

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN 0,6% *BESTMITTEL* DAN
VARIASI SERBUK BRIKET BATUBARA SEBAGAI
SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT
TEKAN BETON**

**(*THE EFFECT OF 0,6% BESTMITTEL ADDITION AND
COAL BRIQUETTE POWDER VARIATION AS
PARTIAL SUBSTITUTION OF CEMENT ON THE
COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE*)**

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



**Ni'ma Al Mumtaz Shufa
13511201**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2017**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN 0,6% BESTMITTEL DAN
VARIASI SERBUK BRIKET BATUBARA SEBAGAI
SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT
TEKAN BETON
(THE EFFECT OF 0,6% BESTMITTEL ADDITION AND
COAL BRIQUETTE POWDER VARIATION AS
PARTIAL SUBSTITUTION OF CEMENT ON THE
COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE)**

Disusun oleh

Ni'ma Al Mumtaz Shufa
13511201

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

Diuji pada tanggal 2 November 2017

Oleh Dewan Penguji

Penguji I

Suharyatma, Ir., M.T.
NIK: 865110201

Penguji II

Sarwidi, Prof. Ir., MSCE., Ph.D.
NIK: 845110101

Penguji III

Novi Rahmayanti, S.T., M.Eng.
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 di kemudian 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, September 2017

Yang membuat pernyataan,



Ni'ma Al Mumtaz Shufa
(13511201)

“... 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, brother, and sister.
Thank you for always
supporting me.*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillah rabbil'alam, 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. Ibu Yunalia Muntafi S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan banyak masukan dan bimbingan selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, 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 Faozan dan Ibu Nur Supriyati, 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 dan adik penulis, Nofa Atho'ur Rofiuddin dan Salsa Nadiyya Ahsanti yang selalu memberikan dukungan selama ini.
7. Yunia Istiyati, Fildzah Adhania, Damar Wulandari, Putri Anggarini, Nurul Annisa, Annisa Octaria, Dwi Januar, Rhaka Prayoga, Ilham Sudrajad, Rizqi Imam Fauzi, dan Handi Muhammad yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman asyik penulis, Athaya Hanin Nabilah Fahsa dan Widarsih. Terima kasih untuk setiap hiburan dan dukungannya sehingga penulis bersemangat dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
9. Sahabat-sahabat penulis, Artika Rahayu, Linta Ifada, Dhania Agustina, Rifki Fajrianto, dan Fahmi Saktiandaru. Terima kasih untuk doa, dukungan, semangat, dan bantuannya.
10. Saudara-saudara Teknik Sipil 2013 "13rothers" yang telah menjadi rekan dan saudara selama menjalani masa kuliah.
11. Teman-teman KKN Unit GK-382, Bila, Ewid, Nunik, Indah, Syahlan, Farid, Divky. Terima kasih untuk doa dan dukungannya.
12. 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, September 2017

Penulis,

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

13511201

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	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Penelitian Terdahulu	5
2.3 Keaslian Penelitian	10
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Beton	11
3.2 Material Penyusun Beton	12
3.2.1 Semen Portland	12
3.2.2 Agregat	14
3.2.3 Air	16

3.2.4	Bahan Tambah <i>Bestmittel</i>	17
3.2.5	Serbuk Briket Batubara	18
3.3	Karakteristik Kekuatan Beton	19
3.4	Perencanaan Campuran Beton	20
3.5	Kuat Tekan Beton	28
3.6	Umur Beton	29
BAB IV	METODE PENELITIAN	31
4.1	Jenis Penelitian	31
4.2	Benda Uji	31
4.3	Bahan Pembuatan Benda Uji	32
4.4	Peralatan	35
4.4.1	Alat Pembuatan Benda Uji	35
4.4.2	Alat Pengujian	40
4.5	Lokasi Penelitian	41
4.6	Diagram Alir Penelitian	41
4.7	Prosedur Penelitian	43
4.7.1	Pemeriksaan Agregat	43
4.7.2	Perencanaan Campuran Beton	51
4.7.3	Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	52
4.7.2	Pengujian Kuat Tekan Beton	52
BAB V	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	54
5.1	Umum	54
5.2	Pengujian Agregat Halus	54
5.2.1	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air	54
5.2.2	Pemeriksaan Berat Isi	55
5.2.3	Pengujian Kandungan Lumpur	56
5.2.4	Analisis Saringan	57
5.2	Pengujian Agregat Kasar	58
5.2.1	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air	58
5.2.2	Pemeriksaan Berat Isi	59
5.2.3	Analisis Saringan	60

5.4	Perencanaan Campuran Beton	61
5.5	Pengujian Beton Segar	66
5.5.1	Pengujian <i>Slump</i>	66
5.5.2	Pemeriksaan Berat Isi Beton	67
5.6	Pengujian Kuat Tekan Beton	67
5.7	Pembahasan Hasil Uji Kuat Tekan Beton	70
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	75
6.1	Kesimpulan	75
6.2	Saran	76
	DAFTAR PUSTAKA	77
	LAMIRAN	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan	8
Tabel 3.1	Komposisi Kimia Briket Batubara	18
Tabel 3.2	Faktor Pengali Deviasi Standar	21
Tabel 3.3	Nilai Deviasi Standar Untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	21
Tabel 3.4	Perkiraan Kekuatan (MPa) Beton dengan FAS = 0,5	22
Tabel 3.5	Persyaratan fas Maksimum dan Jumlah Semen Minimum Untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus	23
Tabel 3.6	Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap Meter Kubik Beton	24
Tabel 3.7	Hubungan Antara Umur Dan Kuat Tekan Beton	30
Tabel 4.1	Rincian Benda Uji	31
Tabel 4.2	Peralatan Pengujian Benda Uji	40
Tabel 5.1	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	55
Tabel 5.2	Berat Isi Gembur Agregat Halus	55
Tabel 5.3	Berat Isi Padat Agregat Halus	56
Tabel 5.4	Kandungan Lumpur Agregat Halus	56
Tabel 5.5	Analisis Saringan Agregat Halus	57
Tabel 5.6	Spesifikasi Gradasi Pasir Daerah II	57
Tabel 5.7	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	58
Tabel 5.8	Berat Isi Gembur Agregat Kasar	59
Tabel 5.9	Berat Isi Padat Agregat Kasar	59
Tabel 5.10	Analisis Saringan Agregat Kasar	60
Tabel 5.11	Spesifikasi Gradasi Kerikil dengan Besar Butir Maksimum 20 mm	60
Tabel 5.12	Rekapitulasi Perencanaan Campuran Beton	65
Tabel 5.13	Kebutuhan Material Untuk 1 Benda Uji	65
Tabel 5.14	Kebutuhan Material Untuk 1 Adukan	66
Tabel 5.15	Nilai <i>Slump</i> Pada Adukan Beton	66
Tabel 5.16	Hasil Pemeriksaan Berat Isi Beton	67
Tabel 5.17	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari	68
Tabel 5.18	Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari	69
Tabel 5.19	Persentase Peningkatan Kuat Tekan Beton	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Bahan Tambah <i>Bestmittel</i>	18
Gambar 3.2	Serbuk Briket Batubara	19
Gambar 3.3	Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Faktor Air Semen Untuk Benda Uji Silinder	23
Gambar 3.4	Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Maksimum 20 mm	25
Gambar 3.5	Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Maksimum 40 mm	26
Gambar 3.6	Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan	27
Gambar 4.1	Agregat Halus	32
Gambar 4.2	Agregat Kasar	32
Gambar 4.3	Semen Portland	33
Gambar 4.4	Air	33
Gambar 4.5	<i>Bestmttel</i>	34
Gambar 4.6	Serbuk Briket Batubara	34
Gambar 4.7	Ayakan Agregat	35
Gambar 4.8	Cetakan Silinder	35
Gambar 4.9	Ember	36
Gambar 4.10	Gelas Ukur	36
Gambar 4.11	Gerobak Dorong	37
Gambar 4.12	Kerucut <i>Abrams</i>	37
Gambar 4.13	<i>Mixer</i> Beton	38
Gambar 4.14	Sendok Semen	38
Gambar 4.15	Sekop	39
Gambar 4.16	Timbangan	39
Gambar 4.17	Tongkat Penumbuk	40
Gambar 4.18	Cetakan <i>Capping</i>	40
Gambar 4.19	<i>Compressing Test Machine</i> (CTM)	41

Gambar 4.20	Kaliper	41
Gambar 4.21	Diagram Alir Tahapan Penelitian	42
Gambar 4.22	Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton	53
Gambar 5.1	Grafik Gradasi Agregat Halus	58
Gambar 5.2	Grafik Gradasi Agregat Kasar	61
Gambar 5.3	Persentase Agregat Halus Terhadap Kadar Agregat Total	63
Gambar 5.4	Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan	64
Gambar 5.5	Perbandingan Kuat Tekan Umur 14 Hari	68
Gambar 5.6	Perbandingan Kuat Tekan Umur 28 Hari	70
Gambar 5.7	Persentase Peningkatan Kuat Tekan Beton	72
Gambar 5.8	Perbandingan Kuat Tekan Umur 14 Hari dan 28 Hari	73

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	= <i>Compression Testing Machine</i>
ACI	= <i>American Concrete Institute</i>
PBI	= Peraturan Beton Indonesia
PC	= <i>Portland Cement</i>
MHB	= Modulus Halus Butir

ABSTRAK

Semakin berkembangnya pengetahuan tentang teknologi beton, maka semakin banyak pula inovasi untuk menambah campuran proporsi beton normal dengan bahan tambah dan penggunaan bahan substitusi parsial semen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan optimal beton dengan bahan tambah *Bestmittel* dan serbuk briket batubara sebagai substitusi sebagian semen pada umur 14 dan 28 hari. Pada penelitian ini menggunakan kadar penambahan *Bestmittel* 0,6% dari berat semen dan variasi persentase serbuk briket batubara sebagai pengganti semen sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Tinjauan analisis penelitian ini adalah kuat tekan beton dengan benda uji silinder beton berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Metode perencanaan campuran beton sesuai dengan standar SNI-03-2843-2000 dengan kuat tekan rencana 25 MPa.

Setelah dilakukan pengujian, penambahan *Bestmittel* menyebabkan berat jenis beton bertambah, sedangkan penggantian sebagian semen dengan serbuk briket batubara menyebabkan berat jenis beton semakin berkurang. Kuat tekan optimal beton pada umur 14 hari dan 28 hari terdapat pada benda uji dengan penambahan *Bestmittel* 0,6% dari berat semen dan tanpa penggantian semen dengan serbuk briket batubara, yaitu sebesar 23,213 MPa dan 29,704 MPa. Sedangkan untuk benda uji yang menggunakan serbuk briket batubara sebagai pengganti sebagian semen, kuat tekan tertinggi terdapat pada benda uji dengan penambahan *Bestmittel* 0,6% dari berat semen dan kadar penggantian semen sebesar 5% pada umur 14 hari, dan 10% pada umur 28 hari yaitu sebesar 19,001 MPa, dan 28,067 MPa. Penambahan *Bestmittel* pada campuran beton belum mampu mempercepat pengerasan beton dan mencapai kuat tekan rencana pada umur 14 hari, namun penambahan *Bestmittel* dapat meningkatkan kuat tekan beton. Sedangkan penggantian sebagian semen dengan serbuk briket batubara akan mengakibatkan kuat tekan menurun, sehingga serbuk briket batubara tidak dapat digunakan sebagai pengganti semen.

Kata kunci: Kuat tekan beton, *Bestmittel*, Serbuk briket batubara

ABSTRACT

As the knowledge of concrete technology grows, more innovations are being made to adding mixture of normal concrete proportions with additive and using partial substitutions material of. This study aims to know the optimal compressive strength value of concrete with addition of Bestmittel and coal briquette powder as partial substitutes of cement at time of 14 and 28 days. This study is using the addition of Bestmittel 0,6% of cement and variants of coal briquette powder as substitutes of cement by 0%, 5%, 10%, 15% and 20%. This study analyse the compressive strength of concrete with concrete cylinder object testing in diameter of 15 cm and height of 30 cm. The methods of mixed concrete planning is according to SNI-03-2843-2000 standard with specified compressive strength of 25 Mpa.

After the testing done, the addition of Bestmittel caused the specific gravity of concrete increased, while the partial substitutes of coal briquette powder caused a reduction. The optimal compressive strength of concrete in time of 14 and 28 days was found on specimen by adding Bestmittel 0,6% of cement and without the partial substitutes of coal briquette powder, which was 23,213 MPa and 29,704 MPa. As for the specimen using coal briquette powder as substitutes of cement, the highest compressive strength was found in specimen added Bestmittel 0,6% of cement and substitutions 5% of cement in time of 14 days, and 10% in time of 28 days, which were 19,001 MPa and 28,067 MPa. The addition of Bestmittel in mixture of concrete has not been able to accelerate the hardening of concrete and reached the specified compressive strength in time of 14 day, but the addition of Bestmittel can increase the compressive strength of concrete. The partial substitutions of cement by the coal briquette powder will lead to a reduction of the compressive strength, it concludes that coal briquette powder cannot be used as a substitute for cement.

Keywords: *The compressive strength of concrete, Bestmittel, Coal briquette powder*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah penduduk di Indonesia, terutama di kota-kota besar mengalami pertumbuhan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Hal tersebut mengakibatkan pembangunan konstruksi di Indonesia telah berkembang dengan pesat karena meningkatnya kebutuhan terhadap sarana dan prasarana, khususnya bangunan rumah dan gedung. Bangunan dengan menggunakan konstruksi beton sudah lama diterapkan pada sebagian besar infrastruktur di Indonesia, sebab secara keseluruhan konstruksi beton masih dianggap lebih murah dibandingkan dengan konstruksi lainnya. Selain itu, beton memiliki keunggulan terhadap material struktur lainnya yaitu memiliki kuat tekan tinggi, tahan terhadap perubahan cuaca, tahan terhadap api, serta relatif mudah dalam pengerjaannya.

Beton berkualitas baik dapat menghasilkan bangunan yang lebih kukuh dan dari segi keamanan struktur lebih menjamin keselamatan. Kualitas beton bergantung pada bahan-bahan penyusunnya. Semakin berkembang pengetahuan tentang teknologi beton, maka semakin banyak pula inovasi untuk menambah campuran proporsi beton normal dengan bahan tambah, baik bahan tambah kimia (*chemical admixture*) maupun bahan tambah mineral (*additive*).

Penambahan zat kimia bertujuan untuk memodifikasi satu atau lebih sifat-sifat bahan penyusun beton baik dalam keadaan segar maupun setelah beton mengeras, seperti penambahan *Bestmittel*. Pada brosur yang dikeluarkan oleh PT. Multi Eraguna Usaha selaku pembuat bahan tambah tersebut disebutkan bahwa *Bestmittel* merupakan formula khusus yang digunakan dalam proses pengecoran sehingga menjadikan beton lebih cepat keras dalam usia muda serta mengurangi pemakaian air pada saat pengecoran sehingga meningkatkan mutu/kekuatan beton. Dosis penggunaan *Bestmittel* adalah 0,2% sampai 0,6% dari berat semen.

Selain penggunaan bahan tambah kimia, penggunaan bahan yang mempunyai sifat *pozzolan* sebagai bahan tambah ataupun sebagai bahan substitusi parsial semen juga dapat dilakukan. Menurut Amrulloh (2013), briket batubara

merupakan suatu bahan yang bersifat sebagai *pozzolan* dan mempunyai kandungan utama senyawa *oksida silika* yang akan bereaksi secara kimia dengan *kalsium hidroksida* saat ditambahkan air dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat.

Pada Tugas Akhir ini, akan dilakukan penelitian untuk mengetahui apakah serbuk briket batubara yang disinyalir mempunyai kemampuan mengikat dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen dan akan dibandingkan kuat tekan beton normal dengan beton yang menggunakan bahan tambah *Bestmittel* dan serbuk briket batubara sebagai pengganti sebagian semen dengan kadar yang bervariasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut ini.

1. Berapa kuat tekan optimal beton setelah penambahan 0,6% *bestmittel* dan variasi persentase serbuk briket batubara sebagai substitusi parsial semen pada umur 14 hari?
2. Berapa kuat tekan optimal beton setelah penambahan 0,6% *bestmittel* dan variasi persentase serbuk briket batubara sebagai substitusi parsial semen pada umur 28 hari?
3. Bagaimana pengaruh penambahan 0,6 % *Bestmittel* dan variasi persentase serbuk briket batubara sebagai substitusi sebagian semen terhadap kuat tekan beton?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. menentukan kuat tekan optimal beton setelah penambahan 0,6% *bestmittel* dan variasi persentase serbuk briket batubara sebagai substitusi parsial semen pada umur 14 hari,

2. menentukan kuat tekan optimal beton setelah penambahan 0,6% *bestmittel* dan variasi persentase serbuk briket batubara sebagai substitusi parsial semen pada umur 28 hari, dan
3. mengetahui pengaruh penambahan 0,6% *Bestmittel* dan variasi persentase serbuk briket batubara sebagai substitusi sebagian semen terhadap kuat tekan beton.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang sudah disebutkan, penelitian ini diharapkan memiliki manfaat sebagai berikut ini.

1. Pengetahuan tentang teknologi beton terutama pada penambahan *Bestmittel* dan pemanfaatan serbuk briket batubara sebagai bahan substitusi sebagian semen pada campuran beton dapat dikembangkan.
2. Pengetahuan tentang bagaimana pengaruh penambahan *Bestmittel* dan variasi persentase serbuk briket batubara sebagai substitusi sebagian semen terhadap kuat tekan beton dapat diberikan.
3. Penelitian-penelitian selanjutnya yang akan membahas beton dengan bahan tambah *Bestmittel* maupun serbuk briket batubara sebagai substitusi sebagian semen dapat mengacu pada penelitian ini.
4. Bagi penulis, penelitian ini bermanfaat untuk menerapkan ilmu yang sudah diperoleh selama kuliah di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini terarah dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian, maka perlu dibuat batasan-batasan penelitian sebagai berikut ini.

1. Benda uji yang digunakan pada penelitian ini berupa beton silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
2. Benda uji yang digunakan merupakan beton dengan rancangan $f'c$ 25 MPa.
3. Metode perencanaan campuran adukan beton mengacu pada standar SNI-03-2834-2000.
4. Agregat halus dan agregat kasar yang digunakan berasal dari Merapi.

5. Semen yang digunakan adalah semen Portland tipe I dengan merek Tiga Roda.
6. Serbuk briket batubara didapat dari Warung Briket Batubara di daerah Mlati, Sleman.
7. *Bestmittel* yang digunakan diproduksi oleh PT. Multi Eraguna Usaha Indonesia.
8. Pengujian kuat tekan beton menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM) yang berada di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
9. Penambahan *Bestmittel* 0,6% dari berat semen sesuai dosis dari perusahaan pembuat *Bestmittel* tersebut.
10. Persentase substitusi semen dengan serbuk briket batubara yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%.
11. Jumlah benda uji adalah sebagai berikut.
 - a. Beton normal sebagai benda uji kontrol sebanyak 5 benda uji.
 - b. Benda uji dengan variasi substitusi semen dengan serbuk briket batubara 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan ditambah *Bestmittel* 0,6% masing-masing 6 benda uji.
 - c. Jumlah total benda uji silinder beton adalah 35 buah.
12. Benda uji kontrol diuji pada umur 28 hari, sedangkan benda uji variasi diuji pada umur 14 hari dan 28 hari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

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 Tjokrodinuljo (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*).

2.2 Penelitian Terdahulu

Dalam proses pengerjaan Tugas Akhir, penelitian yang dilakukan sebelumnya sangat penting untuk dipahami, sebab dapat dipakai sebagai bahan informasi maupun sebagai bahan acuan yang sangat berguna dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tiga penelitian sejenis yang pernah dilakukan

yaitu oleh Trinugroho dan Haricipto (2009), Haryanto (2012), dan Dananjaya (2013) akan dijelaskan sebagai berikut ini.

1. Penelitian yang dilakukan oleh Trinugroho dan Haricipto (2009) bertujuan untuk mengetahui persentase optimal penggunaan bahan tambah limbah briket batubara sehingga didapat hasil kuat tekan yang maksimal. Pada penelitian ini menggunakan variasi penambahan limbah briket batubara dan variasi faktor air semen (fas). Variasi penambahan limbah briket batubara yang digunakan adalah 0%; 7,5%; 10%; 12,5%; 15% dan 17,5% dari berat semen, sedangkan variasi fas yang digunakan adalah 0,4; 0,45; 0,5; dan 0,55. Umur pengujian 14 hari dengan perendaman air laut. Benda uji yang digunakan adalah silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Dari hasil penelitian yang dilakukan, diketahui bahwa pada umur 14 hari kuat tekan silinder beton tertinggi diperoleh dengan penambahan limbah briket batubara 12,5% pada fas 0,45 sebesar 32,838 MPa. Penurunan kuat tekan silinder beton terjadi pada penambahan limbah briket batubara 7,5% pada fas 0,55 sebesar 23,117 MPa.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Haryanto (2012) bertujuan untuk mengetahui peningkatan kuat tekan dan kuat tarik belah optimal beton dengan bahan tambah serbuk arang briket dan *bestmittel* dengan nilai fas 0,35 pada umur 28 hari. Pada penelitian ini menggunakan persentase variasi serbuk arang briket 0%, 12,5%, 15%, 17,5%, 20%, 22,5% dan *bestmittel* 0,6% dari berat semen. Tinjauan analisis penelitian ini adalah kuat tekan dan kuat tarik belah, dengan benda uji silinder beton berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Metode perencanaan campuran beton menggunakan metode *American Concrete Institute* dengan $f'c$ 25 MPa. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Setelah dilakukan pengujian dan penelitian, maka didapat hasil bahwa pemakaian serbuk arang briket mengakibatkan berkurangnya *workability*, sedangkan penambahan *Bestmittel* memperbaiki *workability* beton yang sudah ditambah serbuk arang briket. Penambahan *Bestmittel* menyebabkan berat jenis beton bertambah, sedangkan

penambahan serbuk arang *briket* menyebabkan berat jenis beton semakin berkurang. Kuat tekan optimal beton terdapat pada variasi serbuk arang briket 15% dan *Bestmittel* 0,6%, yaitu sebesar 40,80 MPa atau meningkat 50,84% dari beton normal. Kuat tarik belah optimal beton terdapat pada variasi serbuk arang briket 0% dan *Bestmittel* 0,6%, yaitu sebesar 2,90 MPa atau meningkat 8,47% dari beton normal. Pengaruh penambahan serbuk arang briket adalah menurunkan kuat tarik belah beton, tetapi dapat meningkatkan kuat tekan beton.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Dananjaya (2013) bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton optimal dan pengaruh setelah adanya substitusi pecahan gerabah 20%, 40%, 60%, 80% sampai 100% dan penambahan *Bestmittel* 0,6% dari berat semen pada nilai fas 0,4 dan 0,45 saat umur beton 14 hari. Benda uji berupa silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Metode perancangan campuran beton menggunakan metode *American Concrete Institute* (ACI) dengan kuat tekan beton rencana 20 MPa. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Setelah dilakukan pengujian dan penelitian, didapatkan hasil kuat tekan optimal pada fas 0,4 adalah pada variasi substitusi pecahan gerabah 20% dan *Bestmittel* 0,6% pada umur beton 14 hari, yaitu sebesar 22,64 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 11,29% dari beton normal. Pada fas 0,45 adalah pada variasi substitusi pecahan gerabah 80% dan *Bestmittel* 0,6% pada umur beton 14 hari, yaitu sebesar 21,65 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 7,02% dari beton normal. Secara garis besar penggunaan gerabah dari hasil penelitian dapat dipakai sebagai pengganti pasir dilihat dari perbedaan kuat tekan beton yang tinjau.

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.	Trinugroho dan Haricipto (2009)	Pemanfaatan Limbah Briket Batubara Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Perendaman Air Laut	<ul style="list-style-type: none"> • Variasi penambahan limbah briket batubara sebesar 0%; 7,5%; 10%; 12,5%; 15% dan 17,5% dari berat semen • Variasi fas yang digunakan adalah 0,4; 0,45; 0,5; dan 0,55 • Umur pengujian 14 hari dengan perendaman air laut 	Kuat tekan beton	Pada umur 14 hari kuat tekan silinder beton tertinggi diperoleh dengan penambahan limbah briket batubara 12,5% pada fas 0,45 sebesar 32,838 MPa. Penurunan kuat tekan silinder beton terjadi pada penambahan limbah briket batubara 7,5% pada fas 0,55 sebesar 23,117 MPa.
2.	Helmi Tri Haryanto (2012)	Analisis Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Bahan Tambah Serbuk Arang Briket dan <i>Bestmittel</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Variasi serbuk arang briket 0%, 12,5%, 15%, 17,5%, 20%, 22,5% dan <i>Bestmittel</i> 0,6% dari berat semen • Umur pengujian 28 hari dengan fas 0,35 	Kuat tekan dan tarik belah beton	Kuat tekan optimal beton terdapat pada variasi serbuk arang briket 15% dan <i>Bestmittel</i> 0,6%, yaitu sebesar 40,80 MPa atau meningkat 50,84% dari beton normal. Kuat tarik belah optimal beton terdapat pada variasi serbuk arang briket 0% dan <i>Bestmittel</i> 0,6%, yaitu sebesar 2,90 MPa atau meningkat 8,47% dari beton normal.

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

No	Peneliti	Judul Penelitian	Konten	Parameter yang Diuji	Hasil Penelitian
3.	Reza Dananjaya (2013)	Analisis Kuat Tekan Beton dengan <i>Additive Bestmittel</i> dan Pecahan Gerabah Sebagai Pengganti Sebagian Pasir	<ul style="list-style-type: none"> • Substitusi agregat halus dengan pecahan gerabah 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% • Penambahan <i>Bestmittel</i> 0,6% dari berat semen • Nilai fas 0,4 dan 0,45 • Umur pengujian 14 hari 	Kuat tekan beton	Kuat tekan optimal pada fas 0,4 adalah pada variasi substitusi pecahan gerabah 20% dan <i>Bestmittel</i> 0,6% pada umur beton 14 hari, yaitu sebesar 22,64 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 11,29% dari beton normal. Pada fas 0,45 kuat tekan optimal ada pada variasi substitusi pecahan gerabah 80% dan <i>Bestmittel</i> 0,6% pada umur beton 14 hari, yaitu sebesar 21,65 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 7,02% dari beton normal.
4.	Ni'ma Al Mumtaz Shufa (2017)	Analisis Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah <i>Bestmittel</i> dan Serbuk Briket Batubara Sebagai Substitusi Sebagian Semen	<ul style="list-style-type: none"> • Penambahan <i>Bestmittel</i> 0,6% dari berat semen • Substitusi semen dengan serbuk briket batubara 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% • Umur pengujian 14 dan 28 hari 	Kuat tekan beton	

2.3 Keaslian Penelitian

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian terdahulu yaitu penelitian ini meneliti tentang kuat tekan beton dengan bahan tambah *Bestmittel* dan serbuk briket batubara sebagai substitusi sebagian semen. Pada penelitian terdahulu serbuk briket batubara digunakan sebagai bahan tambah beton dan belum ada yang menggunakan serbuk briket batubara sebagai bahan substitusi semen. Selain itu, penggunaan *Bestmittel* sebagai bahan tambah pada penelitian terdahulu dikombinasikan dengan bahan tambah selain serbuk briket batubara. Persentase serbuk briket batubara yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat semen serta pemakaian *Bestmittel* 0,6% dari berat semen. 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

3.1 Beton

Beton didefinisikan sebagai bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen portland dan air tanpa tambahan zat aditif (PBI, 1971). Sedangkan Sagel dkk. (1994) menguraikan bahwa beton adalah suatu komposit dari bahan batuan yang direkatkan oleh bahan ikat. Sifat beton dipengaruhi oleh bahan pembentuknya serta cara pengerjaannya. Semen mempengaruhi kecepatan pengerasan beton. Selanjutnya kadar lumpur, kebersihan, dan gradasi agregat mempengaruhi kekuatan pengerjaan yang mencakup cara penuangan, pemadatan, dan perawatan, yang pada akhirnya mempengaruhi kekuatan beton.

Sifat-sifat beton pada umumnya dipengaruhi oleh kualitas bahan, cara pengerjaan, dan cara perawatannya. Karakteristik semen mempengaruhi kualitas beton dan kecepatan pengerasannya. Gradasi agregat halus mempengaruhi pengerjaannya, sedang gradasi agregat kasar mempengaruhi kekuatan beton. Kualitas dan kuantitas air mempengaruhi pengerasan dan kekuatan (Murdock dan Brook, 2003).

Tjokrodimuljo (1992) mengungkapkan bahwa beton yang sudah keras dapat dianggap sebagai batu tiruan, dengan rongga-rongga antara butiran besar diisi oleh butiran yang lebih kecil, dan pori-pori di antara butiran-butiran agregat halus ini diisi oleh semen dan air. Dalam adukan beton, air dan semen membentuk pasta semen. Pasta semen ini selain mengisi pori-pori di antara butiran agregat halus juga bersifat sebagai perekat/pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat saling merekat dengan kuat dan terbentuklah suatu massa yang kompak/padat.

Selain itu Tjokrodimuljo (1996) juga mengungkapkan kualitas dan kuantitas air mempengaruhi pengerasan dan kekuatan. 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*).

Beton dapat mempunyai kuat tekan yang sangat tinggi, tetapi memiliki kuat tarik yang lebih rendah yaitu sekitar 9-15% dari kuat tekannya. Kondisi yang demikian yaitu rendahnya kuat tarik pada elemen struktur yang betonnya mengalami tegangan tarik diperkuat dengan batang baja tulangan sehingga terbentuk struktur komposit yang kemudian disebut sebagai beton bertulang. Khusus beton yang tidak bertulang disebut beton tanpa tulangan (*plain concrete*) (Moenir, 2012).

3.2 Material Penyusun Beton

Material penyusun beton dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu bahan aktif dan bahan pasif. Kelompok aktif yaitu semen dan air, sedangkan yang pasif yaitu pasir dan kerikil (disebut agregat, agregat halus dan agregat kasar). Kelompok aktif disebut perekat/pengikat sedangkan yang pasif disebut bahan pengisi (Tjokrodinuljo, 1992).

3.2.1 Semen Portland

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting (Mulyono, 2004). Salah satu jenis semen yang biasa digunakan dalam pembuatan beton adalah semen portland (*portland cement*).

Semen portland merupakan bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling *klinker* (yang didapat dari pembakaran suatu campuran yang baik dan merata antara kapur dan bahan-bahan yang mengandung silika, alumina, dan oksida besi), dengan batu gips sebagai bahan tambah dalam jumlah yang cukup. Bubuk halus ini bila dicampur dengan air, selang beberapa waktu dapat menjadi keras dan digunakan sebagai bahan ikat hidrolis (Tjokrodinuljo, 1992).

Semen portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin dengan komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Bahan utama pembentuk semen portland adalah kapur (CaO), silika (SiO_3), alumina (Al_2O_3), sedikit magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali. Untuk mengontrol komposisinya, terkadang ditambahkan oksida besi, sedangkan gipsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen.

Kandungan senyawa yang terdapat dalam semen akan membentuk karakter dan jenis semen. Semen portland dibagi menjadi 5 kategori berdasarkan jenis dan penggunaannya sesuai dengan SNI 15-2049-2004 adalah sebagai berikut.

1. Tipe I, semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.
2. Tipe II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Tipe III, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Tipe IV, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
5. Tipe V, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

Berdasarkan persentase kandungan penyusunnya, semen portland terdiri dari 5 tipe sebagai berikut.

1. Semen portland tipe I adalah perekat hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling klinker yang kandungan utamanya kalsium silikat. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 55% (C3S); 19% (C2S); 10% (C3A); 7% (C4AF); 2,8% MgO; 2,9% (SO3); 1,0% hilang dalam pembakaran, dan 1,0% bebas CaO.
2. Semen portland tipe II dipakai untuk keperluan konstruksi umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal, contohnya bangunan untuk rumah tinggal ataupun gedung-gedung bertingkat. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 51% (C3S); 24% (C2S);

- 6% (C3A); 11% (C4AF); 2,9% MgO; 2,5% (SO₃); 0,8% hilang dalam pembakaran, dan 1,0% bebas CaO.
3. Semen Portland tipe III dipakai untuk konstruksi bangunan dari beton massa (tebal) yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang, contohnya dari bangunan yang memerlukan semen tipe III adalah saluran irigasi, dam, bangunan pinggir laut dan bangunan bekas rawa. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 57% (C3S); 19% (C2S); 10% (C3A); 7% (C4AF); 3,0% MgO; 3,1% (SO₃); 0,9% hilang dalam pembakaran, dan 1,3% bebas CaO.
 4. Semen portland tipe IV dipakai untuk konstruksi bangunan yang memerlukan kekuatan tekan tinggi pada fase permulaan setelah pengikatan terjadi, contohnya adalah pembuatan bangunan-bangunan bertingkat banyak, bangunan yang berada didalam air serta pembuatan jalan dari beton. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 28% (C3S); 49% (C2S); 4% (C3A); 12% (C4AF); 1,8% MgO; 1,9% (SO₃); 0,9% hilang dalam pembakaran, dan 0,8% bebas CaO.
 5. Semen Portland tipe V dipakai untuk instalasi pengolahan limbah pabrik, konstruksi dalam air, jembatan, terowongan, pelabuhan dan pembangkit tenaga nuklir. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 38% (C3S); 43% (C2S); 4% (C3A); 9% (C4AF); 1,9% MgO; 1,8% (SO₃); 0,9% hilang dalam pembakaran, dan 0,8% bebas CaO.

3.2.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Kira-kira 70% volume mortar atau beton diisi oleh agregat. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton (Tjokrodinuljo, 1996).

Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*artificial aggregates*). Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu, agregat kasar dan agregat halus. Batasan antara agregat halus dan agregat kasar berbeda antara disiplin ilmu yang satu dengan yang lainnya. Meskipun demikian, dapat diberikan batasan ukuran antara agregat halus dengan agregat kasar yaitu 4,80 mm (*British Standard*) atau 4,75 mm

(Standar ASTM). Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4,80 mm (4,75 mm) dan agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 4,80 mm (4,75 mm). Agregat dengan ukuran lebih besar dari 4,80 mm dibagi lagi menjadi dua: yang berdiameter antara 4,80-40 mm disebut kerikil dan yang lebih dari 40 mm disebut kerikil kasar (Mulyono, 2004).

1. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan harus memenuhi persyaratan karena sangat berpengaruh pada kualitas beton yang dihasilkan. Menurut PBI 1971, syarat-syarat agregat halus (pasir) adalah sebagai berikut.

- a. Agregat halus berbentuk butiran-butiran yang kuat serta tajam, bersifat tidak mudah hancur karena cuaca panas ataupun hujan.
- b. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% terhadap berat agregat kering. Apabila mengandung lumpur lebih dari 5%, agregat halus harus dicuci terlebih dahulu.
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak.
- d. Agregat halus terdiri dari butiran-butiran yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam Pasal 3.5 ayat 1 (PBI 1971), harus memenuhi syarat:
 - 1) sisa diatas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat,
 - 2) sisa diatas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat, dan
 - 3) sisa diatas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80% - 90% berat.

2. Agregat kasar

Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Disebut agregat kasar jika sudah melebihi $\frac{1}{4}$ in. (6 mm). (PBI 1971). Menurut PBI 1971, Pasal 3.4 syarat-syarat agregat kasar (kerikil) adalah sebagai berikut.

- a. Disebut agregat kasar karena tidak memiliki pori-pori yang lebih dari 20% dari berat agregat seluruhnya. Agregat kasar harus memiliki ketahanan yang baik dalam keadaan cuaca panas ataupun dingin.

- b. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% yang ditentukan terhadap berat kering. Jika melebihi 1% maka agregat kasar tersebut harus dicuci terlebih dahulu.
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
- d. Menurut SNI 2847-2013 (Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung) ukuran maksimum agregat kasar harus tidak melebihi:
 - 1) 1/5 jarak terkecil antara sisi cetakan, ataupun
 - 2) 1/3 ketebalan slab, ataupun
 - 3) 3/4 jarak bersih minimum antara tulangan atau kawat, bundel tulangan, atau tendon prategang, atau selongsong.

Batasan ini tidak berlaku bila dalam pertimbangan insinyur profesional bersertifikat, kelecakan (*workability*) dan metode pemadatan adalah agar beton dapat dicor tanpa keropos atau rongga udara.

3.2.3 Air

Air merupakan bahan penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen, yang juga berfungsi sebagai pelumas antara butiran-butiran agregat agar dapat dikerjakan dan dipadatkan. Proses hidrasi dalam beton segar membutuhkan air kurang lebih 25% dari berat semen yang digunakan. Dalam kenyataan, jika nilai faktor air semen kurang dari 35%, beton segar menjadi tidak dapat dikerjakan dengan sempurna, sehingga setelah mengeras beton yang dihasilkan menjadi keropos dan memiliki kekuatan yang rendah. Kelebihan air dari proses hidrasi diperlukan untuk syarat-syarat kekentalan (*consistency*), agar dapat dicapai suatu kelecakan (*workability*) yang baik. Kelebihan air ini selanjutnya akan menguap atau tertinggal di dalam beton yang sudah mengeras, sehingga menimbulkan pori-pori (*capillary poreous*) (Cahyadi, 2012).

Menurut Mulyono (2004), air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ, dan lainnya), air laut maupun air limbah, asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Air tawar yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air laut umumnya

mengandung 3,5% larutan garam (sekitar 78% adalah sodium klorida dan 15% adalah magnesium klorida). Garam-garaman dalam air laut ini akan mengurangi kualitas beton hingga 20%. Air laut tidak boleh digunakan sebagai bahan campuran beton pra-tegang ataupun beton bertulang karena risiko terhadap karat lebih besar. Air buangan industri yang mengandung asam alkali juga tidak boleh digunakan.

Di dalam SNI 2847-2013 (Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung), air yang digunakan harus memenuhi ASTM C1602M atau SNI 03-7974 2013 (Spesifikasi air pencampur yang digunakan dalam produksi beton semen hidraulis). Selain itu Tjokrodimuljo (1996) menyatakan bahwa pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi syarat:

1. kandungan lumpur maksimum 2 gram/liter,
2. kandungan garam-garam yang merusak beton (asam, zat organik, dll) maksimum 15 gram/liter,
3. kandungan klorida (Cl) maksimum 0,5 gram/liter, dan
4. kandungan senyawa sulfat maksimum 1 gram/liter.

3.2.4 Bahan Tambah *Bestmittel*

Menurut Amrulloh (2013), bahan tambah adalah bahan yang selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera, atau selama pengadukan beton. Tujuannya untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah dibagi menjadi dua yaitu *Chemical Admixture* (bahan-bahan *admixture* yang dapat larut dalam air) dan *Mineral Admixture* (bahan-bahan yang tidak dapat larut dalam air). Dalam penelitian ini akan digunakan bahan tambah *Bestmittel*.

Bestmittel merupakan formula khusus yang digunakan dalam proses pengecoran sehingga menjadikan beton lebih cepat keras dalam usia muda serta mengurangi pemakaian air pada saat pengecoran sehingga meningkatkan mutu / kekuatan beton. *Bestmittel* sangat membantu untuk pengecoran dengan jadwal waktu yang sangat ketat karena beton cepat mengeras pada usia awal (7 – 10 hari) serta meningkatkan mutu / kekuatan beton 5 % - 10 %. Bahan dasar dari

Bestmittel adalah *Lignin Sulfonic Acid* serta memiliki keunggulan untuk mempersingkat proses pembetonan, cetakan beton dapat dilepas lebih cepat. *Bestmittel* yang digunakan sebagai bahan tambah dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Bahan Tambah *Bestmittel*

3.2.5 Serbuk Briket Batubara

Briket batubara adalah bahan bakar padat dengan bentuk dan ukuran tertentu, yang tersusun dari butiran batubara halus yang telah mengalami proses pemampatan dengan daya tekan tertentu, agar bahan bakar tersebut lebih mudah ditangani dan menghasilkan nilai tambah dalam pemanfaatannya (Royan, 2012). Komposisi kimia briket batubara dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Komposisi Kimia Briket Batubara

Zat Kimia	Berat (%)
Kadar air	7,87
Abu terbang	15,58
Kadar uap	22,35
Kadar karbon	54,20
Kadar kalor	5488 cal/g
SiO ₂ (<i>silica</i>)	55,75

Sumber: Lab. Pengujian Dinas Pertambangan Dan Energi Prop. SUMSEL

Amrulloh (2013) menjelaskan bahwa dengan kehadiran air pada campuran beton dan dengan ukuran partikel serbuk briket batubara yang halus, *oksida silika* yang dikandung oleh serbuk halus briket akan bereaksi secara kimia dengan *kalsium hidroksida* dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat.

Oleh karena itu, pada penelitian ini serbuk briket batubara dicoba untuk menggantikan sebagian semen. Serbuk briket batubara dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Serbuk Briket Batubara

3.3 Karakteristik Kekuatan 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, Wang dan Salmon (1990) mengungkapkan bahwa beton memiliki berbagai macam karakteristik, diantaranya 15 hal sebagai berikut.

1. Beton 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 desain) dibuat rekayasa untuk memeriksa dan mengetahui perbandingan campuran agar dihasilkan kekuatan beton yang tinggi.
8. Kelembaban beton harus dipertahankan untuk mendapatkan hasil yang direncanakan selama proses pengerasan campuran beton.
9. Setelah 28 hari, beton akan mencapai kekuatan penuh dan elemen konstruksi akan mampu memikul beban luar yang bekerja padanya.
10. Tulangan baja pada daerah yang tertarik dipasang untuk menjaga keretakan yang lebih lanjut pada suatu penampang balok.
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 beton yang besar adalah berat sendiri konstruksi.
15. Kelemahan beton lainnya adalah perubahan volume sebagai fungsi waktu berupa susut dan rangkak.

3.4 Perencanaan Campuran Beton

Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI-03-2834-2000. Salah satu tujuan penelitian memakai perencanaan campuran beton dengan standar SNI-03-2834-2000 adalah untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan dan sesuai dengan standar pengerjaan yang ada di Indonesia. Adapun tata cara urutan perencanaan campuran adukan beton menurut SNI-03-2834-2000 adalah sebagai berikut.

1. Nilai deviasi standar (S_d) yang ditetapkan ditentukan 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 (Tabel 3.2) dan bila jumlah data hasil uji kurang dari 15, maka nilai tambah (M) diambil tidak kurang dari 12 MPa. Kemudian nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.2 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 3.3 Nilai Deviasi Standar Untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

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

Sumber: SNI-03-2834-2000

2. Nilai tambah (M) untuk kuat tekan rencana dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.1).

$$M = 1,64 \times Sd \quad (3.1)$$

dengan:

M = nilai tambah (MPa), dan

Sd = deviasi standar rencana (MPa).

3. Kuat tekan rata-rata yang direncanakan (f'_{cr}) ditentukan dengan menggunakan persamaan (3.2). Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan

sesuai dengan persyaratan perencanaannya dan kondisi setempat. Kuat tekan beton yang disyaratkan adalah kuat tekan beton dengan kemungkinan lebih rendah dari nilai itu sebesar 5% saja.

$$f'_{cr} = f'_{c} + M \quad (3.2)$$

dengan:

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

f'_{c} = kuat tekan yang disyaratkan (MPa), dan

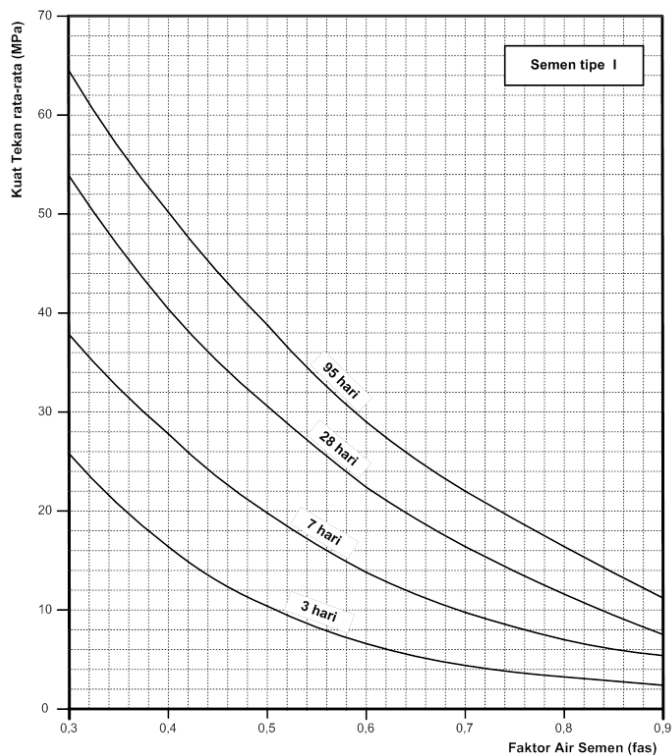
M = nilai tambah (MPa).

4. Jenis semen yang digunakan ditentukan.
5. Jenis agregat yang digunakan ditentukan.
6. Nilai faktor air semen (fas) dapat ditentukan menggunakan Tabel 3.4 maupun dengan menggunakan grafik (Gambar 3.3).

Tabel 3.4 Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) Beton dengan fas = 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)				Bentuk Benda Uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	95	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Portland Tipe II, V	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: SNI-03-2834-2000



Gambar 3.3 Grafik Hubungan Antara Kuat Desak dan Faktor Air Semen Untuk Benda Uji Silinder
(Sumber: SNI-03-2834-2000)

Tabel 3.5 Persyaratan fas Maksimum dan Jumlah Semen Minimum Untuk Berbagai Pembetonan dan Lingkungan Khusus

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen minimum per- m^3 beton (kg)	Nilai fas maksimum
Beton di dalam ruang bangunan		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,55
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55

Sumber: SNI-03-2834-2000

7. Nilai *slump* yang merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton ditentukan. Tingkat kelecakan berkaitan erat dengan tingkat kemudahan pekerjaan (*workability*). Penetapan nilai *slump* dengan memperhatikan pelaksanaan pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan maupun jenis strukturnya. *Slump* ditetapkan sesuai dengan kondisi pelaksanaan pekerjaan agar diperoleh beton yang mudah dituangkan, dipadatkan dan diratakan.
8. Besar butir agregat maksimum dihitung berdasarkan ketentuan yaitu seperlima jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan.
9. Kadar air bebas agregat campuran (agregat tak dipecahkan dan agregat dipecahkan) dihitung dengan persamaan (3.3).

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3}Wh + \frac{1}{3}Wk \quad (3.3)$$

dengan:

Wh = perkiraan jumlah air untuk agregat halus, dan

Wk = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar.

Nilai Wh dan Wk diperoleh dari Tabel 3.6 berikut.

Tabel 3.6 Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap Meter Kubik Beton

Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-100
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: SNI-03-2834-2000

10. Jumlah kadar semen yang dipakai per meter kubik beton dihitung.

a. Dengan menggunakan tabel

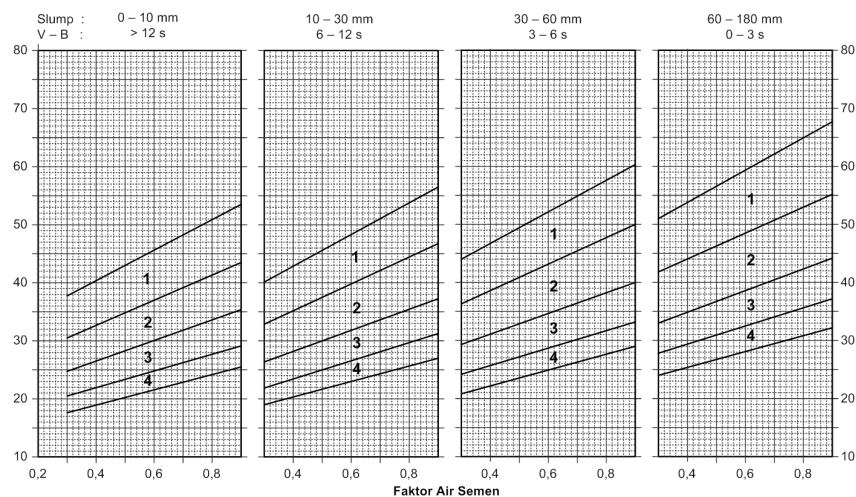
Tabel yang digunakan adalah Tabel 3.5 yang telah tertera dalam perhitungan nilai fas dan kondisi lingkungan beton.

b. Dengan menggunakan rumus

Jumlah kadar semen yang dipakai per m³ beton dapat dihitung dengan persamaan (3.4).

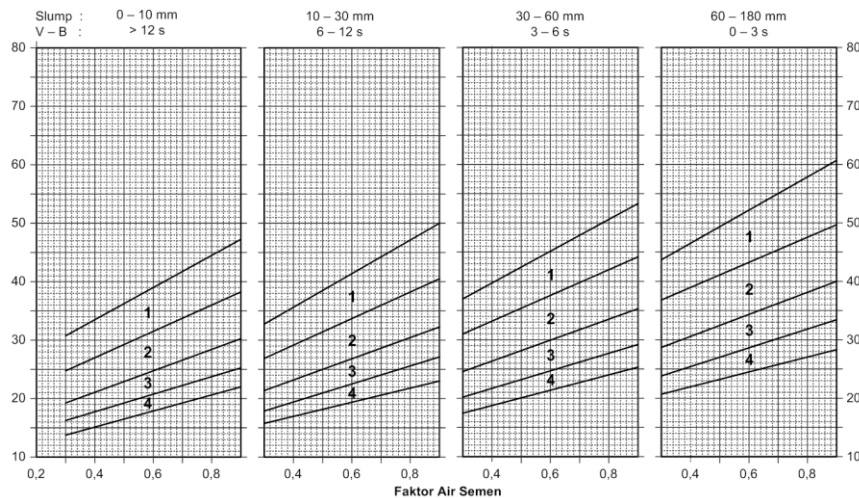
$$\text{Jumlah semen minimum per m}^3 \text{ beton} = \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{FAS}} \quad (3.4)$$

11. Persentase agregat halus dan agregat kasar ditentukan dengan menggunakan grafik pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.4 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Maksimum 20 mm

(Sumber: SNI-03-2834-2000)



Gambar 3.5 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Maksimum 40 mm
(Sumber: SNI-03-2834-2000)

Adapun untuk menentukan persentase agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan grafik tersebut adalah sebagai berikut.

- Pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5 diatas, grafik yang akan dipakai ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang direncanakan.
- Garis vertikal ke atas ditarik sampai ke kurva yang paling atas diantara 2 kurva yang menunjukkan daerah gradasi pasir.
- Kemudian, garis horizontal ditarik ke kanan, baik kurva batas atas maupun kurva batas bawah yang berada di daerah gradasi dan catat nilainya.
- Rata-rata dari kedua nilai tersebut diambil.

Untuk nilai persentase agregat kasar dihitung dengan persamaan (3.5).

$$\text{Nilai persentase agregat kasar} = 100\% - \text{Persentase agregat halus} \quad (3.5)$$

12. Berat jenis relatif agregat yang diambil dihitung berdasarkan data hasil pengujian laboratorium. Berat jenis agregat gabungan dihitung berdasarkan persamaan (3.6).

$$BJ_{AG} = (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK}) \quad (3.6)$$

dengan:

BJ_{AG} = berat jenis agregat gabungan,

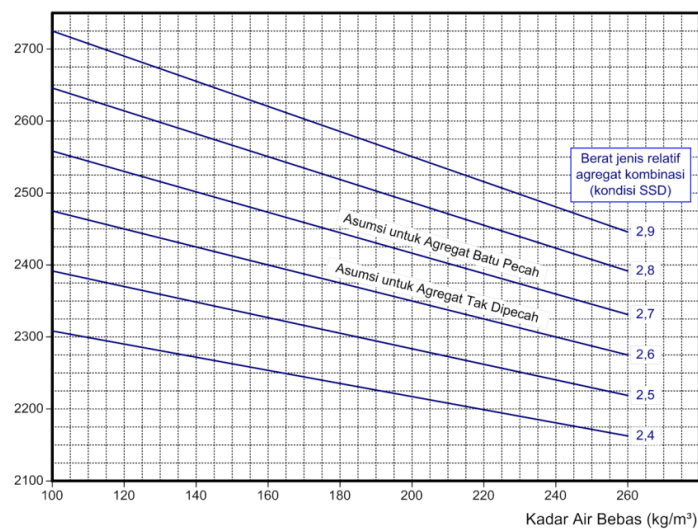
BJ_{AH} = berat jenis agregat halus,

BJ_{AK} = berat jenis agregat kasar,

$\%AH$ = persentase agregat halus, dan

$\%AK$ = persentase agregat kasar.

13. Nilai berat isi beton ditentukan dengan menggunakan grafik pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

Adapun langkah-langkah untuk mencari nilai berat isi beton dengan menggunakan grafik tersebut adalah sebagai berikut.

- Pada Gambar 3.4 diatas, garis sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan ditarik sejajar dengan garis linier yang telah ada pada grafik,
 - Garis vertikal ditarik ke atas sampai memotong garis yang telah dibuat sesuai dengan nilai kadar air bebas kemudian garis horizontal ditarik ke kiri pada perpotongan kedua garis di atas dan dicatat nilainya.
14. Kadar agregat gabungan dihitung dengan menggunakan persamaan (3.7).
Kadar agregat gabungan = berat isi beton - kadar semen - kadar air bebas (3.7)

15. Kadar agregat halus dihitung dengan menggunakan persamaan (3.8).

$$\text{Kadar agregat halus} = \frac{\% \text{agregat halus}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (3.8)$$

16. Kadar agregat kasar dihitung dengan menggunakan persamaan (3.9).

$$\text{Kadar agregat kasar} = \frac{\% \text{agregat kasar}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (3.9)$$

17. Proporsi campuran (agregat dalam kondisi SSD) dihitung dan kemudian didapatkan susunan campuran proporsi teoretis untuk setiap 1 m³ beton.

18. Berat masing-masing bahan dihitung setiap variasi campuran.

3.5 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan perbandingan besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Selanjutnya Mulyono (2006) mengemukakan bahwa kuat tekan beton mengidentifikasi mutu sebuah struktur di mana semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.

Berdasarkan SNI 1974-2011, nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.10).

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (3.10)$$

dengan:

$f'c$ = kuat tekan beton (MPa),

P = beban maksimum (N), dan

A = luas penampang yang menerima beban (mm²).

Menurut Dipohusodo (1994), nilai kuat tekan beton beragam sesuai dengan umurnya dan biasanya ditentukan waktu beton mencapai umur 28 hari setelah pengecoran. Umumnya pada umur 7 hari kuat tekan beton mencapai 70% dan pada umur 14 hari mencapai 85% sampai 90% dari kuat tekan beton umur 28 hari. Pada tahap pelaksanaan konstruksi, beton yang telah dirancang campurannya harus diproduksi sedemikian rupa sehingga memperkecil frekuensi terjadinya

beton dengan kuat tekan yang lebih dari kuat tekan yang disyaratkan (Moenir dan Handayani, 2012).

Parameter untuk menentukan mutu beton yang dipengaruhi oleh agregat, perbandingan semen, dan perbandingan jumlah air adalah kuat tekan beton. Pembuatan beton akan berhasil jika kuat tekan beton telah sesuai dengan yang telah direncanakan dalam *mix design*. Menurut Putra (2015), lima hal yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah sebagai berikut.

1. FAS atau faktor air semen, hubungan fas dengan kuat tekan beton adalah semakin rendah nilai fas maka semakin tinggi nilai kuat tekan beton. Tetapi pada kenyataannya pada suatu nilai fas tertentu semakin rendah nilai fas maka kuat tekan beton akan rendah. Hal ini terjadi karena jika fas rendah menyebabkan adukan beton sulit dipadatkan. Dengan demikian ada suatu nilai optimal yang menghasilkan kuat tekan beton yang maksimal.
2. Umur beton, kekuatan beton akan bertambah sesuai dengan umur beton tersebut. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton dipengaruhi oleh fas dan suhu perawatan. Semakin tinggi fas, maka semakin lambat kenaikan kekuatan betonnya, dan semakin tinggi suhu perawatan maka semakin cepat kenaikan kekuatan betonnya.
3. Jenis semen, kualitas pada jenis-jenis semen memiliki laju kenaikan kekuatan yang berbeda.
4. Efisiensi dari perawatan (*curing*), kehilangan kekuatan sampai 40% dapat terjadi bila terjadi pengeringan terjadi sebelum waktunya. Perawatan adalah hal yang sangat penting pada pekerjaan di lapangan dan pada pembuatan benda uji.
5. Sifat agregat, dalam hal ini kekerasan permukaan, gradasi, dan ukuran maksimum agregat berpengaruh terhadap kekuatan beton.

3.6 Umur Beton

Kuat tekan beton akan bertambah tinggi dengan bertambahnya umur. Yang dimaksud umur di sini adalah dihitung sejak beton dicetak. Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu akan semakin lambat

dan laju kenaikan itu akan menjadi relatif sangat kecil setelah berumur 28 hari. Sebagai standar kuat tekan beton (jika tidak disebutkan umur secara khusus) adalah kuat tekan beton pada umur 28 hari (Tjokrodinuljo, 2007).

Laju kenaikan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis semen portland, suhu keliling beton, faktor air semen dan faktor lain yang sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton. Angka konversi kuat tekan beton ke umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Angka Konversi Kuat Tekan Benda Uji Ke Umur 28 Hari

Umur Benda Uji	Angka Konversi
3 hari	0,40
7 hari	0,65
14 hari	0,88
21 hari	0,95
28 hari	1,00

Sumber: PBI-1971

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian pada Tugas Akhir ini adalah penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen adalah suatu penelitian yang dilakukan dengan memanipulasi terhadap satu atau lebih variabel sehingga berpengaruh pada satu atau lebih variabel lain yang diukur. Dalam penelitian eksperimen, dibedakan antara kelompok eksperimen yang diberi perlakuan berupa variabel bebas dan kelompok kontrol yang tidak diberi perlakuan apapun atau diberi perlakuan natural.

4.2 Benda Uji

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian kuat tekan beton dengan benda uji berupa beton silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Jumlah benda uji yang digunakan adalah 35 buah dengan rincian seperti pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Rincian Benda Uji

No.	Kadar <i>Bestmittel</i>	Kadar Serbuk Briket Batubara	Kode Benda Uji	Jumlah Sampel Uji Kuat Tekan
1	-	-	BU _K	5
2	0,6%	0%	BU _{B0}	6
3		5%	BU _{B5}	6
4		10%	BU _{B10}	6
5		15%	BU _{B15}	6
6		20%	BU _{B20}	6

4.3 Bahan Pembuatan Benda Uji

Bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. 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 Merapi dan dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.1 Agregat Halus



Gambar 4.2 Agregat Kasar

2. Semen Portland

Semen yang digunakan adalah semen Portland tipe I dengan merek Tiga Roda. Pengamatan keadaan fisik berupa keutuhan kemasan semen dan kehalusan

butiran semen (butiran berwarna abu-abu, halus, dan tidak menggumpal). Semen Portland yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.3 Semen Portland

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. Bahan Tambah

Pada penelitian ini digunakan bahan tambah berupa *Bestmittel*. *Bestmittel* yang digunakan diproduksi oleh PT. Multi Eraguna Usaha Indonesia dan dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut ini.



Gambar 4.5 *Bestmittel*

5. Serbuk Briket Batubara

Pada penelitian ini, serbuk briket batubara digunakan sebagai substitusi sebagian semen. Serbuk briket batubara yang digunakan adalah serbuk briket yang lolos saringan nomor 12 dan diperoleh dari Warung Briket Batubara di daerah Mlati, Sleman dan dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 4.6 Serbuk Briket Batubara

4.4 Peralatan

4.4.1 Alat Pembuatan Benda Uji

Alat-alat yang digunakan untuk pembuatan benda uji adalah sebagai berikut ini.

1. Ayakan Agregat

Ayakan agregat digunakan untuk mengayak agregat halus dan agregat kasar. Ayakan agregat dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut ini.



Gambar 4.7 Ayakan Agregat

2. Cetakan Silinder

Cetakan silinder digunakan untuk mencetak benda uji untuk pengujian kuat tekan dan dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut ini.



Gambar 4.8 Cetakan Silinder

3. Ember

Ember digunakan untuk menampung agregat kasar maupun halus dan dapat dilihat pada Gambar 9 berikut ini.



Gambar 4.9 Ember

4. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur takaran air dan dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut ini.



Gambar 4.10 Gelas Ukur

5. Gerobak Dorong

Gerobak dorong digunakan untuk memudahkan dalam membawa material dan dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut ini.



Gambar 4.11 Gerobak Dorong

6. Kerucut *Abrams*

Kerucut *abrams* digunakan pada pengujian *slump* campuran beton dan dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut ini.



Gambar 4.12 Kerucut *Abrams*

7. *Mixer* Beton

Mixer beton digunakan untuk mengaduk campuran beton dan dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut ini.



Gambar 4.13 Mixer Beton

8. Sendok Semen

Sendok semen digunakan untuk memasukkan dan meratakan campuran beton ke dalam cetakan silinder dan dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut ini.



Gambar 4.14 Sendok Semen

9. Sekop

Sekop digunakan untuk mengaduk dan memasukkan agregat ke dalam *mixer* beton dan dapat dilihat pada Gambar 4.15 berikut ini.



Gambar 4.15 Sekop

10. Timbangan

Timbangan digunakan untuk menimbang bahan uji dan dapat dilihat pada Gambar 4.16 berikut ini.



Gambar 4.16 Timbangan

11. Tongkat Penumbuk

Tongkat penumbuk digunakan untuk memadatkan benda uji dan dapat dilihat pada Gambar 4.17 berikut ini.



Gambar 4.17 Tongkat Penumbuk

4.4.2 Alat Pengujian

Alat-alat yang digunakan untuk pengujian kuat tekan benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.2 serta Gambar 4.18, Gambar 4.189, dan Gambar 4.20 berikut ini.

Tabel 4.2 Peralatan Pengujian Kuat Tekan Benda Uji

No.	Nama Alat	Kegunaan
1	Cetakan <i>capping</i>	<i>Capping</i> benda uji
2	<i>Compressing Test Machine (CTM)</i>	Menguji kuat tekan benda uji
3	Kaliper	Mengukur dimensi benda uji
4	Timbangan	Menimbang benda uji



Gambar 4.18 Cetakan *Capping*



Gambar 4.19 *Compressing Test Machine (CTM)*



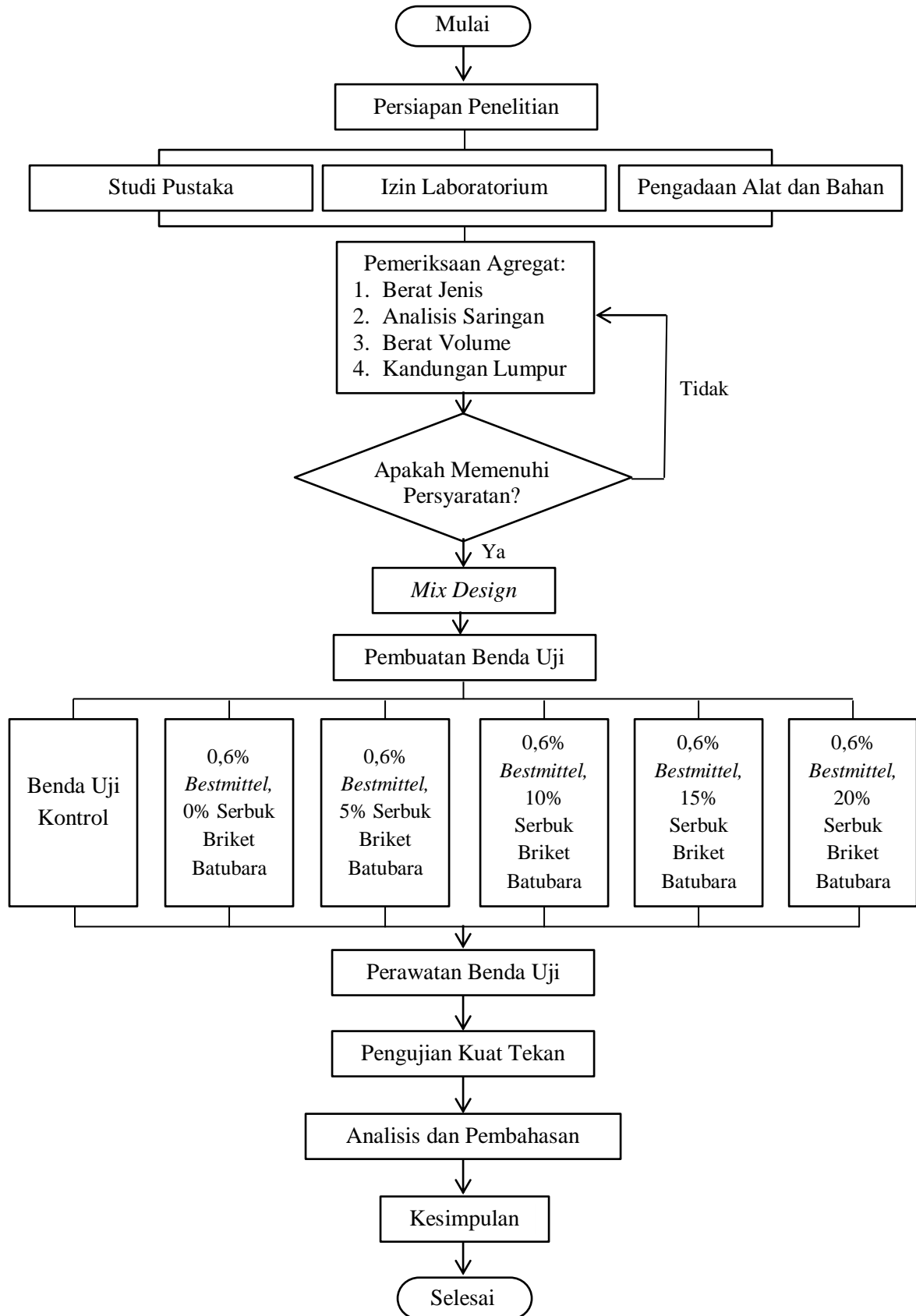
Gambar 4.20 Kaliper

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 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 4.21 berikut ini.



Gambar 4.21 Diagram Alir Tahapan Penelitian

4.7 Prosedur Penelitian

4.7.1 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*).

1. Pemeriksaan Agregat Halus

a. 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.

1) Peralatan

Peralatan yang digunakan pada pengujian ini adalah:

- a) timbangan kapasitas 2500 gram atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram,
- b) piknometer dengan kapasitas 500 ml,
- c) kerucut terpancung,
- d) batang penumbuk,
- e) saringan no. 4 (4,75 mm),
- f) oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$,
- g) pengukur suhu dengan ketelitian 1°C ,
- h) talam,
- i) bejana tempat air, dan
- j) desikator.

2) 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.

3) Prosedur pengujian

- a) 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.
- b) 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.
 - c) 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.
 - d) 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.
 - e) Piknometer direndam dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25°C .
 - f) Air ditambahkan sampai mencapai tanda batas.
 - g) Piknometer berisi air dan benda uji ditimbang sampai ketelitian 0.1 gr (Bt).
 - h) Benda uji dikeluarkan dan dikeringkan dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap kemudian benda uji didinginkan dalam desikator.
 - i) Setelah benda uji dingin kemudian ditimbang (Bk).
 - j) Piknometer berisi air penuh ditimbang dan diukur suhu air untuk penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

4) 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), dan

500 = berat benda uji dalam keadaan SSD (gram).

b. Analisis saringan agregat halus

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

1) Peralatan

Peralatan yang digunakan pada pengujian ini adalah:

- a) timbangan kapasitas 2500 gram atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram,
- b) satu set saringan,
- c) alat pemisah contoh,
- d) mesin pengguncang saringan,
- e) oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$,
- f) kuas, sikat halus, sikat kuningan, dan talam.

2) Benda Uji

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

3) Prosedur Pengujian

- a) Saringan disusun dari yang lubangnya paling besar di bagian atas dan pan diletakkan pada bagian paling bawah.
- b) 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.
- c) Kemudian benda uji yang terdapat pada masing-masing saringan ditimbang dan dicatat beratnya.

4) Perhitungan

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

dengan:

MHB = modulus halus butir.

c. Pemeriksaan berat isi agregat halus

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

1) Peralatan

Peralatan yang digunakan pada pengujian ini adalah:

- a) timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh,
- b) silinder kapasitas 5 liter,
- c) alat penumbuk dengan diameter 16 mm dan panjang 600 mm,
- d) oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$,
- e) talam, dan
- f) mistar perata.

2) Benda Uji

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

3) Prosedur Pengujian

- a) Silinder kosong ditimbang dan dicatat dimensinya.

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

4) Perhitungan

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

dengan:

W_3 = berat benda uji (gram), dan

V = volume silinder (cm^3).

d. 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.

1) Peralatan

Peralatan yang digunakan pada pengujian ini adalah:

- a) timbangan kapasitas 2500 gram atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram,
- b) saringan no. 200,
- c) tempat untuk pencucian dengan saluran air mengalir,
- d) oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, dan
- e) cawan.

2) Benda Uji

Benda uji adalah agregat yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dengan keadaan kering oven sebanyak 500 gram.

3) Prosedur Pengujian

- a) Benda uji diletakkan dalam saringan dan dialirkan air di atasnya.
- b) Saringan digerakkan dengan air mengalir yang cukup deras sehingga bagian yang halus menembus saringan No. 200 dan bagian yang kasar tertinggal di atasnya.
- c) Pekerjaan di atas diulangi hingga air pencucian jernih.
- d) Benda uji diletakkan dalam cawan dan dikeringkan dengan oven sampai berat tetap. Setelah kering ditimbang dan dicatat beratnya.

4) 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), dan

W_2 = berat benda uji kering oven setelah dicuci (gram).

2. Pemeriksaan Agregat Kasar

a. 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.

1) Peralatan

Peralatan yang digunakan pada pengujian ini adalah:

- a) timbangan kapasitas 20000 gram atau lebih dengan ketelitian 0,1% dari berat contoh dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang,
- b) keranjang kawat ukuran 3,35 mm atau 2,36 mm (no. 6 atau no. 8) dengan kapasitas ± 5000 gram,
- c) tempat air dengan kapasitas dan bentuk sesuai untuk pemeriksaan dan dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air tetap,
- d) alat pemisah contoh,
- e) saringan no. 4 (4,75 mm),
- g) oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$,

f) pengukur suhu dengan ketelitian 1°C,

g) kain lap, sekop kecil, dan pan.

2) 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.

3) Prosedur pengujian

a) Benda uji dikeringkan di dalam oven pada suhu (110±5)°C, sampai berat tetap. Kemudian benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam.

b) Kemudian benda uji direndam dalam air pada suhu kamar selama (24±4) jam.

c) 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.

d) Benda uji keadaan SSD ditimbang.

e) 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.

f) Benda uji dimasukkan ke dalam pan dan dimasukkan ke dalam oven pada suhu (110±5)°C selama (24±4) jam, kemudian setelah kering ditimbang beratnya.

4) 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:

B_k = berat benda uji kering oven (gram),

B_j = berat benda uji SSD (gram), dan

B_a = berat benda uji SSD di dalam air (gram).

b. Analisis saringan agregat kasar

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

1) Peralatan

Peralatan yang digunakan pada pengujian ini adalah:

- a) timbangan kapasitas 20000 gram atau lebih dengan ketelitian 0,2% dari berat contoh,
- b) satu set saringan,
- c) alat pemisah contoh,
- d) mesin pengguncang saringan,
- e) oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$,
- f) kuas, sikat halus, sikat kuningan, dan talam.

2) Benda Uji

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

3) Prosedur Pengujian

- a) Saringan disusun dari yang lubangnya paling besar di bagian atas dan pan diletakkan pada bagian paling bawah.
- b) 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.
- c) Kemudian benda uji yang terdapat pada masing-masing saringan ditimbang dan dicatat beratnya.

4) Perhitungan

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

dengan:

MHB = modulus halus butir.

c. Pemeriksaan berat isi agregat kasar

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

1) Peralatan

Peralatan yang digunakan pada pengujian ini adalah:

- a) timbangan dengan ketelitian 0,1 % dari berat contoh,
- b) silinder kapasitas 10 liter,
- c) alat penumbuk dengan diameter 16 mm dan panjang 600 mm,
- d) oven dengan pengatur suhu untuk memanasi benda uji sampai suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$,
- e) talam, dan
- f) mistar perata.

2) Benda Uji

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

3) Prosedur Pengujian

- a) Silinder kosong ditimbang dan dicatat dimensinya.
- b) 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.
- c) Permukaan benda uji diratakan dengan mistar perata, kemudian silinder beserta isinya ditimbang dan dicatat beratnya.
- d) Selanjutnya dihitung berat benda uji dan volume silinder.

4) Perhitungan

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

dengan:

W_3 = berat benda uji (gram), dan

V = volume silinder (cm^3).

4.7.2 Perencanaan Campuran Beton

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.

4.7.3 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Langkah-langkah yang dilakukan pada pembuatan dan perawatan benda uji adalah sebagai berikut ini.

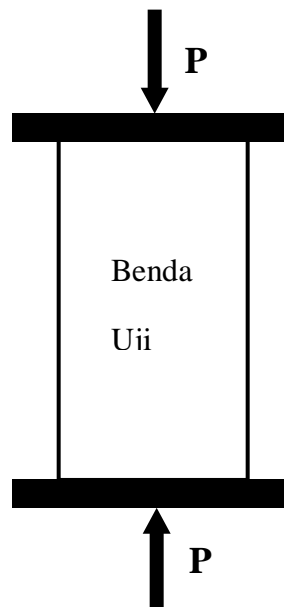
1. Semua bahan ditimbang sesuai takaran yang telah ditentukan pada perencanaan campuran beton.
2. Mesin pengaduk dan peralatan lain yang akan digunakan dipersiapkan.
3. Setelah mesin pengaduk dinyalakan, agregat kasar dan halus dimasukkan lalu semen dan serbuk briket batubara juga dimasukkan. Setelah itu air yang sudah dicampur dengan *Bestmittel* dimasukkan dan disisakan sedikit.
4. Setelah campuran homogen, tuang adukan beton ke talam dan dilakukan uji *slump*.
5. Setelah nilai *slump* memenuhi, adukan beton dimasukkan ke dalam cetakan silinder yang sudah dilumasi dengan bahan pelumas pada bagian dalamnya.
6. Adukan beton dimasukkan ke dalam cetakan dalam tiga lapis, setiap lapis dipadatkan 25 kali dengan alat penumbuk.
7. Permukaan beton diratakan dengan mistar perata, kemudian cetakan beserta adukan beton ditimbang.
8. Setelah 24 jam, cetakan dibuka dengan hati-hati dan diberi kode agar tidak tertukar dengan benda uji lain.
9. Benda uji dirawat dengan cara direndam di tempat perendaman.

4.7.4 Pengujian Kuat Tekan Beton

Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian kuat tekan beton adalah sebagai berikut ini.

1. Benda uji diambil dari tempat perendaman 24 jam sebelum pengujian, kemudian kotoran yang menempel dibersihkan dengan kain lap.
2. Setelah 24 jam, benda uji ditimbang dan diukur dimensinya.
3. Permukaan atas benda uji diberi lapisan mortar belerang agar permukaan rata, sehingga pada saat dilakukan uji kuat tekan seluruh permukaan menerima gaya desak yang sama besar.
4. Benda uji diletakkan pada mesin tekan secara sentris.
5. Mesin tekan dijalankan dengan penambahan beban yang konstan, sekitar 2 sampai 4 kg/cm² per detik.
6. Pembebanan dilakukan beban maksimum yaitu saat jarum penunjuk berhenti atau turun, catat beban maksimum yang terjadi selama pengujian.
7. Matikan mesin tekan dan benda uji diambil dari mesin tekan.

Sketsa pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 4.22 berikut ini.



Gambar 4.22 Sketsa Pengujian Kuat Tekan Beton

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Pada bab ini akan dijabarkan hasil penelitian 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, berat isi gembur dan padat agregat, modulus halus butir agregat, serta kandungan lumpur serta hasil akhir pengujian yang berupa pengujian kuat tekan beton. Pengujian semen tidak dilakukan, karena semen yang digunakan adalah jenis semen type PCC yang dianggap sudah melalui *quality control* yang ketat dari pihak pabrik dan dapat dilihat secara visual yaitu tidak menggumpal. Sedangkan serbuk briket batubara yang digunakan untuk substitusi sebagian semen adalah serbuk briket yang lolos saringan nomor 12.

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 pada beton dengan bahan tambah *Bestmittel* dan serbuk briket batubara sebagai substitusi sebagian semen.

5.2 Pengujian Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pasir alam yang diperoleh dari Merapi. Sebelum membuat rencana campuran beton, dilakukan pengujian awal pada material pasir agar diketahui 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 ini.

Tabel 5.1 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Pasir Kering Mutlak (BK), gram	483,6	470	476,8
Berat Pasir SSD, gram	500	500	500
Berat Piknometer + Pasir + Air (BT), gram	1056	1019,85	1037,925
Berat Piknometer Berisi Air (B), gram	733	726,5	729,75
Berat Jenis Curah	2,732	2,274	2,503
Berat Jenis SSD	2,825	2,420	2,622
Berat Jenis Semu	3,011	2,661	2,836
Penyerapan Air	3,391%	6,383%	4,887%

Dari hasil uji berat jenis di atas didapat berat jenis SSD rata-rata sebesar 2,622 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 4,887% yang menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering muka sebesar 4,887% 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 ini.

Tabel 5.2 Berat Isi Gembur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W1), gram	11000	11000
Berat Tabung + Agregat (W2), gram	19200	18700
Berat Agregat (W3), gram	8200	7700
Volume Tabung (V), cm ³	5301,438	5301,438
Berat Isi Gembur, gr/cm ³	1,547	1,452
Berat Isi Gembur Rata-rata, gr/cm ³	1,5	

Tabel 5.3 Berat Isi Padat Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W1), gram	11000	11000
Berat Tabung + Agregat (W2), gram	19500	19800
Berat Agregat (W3), gram	8500	8800
Volume Tabung (V), cm ³	5301,438	5301,438
Berat Isi Padat, gr/cm ³	1,603	1,660
Berat Isi Padat Rata-rata, gr/cm ³	1,632	

Dari hasil pengujian berat isi agregat halus didapat berat isi gembur sebesar 1,5 gr/cm³ dan berat isi padat sebesar 1,632 gr/cm³, nilai tersebut masih dalam batas yang diizinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm³ (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 ini.

Tabel 5.4 Kandungan Lumpur Agregat Halus

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Agregat Kering Oven (W1), gram	500	500
Berat Agregat Kering Oven Setelah Dicuci (W2), gram	480,65	493,65
Kandungan Lumpur	3,87%	1,27%
Kandungan Lumpur Rata-rata	2,57%	

Dari hasil pengujian kandungan lumpur didapat persentase kandungan lumpur rata-rata 2,57%. 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 ini.

Tabel 5.5 Analisis Saringan Agregat Halus

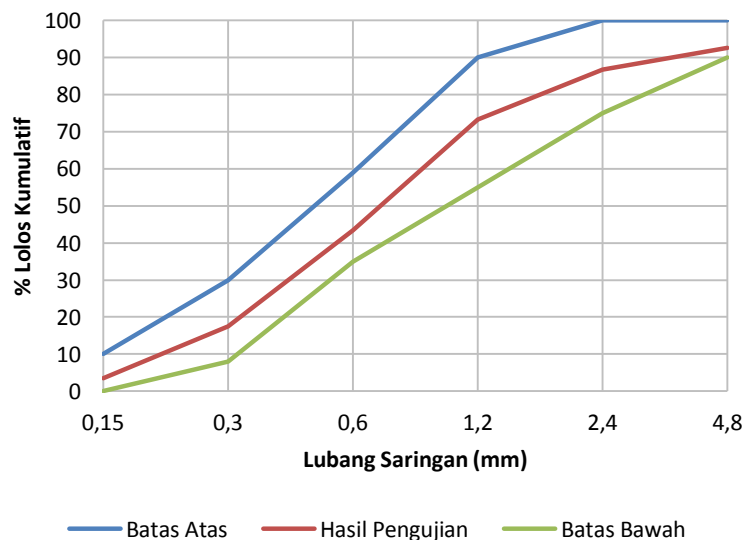
Lubang Saringan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
4,80	145,9	7,305	7,305	92,695
2,40	117,6	5,888	13,193	86,807
1,20	271	13,569	26,762	73,238
0,60	594,4	29,762	56,524	43,476
0,30	519,2	25,996	82,521	17,479
0,15	279,8	14,010	96,530	3,470
Pan	69,3	3,470		0
Jumlah	1997,2	100	282,834	

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\sum \text{persen tertinggal kumulatif mulai dari saringan } 0,15 \text{ mm}}{100} \\
 &= \frac{282,834}{100} \\
 &= 2,828
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian didapat nilai MHB sebesar 2,828% 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)	Persen Lolos Kumulatif		
	Batas Atas	Hasil Pengujian	Batas Bawah
4,80	100	92,695	90
2,40	100	86,807	75
1,20	90	73,238	55
0,60	59	43,476	35
0,30	30	17,479	8
0,15	10	3,470	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.

5.5.1 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 ini.

Tabel 5.7 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Kerikil Kering Mutlak (Bk), gram	4779,4	4726,3	4752,85
Berat Kerikil SSD (Bj), gram	5000	5000	5000
Berat Kerikil dalam Air (Ba), gram	2961,5	2929	2945,25
Berat Jenis Curah	2,345	2,282	2,313
Berat Jenis SSD	2,453	2,414	2,434
Berat Jenis Semu	2,629	2,630	2,629
Penyerapan Air	4,616%	5,791%	5,203%

Dari hasil uji berat jenis di atas didapat berat jenis SSD rata-rata sebesar 2,434 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 4,887%. Angka tersebut menunjukkan kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering mutlak sampai jenuh kering muka sebesar 4,887% dari berat agregat itu sendiri.

5.5.2 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 ini.

Tabel 5.8 Berat Isi Gembur Agregat Kasar

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W1), gram	11300	10800
Berat Tabung + Agregat (W2), gram	18100	17200
Berat Agregat (W3), gram	6800	6400
Volume Tabung (V), cm ³	5213,551	5301,438
Berat Isi Gembur, gr/cm ³	1,304	1,207
Berat Isi Gembur Rata-rata, gr/cm ³	1,256	

Tabel 5.9 Berat Isi Padat Agregat Kasa

Uraian	Hasil Pengamatan	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat Tabung (W1), gram	11300	10800
Berat Tabung + Agregat (W2), gram	18800	18000
Berat Agregat (W3), gram	7500	7200
Volume Tabung (V), cm ³	5213,551	5301,438
Berat Isi Padat, gr/cm ³	1,439	1,358
Berat Isi Padat Rata-rata, gr/cm ³	1,398	

Dari hasil pengujian, didapat berat isi gembur sebesar 1,256 gr/cm³ dan berat isi padat sebesar 1,398 gr/cm³, nilai tersebut masih dalam batas yang diizinkan yaitu minimal 1,2 gr/cm³ (SII No.52-1980) sehingga agregat kasar yang digunakan termasuk kategori agregat normal.

5.5.3 Analisis Saringan

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

Tabel 5.10 Analisis Saringan Agregat Kasar

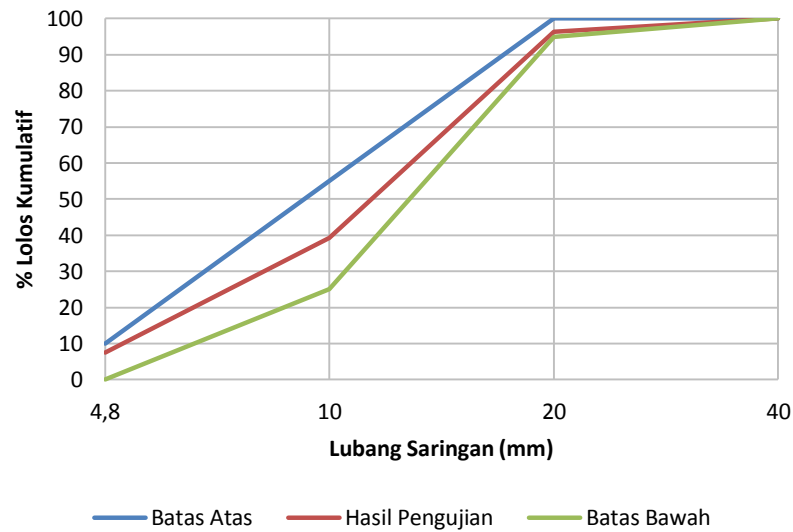
Lubang Saringan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	Berat Tertinggal (%)	Berat Tertinggal Kumulatif (%)	Persen Lolos Kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	185,5	3,715	3,715	96,285
10,00	2846	57,000	60,715	39,285
4,80	1585	31,744	92,459	7,541
2,40	339	6,790	99,249	0,751
1,20	26,5	0,531	99,780	0,220
0,60	0	0	99,780	0,220
0,30	0	0	99,780	0,220
0,15	0	0	99,780	0,220
Pan	11	0,220		0
Jumlah	4993	100	655,257	

$$\begin{aligned}
 \text{MHB} &= \frac{\sum \text{persen tertinggal kumulatif mulai dari saringan } 0,15 \text{ mm}}{100} \\
 &= \frac{655,257}{100} \\
 &= 6,553
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengujian didapat nilai MHB sebesar 6,553% 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 ini.

Tabel 5.11 Spesifikasi Gradasi Kerikil dengan Besar Butir Maksimum 20 mm

Lubang Ayakan (mm)	Persen Lolos Kumulatif		
	Batas Atas	Hasil Pengujian	Batas Bawah
40,00	100	100	100
20,00	100	96,285	95
10,00	55	39,285	25
4,80	10	7,541	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. Kuat tekan yang diisyaratkan ($f'c$) adalah 25 MPa
2. Nilai tambah (M) adalah 12 MPa
3. Kuat tekan beton yang ditargetkan ($f'cr$)

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

4. Jenis semen yang digunakan yaitu semen Portland tipe I
5. Jenis agregat yang digunakan:
 - a. agregat halus pasir alami, dan
 - b. agregat kasar berupa batu pecah.
6. Faktor air semen (fas)

Untuk menentukan nilai faktor air semen dapat menggunakan tabel perkiraan kuat tekan beton yang telah disajikan pada Tabel 3.4. Pada penelitian ini digunakan jenis semen Portland tipe I, jenis agregat kasar batu pecah, dan benda uji berbentuk silinder sehingga sesuai dengan Tabel 3.4 maka perkiraan kuat tekan beton dengan faktor air semen 0,5 pada umur 28 hari adalah 37

MPa. Kuat tekan tersebut sama dengan kuat tekan yang ditargetkan (f'_{cr}) sehingga digunakan nilai faktor air semen 0,5.

7. Kadar air bebas agregat campuran

Ukuran agregat maksimum yang digunakan adalah 20 mm dan nilai *slump* yang ditentukan adalah 60-180 mm sehingga dari Tabel 3.6 diperoleh nilai perkiraan jumlah air untuk agregat halus (Wh) adalah 195 sedangkan untuk agregat kasar (Wk) adalah 225. Kemudian nilai kadar air bebas agregat campuran adalah sebagai berikut ini.

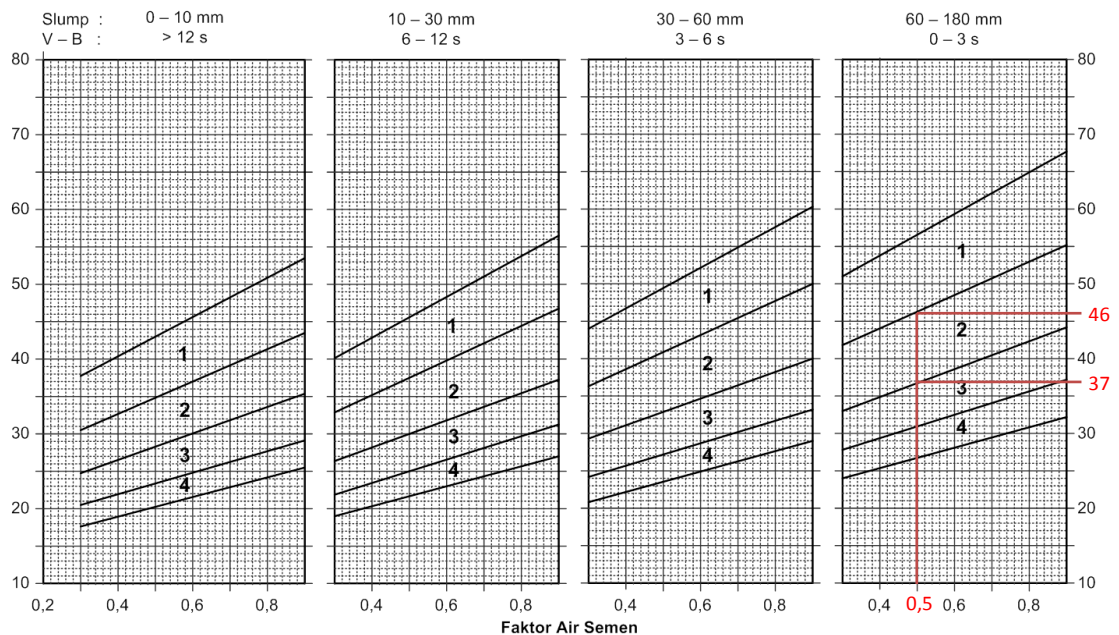
$$\begin{aligned} \text{Kadar air bebas} &= \frac{2}{3}Wh + \frac{1}{3}Wk \\ &= \frac{2}{3} \cdot 195 + \frac{1}{3} \cdot 225 \\ &= 205 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

8. Kadar semen

$$\begin{aligned} \text{Jumlah semen per m}^3 \text{ beton} &= \frac{\text{Kadar air bebas}}{\text{fas}} \\ &= \frac{205}{0,5} \\ &= 410 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

9. Persentase agregat halus dan agregat kasar

Dengan mengacu pada *slump* 60-180 mm, faktor air semen 0,5 dan ukuran butir maksimum 20 mm serta agregat halus berada pada gradasi 2 maka persentase agregat halus terhadap kadar agregat total sesuai pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Persentase Agregat Halus Terhadap Kadar Agregat Total

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

Dari Gambar 5.3 diperoleh persentase agregat halus berkisar 37% - 46%. Nilai yang digunakan adalah nilai rata-rata yaitu 41,5%.

Nilai persentase agregat kasar = 100% - Persentase agregat halus

$$= 100\% - 41,5\%$$

$$= 58,5\%$$

10. Berat jenis relatif agregat

$$\text{Berat jenis agregat halus (BJ}_{AH}) = 2,622$$

$$\text{Berat jenis agregat kasar (BJ}_{AK}) = 2,434$$

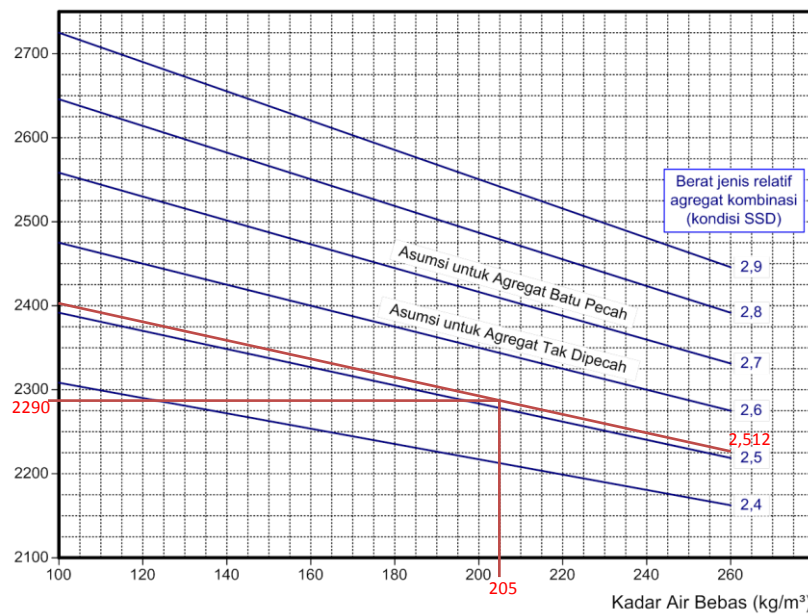
$$\text{Berat jenis agregat gabungan (BJ}_{AG}) = (\%AH \cdot BJ_{AH}) + (\%AK \cdot BJ_{AK})$$

$$= (41,5\% \cdot 2,622) + (58,5\% \cdot 2,434)$$

$$= 2,512$$

11. Berat isi beton

Dengan kadar air bebas 205 kg/m³ dan berat jenis relatif agregat 2,512 maka perkiraan berat isi beton sesuai pada Gambar 5.4 berikut ini.



Gambar 5.4 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

Dari Gambar 5.4 diperoleh nilai berat isi beton basah sebesar 2290 kg/m^3 .

12. Kadar agregat gabungan

$$\begin{aligned} \text{Kadar agregat gabungan} &= \text{berat isi beton} - \text{kadar semen} - \text{kadar air bebas} \\ &= 2290 - 410 - 205 \\ &= 1675 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

13. Kadar agregat halus

$$\begin{aligned} \text{Kadar agregat halus} &= 41,5\% \cdot 1675 \\ &= 695,125 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

14. Kadar agregat kasar

$$\begin{aligned} \text{Kadar agregat kasar} &= 58,5\% \cdot 1675 \\ &= 979,875 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Selanjutnya rekapitulasi perencanaan campuran beton dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Rekapitulasi Perencanaan Campuran Beton

Proporsi Campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat	
			Halus (kg)	Kasar (kg)
Proporsi Campuran teoritis (Agregat SSD)				
• Setiap m ³	410	205	695,125	979,875
• Setiap campuran uji: 0,0053 m ³	2,1736	1,0868	3,6852	5,1947
Proporsi Campuran dengan angka penyusutan 20%				
• Setiap m ³	492	246	834,15	1175,85
• Setiap campuran uji: 0,0053 m ³	2,6083	1,3042	4,4222	6,2337

Kemudian untuk kebutuhan material setiap benda uji serta kebutuhan material pada1 kali adukan dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.13 Kebutuhan Material Untuk 1 Benda Uji

Kode Benda Uji	Volume	Material					
		Semen (Kg)	Serbuk Briket Batubara (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Air (Kg)	Bestmittel (Kg)
BU _K	0,0053	2,608	0	4,422	6,234	1,304	0
BU _{B0}	0,0053	2,608	0	4,422	6,234	1,304	0,016
BU _{B5}	0,0053	2,478	0,130	4,422	6,234	1,304	0,016
BU _{B10}	0,0053	2,347	0,261	4,422	6,234	1,304	0,016
BU _{B15}	0,0053	2,217	0,391	4,422	6,234	1,304	0,016
BU _{B20}	0,0053	2,087	0,522	4,422	6,234	1,304	0,016

Tabel 5.14 Kebutuhan Material Untuk 1 Kali Adukan

Kode Benda Uji	Jumlah Benda Uji	Volume	Material					<i>Bestmittel</i> (Kg)
			Semen (Kg)	Serbuk Briket Batubara (Kg)	Agregat Halus (Kg)	Agregat Kasar (Kg)	Air (Kg)	
BU _K	5	0,0265	13,042	0	22,111	31,168	6,521	0
BU _{B0}	6	0,0318	15,650	0	26,533	37,402	7,825	0,094
BU _{B5}	6	0,0318	14,867	0,782	26,533	37,402	7,825	0,094
BU _{B10}	6	0,0318	14,085	1,565	26,533	37,402	7,825	0,094
BU _{B15}	6	0,0318	13,302	2,347	26,533	37,402	7,825	0,094
BU _{B20}	6	0,0318	12,520	3,130	26,533	37,402	7,825	0,094

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 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Nilai *Slump* Pada Adukan Beton

Kode Benda Uji	Air Sesuai Perhitungan (liter)	Air yang Digunakan (liter)	Pengurangan Air (liter)	Nilai <i>Slump</i> Rata-rata (mm)
BU _K	6,521	6,021	0,5	92
BU _{B0}	7,825	7,825	0	90
BU _{B5}	7,825	7,625	0,2	95
BU _{B10}	7,825	7,025	0,8	100
BU _{B15}	7,825	7,425	0,4	90
BU _{B20}	7,825	7,825	0	10

Pada saat pencampuran adukan beton terdapat beberapa pengurangan air dari perhitungan kebutuhan air rencana. Pengurangan air ini disebabkan oleh campuran beton yang terlihat terlalu cair dan dapat mengakibatkan peningkatan

nilai *slump* dan tidak sesuai rencana dan menyebabkan menurunnya kekuatan beton. Pada benda uji dengan kadar substitusi semen dengan serbuk briket batubara 20%, nilai *slump* sangat rendah karena banyaknya kadar serbuk briket batubara yang dapat menyerap air. Rendahnya nilai *slump* mengakibatkan sulitnya pengerjaan pencetakan beton.

5.5.2 Pemeriksaan Berat Isi Beton

Hasil pemeriksaan berat isi beton segar dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Hasil Pemeriksaan Berat Isi Beton

Kode Benda Uji	Berat Isi Rencana (kg/m³)	Berat Isi Rata-rata (kg/m³)	Peningkatan (%)
BU _K	2290	2288,330	-0,073
BU _{B0}	2290	2345,164	2,409
BU _{B5}	2290	2303,774	0,601
BU _{B10}	2290	2306,875	0,737
BU _{B15}	2290	2298,613	0,376
BU _{B20}	2290	2168,930	-5,287

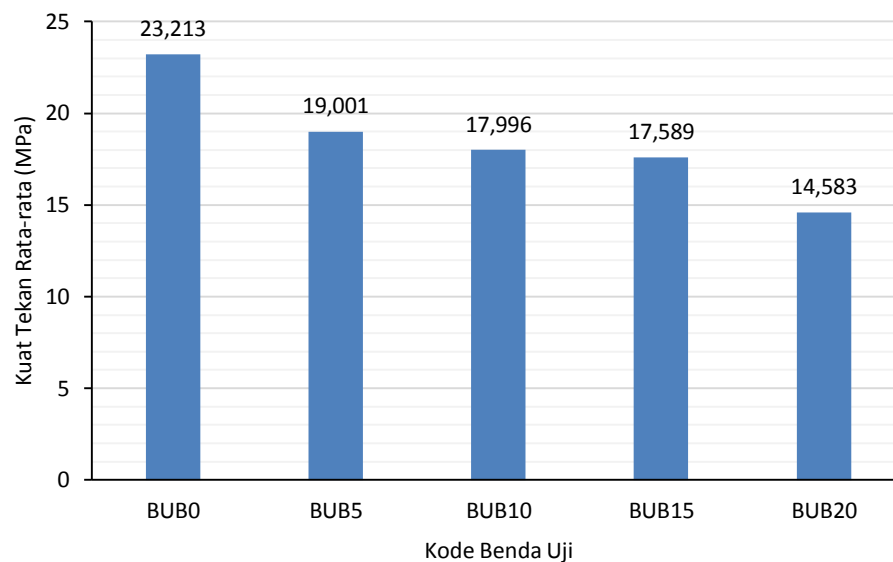
Berdasarkan data pemeriksaan berat isi beton segar untuk berbagai variasi benda uji disimpulkan bahwa beton normal mempunyai berat isi 2288,330 kg/m³ dan hampir memenuhi berat isi beton rencana yaitu 2290 kg/m³, sedangkan beton BU_{B20} memiliki berat isi 2168,930 kg/m³ merupakan beton dengan berat isi terendah dan jauh dari berat isi beton rencana.

5.6 Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada benda uji dengan kuat tekan rencana ($f'c$) 25 MPa. Benda uji normal diuji pada umur 28 hari sedangkan benda uji dengan variasi substitusi serbuk briket batubara dan penambahan *Bestmittel* diuji pada umur 14 dan 28 hari. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 14 hari dapat dilihat pada Tabel 5.17 dan Gambar 5.5 berikut.

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

No	Kode	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Rasio Kuat Tekan Terhadap BU _k 28 Hari (%)
1	BU _{B0} -1	150,3	17742,22	440	24,800	23,213	92,225
2	BU _{B0} -2	149,8	17624,37	390	22,128		
3	BU _{B0} -3	149,75	17612,6	400	22,711		
4	BU _{B5} -1	151,2	17955,33	305	16,987	19,001	75,491
5	BU _{B5} -2	150,33	17749,3	350	19,719		
6	BU _{B5} -3	150,9	17884,15	363	20,297		
7	BU _{B10} -1	151,2	17955,33	303	16,875	17,996	71,500
8	BU _{B10} -2	149,8	17624,37	320	18,157		
9	BU _{B10} -3	150,67	17829,68	338	18,957		
10	BU _{B15} -1	150,4	17765,83	383	21,558	17,589	69,881
11	BU _{B15} -2	151,7	18074,28	301	16,653		
12	BU _{B15} -3	151,1	17931,59	261	14,555		
13	BU _{B20} -1	150,9	17884,15	254	14,203	14,583	57,938
14	BU _{B20} -2	150,667	17828,97	253	14,190		
15	BU _{B20} -3	149,9	17647,9	271	15,356		



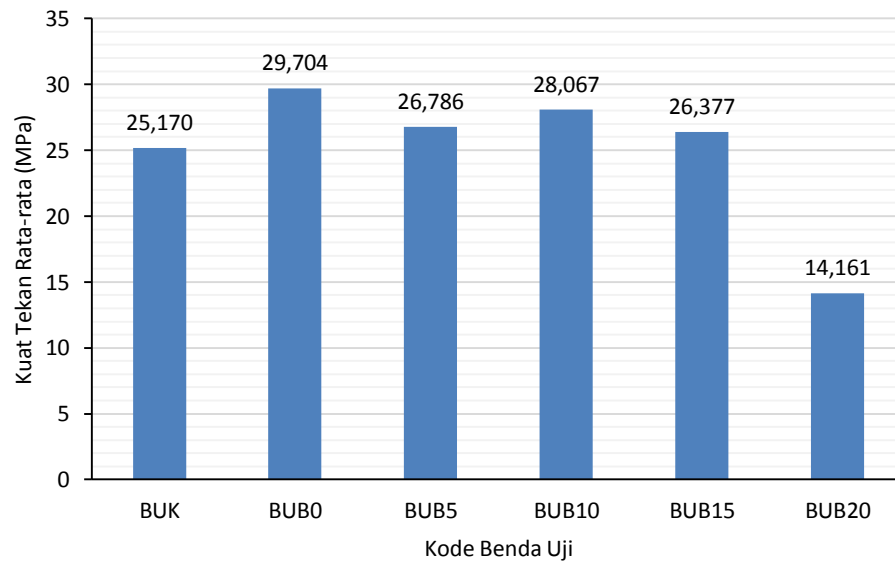
Gambar 5.5 Perbandingan Kuat Tekan Umur 14 Hari

Berdasarkan Gambar 5.5 diperoleh bahwa benda kuat tekan tertinggi benda uji umur 14 hari terdapat pada benda uji dengan kode BU_{B0} yang mencapai 23,213 MPa atau 92,225% dari kuat tekan benda uji kontrol umur 28 hari, sedangkan yang terendah terdapat pada benda uji dengan kode BU_{B20} yang mempunyai kuat tekan 14,583 MPa atau 57,938% dari kuat tekan kuat tekan benda uji kontrol umur 28 hari.

Sedangkan hasil pengujian kuat tekan benda uji umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 5.18 dan Gambar 5.6 berikut ini.

Tabel 5.18 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

No	Kode	Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)	Peningkatan (%)
1	BU _k -1	150,65	17824,94	455	25,526	25,170	0
2	BU _k -2	150,85	17872,3	455	25,458		
3	BU _k -3	151	17907,86	450	25,129		
4	BU _k -4	151,9	18121,97	451	24,887		
5	BU _k -5	151	17907,86	445	24,849		
6	BU _{B0} -4	150,85	17872,3	480	26,857	29,704	18,015
7	BU _{B0} -5	151,18	17950,58	540	30,083		
8	BU _{B0} -6	150,85	17872,3	575	32,173		
9	BU _{B5} -4	151,367	17995,02	475	26,396	26,786	6,420
10	BU _{B5} -5	151,867	18114,1	490	27,051		
11	BU _{B5} -6	150,7	17836,78	480	26,911		
12	BU _{B10} -4	152,067	18161,84	510	28,081	28,067	11,510
13	BU _{B10} -5	151,533	18034,51	535	29,665		
14	BU _{B10} -6	149,6	17577,34	465	26,455		
15	BU _{B15} -4	151,9	18121,97	460	25,384	26,377	4,797
16	BU _{B15} -5	151,167	17947,5	505	28,138		
17	BU _{B15} -6	150,4	17765,83	455	25,611		
18	BU _{B20} -4	150,9	17884,15	225	12,581	14,161	-43,737
19	BU _{B20} -5	151,54	18036,18	228	12,641		
20	BU _{B20} -6	151,7	18074,28	312	17,262		



Gambar 5.6 Perbandingan Kuat Tekan Umur 28 Hari

Pada benda uji dengan umur 28 hari, peningkatan kuat tekan tertinggi terdapat pada benda uji dengan kode BU_{B0} yang mencapai 29,704 MPa atau naik 18,015% dari benda uji kontrol yaitu 25,170 MPa dan kuat tekan terendah terdapat pada benda uji dengan kode BU_{B20} dengan kuat tekan 14,161 MPa atau mengalami penurunan sebesar 43,737% dari benda uji kontrol.

5.7 Pembahasan Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Benda uji kontrol (BU_K) yang merupakan beton campuran normal dan diuji pada umur 28 hari mempunyai kuat tekan 25,170 MPa. Pada benda uji BU_{B0} dengan penambahan *Bestmittel* 0,6% dari berat semen dan penggantian semen dengan serbuk briket batubara sebesar 0% pada umur 14 hari memiliki kuat tekan 23,213 MPa atau mencapai 92,225% dari kuat tekan BU_K dan 29,704 MPa pada umur 28 hari atau meningkat 18,015% dari benda uji kontrol.

Pada benda uji BU_{B5} dengan penambahan *Bestmittel* 0,6% dari berat semen dan penggantian semen dengan serbuk briket batubara sebesar 5% memiliki kuat tekan 19,001 MPa pada umur 14 hari atau 75,491% dari kuat tekan benda uji kontrol dan 26,786 MPa pada umur 28 hari atau meningkat 6,420% dari benda uji kontrol.

Benda uji BU_{B10} dengan penambahan *Bestmittel* 0,6% dari berat semen dan penggantian semen dengan serbuk briket batubara sebesar 10% kuat tekannya mencapai 17,996 MPa pada umur 14 hari atau 71,500% dari kuat tekan benda uji kontrol dan 28,067 MPa atau mengalami peningkatan sebesar 11,510% dari benda uji kontrol pada umur 28 hari.

Kuat tekan benda uji BU_{B15} dengan penambahan *Bestmittel* 0,6% dari berat semen dan penggantian semen dengan serbuk briket batubara sebesar 15% mencapai 17,589 MPa pada umur 14 hari atau 69,881% dari kuat tekan benda uji kontrol dan 26,377 MPa pada umur 28 atau meningkat 4,797% dari benda uji kontrol.

Pada benda uji BU_{B20} dengan penambahan *Bestmittel* 0,6% dari berat semen dan penggantian semen dengan serbuk briket batubara sebesar 20% memiliki kuat tekan terendah yaitu 14,583 MPa pada umur 14 hari atau 57,938% dari kuat tekan benda uji kontrol dan 14,161 MPa pada umur 28 hari atau mengalami penurunan sebesar 43,737% dari benda uji kontrol. Hal tersebut disebabkan oleh kondisi beton yang berongga karena rendahnya nilai *slump* sehingga menyulitkan saat dipadatkan.

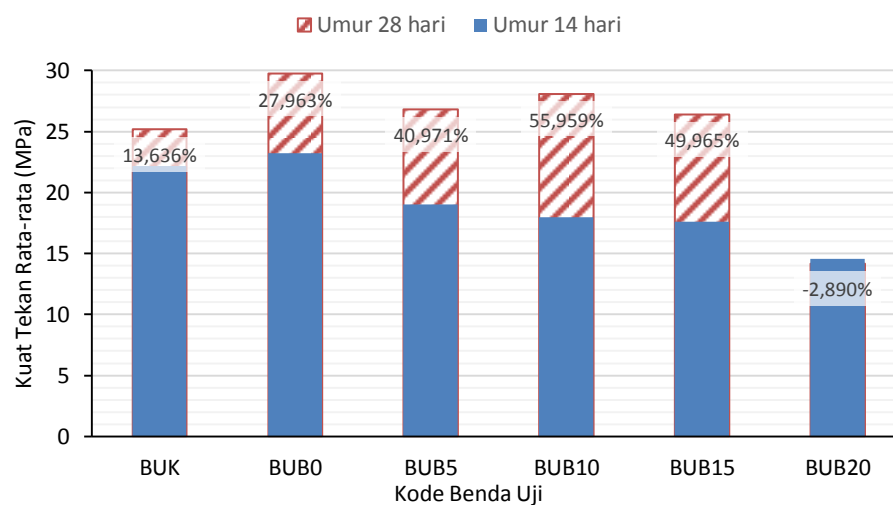
Sesuai dengan PBI 1971, angka konversi untuk kuat tekan beton umur 14 hari adalah 0,88 sehingga kuat tekan benda uji kontrol untuk umur 14 dapat dihitung sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{BU}_K \text{ umur 14 hari} &= 0,88 \times 25,170 \\ &= 22,149 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Peningkatan kuat tekan beton umur 28 hari jika dibandingkan dengan beton umur 14 hari dapat dilihat pada Tabel 5.19 dan Gambar 5.7.

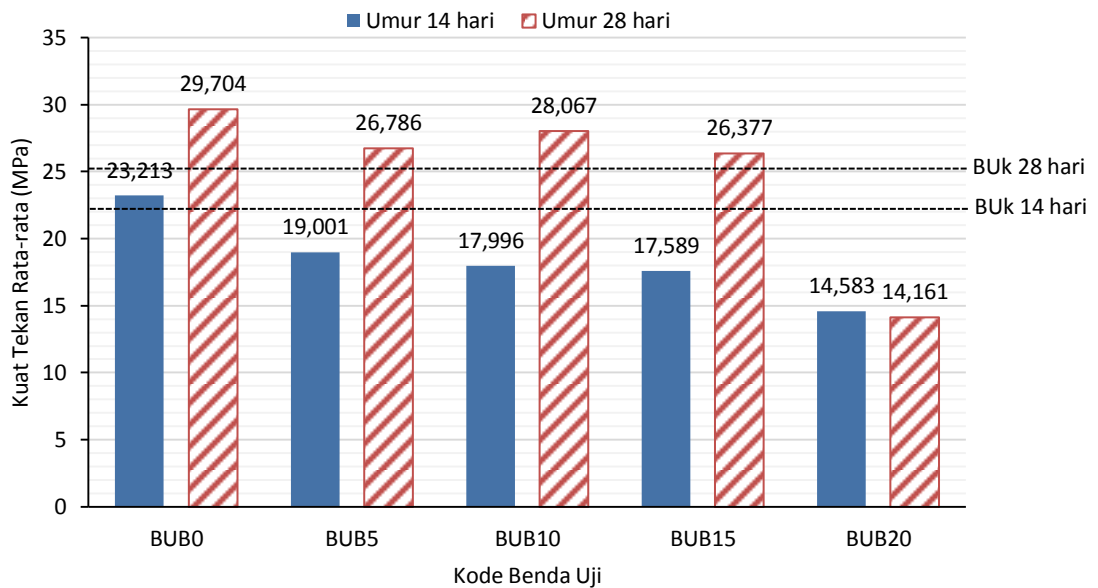
Tabel 5.19 Persentase Peningkatan Kuat Tekan Beton

Kode Benda Uji	Kuat Tekan Umur 14 Hari (MPa)	Kuat Tekan Umur 28 Hari (MPa)	Peningkatan (%)
BU _K	22,149	25,170	13,636
BU _{B0}	23,213	29,704	27,963
BU _{B5}	19,001	26,786	40,971
BU _{B10}	17,996	28,067	55,959
BU _{B15}	17,589	26,377	49,965
BU _{B20}	14,161	14,161	-2,890

**Gambar 5.7 Persentase Peningkatan Kuat Tekan Beton**

Berdasarkan Gambar 5.7, kuat tekan umur 28 hari pada benda uji kontrol (BU_K) mengalami peningkatan sebesar 13,636% dari kuat tekan umur 14 hari, dan untuk benda uji dengan penambahan 0,6% *Bestmittel* dan variasi serbuk briket batubara sebagai sebagian semen mengalami peningkatan yang cenderung lebih tinggi. Peningkatan tertinggi dicapai oleh benda uji BU_{B10} sebesar 55,959%. Sedangkan untuk benda uji BU_{B20}, kuat tekan umur 28 hari justru mengalami penurunan sebesar 2,890% dari kuat tekan umur 14 hari. Penurunan disebabkan oleh kondisi beton yang berongga sehingga lebih banyak menyerap air saat proses perendaman lebih lama.

Perbandingan kuat tekan beton pada umur 14 hari dan 28 hari dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut.



Gambar 5.8 Perbandingan Kuat Tekan Umur 14 Hari dan 28 Hari

Berdasarkan Gambar 5.8 diperoleh bahwa kuat tekan benda uji pada umur 14 hari masih lebih rendah jika dibandingkan kuat tekan benda uji kontrol umur 28 hari. Kuat tekan tertinggi terdapat pada benda uji BU_{B0} yang mencapai 92,225% dari kuat tekan benda uji kontrol umur 28 hari. Jika dibandingkan dengan kuat tekan BU_K umur 14 hari (22,149 MPa), benda uji dengan kode BU_{B0} memiliki kuat tekan yang lebih tinggi sebesar 104,802%, namun untuk keempat variasi benda uji yang lain mengalami penurunan dan lebih rendah dari kuat tekan BU_K umur 14 hari.

Pada umur 28 hari, benda uji BU_{B0} dengan penambahan *bestmittel* 0,6% dari berat semen dan tanpa penggantian semen dengan serbuk briket batubara memiliki kuat tekan terbaik. Sedangkan untuk benda uji yang menggunakan serbuk briket batubara sebagai pengganti sebagian semen, kuat tekan tertinggi pada umur 28 hari terdapat pada benda uji BU_{B10} dengan kadar penggantian semen sebesar 10% dan penambahan *bestmittel* 0,6% dari berat semen. Hal ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Haryanto (2012) dimana kuat tekan optimal beton terdapat pada variasi serbuk arang briket 15% dan *bestmittel* 0,6%, yaitu sebesar 40,80 MPa atau meningkat 50,84% dari beton normal. Perbedaan disebabkan karena pada penelitian Haryanto (2012) serbuk briket batubara digunakan sebagai

bahan tambah sedangkan pada penelitian ini digunakan sebagai bahan substitusi semen.

Gambar 5.8 juga memperlihatkan bahwa penggantian sebagian semen dengan serbuk briket batubara justru mengakibatkan kuat tekan menurun. Penurunan terjadi karena serbuk briket batubara memiliki kadar karbon yang tinggi dan dapat merusak sifat beton, walaupun memiliki kandungan silika yang cukup tinggi. Penurunan kuat tekan beton berbanding lurus dengan kadar penggantian sebagian semen dengan serbuk briket batubara. Hal ini berarti bahwa serbuk briket batubara belum dapat sepenuhnya menjadi pengganti (subtitutor) semen.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

1.6 Kesimpulan

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

1. Kuat tekan optimal beton pada umur 14 hari terdapat pada benda uji dengan penambahan *Bestmittel* 0,6% dari berat semen dan tanpa penggantian semen dengan serbuk briket batubara, yaitu sebesar 23,213 MPa. Sedangkan untuk benda uji yang menggunakan serbuk briket batubara sebagai pengganti sebagian semen, kuat tekan tertinggi terdapat pada benda uji dengan penambahan *Bestmittel* 0,6% dari berat semen dan kadar penggantian semen sebesar 5% yaitu sebesar 19,001 MPa.
2. Kuat tekan optimal beton pada umur 28 hari terdapat pada benda uji dengan penambahan *Bestmittel* 0,6% dari berat semen dan tanpa penggantian semen dengan serbuk briket batubara, yaitu sebesar 29,704 MPa. Sedangkan untuk benda uji yang menggunakan serbuk briket batubara sebagai pengganti sebagian semen, kuat tekan tertinggi terdapat pada benda uji dengan penambahan *Bestmittel* 0,6% dari berat semen dan kadar penggantian semen sebesar 10% yaitu sebesar 28,067 MPa.
3. Pada umur 14 hari, kuat tekan benda uji mencapai 92,852% dari kuat tekan rencana ($f'c$) 25 MPa walaupun sudah ditambahkan *Bestmittel* yang diharapkan dapat mempercepat pengerasan beton dan mencapai kuat tekan rencana sebelum umur 28 hari. Penambahan *Bestmittel* sebesar 0,6% dari berat semen dapat meningkatkan kuat tekan beton hingga 18,015% dari beton normal. Sedangkan penggantian sebagian semen dengan serbuk briket batubara mengakibatkan kuat tekan menurun. Penurunan kuat tekan beton berbanding lurus dengan kadar penggantian sebagian semen dengan serbuk briket batubara, sehingga serbuk briket batubara tidak dapat digunakan sebagai pengganti semen.

1.7 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. Benda uji dengan variasi kadar penambahan *Bestmittel* dan penggantian semen dengan serbuk briket batubara yang lebih beragam perlu digunakan untuk penelitian lebih lanjut.
2. Serbuk briket batubara sebagai bahan tambah beton perlu digunakan pada penelitian lebih lanjut.
3. Untuk penelitian selanjutnya, pada saat pengujian kuat tekan beton sebaiknya juga diuji regangan dan tegangannya serta dapat dilakukan pengujian sifat mekanik beton yang lain seperti kuat tarik dan kuat lentur beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Amrulloh, I.F. 2013. Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Serbuk Halus Gelas Dan Serbuk Halus Arang Briket. *Jurnal Dinamika Teknik Sipil*. Vol 13. No. 1. Balikpapan.
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. SNI 03-2834-2000. Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. *Semen Portland*. SNI 15-2049-2004. 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
- Cahyadi, W.D. 2012. Studi Kuat Tekan Beton Normal Mutu Rendah yang Mengandung Abu Sekam Padi (RHA) dan Limbah Adukan Beton (CSW). *Skripsi*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Indonesia. Depok.
- Dananjaya, R. 2013. Analisis Kuat Tekan Beton dengan *Additive Bestmittel* dan Pecahan Gerabah Sebagai Pengganti Sebagian Pasir. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Dipohusodo, I. 1994. *Struktur Beton Bertulang*. PT Gramedia Pustaka. Jakarta.
- Haryanto, H.T. 2012. Analisis Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah Beton dengan Bahan Tambah Serbuk Arang Briket dan *Bestmittel*. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Moenir, M. dan Handayani, N.I. 2012. *Recycling Limbah Padat Industri Peleburan Besi (Iron Slag) Sebagai Bahan Campuran Industri Beton yang Berwawasan Lingkungan*. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*. Vol. 2 No.1:1-67. Semarang.
- 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.
- Putra, A.A.F. 2015. Karakteristik Beton Ringan Dengan Bahan Pengisi *Styrofoam*. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Royan, N. 2012. Perbandingan Kuat Tekan Beton Menggunakan Variasi Pasir dan Bubuk Briket Batubara. *Jurnal Berkala Teknik*. Vol. 2 No. 4. Palembang.

- Sagel, R., dkk. 1994. *Pedoman Pengerjaan Beton*. Terjemahan oleh Gideon H. Kusuma. 1994. Erlangga. Jakarta.
- Trinugroho, S. dan Haricipto, A. 2009. Pemanfaatan Limbah Briket Batubara Sebagai Bahan Tambah Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Perendaman Air Laut. *Jurnal Dinamika Teknik Sipil*. Akreditasi BAN DIKTI No: 110/DIKTI/Kep/2009. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Tjokrodimuljo, K. 1992. *Teknologi Beton*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K. 1996. *Teknologi Beton*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K. 2000. *Pengujian Mekanik Laboratorium Beton Pasca Bakar*. Nafri. Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K. 2007. *Teknologi Beton*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Wang, C.K. dan Salmon, C.G. 1990. *Desain Beton Bertulang*. Terjemahan oleh Binsar Hariandja. Erlangga. Jakarta.

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		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	483.6	470	476.8
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1056	1019.85	1037.925
Berat piknometer berisi air, gram (B)	733	726.5	729.75
Berat jenis curah ($Bk/(B + 500 - Bt)$)	2.732	2.274	2.503
Berat jenis kering muka ($500/(B + 500 - Bt)$)	2.825	2.420	2.622
Berat jenis semu, $Bk/(B + Bk - Bt)$	3.011	2.661	2.836
Penyerapan air, $(500 - Bk)/Bk \times 100\%$	3.391%	6.383%	4.887%

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat kerikil kering mutlak, gram (Bk)	4779.4	4726.3	4752.85
Berat kerikil kondisi jenuh kering muka (SSD), gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat kerikil dalam air, gram (Ba)	2961.5	2929	2945.25
Berat jenis curah, (Bk/Bj- Ba)	2.345	2.282	2.313
Berat jenis jenuh kering muka, (Bj/Bj- Ba)	2.453	2.414	2.434
Berat jenis semu, (Bk/Bk- Ba)	2.629	2.630	2.629
Penyerapan air, (Bj - Bk)/Bk x 100%	4.616%	5.791%	5.203%

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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	145,9	7,305	7,305	92,695
2,40	117,6	5,888	13,193	86,807
1,20	271	13,569	26,762	73,238
0,60	594,4	29,762	56,524	43,476
0,30	519,2	25,996	82,521	17,479
0,15	279,8	14,010	96,530	3,470
Pan	69,3	3,470		0
Jumlah	1997,2	100	282,834	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{282,834}{100} = 2,828$$

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



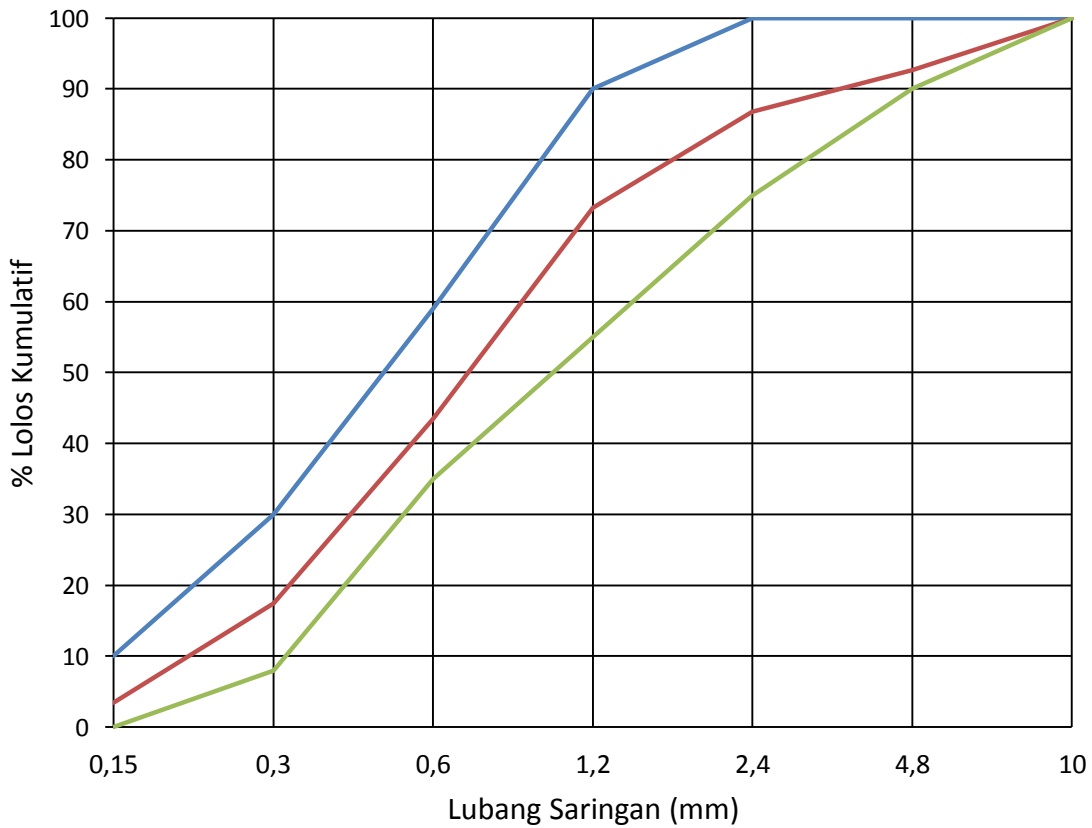
LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
Jalan Kaliurang Km 14,4 Telepon (0274)858444 eks 3250 & 3259 Yogyakarta

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:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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	185,5	3,715	3,715	96,285
10,00	2846	57,000	60,715	39,285
4,80	1585	31,744	92,459	7,541
2,40	339	6,790	99,249	0,751
1,20	26,5	0,531	99,780	0,220
0,60	0	0	99,780	0,220
0,30	0	0	99,780	0,220
0,15	0	0	99,780	0,220
Pan	11	0,220		0
Jumlah	4993	100	655,257	

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

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

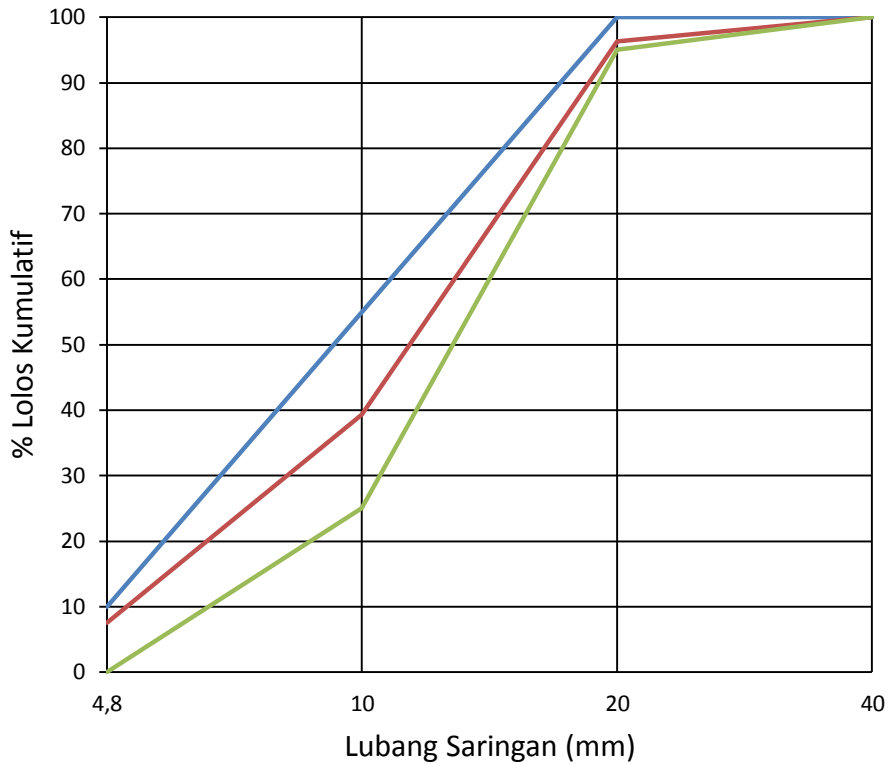
Lampiran 4 Laporan Sementara Analisis Saringan Agregat Kasar



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:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1) gram	11000	11000	11000
Berat Tabung + Agregat SSD (W2) gram	19200	18700	18950
Berat Agregat (W3) gram	8200	7700	7950
Volume Tabung (V) cm ³	5301,438	5301,438	5301,438
Berat Volume Gembur (W3/V) gram/ cm ³	1,547	1,452	1,500

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1) gram	11000	11000	11000
Berat Tabung + Agregat SSD (W2) gram	19500	19800	19650
Berat Agregat (W3) gram	8500	8800	8650
Volume Tabung (V) cm ³	5301,438	5301,438	5301,438
Berat Volume Padat (W3/V) gram/ cm ³	1,603	1,660	1,632

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1) gram	11300	10800	11050
Berat Tabung + Agregat SSD (W2) gram	18100	17200	17650
Berat Agregat (W3) gram	6800	6400	6600
Volume Tabung (V) cm ³	5213,551	5301,438	5257,494
Berat Volume Gembur (W3/V) gram/ cm ³	1,304	1,207	1,256

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat Tabung (W1) gram	11300	10800	11050
Berat Tabung + Agregat SSD (W2) gram	18800	18000	18400
Berat Agregat (W3) gram	7500	7200	7350
Volume Tabung (V) cm ³	5301,438	5301,438	5301,438
Berat Volume Padat (W3/V) gram/ cm ³	1,439	1,358	1,398

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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	480,65	493,65	487,15
Persentase Yang Lolos Ayakan No 200 [(W1-W2)/W1]X100%	3,87	1,27	2,57

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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	0,5		tabel 2 dan grafik 1 dan 2
	Faktor Air Semen maksimum	0,6		
8	Faktor Air Semen yang digunakan	0,5		
9	Slump	100	mm	ditetapkan
10	Ukuran Agregat maksimum	20	mm	ditetapkan
11	Kadar air bebas	205	kg/m ³	tabel 3
12	Kadar Semen	410	kg/m ³	(11):(8)
13	Kadar Semen maksimum	-		
14	Kadar Semen minimum	325	kg/m ³	tabel 4
15	Kadar Semen digunakan	410	kg/m ³	
16	Faktor Air Semen disesuaikan	0,5		
17	Susunan Besar Butir Agregat Halus	Daerah II		Daerah Gradasi
18	Berat Jenis Agregat Kasar	2,4335		
	Berat Jenis Agregat Halus	2,622		
19	Persen Agregat Halus	41,5	%	grafik 13 / 14/ 15
20	Berat Jenis relatif Agregat (gabungan) SSD	2,512		
21	Berat isi beton	2290	kg	grafik 16
22	Kadar Agregat Gabungan	1675	kg/m ³	(21)-(15)-(11)
23	Kadar Agregat Halus	695,125	kg/m ³	(19)x(22)
24	Kadar Agregat Kasar	979,875	kg/m ³	(22)-(23)

		Semen (kg)	Air (kg)	Agregat	
				Halus (kg)	Kasar (kg)
25	Proporsi Campuran teoritis (Agregat Kondisi SSD)				
	• Setiap m ³	410	205	695,125	979,875
	• Setiap campuran uji : 0,005301 m ³	2,1736	1,0868	3,6852	5,1947
26	Proporsi Campuran dengan angka penyusutan : 20%				
	• Setiap m ³	492	246	834,15	1175,85
	• Setiap campuran uji : 0,005301 m ³	2,6083	1,3042	4,4222	6,2337

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)	: Tiga Roda	berat 13,042 kg
Pasir (asal)	: Merapi	berat 22,111 kg
Kerikil/Split (asal)	: Merapi	berat 31,168 kg
Air (asal)	: Laboratorium BKT UII	berat 6,521 kg
Additive (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		BU _{k-1}	BU _{k-2}	BU _{k-3}	BU _{k-4}	BU _{k-5}
Diameter	cm	15	15	15	15	15
Tinggi	cm	30	30,1	30,1	30,2	30,2
Berat Cetakan Kosong	kg	11	10,9	11,1	10,8	11
Berat Cetakan + Beton	kg	23,1	23,1	23,25	23,05	23,3

III. Hasil Percobaan

- Nilai Slam : 9,2 cm Slam yang direncanakan : 10 cm
- Penambahan Air : 0 cc Sisa Air : 500 cc
- Cara Perawatan : direndam
- Hasil Pembuatan Benda Uji Beton : halus tanpa pori

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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)	: Tiga Roda	berat 15,650 kg
Pasir (asal)	: Merapi	berat 26,533 kg
Kerikil/Split (asal)	: Merapi	berat 37,402 kg
Air (asal)	: Laboratorium BKT UII	berat 7,825 kg
Additive (merk/tipe)	: <i>Bestmittel</i>	berat 0,094 kg
	Serbuk Briket Batubara	berat 0 kg

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		BU _{B0-1}	BU _{B0-2}	BU _{B0-3}	BU _{B0-4}	BU _{B0-5}	BU _{B0-6}
Diameter	cm	15	15	15	15	14,9	15
Tinggi	cm	30,2	30,2	30,2	30	30,1	30,2
Berat Cetakan Kosong	kg	11,1	11,1	11,1	10,5	11	9,9
Berat Cetakan + Beton	kg	23,5	23,7	23,6	23	23,5	22,2

III. Hasil Percobaan

- Nilai Slam : 9 cm Slam yang direncanakan : 10 cm
- Penambahan Air : 0 cc Sisa Air : 0 cc
- Cara Perawatan : direndam
- Hasil Pembuatan Benda Uji Beton : halus tanpa pori

Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:

.....

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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)	: Tiga Roda	berat 14,867 kg
Pasir (asal)	: Merapi	berat 26,533 kg
Kerikil/Split (asal)	: Merapi	berat 37,402 kg
Air (asal)	: Laboratorium BKT UII	berat 7,825 kg
Additive (merk/tipe)	: <i>Bestmittel</i>	berat 0,094 kg
	Serbuk Briket Batubara	berat 0,782 kg

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		BU _{B5-1}	BU _{B5-2}	BU _{B5-3}	BU _{B5-4}	BU _{B5-5}	BU _{B5-6}
Diameter	cm	15	15	15	15	15	14,9
Tinggi	cm	30	30	30,2	30,2	30,2	30,1
Berat Cetakan Kosong	kg	11	10,5	11,1	11	11,1	11
Berat Cetakan + Beton	kg	23,1	22,6	23,3	23,4	23,4	23,3

III. Hasil Percobaan

- Nilai Slam : 9,5 cm Slam yang direncanakan : 10 cm
- Penambahan Air : 0 cc Sisa Air : 200 cc
- Cara Perawatan : direndam
- Hasil Pembuatan Benda Uji Beton : halus tanpa pori

Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:

.....

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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)	: Tiga Roda	berat 14,085 kg
Pasir (asal)	: Merapi	berat 26,533 kg
Kerikil/Split (asal)	: Merapi	berat 37,402 kg
Air (asal)	: Laboratorium BKT UII	berat 7,825 kg
Additive (merk/tipe)	: <i>Bestmittel</i>	berat 0,094 kg
	Serbuk Briket Batubara	berat 1,565 kg

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		BU _{B10-1}	BU _{B10-2}	BU _{B10-3}	BU _{B10-4}	BU _{B10-5}	BU _{B10-6}
Diameter	cm	15	15	15	15	15	14,9
Tinggi	cm	30	30	30,2	30,2	30,2	30,1
Berat Cetakan Kosong	kg	11	10,5	11,1	11	11,1	11
Berat Cetakan + Beton	kg	23,2	22,65	23,3	23,5	23,35	23,2

III. Hasil Percobaan

- Nilai Slam : 10 cm Slam yang direncanakan : 10 cm
- Penambahan Air : 0 cc Sisa Air : 800 cc
- Cara Perawatan : direndam
- Hasil Pembuatan Benda Uji Beton : halus tanpa pori

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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)	: Tiga Roda	berat 13,302 kg
Pasir (asal)	: Merapi	berat 26,533 kg
Kerikil/Split (asal)	: Merapi	berat 37,402 kg
Air (asal)	: Laboratorium BKT UII	berat 7,825 kg
Additive (merk/tipe)	: <i>Bestmittel</i>	berat 0,094 kg
	Serbuk Briket Batubara	berat 2,347 kg

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		BU _{B15-1}	BU _{B15-2}	BU _{B15-3}	BU _{B15-4}	BU _{B15-5}	BU _{B15-6}
Diameter	cm	15	15	15	15,1	15	15
Tinggi	cm	30,2	30,1	30,2	30	30	29,8
Berat Cetakan Kosong	kg	9,9	10,9	11,1	11,2	11,7	11,1
Berat Cetakan + Beton	kg	22,1	23	23,5	23,5	24	23,2

III. Hasil Percobaan

- Nilai Slam : 9 cm Slam yang direncanakan : 10 cm
- Penambahan Air : 0 cc Sisa Air : 400 cc
- Cara Perawatan : direndam
- Hasil Pembuatan Benda Uji Beton : halus tanpa pori

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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)	: Tiga Roda	berat 12,520 kg
Pasir (asal)	: Merapi	berat 26,533 kg
Kerikil/Split (asal)	: Merapi	berat 37,402 kg
Air (asal)	: Laboratorium BKT UII	berat 7,825 kg
Additive (merk/tipe)	: <i>Bestmittel</i>	berat 0,094 kg
	Serbuk Briket Batubara	berat 3,130 kg

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		BU _{B20-1}	BU _{B20-2}	BU _{B20-3}	BU _{B20-4}	BU _{B20-5}	BU _{B20-6}
Diameter	cm	15	15	15	15	15	14,9
Tinggi	cm	30	30	30,2	30,2	30,2	30,1
Berat Cetakan Kosong	kg	11	10,5	11,1	11	11,1	11
Berat Cetakan + Beton	kg	22,6	22,2	22,6	22,5	22,3	22,6

III. Hasil Percobaan

- Nilai Slam : 1 cm Slam yang direncanakan : 10 cm
- Penambahan Air : 0 cc Sisa Air : 0 cc
- Cara Perawatan : direndam
- Hasil Pembuatan Benda Uji Beton : berpori

Diperiksa oleh:

Dikerjakan oleh:

.....

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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 31 Juli 2017

Dimensi benda uji

Uraian		BU _{B0-1}	BU _{B0-2}	BU _{B0-3}
Diameter	cm	15,03	14,98	149,75
Tinggi	cm	30,2	29,9	30,1

II. Data Pengujian

Uraian		BU _{B0-1}	BU _{B0-2}	BU _{B0-3}
Beban Maksimum	kN	440	390	400
Lama Pengujian	detik	101	114	128
Kuat Desak	MPa	24,800	22,128	22,711

III. Kesimpulan

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

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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 18 Juli 2017, diuji tanggal 1 Agustus 2017

Dimensi benda uji

Uraian		BU _{B5-1}	BU _{B5-2}	BU _{B5-3}
Diameter	cm	15,12	15,033	15,09
Tinggi	cm	30,1	29,8	30,2

II. Data Pengujian

Uraian		BU _{B5-1}	BU _{B5-2}	BU _{B5-3}
Beban Maksimum	kN	305	350	363
Lama Pengujian	detik	102	113	108
Kuat Desak	MPa	16,987	19,719	20,297

III. Kesimpulan

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

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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 19 Juli 2017, diuji tanggal 2 Agustus 2017

Dimensi benda uji

Uraian		BU _{B10-1}	BU _{B10-2}	BU _{B10-3}
Diameter	cm	15,12	14,98	15,067
Tinggi	cm	30,1	30,11	30,2

II. Data Pengujian

Uraian		BU _{B10-1}	BU _{B10-2}	BU _{B10-3}
Beban Maksimum	kN	303	320	338
Lama Pengujian	detik	106	109	113
Kuat Desak	MPa	16,875	18,157	18,957

III. Kesimpulan

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

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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 19 Juli 2017, diuji tanggal 2 Agustus 2017

Dimensi benda uji

Uraian		BU _{B15-1}	BU _{B15-2}	BU _{B15-3}
Diameter	cm	15,04	15,17	15,11
Tinggi	cm	30,2	29,9	30,1

II. Data Pengujian

Uraian		BU _{B15-1}	BU _{B15-2}	BU _{B15-3}
Beban Maksimum	kN	383	301	261
Lama Pengujian	detik	116	102	87
Kuat Desak	MPa	21,558	16,653	14,555

III. Kesimpulan

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

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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)

II. Data Benda Uji

Mutu beton rencana $f_c = 25$ MPa

Benda uji dibuat tanggal 20 Juli 2017, diuji tanggal 4 Agustus 2017

Dimensi benda uji

Uraian		BU _{B20-1}	BU _{B20-2}	BU _{B20-3}
Diameter	cm	15,09	15,0667	14,99
Tinggi	cm	30,2	30,11	30,27

IV. Data Pengujian

Uraian		BU _{B20-1}	BU _{B20-2}	BU _{B20-3}
Beban Maksimum	kN	254	253	271
Lama Pengujian	detik	86	88	97
Kuat Desak	MPa	14,203	14,190	15,356

V. Kesimpulan

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

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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		BU _{k-1}	BU _{k-2}	BU _{k-3}	BU _{k-4}	BU _{k-5}
Diameter	cm	15,065	15,085	15,1	15,19	15,1
Tinggi	cm	30,13	30,445	30,2	30,45	30,4

II. Data Pengujian

Uraian		BU _{k-1}	BU _{k-2}	BU _{k-3}	BU _{k-4}	BU _{k-5}
Beban Maksimum	kN	455	455	450	451	445
Lama Pengujian	detik	114	124	109	112	116
Kuat Desak	MPa	25,526	25,458	25,129	24,887	24,849

III. Kesimpulan

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

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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		BU _{B0-4}	BU _{B0-5}	BU _{B0-6}
Diameter	cm	15,085	15,118	15,085
Tinggi	cm	30,322	30,44	30,3

II. Data Pengujian

Uraian		BU _{B0-4}	BU _{B0-5}	BU _{B0-6}
Beban Maksimum	kN	480	540	575
Lama Pengujian	detik	122	168	133
Kuat Desak	MPa	26,857	30,083	32,173

III. Kesimpulan

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

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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 18 Juli 2017, diuji tanggal 15 Agustus 2017

Dimensi benda uji

Uraian		BU _{B5-4}	BU _{B5-5}	BU _{B5-6}
Diameter	cm	15,1367	15,1867	15,07
Tinggi	cm	30,411	30,08	30,405

II. Data Pengujian

Uraian		BU _{B5-4}	BU _{B5-5}	BU _{B5-6}
Beban Maksimum	kN	475	490	480
Lama Pengujian	detik	64	76	58,92
Kuat Desak	MPa	26,396	27,051	26,911

III. Kesimpulan

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

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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 19 Juli 2017, diuji tanggal 16 Agustus 2017

Dimensi benda uji

Uraian		BU _{B10-4}	BU _{B10-5}	BU _{B10-6}
Diameter	cm	15,2067	15,1533	14,96
Tinggi	cm	30,66	30,177	30,313

II. Data Pengujian

Uraian		BU _{B10-4}	BU _{B10-5}	BU _{B10-6}
Beban Maksimum	kN	510	535	465
Lama Pengujian	detik	123	84	85
Kuat Desak	MPa	28,081	29,665	26,455

III. Kesimpulan

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

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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 19 Juli 2017, diuji tanggal 16 Agustus 2017

Dimensi benda uji

Uraian		BU _{B15-4}	BU _{B15-5}	BU _{B15-6}
Diameter	cm	15,19	15,1167	15,04
Tinggi	cm	30,33	30,563	30,207

II. Data Pengujian

Uraian		BU _{B15-4}	BU _{B15-5}	BU _{B15-6}
Beban Maksimum	kN	460	505	455
Lama Pengujian	detik	87,39	54,6	70,71
Kuat Desak	MPa	25,384	28,138	25,611

III. Kesimpulan

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

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

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 20 Juli 2017, diuji tanggal 18 Agustus 2017

Dimensi benda uji

Uraian		BU _{B20-4}	BU _{B20-5}	BU _{B20-6}
Diameter	cm	15,09	15,154	15,17
Tinggi	cm	30,334	30,4	30,4

II. Data Pengujian

Uraian		BU _{B20-4}	BU _{B20-5}	BU _{B20-6}
Beban Maksimum	kN	225	228	312
Lama Pengujian	detik	58,12	62,17	58
Kuat Desak	MPa	12,581	12,641	17,262

III. Kesimpulan

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

Diperiksa oleh:

.....

Dikerjakan oleh:

Ni'ma Al Mumtaz Shufa

Lampiran 13 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji



Gambar L-13.1 Pembuatan Adonan Beton



Gambar L-13.2 Pengujian *Slump*

Lampiran 13 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji



Gambar L-13.3 Pemasangan Adonan Beton pada Cetakan Silinder



Gambar L-13.4 Benda Uji pada Cetakan Silinder

Lampiran 13 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji



Gambar L-13.5 Benda Uji Setelah Dilepas dari Cetakan



Gambar L-13.6 Perendaman Benda Uji

Lampiran 13 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji



Gambar L-13.7 Benda Uji Setelah Perendaman



Gambar L-13.8 Capping Benda Uji

Lampiran 13 Gambar Proses Pembuatan dan Pengujian Benda Uji



Gambar L-13.9 Pengujian Kuat Tekan Beton



Gambar L-13.10 Pola Keretakan Benda Uji