan menjadi berat isi gembur dan berat isi padat. Setelah dilakukan pengujian, data berat isi gembur dan berat isi pada agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.2 dan Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.2 Berat Isi Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W_1), gram	11000
Berat Tabung + Agregat (W_2), gram	18700
Berat Agregat (W_3), gram	7700
Volume Tabung (V), cm^3	5301.438
Berat Isi Gembur, gr/cm^3	1.452

Tabel 5.3 Berat Isi Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W_1), gram	11000
Berat Tabung + Agregat (W_2), gram	19500
Berat Agregat (W_3), gram	8500
Volume Tabung (V), cm^3	5301.438
Berat Isi Padat, gr/cm^3	1.603

Dari hasil pengujian berat isi agregat halus didapat berat isi gembur sebesar $1,452 \text{ gr}/\text{cm}^3$ dan berat isi padat sebesar $1,603 \text{ gr}/\text{cm}^3$, nilai tersebut masih dalam batas yang diizinkan yaitu minimal $1,2 \text{ gr}/\text{cm}^3$ (SII No.52-1980) sehingga agregat halus yang digunakan termasuk kategori agregat normal.

5.2.3 Pengujian Kandungan Lumpur

Pengujian kandungan lumpur dilakukan dengan memeriksa butiran yang lolos saringan No. 200, dan data hasil pengujian kadar lumpur dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Kandungan Lumpur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Agregat Kering Oven (W_1), gram	500	500
Berat Agregat Kering Oven Setelah Dicuci (W_2), gram	494.7	493.8
Kandungan Lumpur	1.06%	1.24%
Kandungan Lumpur Rata-rata	1.15%	

Dari hasil pengujian kandungan lumpur didapat persentase kandungan lumpur rata-rata 1,15%. Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI 1982), kandungan lumpur untuk pasir maksimum adalah 5% sehingga pasir yang digunakan tidak perlu dicuci sebelum pengadukan.

5.2.4 Analisis Saringan

Data analisis saringan pada agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Analisis Saringan Agregat Halus

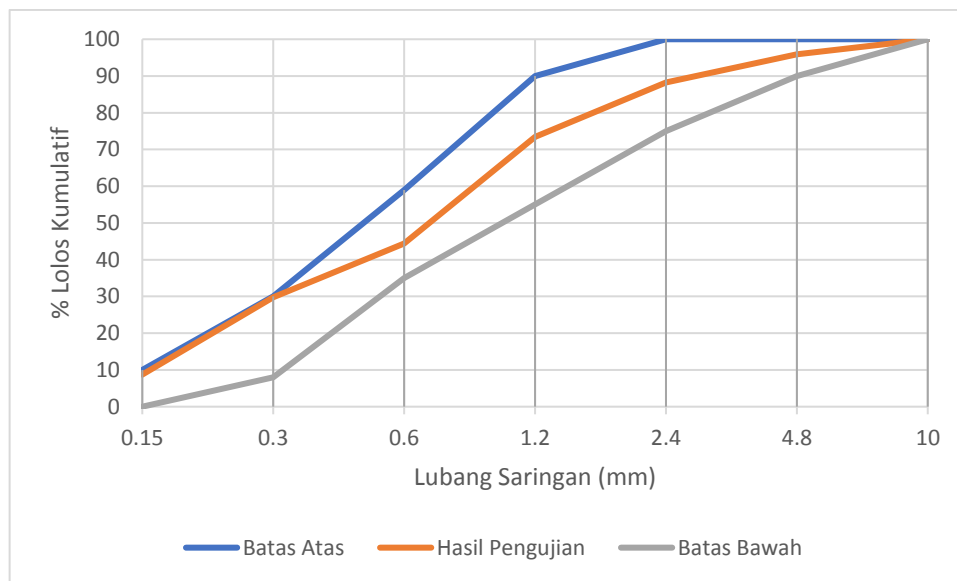
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
4.8	82.5	4.123	4.123	95.877
2.4	152.1	7.601	11.723	88.277
1.2	296.9	14.836	26.560	73.440
0.6	580.15	28.991	55.550	44.449
0.3	294.1	14.696	70.247	29.753
0.15	420.7	21.023	91.270	8.730
Sisa	174.7	8.730	100	0
Jumlah	2001.15	100	259.473	
Modulus Halus Butiran	2.595			

$$\begin{aligned}
 MHB &= \frac{\sum \text{persen tertinggal kumulatif mulai dari saringan } 0,15 \text{ mm}}{100} \\
 &= \frac{259,473}{100} \\
 &= 2,595
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian didapat nilai *MHB* sebesar 2,595% dan masih dalam batas yang diizinkan yaitu 1,5% – 3,8% (SK SNI S-04-1989-F). Pasir yang digunakan termasuk dalam Daerah II dan merupakan pasir agak kasar. Spesifikasi dan grafik gradasi agregat halus disajikan pada Tabel 5.6 dan Gambar 5.1 berikut.

Tabel 5.6 Spesifikasi Gradasi Pasir Daerah II

Lubang Ayakan (mm)	Batas Atas	Hasil Pengujian	Batas Bawah
10	100	100.000	100
4.8	100	95.877	90
2.4	100	88.277	75
1.2	90	73.440	55
0.6	59	44.449	35
0.3	30	29.753	8
0.15	10	8.730	0

**Gambar 5.1 Grafik Gradasi Agregat Halus**

5.3 Pengujian Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini merupakan batu pecah yang diperoleh dari Merapi.

5.3.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air

Setelah dilakukan pengujian, didapat data berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar seperti pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Kerikil Kering Mutlak (<i>BK</i>), gram	4956
Berat Kerikil SSD (<i>Bj</i>), gram	5000
Berat Kerikil Dalam Air (<i>Ba</i>), gram	3050
Berat Jenis Curah	2.542
Berat Jenis SSD	2.564
Berat Jenis Semu	2.600
Penyerapan Air	0.888%

Dari hasil uji berat jenis di atas didapat berat jenis SSD sebesar 2,564 dan dapat diklasifikasikan sebagai agregat normal karena nilainya masih dalam batas yang diizinkan yaitu antara 2,2 sampai 2,7. Penyerapan air yang didapat dari hasil pengujian yaitu 0,888%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering muka sebesar 0,888% dari berat agregat itu sendiri.

5.3.2 Pemeriksaan Berat Isi

Pemeriksaan berat isi pada agregat kasar dibedakan menjadi berat isi gembur dan berat isi padat. Setelah dilakukan pengujian, data berat isi gembur dan berat isi pada agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.8 Berat Isi Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung (<i>W1</i>), gram	10800
Berat Tabung + Agregat (<i>W2</i>), gram	17200
Berat Agregat (<i>W3</i>), gram	6400
Volume Tabung (<i>V</i>), cm ³	5301.438
Berat Isi Gembur, gr/cm ³	1.207

Tabel 5.9 Berat Isi Padat Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W_1), gram	10800
Berat Tabung + Agregat (W_2), gram	18000
Berat Agregat (W_3), gram	7200
Volume Tabung (V), cm^3	5301.438
Berat Isi Padat, gr/cm^3	1.358

Dari hasil pengujian, didapat berat isi gembur sebesar $1,207 \text{ gr}/\text{cm}^3$ dan berat isi padat sebesar $1,358 \text{ gr}/\text{cm}^3$, nilai tersebut masih dalam batas yang diizinkan yaitu minimal $1,2 \text{ gr}/\text{cm}^3$ (SII No.52-1980) sehingga agregat kasar yang digunakan termasuk kategori agregat normal.

5.3.3 Analisis Saringan

Data analisis saringan pada agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Analisis Saringan Agregat Kasar

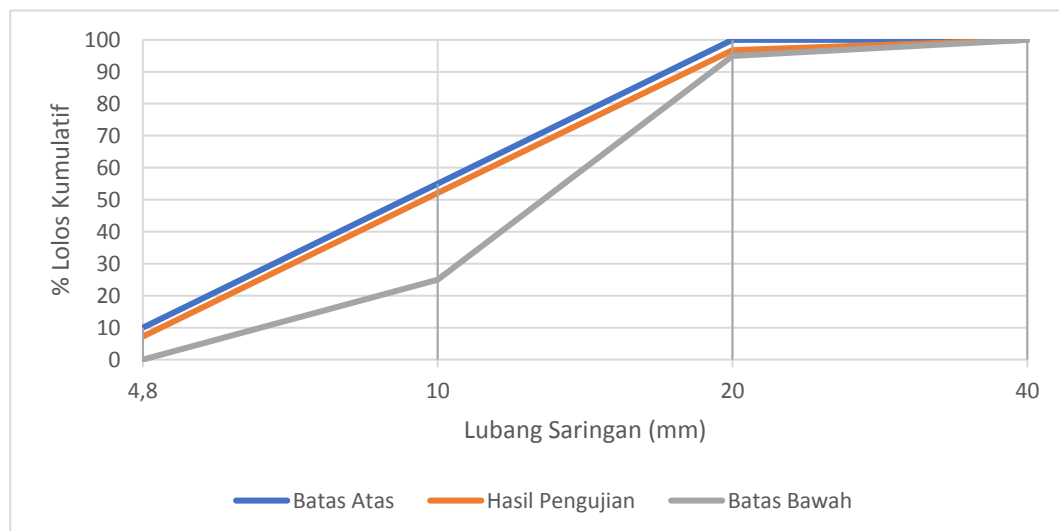
Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40	0	0	0	100
20	160.95	3.218	3.218	96.782
10	2236.3	44.706	47.923	52.077
4.8	2243.2	44.844	92.767	7.233
2.4	202.8	4.054	96.821	3.179
1.2	50.2	1.004	97.825	2.175
0.6	0	0	97.825	2.175
0.3	0	0	97.825	2.175
0.15	0	0	97.825	2.175
Sisa	108.8	2.17502124	100	0
Jumlah	5002.25	100	632.030	
Modulus Halus Butiran		6.320		

$$\begin{aligned}
 MHB &= \frac{\sum \text{persen tertinggal kumulatif mulai dari saringan } 0,15 \text{ mm}}{100} \\
 &= \frac{632.030}{100} \\
 &= 6,320
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian didapat nilai *MHB* sebesar 5,944% dan masih dalam batas yang diizinkan yaitu 5% – 8%. Kerikil yang digunakan termasuk dalam kerikil dengan besar butir maksimum 20 mm. Spesifikasi dan grafik gradasi agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan Gambar 5.2 berikut.

Tabel 5.11 Spesifikasi Gradasi Kerikil dengan Besar Butir Maksimum 20 mm

Lubang Ayakan (mm)	Batas Atas	Hasil Pengujian	Batas Bawah
40,00	100	100.000	100
20,00	100	96.782	95
10,00	55	52.077	25
4,80	10	7.233	0



Gambar 5.2 Grafik Gradasi Agregat Kasar

5.4 Perencanaan Campuran Beton

Dari data material yang diperoleh, maka dilakukan perencanaan campuran beton menggunakan metode SNI 03-2834-2000 sebagai berikut ini.

1. Penetapan kuat tekan beton normal ($f'c$) pada umur 28 hari adalah 25 MPa
2. Nilai standar deviasi (Sd)

Karena belum mempunyai pengalaman sebelumnya maka standar deviasi yang digunakan adalah sebesar 7 MPa.

3. Nilai tambah

Nilai tambah dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$M = 1,64 \times Sd$$

Dimana:

M = nilai tambah

1,64 = tetapan statistik yang nilainya tergantung pada presentase kegagalan sebesar maksimum 5%.

Sd = standar deviasi rencana.

M = $1,64 \times 7 = 11,48$ MPa digenapkan menjadi 12 MPa

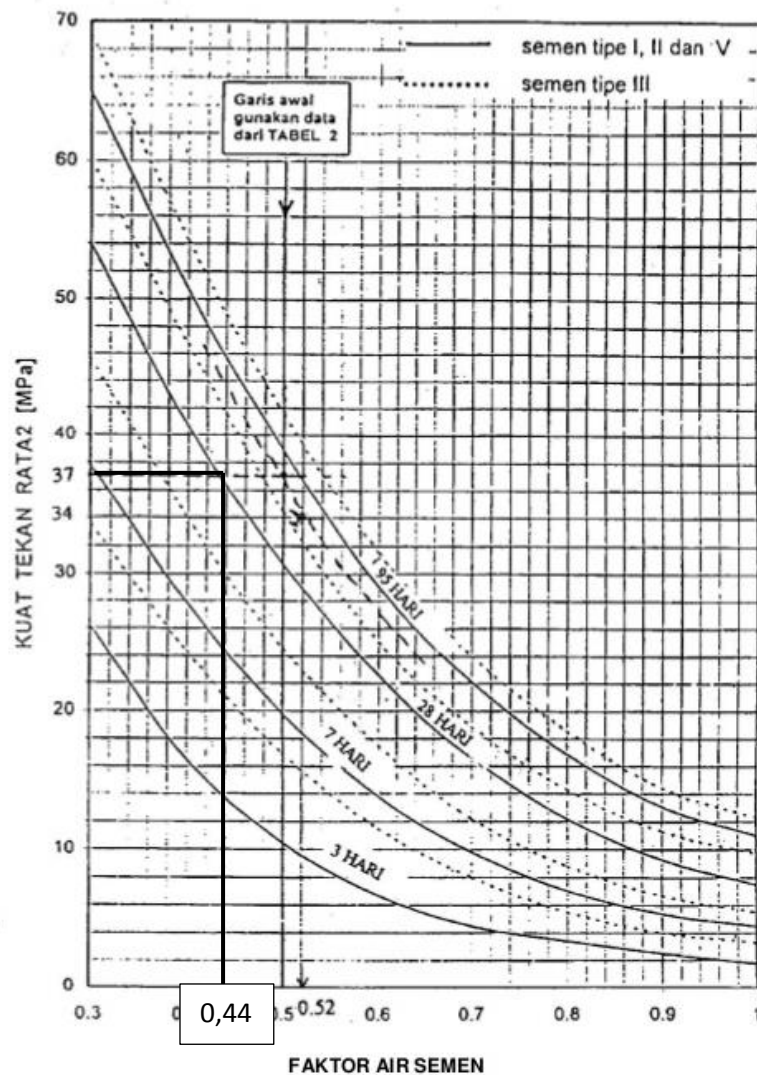
Hal ini telah sesuai dengan persyaratan bahwa $f'cr$ yang diambil kurang dari ($f'c + 12$ MPa) jika tidak memiliki data lapangan sebelumnya.

4. Kuat tekan rata-rata yang direncanakan ($f'cr$)

Rumus :

$$\begin{aligned} f'cr &= f'c + M \\ &= (25 + 12) \\ &= 37 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5. Semen yang digunakan adalah *Portland Pozzoland Cement* (PPC) yang dapat dikategorikan sebagai semen tipe II.
6. Jenis agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah, sedangkan agregat halus yang digunakan adalah pasir.
7. Menentukan F.A.S
- a. Berikut ini adalah cara untuk mencari faktor air semen bebas menggunakan grafik pada Gambar 5.3. Dari data dapat ditentukan kuat tekan rata-rata sebesar 37 MPa dengan umur rencana 28 hari. Dari Gambar 5.3 maka dapat ditentukan bahwa faktor air semen maksimum sebesar 0,44.



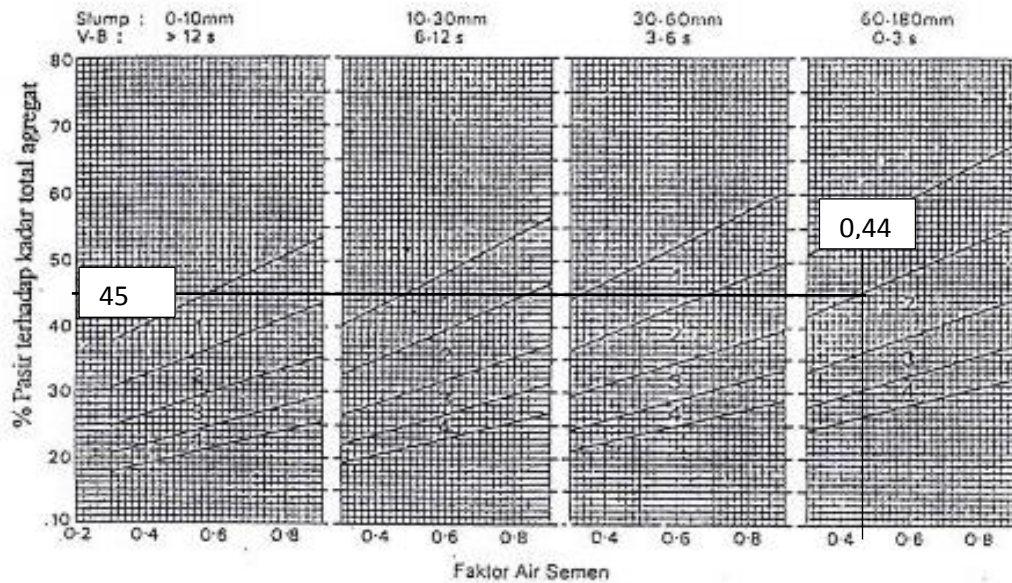
Gambar 5.3 Mencari Nilai Faktor Air Semen Pada Beton Normal

- b. Diambil dari Tabel 3.10 dimana beton dianggap direncanakan di dalam ruang bangunan dengan keliling non korosif dengan nilai f.a.s sebesar 0,6.
- c. Setelah membandingkan kedua hasil, maka hasil f.a.s yang diambil adalah nilai yang terkecil yaitu 0,44.
8. Nilai f.a.s maksimum ditetapkan 0,6.
9. Tinggi *slump* perencanaan untuk beton normal 7,5 – 15 cm
10. Ukuran agregat maksimum ditentukan sebesar 20 mm
11. Kadar air bebas ditentukan dari Tabel 3.12 (untuk ukuran agregat maksimum 20 mm)

- a. Untuk agregat tidak dipecah atau pasir alami 195 kg/m^3
- b. Untuk agregat dipecah atau kerikil 225 kg/m^3
- c. Jumlah air yang diperlukan :

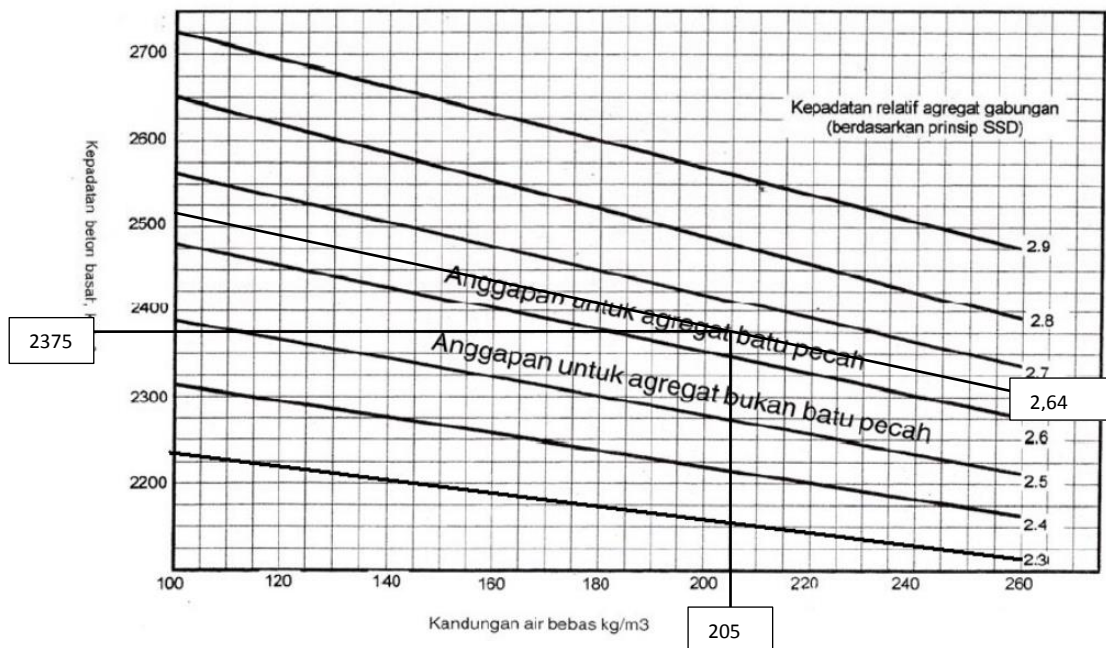
$$(2/3 \times 195) + (1/3 \times 225) = 205 \text{ kg/m}^3$$

12. Kebutuhan semen = $205 / 0,44 = 465,91 \text{ kg/m}^3$
13. Kebutuhan semen *portland pozzoland* minimum didapat dari Tabel 3.10 (beton di dalam ruang bangunan dan tidak korosif) adalah 275 kg/m^3 dibandingkan dengan no. 12 maka diambil $465,91 \text{ kg/m}^3$
14. Penyesuaian jumlah air dan f.a.s tidak mengalami perubahan karena pada langkah 13 kebutuhan semen tidak berubah. Maka jumlah air yang digunakan tetap 205 kg/m^3 dan jumlah semen yang digunakan tetap $465,91 \text{ kg/m}^3$
15. Pasir yang digunakan masuk pada golongan 2.
16. Presentase pasir terhadap agregat campuran berdasarkan grafik pada Gambar 5.4 adalah 45%. Maka untuk persentase agregat kasar adalah = $100\% - 45\% = 55\%$



Gambar 5.4 Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Butir Maksimum 20 mm

17. Berat jenis campuran diambil dari data uji material yaitu untuk agregat pecah = 2,56 dan agregat tidak pecah = 2,74
 B_j agregat gabungan = $(0,45 \times 2,74) + (0,55 \times 2,56) = 2,64$
18. Mencari berat isi beton dengan cara melihat grafik pada Gambar 5.5 pada halaman berikutnya. Maka diperoleh berat isi beton adalah sebesar 2375 kg/m^3



Gambar 5.5 Grafik Hubungan Kandungan Air, Berat Jenis Agregat Campuran, dan Berat Beton

19. Kadar agregat gabungan = berat isi beton – jumlah semen – kadar air
 $= 2375 - 465,91 - 205$
 $= 1704,09 \text{ kg/m}^3$
20. Kebutuhan agregat halus = % agregat halus x kadar agregat gabungan
 $= 45\% \times 1704,09$
 $= 766,84 \text{ kg/m}^3$
21. Kebutuhan agregat kasar = kebutuhan agregat gabungan – kebutuhan agregat halus
 $= 1704,09 - 766,84$
 $= 937,25 \text{ kg/m}^3$
22. Volume silinder
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t$
 $= 0,25 \times \pi \times 15^2 \times 30$
 $= 5301,437 \text{ cm}^3$
23. Volume silinder jika ditambah penyusutan sebesar 20%
 $= 5301,437 + (5301,437 \times 0,2) = 6361,7244 \text{ cm}^3 = 0,006361724 \text{ m}^3$

24. Volume untuk 4 silinder

$$= 5301,437 \times 4 = 21205,748 \text{ cm}^3$$

25. Volume 4 silinder jika ditambah penyusutan sebesar 20%

$$= 21205,748 + (21205,748 \times 0,2) = 25446,898 \text{ cm}^3 = 0,025446898 \text{ m}^3$$

26. Proporsi campuran untuk 1 m³ beton :

a. Semen = 465,91 kg

b. Air = 205 kg

c. Agregat halus = 766,84 kg

d. Agregat kasar = 937,25 kg

27. Proporsi campuran uji untuk 1 silinder

a. Semen = $465,91 \times 0,006361724$ = 2,96 kg

b. Air = $205 \times 0,006361724$ = 1,30 kg

c. Agregat halus = $766,84 \times 0,006361724$ = 4,89 kg

d. Agregat kasar = $937,25 \times 0,006361724$ = 5,96 kg

Total berat beton normal 1 silinder = 15,11 kg

28. Proporsi campuran uji untuk 4 silinder

a. Semen *Portland* = $465,91 \times 0,025446898$ = 11,86 kg

b. Air = $205 \times 0,025446898$ = 5,22 kg

c. Agregat halus = $766,84 \times 0,025446898$ = 19,51 kg

d. Agregat kasar = $937,25 \times 0,025446898$ = 23,85 kg

Total berat beton normal 4 silinder = 60,44 kg

29. Kebutuhan bahan tambah sabut kelapa untuk 1 beton silinder

a. Sabut kelapa 0,125% = $0,125 : 100 \times 15,11$ = 0,0189 kg

b. Sabut kelapa 0,2% = $0,2 : 100 \times 15,11$ = 0,0302 kg

30. Kebutuhan bahan tambah sabut kelapa untuk 4 beton silinder

a. Sabut kelapa 0,125% = $0,125 : 100 \times 60,44$ = 0,0755 kg

b. Sabut kelapa 0,2% = $0,2 : 100 \times 60,44$ = 0,1209 kg

Perbandingan berat antara semen : pasir : kerikil : air = 1 : 1,65 : 2,01 : 0,44

Kemudian untuk kebutuhan material setiap benda uji serta kebutuhan material untuk 1 kali adukan dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.12 Kebutuhan Material untuk 1 Benda Uji

Kode Benda Uji	Volume (m ³)	Material				
		Semen (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Air (Kg)	Serat Sabut Kelapa (Kg)
BN	0,0053	2,96	4,89	5,96	1,30	0
BV ₃ -0,125	0,0053	2,96	4,89	5,96	1,30	0,0189
BV ₃ -0,2	0,0053	2,96	4,89	5,96	1,30	0,0302
BV ₆ -0,125	0,0053	2,96	4,89	5,96	1,30	0,0189
BV ₆ -0,2	0,0053	2,96	4,89	5,96	1,30	0,0302
BV ₉ -0,125	0,0053	2,96	4,89	5,96	1,30	0,0189
BV ₉ -0,2	0,0053	2,96	4,89	5,96	1,30	0,0302

Tabel 5.13 Kebutuhan Material untuk 1 Kali Adukan

Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji	Volume (m ³)	Material				
			Semen (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Air (Kg)	Serat Sabut Kelapa (Kg)
BN	4	0,0053	11,86	19,51	23,85	5,22	0
BV ₃ -0,125	4	0,0053	11,86	19,51	23,85	5,22	0,0755
BV ₃ -0,2	4	0,0053	11,86	19,51	23,85	5,22	0,1209
BV ₆ -0,125	4	0,0053	11,86	19,51	23,85	5,22	0,0755
BV ₆ -0,2	4	0,0053	11,86	19,51	23,85	5,22	0,1209
BV ₉ -0,125	4	0,0053	11,86	19,51	23,85	5,22	0,0755
BV ₉ -0,2	4	0,0053	11,86	19,51	23,85	5,22	0,1209

5.5 Pengujian Beton Segar

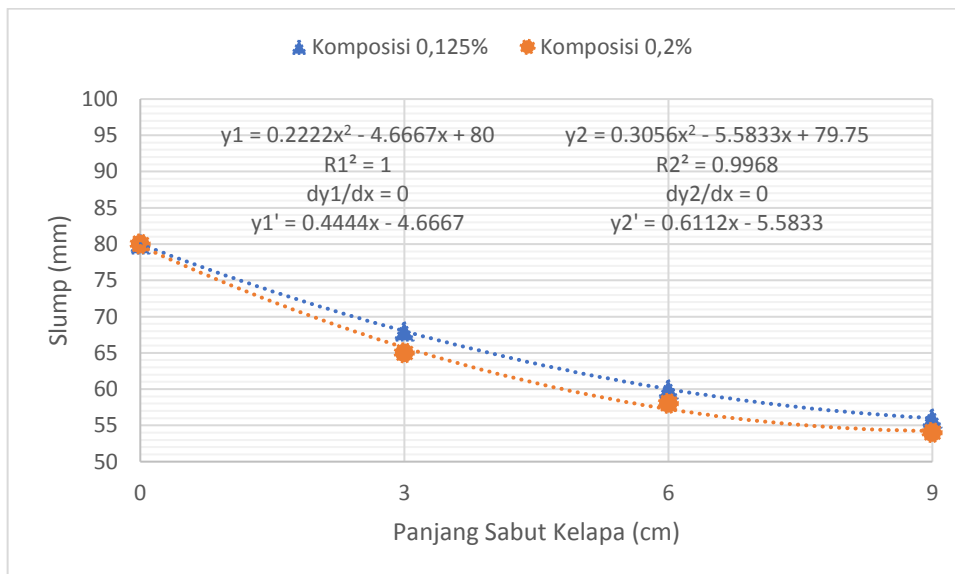
5.5.1 Pengujian *Slump*

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu campuran beton, yaitu kecairan atau kepadatan adukan dalam pengerjaan beton. Hal ini berkaitan dengan tingkat kemudahan dalam pengerjaan beton (*workability*). Semakin tinggi nilai *slump* maka semakin cair adukan beton tersebut sehingga adukan beton akan semakin mudah dikerjakan.

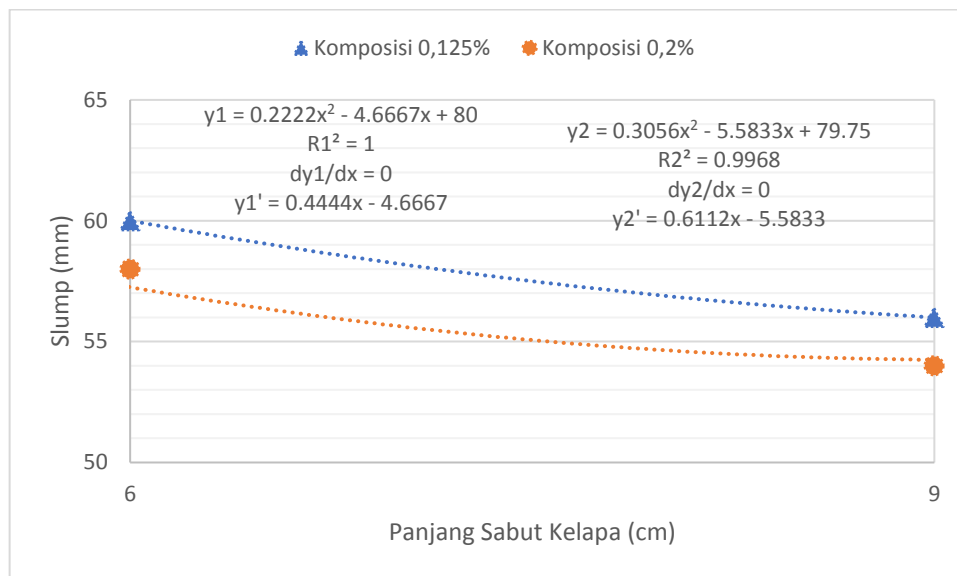
Hasil pengujian *slump* pada adukan beton dapat dilihat pada Tabel 5.14 dan Gambar 5.6 berikut.

Tabel 5.14 Nilai *Slump* pada Adukan Beton

Kode Benda Uji	Nilai <i>Slump</i> Rata-Rata (mm)
BN	80
BV ₃ -0,125	68
BV ₃ -0,2	65
BV ₆ -0,125	60
BV ₆ -0,2	58
BV ₉ -0,125	56
BV ₉ -0,2	54



Gambar 5.6 Perbandingan Nilai *Slump* dan Panjang Sabut Kelapa



Gambar 5.7 Grafik Perbandingan Nilai *Slump* dan Panjang Sabut Kelapa Skala Kecil Dari Panjang Sabut Kelapa 6 cm Hingga 9 cm

Sumbu simetri suatu fungsi kuadrat dapat dihitung dengan rumus $x = -b/2a$. Dari fungsi kuadrat pada gambar di atas diperoleh untuk $y_1 = 0.2222x^2 - 4.6667x + 80$, $a = 0,2222$ dan $b = -4.6667$, maka $x = -(-4,6667)/2(0,2222) = 10,501$. Kemudian, untuk $y_2 = 0.3056x^2 - 5.5833x + 79.75$, $a = 0,3056$ dan $b = -5,5833$, maka $x = -(-5,5833)/2(0,3056) = 9,135$. Untuk nilai titik puncak dari kurva $y(-b/2a)$ adalah $y_1(10,501) = 55,497$ dan $y_2(9,135) = 54,248$. Dari gambar di atas, didapatkan bahwa nilai $R_1^2 = 1$ dan $R_2^2 = 0,9968$, dimana kecocokan model hubungan linier antara dua variabel dikatakan lebih baik kalau R^2 semakin mendekati 1.

Berdasarkan Gambar 5.6 dapat diketahui bahwa, semakin panjang dimensi sabut kelapa yang ditambahkan pada beton maka nilai *slump*-nya akan semakin bekurang. Pada benda uji beton variasi dengan penambahan sabut kelapa, mempunyai nilai *slump* yang rendah dari yang disyaratkan yaitu antara 75-150 mm. Hal ini dikarenakan banyaknya kadar sabut kelapa yang mudah menyerap air. Rendahnya nilai *slump* pada beton mengakibatkan *workability*-nya menurun, sehingga campuran sulit untuk dipadatkan membuat pengerjaan pencetakan beton sulit dilakukan.

Hal ini berkaitan dengan penelitian yang dilakukan oleh Tri Wahyudi, dkk (2014) bahwa *workability*/kemudahan pengerjaan beton dapat dilihat dari nilai

slump yang terjadi. Karena nilai *slump* merupakan parameter kemudahan pengerjaan, semakin tinggi nilai *slump* maka semakin mudah dalam proses pengerjaan beton (*workability*).

5.5.2 Pemeriksaan Berat Isi Beton

Hasil pemeriksaan berat isi beton dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Beton

Kode Benda Uji	Berat Isi Rencana (kg/m³)	Berat Isi Rata-Rata (kg/m³)	Peningkatan (%)
BN	2375	2354.382	-0.868
BV ₃ -0,125	2375	2338.304	-1.545
BV ₃ -0,2	2375	2340.836	-1.438
BV ₆ -0,125	2375	2320.373	-2.300
BV ₆ -0,2	2375	2316.846	-2.449
BV ₉ -0,125	2375	2318.516	-2.378
BV ₉ -0,2	2375	2304.952	-2.949

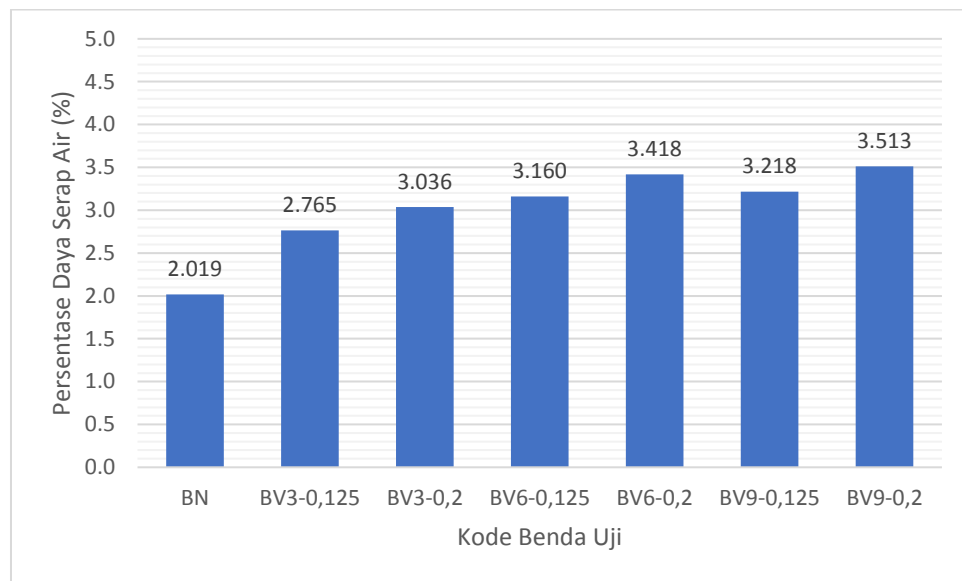
Berdasarkan data pemeriksaan berat isi beton untuk berbagai variasi benda uji disimpulkan bahwa beton normal mempunyai berat isi sebesar 2354,382 kg/m³ dan hampir memenuhi berat isi beton rencana yaitu sebesar 2375 kg/m³. Sedangkan beton BV₉-0,2 memiliki berat isi 2304.952 kg/m³ merupakan beton dengan berat isi terendah dan jauh dari berat isi beton rencana.

5.6 Pengujian Daya Serap Beton

Pengujian daya serap air pada beton dilakukan pada benda uji dengan umur 28 hari. Benda uji beton normal dan benda uji beton dengan variasi sabut kelapa sebagai bahan tambah direndam selama 26 hari, kemudian dikeringkan selama 2 hari. Hasil pengujian daya serap air pada beton umur 26 hari dapat dilihat pada Tabel 5.16 dan Gambar 5.8 berikut.

Tabel 5.16 Hasil Pemeriksaan Daya Serap Beton

No.	Kode Benda Uji	Berat Beton Sebelum Perendaman (Gram)	Berat Beton Setelah Perendaman (Gram)	Daya Serap (%)	Daya Serap Rata-rata (%)
1	BN A	12357.5	12592	1.898	2.019
2	BN B	12335	12595	2.108	
3	BN C	12690.5	12933	1.911	
4	BN D	12670	12943.5	2.159	
5	BV ₃ -0,125 A	12414	12790	3.029	2.765
6	BV ₃ -0,125 B	12442	12708.5	2.142	
7	BV ₃ -0,125 C	12406	12772	2.950	
8	BV ₃ -0,125 D	12585	12955	2.940	
9	BV ₃ -0,2 A	12386	12713	2.640	3.036
10	BV ₃ -0,2 B	12591.5	12976.5	3.058	
11	BV ₃ -0,2 C	12352.5	12733	3.080	
12	BV ₃ -0,2 D	12529.5	12951	3.364	
13	BV ₆ -0,125 A	12473	12832	2.878	3.160
14	BV ₆ -0,125 B	12232	12625	3.213	
15	BV ₆ -0,125 C	12425.5	12833.5	3.284	
16	BV ₆ -0,125 D	12280	12681	3.265	
17	BV ₆ -0,2 A	12344	12793	3.637	3.418
18	BV ₆ -0,2 B	12412	12832	3.384	
19	BV ₆ -0,2 C	12296.5	12725	3.485	
20	BV ₆ -0,2 D	12266.5	12655	3.167	
21	BV ₉ -0,125 A	12547.5	12944	3.160	3.218
22	BV ₉ -0,125 B	12251.5	12639	3.163	
23	BV ₉ -0,125 C	12278	12689	3.347	
24	BV ₉ -0,125 D	12248	12640	3.201	
25	BV ₉ -0,2 A	12247	12678	3.519	3.513
26	BV ₉ -0,2 B	12251.5	12685	3.538	
27	BV ₉ -0,2 C	12285	12720.5	3.545	
28	BV ₉ -0,2 D	12241.5	12664	3.451	



Gambar 5.8 Perbandingan Daya Serap Beton Umur 26 Hari

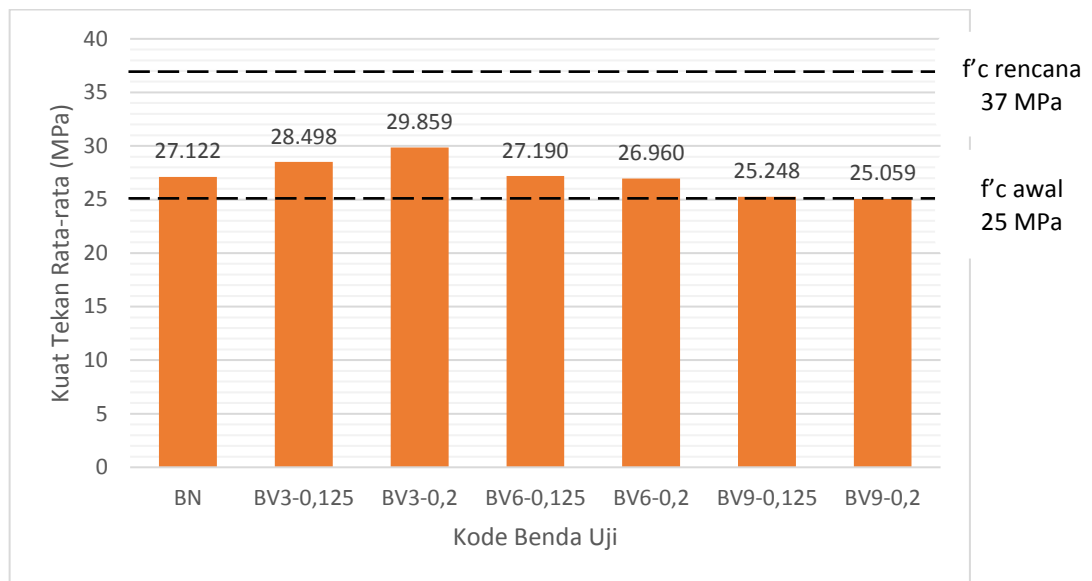
Berdasarkan Gambar 5.8 dapat diketahui bahwa, peningkatan daya serap air tertinggi terdapat pada benda uji beton variasi dengan kodefikasi BV₉-0,2 yang mencapai 3,513%. Kemudian daya serap air terendah terdapat pada benda uji beton normal tanpa bahan tambah sabut kelapa dengan nilai daya serap air hanya sebesar 2,019%.

5.7 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji dengan kuat tekan rencana (f'_{cr}) 37 MPa. Benda uji beton normal dan benda uji beton dengan variasi sabut kelapa sebagai bahan tambah diuji pada umur 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 5.17 dan Gambar 5.9 berikut.

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

No.	Kode Benda Uji	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Beban Maksimum (KN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Penurunan Terhadap Kuat Tekan Rencana (%)
1	BN A	150.11	17697.39	467	26.388	27.122	26.697
2	BN B	150.2	17718.61	485	27.372		
3	BN C	150.3	17742.22	475	26.772		
4	BN D	150.15	17706.82	495	27.955		
5	BV ₃ -0,125 A	150.32	17746.94	500	28.174	28.498	22.979
6	BV ₃ -0,125 B	150.27	17735.13	510	28.756		
7	BV ₃ -0,125 C	150.54	17798.92	490	27.530		
8	BV ₃ -0,125 D	150.45	17777.65	525	29.531		
9	BV ₃ -0,2 A	150.39	17763.47	540	30.399	29.859	19.300
10	BV ₃ -0,2 B	150.34	17751.66	550	30.983		
11	BV ₃ -0,2 C	150.29	17739.85	495	27.903		
12	BV ₃ -0,2 D	150.31	17744.58	535	30.150		
13	BV ₆ -0,125 A	150.26	17732.77	470	26.505	27.190	26.513
14	BV ₆ -0,125 B	150.19	17716.25	485	27.376		
15	BV ₆ -0,125 C	150.42	17770.56	495	27.855		
16	BV ₆ -0,125 D	150.38	17761.11	480	27.025		
17	BV ₆ -0,2 A	150.36	17756.38	493	27.765	26.960	27.135
18	BV ₆ -0,2 B	150.22	17723.33	480	27.083		
19	BV ₆ -0,2 C	150.16	17709.18	475	26.822		
20	BV ₆ -0,2 D	150.41	17768.19	465	26.170		
21	BV ₉ -0,125 A	150.12	17699.74	455	25.707	25.248	31.762
22	BV ₉ -0,125 B	150.13	17702.10	445	25.138		
23	BV ₉ -0,125 C	150.25	17730.41	450	25.380		
24	BV ₉ -0,125 D	150.4	17765.83	440	24.767		
25	BV ₉ -0,2 A	150.24	17728.05	445	25.101	25.059	32.274
26	BV ₉ -0,2 B	150.17	17711.54	457	25.802		
27	BV ₉ -0,2 C	150.15	17706.82	440	24.849		
28	BV ₉ -0,2 D	150.41	17768.19	435	24.482		



Gambar 5.9 Perbandingan Kuat Tekan Umur 28 Hari

Berdasarkan Gambar 5.9 dapat diketahui bahwa pada benda uji beton dengan umur 28 hari, peningkatan kuat tekan tertinggi terdapat pada beton variasi dengan kodefikasi $BV_3-0,2$ yang mencapai 29,859 MPa atau mengalami penurunan 19,300% dari kuat tekan rencana yaitu 37 MPa. Kuat tekan terendah terdapat pada benda uji beton variasi dengan kodefikasi $BV_9-0,2$ dengan nilai kuat tekan 25,059 MPa atau turun sebesar 32,274% dari kuat tekan rencana 37 MPa.

5.8 Pembahasan Hasil Daya Serap Beton

Hasil penelitian menunjukkan bahwa benda uji kontrol yaitu beton normal tanpa bahan tambah dengan komposisi sabut kelapa sebesar 0% mempunyai daya serap 2,019% pada umur 26 hari. Sedangkan pada benda uji $BV_3-0,125$ dengan komposisi sabut kelapa sebesar 0,125% dari berat beton normal yang berupa potongan-potongan kecil dengan panjang serat sabut kelapa 3 cm memiliki daya serap 2,765% pada umur 26 hari setelah perendaman.

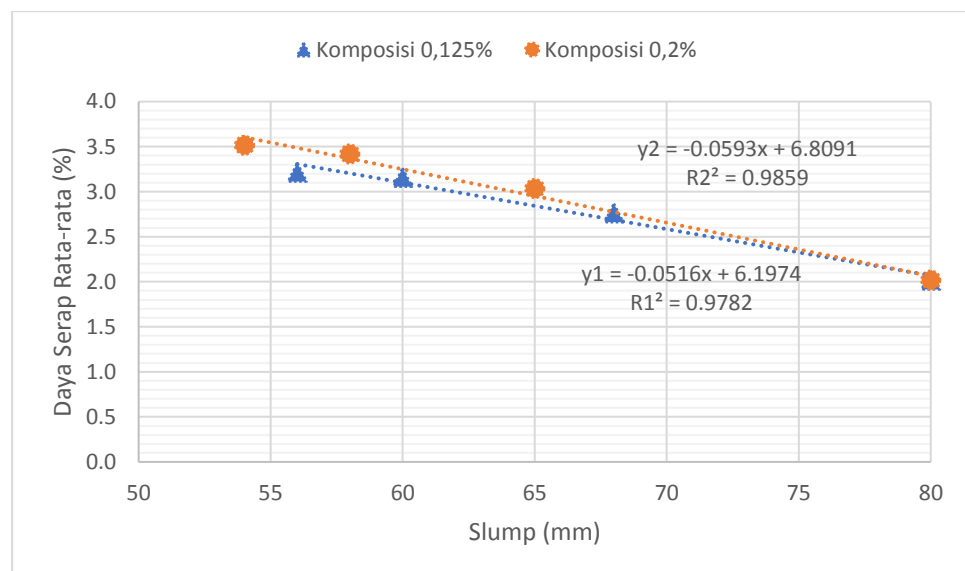
Pada benda uji $BV_3-0,2$ dengan komposisi sabut kelapa sebesar 0,2% dari berat beton normal yang berupa potongan-potongan kecil dengan panjang serat sabut kelapa 3 cm memiliki daya serap 3,036% pada umur 26 hari setelah perendaman.

Pada benda uji BV₆-0,125 dengan komposisi sabut kelapa sebesar 0,125% dari berat beton normal yang berupa potongan-potongan kecil dengan panjang serat sabut kelapa 6 cm memiliki daya serap 3,160% pada umur 26 hari setelah perendaman.

Pada benda uji BV₆-0,2 dengan komposisi sabut kelapa sebesar 0,2% dari berat beton normal yang berupa potongan-potongan kecil dengan panjang serat sabut kelapa 6 cm memiliki daya serap 3,418% pada umur 26 hari setelah perendaman.

Pada benda uji BV₉-0,125 dengan komposisi sabut kelapa sebesar 0,125% dari berat beton normal yang berupa potongan-potongan kecil dengan panjang serat sabut kelapa 9 cm memiliki daya serap 3,218% pada umur 26 hari setelah perendaman.

Pada benda uji BV₉-0,2 dengan komposisi sabut kelapa sebesar 0,2% dari berat beton normal yang berupa potongan-potongan kecil dengan panjang serat sabut kelapa 9 cm memiliki daya serap 3,513% pada umur 26 hari setelah perendaman.

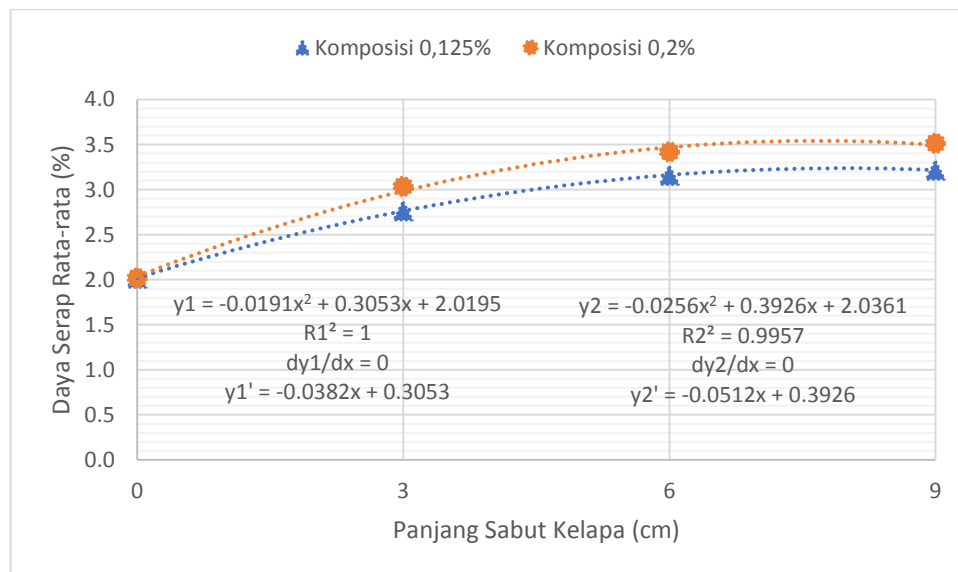


Gambar 5.10 Perbandingan Daya Serap Rata-rata Dengan Nilai Slump

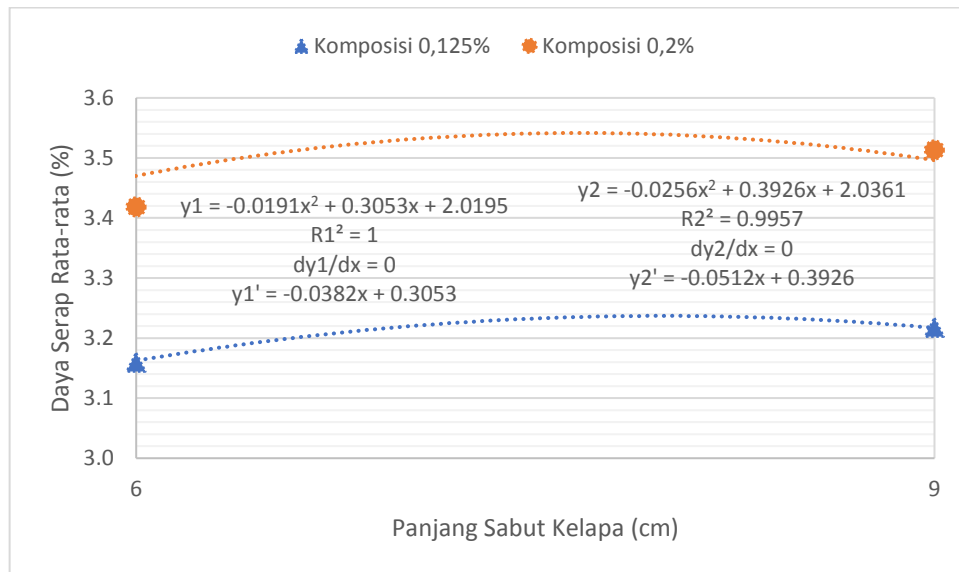
Sumbu simetri suatu fungsi kuadrat dapat dihitung dengan rumus $x = -b/2a$. Dari fungsi kuadrat pada gambar di atas diperoleh untuk $y1 = -0.0516x + 6.1974$,

nilai stasioner diperoleh saat $y'(x) = 0$, maka $x = -6,1974/-0,0516 = 120,105$. Kemudian, untuk $y_2 = -0,0593x + 6,8091$, nilai stasioner diperoleh saat $y'(x) = 0$, maka $x = -6,8091/-0,0593 = 114,825$. Untuk nilai titik puncak dari kurva $y(-b/2a)$ adalah $y_1(120,105) = -1,798 \times 10^{-5}$ dan $y_2(114,825) = -1,225 \times 10^{-4}$. Dari gambar di atas, didapatkan bahwa nilai $R_1^2 = 0,9782$ dan $R_2^2 = 0,9859$, dimana kecocokan model hubungan linier antara dua variabel dikatakan lebih baik kalau R^2 semakin mendekati 1.

Berdasarkan Gambar 5.10 dapat diketahui bahwa, semakin rendah nilai *slump* pada beton maka penyerapan airnya akan semakin tinggi. Kemudian semakin tinggi nilai *slump* maka semakin rendah penyerapan airnya. Besar kecilnya penyerapan air pada benda uji sangat dipengaruhi oleh pori-pori atau rongga. Semakin banyak pori-pori yang terkandung dalam benda uji maka akan semakin besar pula penyerapan airnya sehingga ketahanan dan kuat tekannya akan berkurang.



Gambar 5.11 Perbandingan Daya Serap Rata-rata Dengan Panjang Sabut Kelapa



Gambar 5.12 Perbandingan Daya Serap Rata-rata Dengan Panjang Sabut Kelapa Skala Kecil Dari Panjang Sabut Kelapa 6 cm Hingga 9 cm

Sumbu simetri suatu fungsi kuadrat dapat dihitung dengan rumus $x = -b/2a$. Dari fungsi kuadrat pada gambar di atas diperoleh untuk $y_1 = -0.0191x^2 + 0.3053x + 2.0195$, $a = -0.0191$ dan $b = 0.3053$, maka $x = -(0.3053)/2(-0.0191) = 7,992$. Kemudian, untuk $y_2 = -0.0256x^2 + 0.3926x + 2.0361$, $a = -0.0256$ dan $b = 0.3926$, maka $x = -(0.3926)/2(-0.0256) = 7,668$. Untuk nilai titik puncak dari kurva $y(-b/2a)$ adalah $y_1(7,992) = 3,239$ dan $y_2(7,668) = 3,541$. Dari gambar di atas, didapatkan bahwa nilai $R_1^2 = 1$ dan $R_2^2 = 0,9957$, dimana kecocokan model hubungan linier antara dua variabel dikatakan lebih baik kalau R^2 semakin mendekati 1.

Berdasarkan Gambar 5.11 dapat diketahui bahwa, semakin panjang penambahan sabut kelapa pada beton ternyata dapat meningkatkan daya serap air rata-ratanya. Peningkatan daya serap air tertinggi terjadi pada benda uji BV9-0,2 dengan komposisi sabut kelapa sebesar 0,2% dari berat beton normal yang berupa potongan-potongan kecil dengan panjang serat sabut kelapa 9 cm memiliki daya serap 3,513% pada umur 26 hari setelah perendaman.

Hal ini disebabkan oleh sifat sabut kelapa yang mudah untuk menyerap air. Semakin banyak bahan tambah sabut kelapa yang diberikan, maka semakin banyak permukaan beton yang dapat menyerap air. Sehingga air yang terserap oleh benda uji tersebut akan semakin meningkat. Jumlah sabut kelapa yang tersebar merata

dalam benda uji akan meningkatkan kapasitas daya serap air hingga mencapai kadar maksimum.

Kemudian semakin tinggi nilai persentase daya serap pada beton maka kuat tekan yang dihasilkan akan semakin menurun, begitu juga sebaliknya. Hal tersebut disebabkan oleh nilai *slump* yang rendah membuat *workability*-nya menurun sehingga campuran sulit untuk dipadatkan dan kondisi beton menjadi berongga.

5.9 Pembahasan Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Benda uji beton normal tanpa bahan tambah yang diuji pada umur 28 hari mempunyai kuat tekan 27,122 MPa atau mengalami penurunan sebesar 26,697% dari kuat tekan yang direncanakan yaitu 37 MPa. Pada benda uji BV₃-0,125 dengan komposisi sabut kelapa 0,125% dari berat beton normal yang berupa potongan-potongan kecil dengan panjang serat sabut kelapa 3 cm memiliki kuat tekan 28,498 MPa pada umur 28 hari atau menurun 22,979% dari kuat tekan rencana.

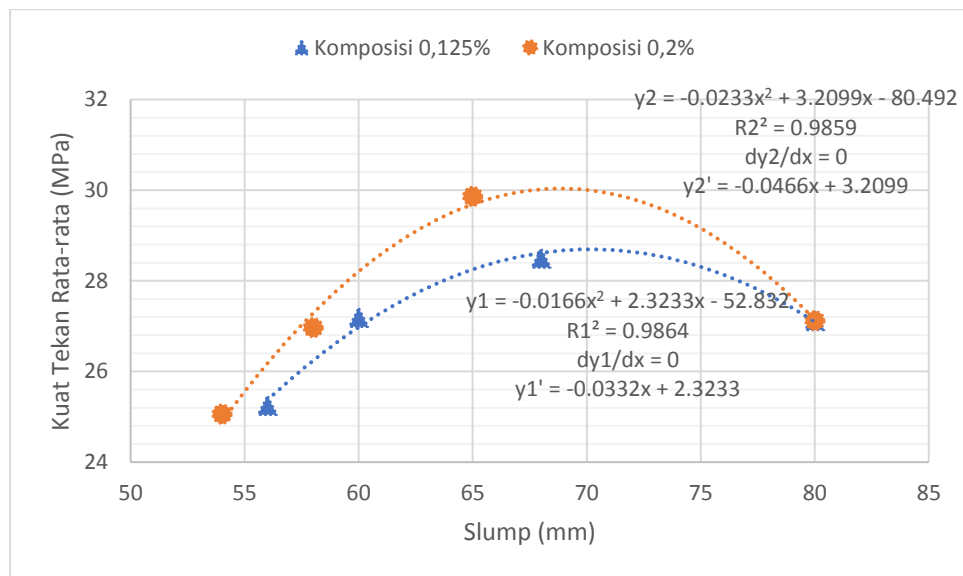
Pada benda uji BV₃-0,2 dengan komposisi sabut kelapa 0,2% dari berat beton normal yang berupa potongan-potongan kecil dengan panjang serat sabut kelapa 3 cm memiliki kuat tekan 29,859 MPa pada umur 28 hari atau menurun 19,300% dari kuat tekan rencana.

Pada benda uji BV₆-0,125 dengan komposisi sabut kelapa 0,125% dari berat beton normal yang berupa potongan-potongan kecil dengan panjang serat sabut kelapa 6 cm memiliki kuat tekan 27,190 MPa pada umur 28 hari atau menurun 26,513% dari kuat tekan rencana.

Pada benda uji BV₆-0,2 dengan komposisi sabut kelapa 0,2% dari berat beton normal yang berupa potongan-potongan kecil dengan panjang serat sabut kelapa 6 cm memiliki kuat tekan 26,960 MPa pada umur 28 hari atau menurun 27,135% dari kuat tekan rencana.

Pada benda uji BV₉-0,125 dengan komposisi sabut kelapa 0,125% dari berat beton normal yang berupa potongan-potongan kecil dengan panjang serat sabut kelapa 9 cm memiliki kuat tekan 25,248 MPa pada umur 28 hari atau menurun 31,762% dari kuat tekan rencana.

Pada benda uji BV₉-0,2 dengan komposisi sabut kelapa 0,2% dari berat beton normal yang berupa potongan-potongan kecil dengan panjang serat sabut kelapa 9 cm memiliki kuat tekan 25,059 MPa pada umur 28 hari atau menurun 32,274% dari kuat tekan rencana. Gambar perbandingan kuat tekan rata-rata dengan nilai *slump* dapat dilihat pada Gambar 5.13 dan grafik kuat tekan rata-rata pada beton dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut ini.



Gambar 5.13 Perbandingan Kuat Tekan Rata-rata Dengan Nilai *Slump*

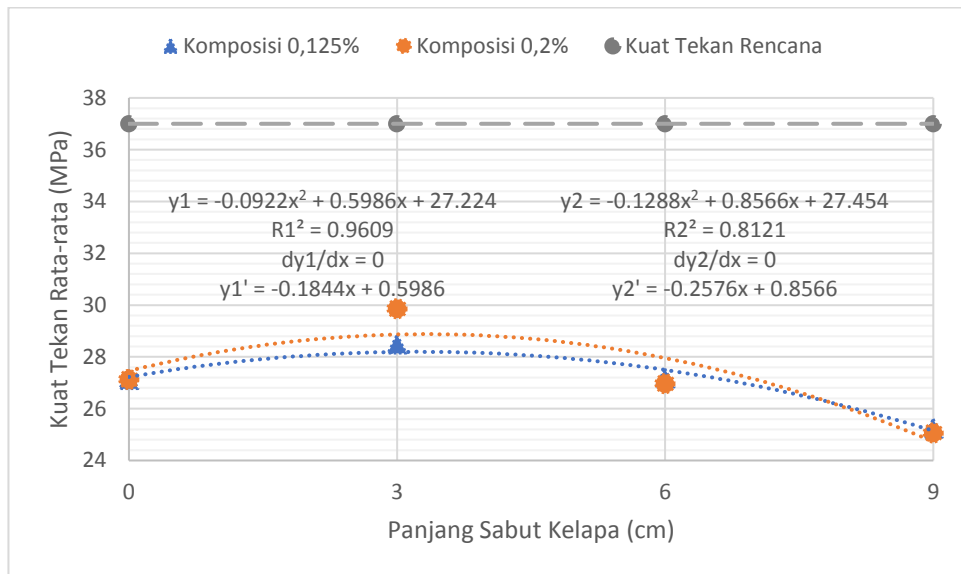
Sumbu simetri suatu fungsi kuadrat dapat dihitung dengan rumus $x = -b/2a$. Dari fungsi kuadrat pada gambar di atas diperoleh untuk $y_1 = -0.0166x^2 + 2.3233x - 52.832$, $a = -0.0166$ dan $b = 2.3233$, maka $x = -(2.3233)/2(-0.0166) = 69,979$. Kemudian, untuk $y_2 = -0.0233x^2 + 3.2099x - 80.492$, $a = -0.0233$ dan $b = 3.2099$, maka $x = -(3.2099)/2(-0.0233) = 68,882$. Untuk nilai titik puncak dari kurva $y(-b/2a)$ adalah $y_1(69,979) = 28,459$ dan $y_2(68,882) = 30,060$. Dari gambar di atas, didapatkan bahwa nilai $R_1^2 = 0,9864$ dan $R_2^2 = 0,9859$, dimana kecocokan model hubungan linier antara dua variabel dikatakan lebih baik kalau R^2 semakin mendekati 1.

Berdasarkan Gambar 5.13 dapat diketahui bahwa, semakin tinggi nilai *slump* pada beton ternyata dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton hingga nilai *slump* tersebut mencapai titik optimumnya. Untuk penambahan komposisi sabut kelapa sebesar 0,125%, titik optimum nilai *slump* adalah 69,979 cm. Kemudian untuk

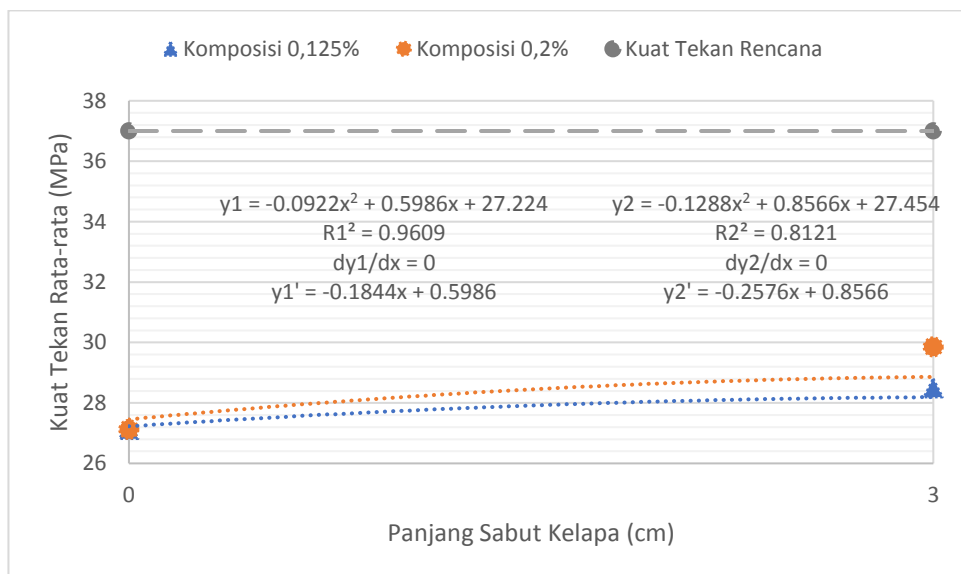
penambahan komposisi sabut kelapa sebesar 0,2%, titik optimum nilai *slump* adalah 68,882 cm.

Namun, peningkatan nilai *slump* juga akan menurunkan kuat tekan pada beton setelah nilai *slump* tersebut melewati titik optimumnya. Hal ini dikarenakan nilai *slump* yang tinggi akan membuat semen menguap setelah beton dikeringkan. Nilai *slump* yang rendah juga akan membuat (*workability*) pengerjaan dan pencampuran adukan beton tersebut menjadi sulit saat dipadatkan, dikarenakan sifat material sabut kelapa yang kering dan cenderung mudah menyerap air. Bentuk serat sabut kelapa yang cukup besar mengakibatkan posisi sebagian volume kerikil tergantikan oleh serat sabut kelapa tersebut sehingga kondisi beton mengalami rongga.

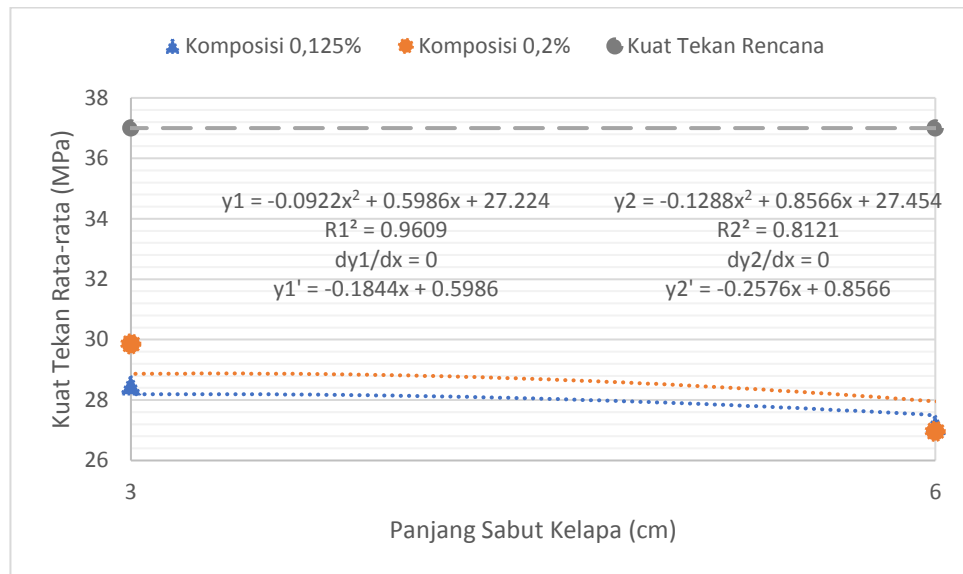
Hal ini berkaitan dengan penelitian yang dilakukan oleh Umar dan Khairil Yanuar (2014) bahwa penambahan sabut kelapa pada adukan beton menyebabkan adukan beton lebih kental sehingga untuk mencapai nilai *slump* yang diisyaratkan, adukan harus ditambah air. Akibatnya faktor air semen menjadi lebih tinggi. Semakin tinggi nilai *fas*, semakin rendah mutu kekuatan beton. namun demikian, nilai *fas* yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakin tinggi. Nilai *fas* yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang pada akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun.



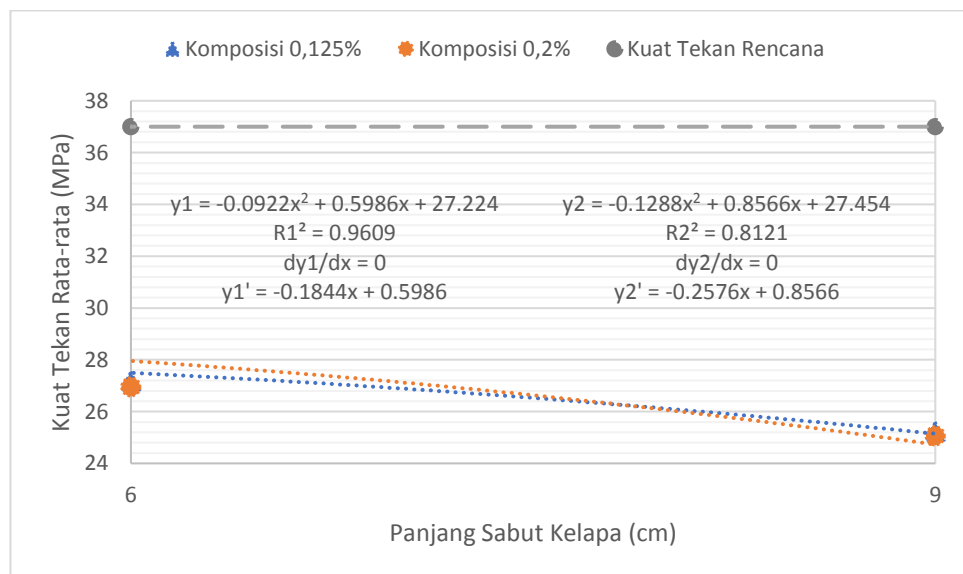
Gambar 5.14 Perbandingan Kuat Tekan Rata-rata Dengan Panjang Sabut Kelapa



Gambar 5.15 Perbandingan Kuat Tekan Rata-rata Dengan Panjang Sabut Kelapa Skala Kecil Dari Panjang Sabut Kelapa 0 cm Hingga 3 cm



Gambar 5.16 Perbandingan Kuat Tekan Rata-rata Dengan Panjang Sabut Kelapa Skala Kecil Dari Panjang Sabut Kelapa 3 cm Hingga 6 cm



Gambar 5.17 Perbandingan Kuat Tekan Rata-rata Dengan Panjang Sabut Kelapa Skala Kecil Dari Panjang Sabut Kelapa 6 cm Hingga 9 cm

Sumbu simetri suatu fungsi kuadrat dapat dihitung dengan rumus $x = -b/2a$. Dari fungsi kuadrat pada gambar di atas diperoleh untuk $y_1 = -0.0922x^2 + 0.5986x + 27.224$, $a = -0.0922$ dan $b = 0.5986$, maka $x = -(0.5986)/2(-0.0922) = 3,246$. Kemudian, untuk $y_2 = -0.1288x^2 + 0.8566x + 27.454$, $a = -0.1288$ dan $b = 0.8566$, maka $x = -(0.8566)/2(-0.1288) = 3,325$. Untuk nilai titik puncak dari kurva $y(-b/2a)$

adalah $y_1(3,246) = 28,196$ dan $y_2(3,325) = 28,878$. Dari gambar di atas, didapatkan bahwa nilai $R_1^2 = 0,9609$ dan $R_2^2 = 0,8121$, dimana kecocokan model hubungan linier antara dua variabel dikatakan lebih baik kalau R^2 semakin mendekati 1.

Berdasarkan Gambar 5.14 dapat diketahui bahwa, penambahan serat sabut kelapa pada campuran beton dengan panjang serat yang berbeda ternyata dapat meningkatkan nilai kuat tekan pada beton hingga panjang serat tersebut mencapai titik optimumnya. Untuk penambahan komposisi sabut kelapa sebesar 0,125%, titik optimum panjang serat sabut kelapa adalah 3,246 cm. Kemudian untuk penambahan komposisi sabut kelapa sebesar 0,2%, titik optimum panjang serat sabut kelapa adalah 3,325 cm.

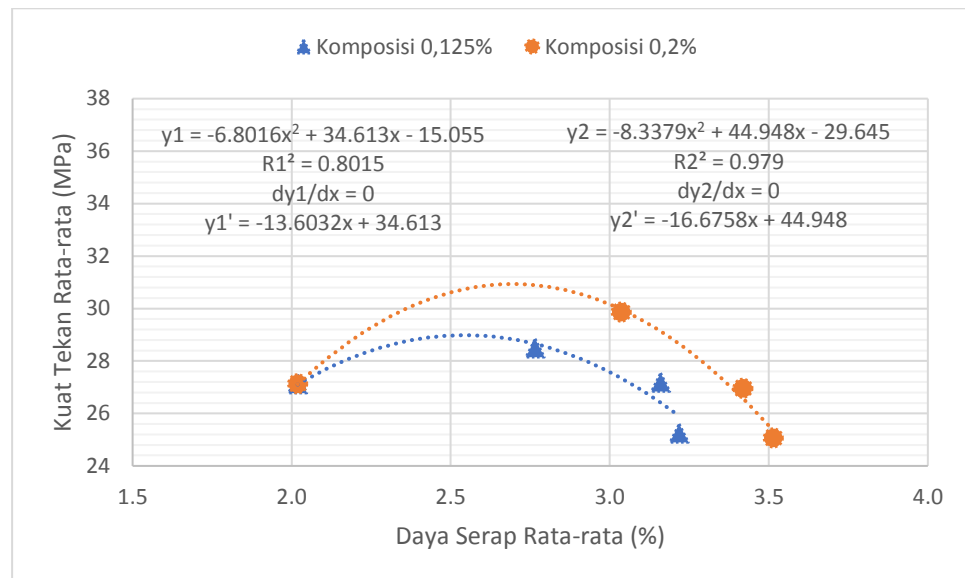
Namun, peningkatan dimensi panjang sabut kelapa pada beton ternyata juga akan menurunkan nilai kuat tekan beton setelah panjang sabut kelapa tersebut melewati titik optimumnya. Dikarenakan kekuatan serat sabut kelapa yang lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan kerikil. Maka hal tersebut mengakibatkan kuat tekan beton akan cenderung menurun pada penambahan ukuran sabut kelapa yang lebih panjang.

Serat sabut kelapa yang memiliki ukuran lebih panjang dibandingkan dengan yang lebih pendek tidak mampu mengisi rongga dengan baik. Semakin banyak bahan tambah yang diberikan ke dalam adukan beton maka akan mengurangi volume beton yang seharusnya diisi oleh pasta semen. Hal ini berakibat ikatan serat dari bahan sabut kelapa dengan campuran beton tidak maksimal.

Pada benda uji BV3-0,2 dengan komposisi sabut kelapa 0,2% dari berat beton normal yang berupa potongan-potongan kecil dengan panjang serat sabut kelapa 3 cm memiliki nilai kuat tekan beton paling tinggi dibandingkan dengan benda uji lainnya yakni sebesar 29,859 MPa atau menurun 19,300% dari kuat tekan rencana minimum.

Hal ini berkaitan dengan penelitian yang dilakukan oleh Tri Wahyudi, dkk (2014) bahwa penurunan nilai kuat tekan tersebut diakibatkan oleh semakin banyaknya serat yang dimasukkan ke dalam adukan beton maka akan mengurangi volume beton yang seharusnya diisi oleh pasta semen. Selain itu kemungkinan penyebabnya ada pada faktor pembuatan benda uji, yaitu tidak meratanya serat

sabut kelapa yang dicampurkan yang terlihat dari bongkahan beton sisa hasil pengujian yang telah hancur.



Gambar 5.18 Perbandingan Kuat Tekan Rata-rata Dengan Daya Serap

Sumbu simetri suatu fungsi kuadrat dapat dihitung dengan rumus $x = -b/2a$. Dari fungsi kuadrat pada gambar di atas diperoleh untuk $y_1 = -6.8016x^2 + 34.613x - 15.055$, $a = -6.8016$ dan $b = 34.613$, maka $x = -(34.613)/2(-6.8016) = 2,544$. Kemudian, untuk $y_2 = -8.3379x^2 + 44.948x - 29.645$, $a = -8.3379$ dan $b = 44.948$, maka $x = -(44.948)/2(-8.3379) = 2,695$. Untuk nilai titik puncak dari kurva $y(-b/2a)$ adalah $y_1(2,544) = 28,981$ dan $y_2(2,695) = 30,931$. Dari gambar di atas, didapatkan bahwa nilai $R_1^2 = 0,8015$ dan $R_2^2 = 0,979$, dimana kecocokan model hubungan linier antara dua variabel dikatakan lebih baik kalau R^2 semakin mendekati 1.

Berdasarkan Gambar 5.18 dapat diketahui bahwa semakin tinggi penyerapan air pada beton, ternyata dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton hingga daya serap air tersebut mencapai titik optimumnya. Untuk penambahan komposisi sabut kelapa sebesar 0,125%, titik optimum daya serap air adalah 2,544%. Kemudian untuk penambahan komposisi sabut kelapa sebesar 0,2%, titik optimum daya serap air adalah 2,695%.

Namun, peningkatan nilai daya serap air pada beton juga akan menurunkan kuat tekan beton setelah daya serap air tersebut melewati titik optimumnya. Dengan terjadinya penyerapan air yang besar maka kualitas beton akan semakin menurun.

Kemudian reaksi yang terjadi antara bahan tambah sabut kelapa dengan campuran beton merupakan reaksi fisika. Dengan menghilangnya bahan material air, bahan tambah sabut kelapa tidak akan ikut hilang, yang artinya reaksi tersebut hanya merubah bentuk bahan pencampuran tetapi tidak menghasilkan zat baru pada campuran tersebut.

Hal ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Eduardi, dkk (2015) dimana kuat tekan optimal beton terdapat pada variasi sabut kelapa 1,5% yaitu sebesar 44,1 MPa dibandingkan dengan beton normal yaitu sebesar 40,4 MPa atau mengalami peningkatan 9,158%. Perbedaan disebabkan karena pada penelitian Eduardi, dkk (2015) menggunakan persentase serat sabut kelapa yang lebih tinggi dan mutu beton yang tinggi dengan tujuan menghasilkan komposisi beton yang lebih baik dalam menahan beban dengan kadar serat sabut kelapa yang lebih banyak dan kualitas beton yang lebih tinggi.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil pengujian dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa penambahan serat sabut kelapa pada campuran beton dengan persentase dan panjang serat yang berbeda ternyata dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton dari kuat tekan awal yaitu 25 MPa. Namun, kuat tekan rencana minimum yaitu sebesar 37 MPa tidak dapat dicapai.
2. Pada benda uji BV3-0,2 dengan komposisi sabut kelapa 0,2% dari berat beton normal yang berupa potongan-potongan kecil dengan panjang serat sabut kelapa 3 cm memiliki nilai kuat tekan beton paling tinggi dibandingkan dengan benda uji lainnya yakni sebesar 29,859 MPa atau menurun 19,300% dari kuat tekan rencana minimum.
3. Penambahan serat sabut kelapa pada campuran beton dengan panjang serat yang berbeda ternyata dapat meningkatkan nilai kuat tekan pada beton hingga panjang serat tersebut mencapai titik optimumnya. Untuk penambahan sabut kelapa 0,125%, titik optimum panjang serat sabut kelapa adalah 3,246 cm. Kemudian untuk penambahan sabut kelapa 0,2%, titik optimum panjang serat sabut kelapa adalah 3,325 cm. Namun, peningkatan panjang serat sabut kelapa juga akan menurunkan nilai kuat tekan pada beton setelah panjang serat sabut kelapa tersebut melewati titik optimumnya. Dikarenakan kekuatan serat sabut kelapa yang lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan kerikil.
4. Peningkatan daya serap air pada beton ternyata dapat meningkatkan nilai kuat tekan beton hingga daya serap air tersebut mencapai titik optimumnya. Untuk penambahan sabut kelapa 0,125%, titik optimum daya serap air adalah 2,544%. Kemudian untuk penambahan sabut kelapa 0,2%, titik optimum daya serap air adalah 2,695%. Namun, peningkatan nilai daya serap air pada beton

juga akan menurunkan kuat tekan beton setelah daya serap air tersebut melewati titik optimumnya. Semakin banyak pori-pori yang terkandung dalam benda uji maka semakin besar penyerapan airnya sehingga ketahanan dan kuat tekannya akan berkurang.

6.2 Saran

Berdasarkan uraian pada pembahasan dan hasil penelitian ternyata masih banyak kekurangan dari penelitian ini, maka untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik lagi dapat diperhatikan beberapa hal berikut ini.

1. Dalam pembuatan beton pengerjaannya hendaknya harus sangat teliti dan ketat, agar diperoleh sampel yang baik maka perlu diperhatikan pada saat pengadukan dan pemadatan. Karena apabila dalam pemadatan tidak baik, sampel akan mengalami keropos dan ini akan sangat mempengaruhi hasil uji.
2. Pada penelitian selanjutnya, sebaiknya digunakan semen PC Tipe I untuk mendapatkan kuat tekan awal rencana yang baik. Dikarenakan pada penelitian ini menggunakan semen PPC Tipe II, sehingga kebutuhan semennya seharusnya lebih banyak dari semen Tipe I untuk nilai kuat tekan yang sama.
3. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya dengan variasi panjang serat dan komposisi serat yang berbeda, untuk mendapatkan nilai yang optimal.
4. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya pada saat pengujian kuat tekan beton juga diuji regangan dan tegangannya serta dapat dilakukan pengujian sifat mekanik beton yang lain seperti kuat tarik dan kuat lentur beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, A., 2001, *Struktur Beton Lanjut*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Astawa, Made Dharma, 2001, *Studi Perilaku Mekanisme Lentur Belon Fiber Beneser Komposit Mutu Tinggi*, Tesis Program Pasca Sarjana Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Badan Standardisasi Nasional, 2000, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, SNI 03-2834-2000, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2000, *Semen Portland*. SNI 15-2049-2000, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. SNI 2847 – 2002, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2004, *Semen Portland Pozolan*. SNI 15-2049-2004, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2011, *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*, SNI 1974-2011, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2013, *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847-2013, Jakarta.
- Dipohusodo, I., 1994, *Struktur Beton Bertulang*, PT Gramedia Pustaka, Jakarta.
- Jonathan, Sarwono, 2006, *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Marpaung, R.R. dan Karolina, R., 2014, *Pengaruh Penambahan Sabut Kelapa Pada Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan Dan Sebagai Peredam Suara*, Jurnal Dinamika Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Murdock, L.J. dan Brook, K.M., 2003, *Bahan dan Praktek Beton*, Erlangga, Jakarta.
- Mulyono, T., 2004, *Teknologi Beton*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Mulyono, T., 2006, *Teknologi Beton*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- PBI, 1971, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Bandung.

- Prahara, E., Liong G. T. dan Rachmansyah, 2015, *Analisa Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Dalam Presentase Tertentu Pada Beton Mutu Tinggi*, Jurnal Dinamika Teknik Sipil, Universitas Binus, Jakarta.
- Rustendi, Iwan, 2004, *Pengaruh Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Material Serat Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton*, Jurnal Dinamika Teknik Sipil, Universitas Wijayakusuma, Purwokerto.
- Soroushian and Bayasi, Z., 1987. *Concept of Fiber Reinforced Concrete, Proceeding of The International Seminar on Fiber Reinforced Concrete*, Michigan: Michigan State University, USA.
- Suhardiyono, L., 1988, *Tanaman Kelapa, Budidaya dan Pemanfaatannya*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K., 1992. *Teknologi Beton*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K., 2000. *Pengujian Mekanik Laboratorium Beton Pasca Bakar*, Nafri, Yogyakarta.
- Tjokrodinuljo, K., 2007, *Teknologi Beton*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Tri Wahyudi, Bambang Edison dan Anton Ariyanto, 2014, *Penggunaan Ijuk Dan Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Pada Beton K-100*, Universitas Pasir Pengairan, Riau.
- Umar dan Khairil Yanuar, 2014, *Pengaruh Penambahan Kadar Serabut Kelapa Pada Silinder Beton $f'c$ 27,5 MPa*, Politeknik Negeri Banjarmasin, Kalimantan Selatan.
- Universitas Islam Indonesia, 2016, *Buku Panduan Praktikum Teknologi Bahan Konstruksi*, Yogyakarta.
- Wang, C.K. dan Salmon, C.G., 1990, *Desain Beton Bertulang*, Terjemahan oleh Binsar Hariandja, Erlangga, Jakarta.
- Wicaksono, Imam Agung, 2005, *Tinjauan Permeabilitas Beton Kedap Air Sistem Integral dengan Bahan Tambah Cebex-031 dan Conplast-X421M*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Laporan Sementara Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS (SNI 03-1970-1990)

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	495.8
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1025.5
Berat piknometer berisi air, gram (B)	707.9
Berat jenis curah ($Bk/(B + 500 - Bt)$)	2.718
Berat jenis kering muka ($500/(B + 500 - Bt)$)	2.741
Berat jenis semu, $Bk/(B + Bk - Bt)$	2.782
Penyerapan air, $(500 - Bk)/Bk \times 100\%$	0.847%

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 2 Laporan Sementara Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT KASAR (SNI 03-1969-1990)

Uraian	Hasil Pengamatan
Berat kerikil kering mutlak, gram (Bk)	4956
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka (SSD), gram (Bj)	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	3050
Berat jenis curah, (Bk/Bj- Ba)	2.542
Berat jenis jenuh kering muka, (Bj/Bj- Ba)	2.564
Berat jenis semu, (Bk/Bk- Ba)	2.600
Penyerapan air, $(Bj - Bk)/Bk \times 100\%$	0.888%

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 3 Laporan Sementara Analisis Saringan Agregat Halus



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS (SNI 03-1968-1990)

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	0	0	0	100
10,00	0	0	0	100
4,80	82.5	4.123	4.123	95.877
2,40	152.1	7.601	11.723	88.277
1,20	296.9	14.836	26.560	73.440
0,60	580.15	28.991	55.551	44.449
0,30	294.1	14.697	70.247	29.753
0,15	420.7	21.023	91.270	8.730
Pan	174.7	8.730	100	0
Jumlah	2001.15	100	259.473	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{259.473}{100} = 2,595$$

GRADASI PASIR

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan			
	Daerah 1	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10,00	100	100	100	100
4,80	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Lampiran 3 Laporan Sementara Analisis Saringan Agregat Halus



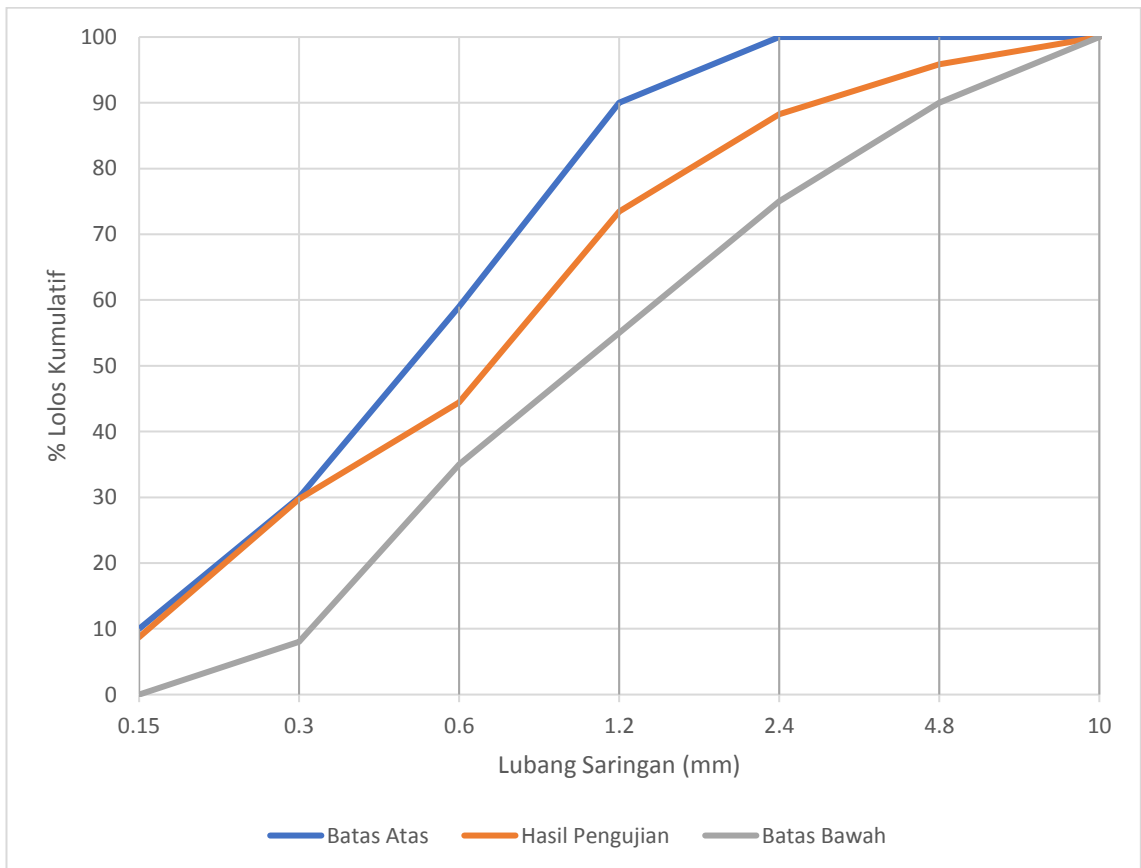
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS (SNI 03-1968-1990)

Hasil Analisa Saringan:

- Pasir masuk daerah : II
- Jenis Pasir : Pasir Agak Kasar

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS



Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:

.....

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 4 Laporan Sementara Analisis Saringan Agregat Kasar



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR (SNI 03-1968-1990)

Lubang Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	160.95	3.218	3.218	96.782
10,00	2236.3	44.706	47.923	52.077
4,80	2243.2	44.844	92.767	7.233
2,40	202.8	4.054	96.821	3.179
1,20	50.2	1.004	97.825	2.175
0,60	0	0	97.825	2.175
0,30	0	0	97.825	2.175
0,15	0	0	97.825	2.175
Pan	108.8	2.17502124	100	0
Jumlah	5002.25	100	632.030	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{655,257}{100} = 6,553$$

GRADASI KERIKIL

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan / Besar Butiran Maksimum	
	40 mm	20 mm
40,00	95-100	100
20,00	30-70	95-100
10,00	10-35	25-55
4,80	0-5	0-10

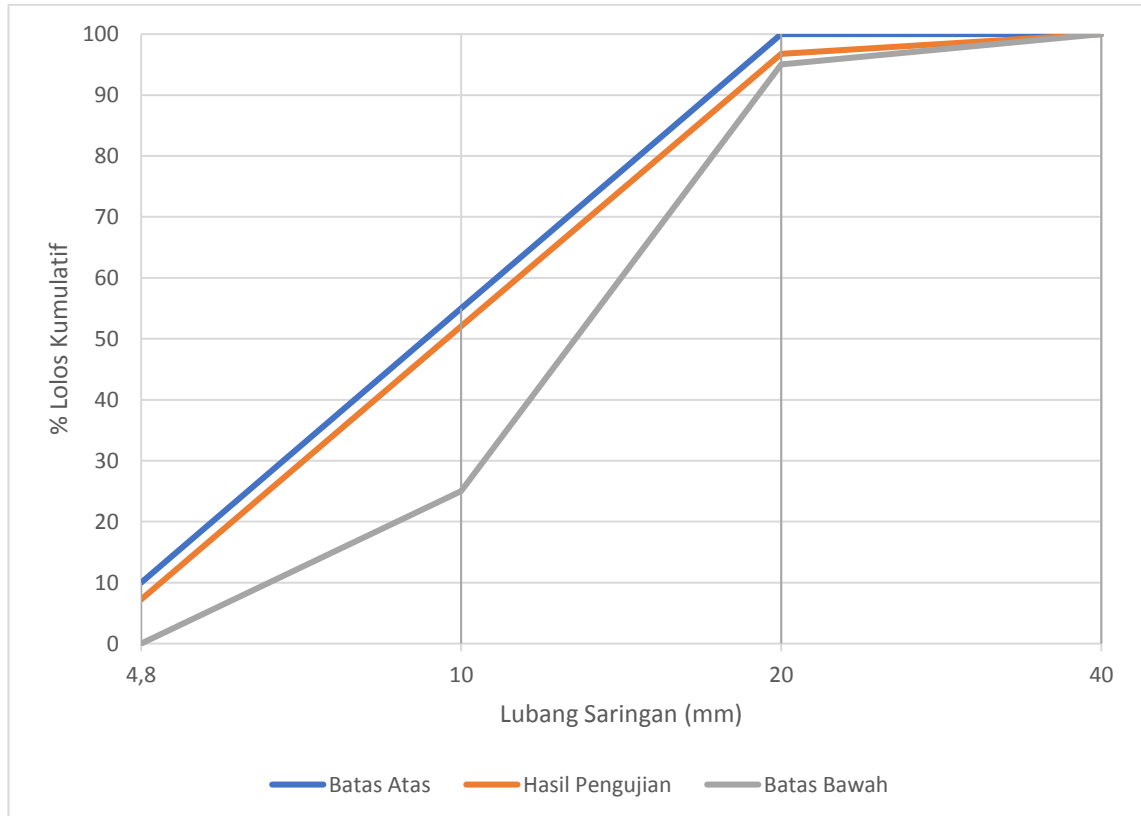
Lampiran 4 Laporan Sementara Analisis Saringan Agregat Kasar



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR (SNI 03-1968-1990)

GAMBAR ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR



Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 5 Laporan Sementara Pemeriksaan Berat Isi Gembur Agregat Halus



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT HALUS (SNI 03-4804-1998)

Uraian		Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W1)	gram	11000
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	gram	18700
Berat Agregat (W3)	gram	7700
Volume Tabung (V)	cm ³	5301.438
Berat Volume Gembur (W3/V)	gram/ cm ³	1.452

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 6 Laporan Sementara Pemeriksaan Berat Isi Padat Agregat Halus



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT HALUS (SNI 03-4804-1998)

Uraian		Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W1)	gram	11000
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	gram	19500
Berat Agregat (W3)	gram	8500
Volume Tabung (V)	cm ³	5301.438
Berat Volume Padat (W3/V)	gram/ cm ³	1.603

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 7 Laporan Sementara Pemeriksaan Berat Isi Gembur Agregat Kasar



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT ISI GEMBUR AGREGAT KASAR (SNI 03-4804-1998)

Uraian		Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W1)	gram	10800
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	gram	17200
Berat Agregat (W3)	gram	6400
Volume Tabung (V)	cm ³	5301.438
Berat Volume Gembur (W3/V)	gram/ cm ³	1.207

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 8 Laporan Sementara Pemeriksaan Berat Isi Padat Agregat Kasar



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT ISI PADAT AGREGAT KASAR (SNI 03-4804-1998)

Uraian		Hasil Pengamatan
Berat Tabung (W1)	gram	10800
Berat Tabung + Agregat SSD (W2)	gram	18000
Berat Agregat (W3)	gram	7200
Volume Tabung (V)	cm ³	5301.438
Berat Volume Padat (W3/V)	gram/ cm ³	1.358

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 9 Laporan Sementara Uji Kandungan Lumpur dalam Pasir



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BUTIRAN YANG LOLOS AYAKAN NO. 200 / UJI KANDUNGAN LUMPUR DALAM PASIR (SNI 03-4142-1996)

Ukuran Butir Maksimum	Berat Minimum	Keterangan
4,80 mm	500 gram	Pasir
9,60 mm	1000 gram	Kerikil
19,20 mm	1500 gram	Kerikil
38,00 mm	2500 gram	Kerikil

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Agregat Kering Oven (W1) gram	500	500	500
Berat Agregat Kering Oven Setelah Dicuci (W2) gram	494.7	493.8	494.25
Persentase Yang Lolos Ayakan No 200 [(W1-W2)/W1]X100%	1.06	1.24	1.15

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 10 Formulir Perencanaan Campuran Beton



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

FORMULIR PERENCANAAN CAMPURAN BETON METODE SNI (SNI 03-2834-2000)

No	Uraian	Nilai	Satuan	Tabel/Grafik/Hitungan
1	Kuat Tekan Beton yang disyaratkan	25	MPa	ditetapkan
2	Deviasi Standar (s)	-		
3	Nilai Tambah/Margin (M)	12		
4	Kuat Tekan Beton Rata-rata yang ditargetkan	37	MPa	(1)+(3)
5	Jenis Semen	Type I		ditetapkan
6	Jenis Agregat Kasar	Batu Pecah		ditetapkan
	Jenis Agregat Halus	Alami		ditetapkan
7	Faktor Air Semen Bebas	0,44		tabel 2 dan grafik 1 dan 2
	Faktor Air Semen maksimum	0,6		
8	Faktor Air Semen yang digunakan	0,44		
9	Slump	75-150	mm	ditetapkan
10	Ukuran Agregat maksimum	20	mm	ditetapkan
11	Kadar air bebas	205	kg/m ³	tabel 3
12	Kadar Semen	465,91	kg/m ³	(11):(8)
13	Kadar Semen maksimum	-		
14	Kadar Semen minimum	325	kg/m ³	tabel 4
15	Kadar Semen digunakan	465,91	kg/m ³	
16	Faktor Air Semen disesuaikan	0,44		
17	Susunan Besar Butir Agregat Halus	Daerah II		Daerah Gradasi
18	Berat Jenis Agregat Kasar	2,56		
	Berat Jenis Agregat Halus	2,74		
19	Persen Agregat Halus	45	%	grafik 13 / 14/ 15
20	Berat Jenis relatif Agregat (gabungan) SSD	2,64		
21	Berat isi beton	2375	kg	grafik 16
22	Kadar Agregat Gabungan	1704,09	kg/m ³	(21)-(15)-(11)
23	Kadar Agregat Halus	766,84	kg/m ³	(19)x(22)
24	Kadar Agregat Kasar	937,25	kg/m ³	(22)-(23)

		Semen (kg)	Air (kg)	Agregat	
				Halus (kg)	Kasar (kg)
25	Proporsi Campuran teoritis (Agregat Kondisi SSD)				
	• Setiap m ³	465,91	205	766,84	937,25
	• Setiap campuran uji : 0,005301 m ³	2,47	1,09	4,06	4,97
26	Proporsi Campuran dengan angka penyusutan : 20%				
	• Setiap m ³	558,34	244,49	923,61	1123,95
	• Setiap campuran uji : 0,005301 m ³	2,96	1,30	4,89	5,96

Lampiran 11 Laporan Sementara Pengamatan Percobaan Adukan Beton



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN PERCOBAAN ADUKAN BETON

(SNI 03-2493-2002 & SNI 03-1973-1990)

I. Bahan-bahan

Semen (merk/jenis)	: Gresik	berat 11,86 kg
Pasir (asal)	: Kali Kuning	berat 19,51 kg
Kerikil/Split (asal)	: Kali Kuning	berat 23,85 kg
Air (asal)	: Laboratorium BKT UII	berat 5,22 kg
Addetive (merk/tipe)	: -	

II. Alat-alat

- Pemeriksaan SSD Pasir : Kerucut Konus dia. atas 1,5", bawah 5", tinggi 3", dan alat tumbuk
- Uji Slam : Kerucut Abram dia. atas 10 cm, bawah 20 cm, tinggi 30 cm, dan alat tumbuk
- Mixer Beton, Sekop, Ember, Cetakan Silinder, Gelas Ukur, Pipet, dll.

Ukuran dan Berat Cetakan:

Uraian		BN A	BN B	BN C	BU D
Diameter	cm	15,01	15,02	15,03	15,01
Tinggi	cm	30	30,2	30,1	30,2
Berat Cetakan Kosong	kg	11,1	11	10,9	11
Berat Cetakan + Beton	kg	23,5	23,4	23,6	23,7

III. Hasil Percobaan

- Nilai Slam : 8,0 cm Slam yang direncanakan : 7,5-15 cm
- Penambahan Air : 0 cc Sisa Air : 0 cc
- Cara Perawatan : direndam
- Hasil Pembuatan Benda Uji Beton : halus tanpa pori

Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:

.....

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 11 Laporan Sementara Pengamatan Percobaan Adukan Beton



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN PERCOBAAN ADUKAN BETON (SNI 03-2493-2002 & SNI 03-1973-1990)

I. Bahan-bahan

Semen (merk/jenis)	: Gresik	berat 11,86 kg
Pasir (asal)	: Kali Kuning	berat 19,51 kg
Kerikil/Split (asal)	: Kali Kuning	berat 23,85 kg
Air (asal)	: Laboratorium BKT UII	berat 5,22 kg
Addetive (merk/tipe)	: Sabut Kelapa	berat 0,0755 kg panjang 3 cm

II. Alat-alat

- Pemeriksaan SSD Pasir : Kerucut Konus dia. atas 1,5", bawah 5", tinggi 3", dan alat tumbuk
- Uji Slam : Kerucut Abram dia. atas 10 cm, bawah 20 cm, tinggi 30 cm, dan alat tumbuk
- Mixer Beton, Sekop, Ember, Cetakan Silinder, Gelas Ukur, Pipet, dll.

Ukuran dan Berat Cetakan:

Uraian		BV _{3-0,125}	BV _{3-0,125}	BV _{3-0,125}	BV _{3-0,125}
		A	B	C	D
Diameter	cm	15,03	15,03	15,05	15,04
Tinggi	cm	30	30,1	30,1	30
Berat Cetakan Kosong	kg	11	11,1	11	10,9
Berat Cetakan + Beton	kg	23,5	23,7	23,5	23,6

III. Hasil Percobaan

- Nilai Slam : 5,0 cm Slam yang direncanakan : 7,5-15 cm
- Penambahan Air : 0 cc Sisa Air : 0 cc
- Cara Perawatan : direndam
- Hasil Pembuatan Benda Uji Beton : halus tanpa pori

Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:

.....

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 11 Laporan Sementara Pengamatan Percobaan Adukan Beton



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN PERCOBAAN ADUKAN BETON (SNI 03-2493-2002 & SNI 03-1973-1990)

I. Bahan-bahan

Semen (merk/jenis)	: Gresik	berat 11,86 kg
Pasir (asal)	: Kali Kuning	berat 19,51 kg
Kerikil/Split (asal)	: Kali Kuning	berat 23,85 kg
Air (asal)	: Laboratorium BKT UII	berat 5,22 kg
Addetive (merk/tipe)	: Sabut Kelapa	berat 0,1209 kg panjang 3 cm

II. Alat-alat

- Pemeriksaan SSD Pasir : Kerucut Konus dia. atas 1,5", bawah 5", tinggi 3", dan alat tumbuk
- Uji Slam : Kerucut Abram dia. atas 10 cm, bawah 20 cm, tinggi 30 cm, dan alat tumbuk
- Mixer Beton, Sekop, Ember, Cetakan Silinder, Gelas Ukur, Pipet, dll.

Ukuran dan Berat Cetakan:

Uraian		BV _{3-0,2} A	BV _{3-0,2} B	BV _{3-0,2} C	BV _{3-0,2} D
Diameter	cm	15,04	15,03	15,03	15,03
Tinggi	cm	30	30,1	30	30,1
Berat Cetakan Kosong	kg	11	10,9	11	11
Berat Cetakan + Beton	kg	23,6	23,8	23,5	23,7

III. Hasil Percobaan

- Nilai Slam : 4,5 cm Slam yang direncanakan : 7,5-15 cm
- Penambahan Air : 0 cc Sisa Air : 0 cc
- Cara Perawatan : direndam
- Hasil Pembuatan Benda Uji Beton : halus tanpa pori

Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:

.....

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 11 Laporan Sementara Pengamatan Percobaan Adukan Beton



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN PERCOBAAN ADUKAN BETON (SNI 03-2493-2002 & SNI 03-1973-1990)

I. Bahan-bahan

Semen (merk/jenis)	: Gresik	berat 11,86 kg
Pasir (asal)	: Kali Kuning	berat 19,51 kg
Kerikil/Split (asal)	: Kali Kuning	berat 23,85 kg
Air (asal)	: Laboratorium BKT UII	berat 5,22 kg
Additive (merk/tipe)	: Sabut Kelapa	berat 0,1209 kg panjang 6 cm

II. Alat-alat

- Pemeriksaan SSD Pasir : Kerucut Konus dia. atas 1,5", bawah 5", tinggi 3", dan alat tumbuk
- Uji Slam : Kerucut Abram dia. atas 10 cm, bawah 20 cm, tinggi 30 cm, dan alat tumbuk
- Mixer Beton, Sekop, Ember, Cetakan Silinder, Gelas Ukur, Pipet, dll.

Ukuran dan Berat Cetakan:

Uraian		BV _{6-0,2} A	BV _{6-0,2} B	BV _{6-0,2} C	BV _{6-0,2} D
Diameter	cm	15,04	15,02	15,02	15,04
Tinggi	cm	30,2	30,1	30,2	30
Berat Cetakan Kosong	kg	11	11,2	10,9	11,1
Berat Cetakan + Beton	kg	23,3	23,6	23,1	23,3

III. Hasil Percobaan

- Nilai Slam : 4,2 cm Slam yang direncanakan : 7,5-15 cm
- Penambahan Air : 0 cc Sisa Air : 0 cc
- Cara Perawatan : direndam
- Hasil Pembuatan Benda Uji Beton : berpori

Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:

.....

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 11 Laporan Sementara Pengamatan Percobaan Adukan Beton



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN PERCOBAAN ADUKAN BETON (SNI 03-2493-2002 & SNI 03-1973-1990)

I. Bahan-bahan

Semen (merk/jenis)	: Gresik	berat 11,86 kg
Pasir (asal)	: Kali Kuning	berat 19,51 kg
Kerikil/Split (asal)	: Kali Kuning	berat 23,85 kg
Air (asal)	: Laboratorium BKT UII	berat 5,22 kg
Additive (merk/tipe)	: Sabut Kelapa	berat 0,0755 kg panjang 9 cm

II. Alat-alat

- Pemeriksaan SSD Pasir : Kerucut Konus dia. atas 1,5", bawah 5", tinggi 3", dan alat tumbuk
- Uji Slam : Kerucut Abram dia. atas 10 cm, bawah 20 cm, tinggi 30 cm, dan alat tumbuk
- Mixer Beton, Sekop, Ember, Cetakan Silinder, Gelas Ukur, Pipet, dll.

Ukuran dan Berat Cetakan:

Uraian		BV _{9-0,125} A	BV _{9-0,125} B	BV _{9-0,125} C	BV _{9-0,125} D
Diameter	cm	15,01	15,01	15,02	15,04
Tinggi	cm	30	30	30,2	30,2
Berat Cetakan Kosong	kg	11,1	10,9	11	11
Berat Cetakan + Beton	kg	23,6	23,1	23,2	23,2

III. Hasil Percobaan

- Nilai Slam : 4,5 cm Slam yang direncanakan : 7,5-15 cm
- Penambahan Air : 0 cc Sisa Air : 0 cc
- Cara Perawatan : direndam
- Hasil Pembuatan Benda Uji Beton : berpori

Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:

.....

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 11 Laporan Sementara Pengamatan Percobaan Adukan Beton



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN PERCOBAAN ADUKAN BETON (SNI 03-2493-2002 & SNI 03-1973-1990)

I. Bahan-bahan

Semen (merk/jenis)	: Gresik	berat 11,86 kg
Pasir (asal)	: Kali Kuning	berat 19,51 kg
Kerikil/Split (asal)	: Kali Kuning	berat 23,85 kg
Air (asal)	: Laboratorium BKT UII	berat 5,22 kg
Additive (merk/tipe)	: Sabut Kelapa	berat 0,1209 kg panjang 9 cm

II. Alat-alat

- Pemeriksaan SSD Pasir : Kerucut Konus dia. atas 1,5", bawah 5", tinggi 3", dan alat tumbuk
- Uji Slam : Kerucut Abram dia. atas 10 cm, bawah 20 cm, tinggi 30 cm, dan alat tumbuk
- Mixer Beton, Sekop, Ember, Cetakan Silinder, Gelas Ukur, Pipet, dll.

Ukuran dan Berat Cetakan:

Uraian		BV _{9-0,2} A	BV _{9-0,2} B	BV _{9-0,2} C	BV _{9-0,2} D
Diameter	cm	15,02	15,02	15,01	15,04
Tinggi	cm	30	30	30,2	30,2
Berat Cetakan Kosong	kg	11	11	10,9	11,1
Berat Cetakan + Beton	kg	23,2	23,2	23,2	23,3

III. Hasil Percobaan

- Nilai Slam : 40 cm Slam yang direncanakan : 7,5-15 cm
- Penambahan Air : 0 cc Sisa Air : 0 cc
- Cara Perawatan : direndam
- Hasil Pembuatan Benda Uji Beton : berpori

Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:

.....

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 12 Laporan Sementara Pengamatan Uji Desak Silinder Beton



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK SILINDER BETON\\ (SNI 03-1974-1990)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana $f'c = 25$ MPa

Benda uji dibuat tanggal 17 Juli 2017, diuji tanggal 14 Agustus 2017

Dimensi benda uji

Uraian		BN A	BN B	BN C	BN D
Diameter	cm	15,01	15,02	15,03	15,01
Tinggi	cm	30	30,2	30,1	30,2

II. Data Pengujian

Uraian		BN A	BN B	BN C	BN D
Beban Maksimum	kN	467	485	475	495
Lama Pengujian	detik	106	110	108	111
Kuat Desak	MPa	26,388	27,372	26,772	27,955

III. Kesimpulan

- Jumlah kerikil yang lepas dengan yang pecah : lebih sedikit
- Kerikil yang pecah : padat

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 12 Laporan Sementara Pengamatan Uji Desak Silinder Beton



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK SILINDER BETON\\ (SNI 03-1974-1990)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana $f'c = 25$ MPa

Benda uji dibuat tanggal 17 Juli 2017, diuji tanggal 14 Agustus 2017

Dimensi benda uji

Uraian		BV ₃₋₀₁₂₅ A	BV ₃₋₀₁₂₅ B	BV ₃₋₀₁₂₅ C	BV ₃₋₀₁₂₅ D
Diameter	cm	15,03	15,03	15,05	15,04
Tinggi	cm	30	30,1	30,1	30

II. Data Pengujian

Uraian		BV ₃₋₀₁₂₅ A	BV ₃₋₀₁₂₅ B	BV ₃₋₀₁₂₅ C	BV ₃₋₀₁₂₅ D
Beban Maksimum	kN	500	510	490	525
Lama Pengujian	detik	112	116	100	121
Kuat Desak	MPa	28,174	28,756	27,530	29,531

III. Kesimpulan

- Jumlah kerikil yang lepas dengan yang pecah : lebih sedikit
- Kerikil yang pecah : padat

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 12 Laporan Sementara Pengamatan Uji Desak Silinder Beton



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK SILINDER BETON\\ (SNI 03-1974-1990)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana $f'c = 25$ MPa

Benda uji dibuat tanggal 17 Juli 2017, diuji tanggal 14 Agustus 2017

Dimensi benda uji

Uraian		BV ₃₋₀₂ A	BV ₃₋₀₂ B	BV ₃₋₀₂ C	BV ₃₋₀₂ D
Diameter	cm	15,04	15,03	15,03	15,03
Tinggi	cm	30	30,1	30	30,1

II. Data Pengujian

Uraian		BV ₃₋₀₂ A	BV ₃₋₀₂ B	BV ₃₋₀₂ C	BV ₃₋₀₂ D
Beban Maksimum	kN	540	550	495	535
Lama Pengujian	detik	128	130	102	126
Kuat Desak	MPa	30,399	30,983	27,903	30,150

III. Kesimpulan

- Jumlah kerikil yang lepas dengan yang pecah : lebih sedikit
- Kerikil yang pecah : padat

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 12 Laporan Sementara Pengamatan Uji Desak Silinder Beton



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK SILINDER BETON\\ (SNI 03-1974-1990)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana $f'c = 25$ MPa

Benda uji dibuat tanggal 17 Juli 2017, diuji tanggal 14 Agustus 2017

Dimensi benda uji

Uraian		BV ₆₋₀₁₂₅ A	BV ₆₋₀₁₂₅ B	BV ₆₋₀₁₂₅ C	BV ₆₋₀₁₂₅ D
Diameter	cm	15,03	15,02	15,04	15,04
Tinggi	cm	30	30	30,2	30,2

II. Data Pengujian

Uraian		BV ₆₋₀₁₂₅ A	BV ₆₋₀₁₂₅ B	BV ₆₋₀₁₂₅ C	BV ₆₋₀₁₂₅ D
Beban Maksimum	kN	470	485	495	480
Lama Pengujian	detik	103	106	109	104
Kuat Desak	MPa	26,505	27,376	27,855	27,025

III. Kesimpulan

- Jumlah kerikil yang lepas dengan yang pecah : lebih sedikit
- Kerikil yang pecah : padat

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 12 Laporan Sementara Pengamatan Uji Desak Silinder Beton



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK SILINDER BETON\\ (SNI 03-1974-1990)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana $f'c = 25$ MPa

Benda uji dibuat tanggal 17 Juli 2017, diuji tanggal 14 Agustus 2017

Dimensi benda uji

Uraian		BV ₆₋₀₂ A	BV ₆₋₀₂ B	BV ₆₋₀₂ C	BV ₆₋₀₂ D
Diameter	cm	15,04	15,02	15,02	15,04
Tinggi	cm	30,2	30,1	30,2	30

II. Data Pengujian

Uraian		BV ₆₋₀₂ A	BV ₆₋₀₂ B	BV ₆₋₀₂ C	BV ₆₋₀₂ D
Beban Maksimum	kN	493	480	475	465
Lama Pengujian	detik	104	102	100	96
Kuat Desak	MPa	27,765	27,083	26,822	26,170

III. Kesimpulan

- Jumlah kerikil yang lepas dengan yang pecah : lebih sedikit
- Kerikil yang pecah : padat

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 12 Laporan Sementara Pengamatan Uji Desak Silinder Beton



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK SILINDER BETON\\ (SNI 03-1974-1990)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana $f'c = 25$ MPa

Benda uji dibuat tanggal 17 Juli 2017, diuji tanggal 14 Agustus 2017

Dimensi benda uji

Uraian		BV ₉₋₀₁₂₅ A	BV ₉₋₀₁₂₅ B	BV ₉₋₀₁₂₅ C	BV ₉₋₀₁₂₅ D
Diameter	cm	15,01	15,01	15,02	15,04
Tinggi	cm	30	30	30,2	30,2

II. Data Pengujian

Uraian		BV ₉₋₀₁₂₅ A	BV ₉₋₀₁₂₅ B	BV ₉₋₀₁₂₅ C	BV ₉₋₀₁₂₅ D
Beban Maksimum	kN	455	445	450	440
Lama Pengujian	detik	95	94	96	93
Kuat Desak	MPa	25,707	25,138	25,380	24,767

III. Kesimpulan

- Jumlah kerikil yang lepas dengan yang pecah : lebih sedikit
- Kerikil yang pecah : padat

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 12 Laporan Sementara Pengamatan Uji Desak Silinder Beton



LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

LAPORAN SEMENTARA PENGAMATAN UJI DESAK SILINDER BETON\\ (SNI 03-1974-1990)

I. Data Benda Uji

Mutu beton rencana $f'c = 25$ MPa

Benda uji dibuat tanggal 17 Juli 2017, diuji tanggal 14 Agustus 2017

Dimensi benda uji

Uraian		BV ₉₋₀₂ A	BV ₉₋₀₂ B	BV ₉₋₀₂ C	BV ₉₋₀₂ D
Diameter	cm	15,02	15,02	15,01	15,04
Tinggi	cm	30	30	30,2	30,2

II. Data Pengujian

Uraian		BV ₉₋₀₂ A	BV ₉₋₀₂ B	BV ₉₋₀₂ C	BV ₉₋₀₂ D
Beban Maksimum	kN	445	457	440	435
Lama Pengujian	detik	93	96	92	89
Kuat Desak	MPa	25,101	25,802	24,849	24,482

III. Kesimpulan

- Jumlah kerikil yang lepas dengan yang pecah : lebih sedikit
- Kerikil yang pecah : padat

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Muhammad Dian Ardhiansyah

Lampiran 13 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji



Gambar L-13.1 Pembuatan Adonan Beton



Gambar L-13.2 Adonan Beton Segar



Gambar L-13.3 Pematatan Campuran Beton Pada Kerucut *Abrams*



Gambar L-13.4 Pengujian *Slump*



Gambar L-13.5 Pematatan Adonan Beton pada Cetakan Silinder



Gambar L-13.6 Benda Uji pada Cetakan Silinder



Gambar L-13.7 Benda Uji Setelah Dilepas dari Cetakan



Gambar L-13.8 Perendaman Benda Uji



Gambar L-13.9 Benda Uji Setelah Perendaman



Gambar L-13.10 *Capping* Benda Uji



Gambar L-13.11 Pengujian Kuat Tekan Beton



Gambar L-13.12 Pola Keretakan Benda Uji