

TUGAS AKHIR

**PENGARUH BAHAN TAMBAH LIMBAH ABU
AMPAS TEBU TERHADAP KUAT LENTUR
SELF COMPACTING CONCRETE (SCC)
*(THE EFFECT OF ADDITION MATERIALS OF
BAGASSE ASH ON FLEXIBLE STRENGTH OF SELF
COMPACTING CONCRETE)***

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



**KOMALA SAFITRI
17511210**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022**

TUGAS AKHIR

PENGARUH BAHAN TAMBAH LIMBAH ABU AMPAS TEBU TERHADAP KUAT LENTUR *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC) (*THE EFFECT OF ADDITIONAL MATERIALS OF BAGASSE ASH ON FLEXIBLE STRENGTH OF SELF COMPACTING CONCRETE*)

Disusun Oleh

KOMALA SAFITRI
17511210

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil
Diuji pada tanggal 14 Juli 2022

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Astriana Harawati, S.T., M.Eng.
NIK: 165111301

Penguji I

Elvis Saputra, S.T., M.T.
NIK: 205111302

Penguji II

Malik Mushthofa, S.T., M.Eng
NIK: 185111302

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Sri Amini Yuni Astuti, Dr., Ir., M.T.
NIK: 885110101



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 14 Juli 2022

Yang membuat pernyataan,



Komala Safitri

(17511210)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kepada Allah SWT berkat Rahmat, Hidayah, dan Inayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul "Pengaruh Bahan Tambah Limbah Abu Ampas Tebu Terhadap Kuat Lentur *Self Compacting Concrete* (SCC)". Laporan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengerjakan tugas akhir pada program Sarjana di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penyusunan tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu, kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT,
2. Ibu dan Ayah penulis yang telah berkorban begitu banyak baik dari segi material maupun spiritual,
3. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I, dan
4. Teman-teman semua

Saya menyadari tugas akhir ini tidak luput dari kekurangan-kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga \ tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan dan penerapan di lapangan serta dapat dikembangkan lebih lanjut

Yogyakarta,

Komala Safitri

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	1
LEMBAR PENGESAHAN	II
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	ii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xi
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xiv
BAB I PENDAHULUAN	6
1.1 Latar Belakang	6
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Manfaat Penelitian	9
1.5 Batasan Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengertian Beton	6
2.2 Pengertian Beton SCC	6
2.3 Penelitian Terdahulu	7
2.2.1 Pemanfaatan Mineral Local <i>Zeolite</i> Alam Terhadap Perilaku Lentur Balok <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC)	7
2.2.2 Analisis Sifat Mekanis Beton <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC)	

Bahan Tambah <i>Superplaxicizer</i> Dengan Pemanfaatan <i>High Volume Fly Ash Concrete</i>	8
2.2.3 Pengaruh Penambahan <i>Sika Fume</i> Terhadap Kuat Tekan <i>Self Compacting Concrete</i> Yang Menggunakan <i>Superplasticizer Viscocrete</i> 3115N	8
2.2.4 Kajian Karakteristik Beton Memadat Sendiri Menggunakan Serat Ijuk	9
2.4 Keaslian Penelitian	10
BAB III LANDASAN TEORI	15
3.1 Pendahuluan	15
3.2 Bahan Penyusun Balok Beton SCC	15
3.2.1 Kelebihan Beton Self Compacting Concrete (SCC)	17
3.2.2 Karakteristik Self Compacting Concrete (SCC)	18
3.3 Komposisi Beton SCC	19
3.3.1 Semen Portland	19
3.3.2 Agregat Halus	20
3.3.3 Agregat Kasar	23
3.3.4 Air	26
3.4 Bahan Tambah (<i>Admixture</i>)	26
3.4.1 Bahan Tambah Kimia (<i>Chemical Admixture</i>)	27
3.4.2 Bahan Tambah Mineral (<i>Mineral Admixture</i>)	29
3.5 Rencanaan Campuran Beton (<i>Mix Design</i>)	32
3.6 Perawatan Benda Uji	39
3.7 Pengujian SCC	40
3.7.1 <i>Slump-flow</i>	40
3.7.2 Kuat Lentur	41

BAB IV METODE PENELITIAN	44
4.1 Umum	44
4.2 Bahan-Bahan Yang Digunakan	44
4.3 Peralatan Penelitian	45
4.4 Pengujian Agregat	46
4.4.1 Agregat Halus	46
4.4.2 Agregat Kasar	49
4.5 Proporsi Campuran Beton SCC	52
4.6 Rencana Benda Uji	52
4.7 Pelaksanaan Pengujian	53
4.7.1 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji	53
4.7.2 Pelaksanaan Pengujian	54
4.8 Kerangka Penelitian	54
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	57
5.1 Umum	57
5.2 Pengujian Agregat	57
5.2.1 Agregat Halus	57
5.2.2 Agregat Kasar (Kerikil)	62
5.3 Pengujian SCC	66
5.3.1 <i>Slump-flow</i>	66
5.3.2 Hammer Test	68
5.3.3 Kuat Lentur	71
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	78
6.1 Kesimpulan	78
6.2 Saran	78

DAFTAR PUSTAKA

79

Lampiran

82



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu	12
Tabel 3.1	Sifat-Sifat Beton SCC (Okamura & Ozawa, 1994)	17
Tabel 3.2	Kriteria SCC Menurut <i>EFRNARC</i>	18
Tabel 3.3	Persyaratan Gradasi Agregat Halus	22
Tabel 3.4	Syarat Agregat Kasar Menurut B. S	23
Tabel 3.5	Faktor Pengali Deviasi Standar	27
Tabel 3.6	Nilai Deviasi Standar untuk Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	27
Tabel 3.7	Perkiraan Kekuatan-Kekuatan Tekan (MPa) dengan $f_{as} = 0,5$	28
Tabel 3.8	Perkiraan Kadar Air Bebas setiap Meter Kubik Beton	30
Tabel 4.1	Proporsi Campuran Beton SCC dalam 1 m^3	46
Tabel 4.2	Permodelan Benda Uji	46
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Berat Jneis dan Penyerapan Air Pada Agregat Halus	51
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus	51
Tabel 5.3	Hasil Analisa Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	52
Tabel 5.4	Hasil Analisa Pengujian Kandungan Lumpur Pada Agregat	54
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Berat Jneis dan Penyerapan Air Pada Agregat Kasar	54
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar	55
Tabel 5.7	Hasil Analisa Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	56
Tabel 5.8	Hasil Pengujian Nilai <i>Slumpflow</i> SCC	58
Tabel 5.9	Hasil Uji Hammer Test	6u
Tabel 5.10	Analisa Kaut Lentur Beton Umur 14 Hari	63
Tabel 5.11	Analisa Kaut Lentur Beton Umur 28 Hari	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Perbandingan Porsi Beton SCC dengan Beton Konvensional	17
Gambar 3.2	Grafik Hubungan antara Kuat Desak dan Faktor Air Semen untuk Benda Uji Silinder	29
Gambar 3.3	Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Maksimum 20 mm	30
Gambar 3.4	Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Maksimum 40 mm	31
Gambar 3.5	Grafik Perkiraan Berat Isi Beton yang Telah Selesai Dipadatkan	32
Gambar 3.6	Posisi Alat Pada Pengujian <i>Slumpflow</i>	33
Gambar 3.7	Pemodelan Uji Kuat Lentur Beton	34
Gambar 3.8	Analisis Balok Tulangan Rangkap	35
Gambar 3.9	Variasi ϕ dengan Regangan Tarik Neto dalam Baja Tarik Terluar, ϵ_t dan c/d_t untuk Tulangan Mutu 420 dan untuk Baja Prategang	37
Gambar 4.1	<i>Flow Chart</i> Prosedur Pengujian Benda Uji di Laboratorium	49
Gambar 5.1	Grafik Hubungan Persen Lolos dengan Diameter Lubang Ayakan Agregat Halus	53
Gambar 5.2	Grafik Hubungan Persen Lolos dengan Diameter Lubang Ayakan Agregat Kasar	57
Gambar 5.3	<i>Slumpflow</i> Penelitian SCC	58
Gambar 5.4	Hubungan Empirik Nilai Hammer Rebound dengan Kuat Tekan	60
Gambar 5.5	Grafik Hubungan antar Variasi Abu Ampas Tebu dengan Pengujian Kuat Lentur Beton	64
Gambar 5.6	Grafik Hubungan antar Variasi Abu Ampas Tebu dengan Pengujian Kuat Lentur Beton	65

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

SCC	= <i>Self Compacting Concrete</i>
AAT	= Abu Ampas Tebu
ASTM	= <i>American Society of Testing and Materials</i>
$f'c$	= Kuat Tekan beton (MPa)
SNI	= Standar Nasional Indonesia
PESCC	= <i>Palm Fiber Self-Compacting</i>
Cl	= Klorida
CaCl ₂	= <i>Calcium Chloride</i>
WRR	= <i>Water Reducer Retarder</i>
Sd	= Nilai Deviasi Standar (MPa)
M	= Nilai Tambah (MPa)
$F'cr$	= Kuat Tekan Rata-Rata Rencana (MPa)
FAS	= Faktor Air Semen
Wh	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Halus
Wk	= Perkiraan Jumlah Air Untuk Agregat Kasar
a	= Jarak Bebas Minimum
b	= Batang Besi
c	= Bola Baja
d	= Batang Penahan
L	= Panjang Bentang Benda Uji
f_{lt}	= Kuat Lentur Beton (kg/cm ²)
P	= Beban Maksimal (kg)
L	= Panjang Bentang Balok (cm)
B	= Tebal Balok (cm)
D	= Tinggi Balok (cm)
Cc	= Resultan Gaya Tekan Beton
Cs	= Resultan Gaya Tekan Baja Yang Berada Diatas Garis Netral

a	= Tinggi Balok Tekan
ϕ ,	= Faktor Reduksi Kekuatan
SSD	= Jenuh Kering Permukaan
BK	= Berat Pasir Kering Mutlak
Bt	= Berat Piknometer Berisi Pasir dan Air
B	= Berat Piknometer Berisi Air
W1	= Berat Volume (gr)
W2	= Berat Tabung + Agregat Pasir Kondisi jenuh (gr)
W3	= Berat Agregat Pasir
d	= Diameter Silinder (cm)
t	= Tinggi Silinder (cm)
V	= Volume Tabung (cm^3)
Bj	= Berat Pasir Kondisi Jenuh Kering Muka (gr)
Ba	= Berat Dalam Air (gr)
MK	= Modulus Kehalusan
P	= Beban Maksimum (kgf)
B	= Lebar Tampang Patah (mm)
h	= Tinggi Tampang Patah (mm)
L	= Panjang Bentang (mm)
c	= Jarang Bidang Patah Ketumpuan (mm)

المعهد الإسلامي
الاستدائى الباندى

ABSTRAK

Beton SCC (*Self Compacting Concrete*) adalah tipe beton yang mampu memadat sendiri dan memiliki sebaran yang efektif, sehingga diharapkan mampu mengisi rongga-rongga udara yang dapat mengurangi kekuatan struktur. Akan tetapi kuat lentur yang sangat lemah menjadi kekurangan pada beton SCC. Di samping penggunaan chemical admixture berupa *superplasticizer* untuk meningkatkan *flowability*, penggunaan bahan tambah limbah abu ampas tebu yang memiliki kandungan silika yang cukup tinggi, sehingga memiliki sifat pozzolan dan dapat digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen yang diharapkan dapat meningkatkan nilai kuat lentur. Kombinasi penggunaan antara chemical admixture dan abu ampas tebu diharapkan menghasilkan beton dengan nilai kuat lentur yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai *slump-flow* dan mengetahui presentase tertinggi abu ampas tebu yang digunakan sebagai pengganti sebagian semen dengan menguji kuat lentur beton tersebut. Untuk meningkatkan kuat lentur digunakan variasi abu ampas tebu 0%, 5%, 7,5%, 10% dan 12,5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa abu ampas tebu dapat menghasilkan campuran beton dengan katagori SCC terbukti pada saat pengujian *slump-flow* dan meningkatkan nilai kuat lentur beton SCC dengan nilai tertinggi berada pada variasi 7,5% dengan nilai 3,5044 MPa umur 14 hari dan 4,1836 MPa umur 28 hari. Sehingga abu ampas tebu dapat mempengaruhi beton SCC pada kadar abu ampas tebu tertentu dengan kondisi semen yang cukup.

Kata kunci: beton SCC, *superplasticize*, abu ampas tebu, *slump-flow* dan kuat lentur

ABSTRACT

SCC concrete (Self Compacting Concrete) is a type of concrete that is able to solidify itself and has an effective distribution, so it is expected to be able to fill the air cavities that can reduce the strength of the structure. However, a very weak bending strength becomes a deficiency in SCC concrete. In addition to the use of chemical admixture in the form of superplasticizer to improve flowability, the use of bagasse ash waste that has a high silica content, so it has pozzolan properties and can be used as a substitute for some cement which is expected to increase the value of flexural strength. The combination of the use of chemical admixture and bagasse ash is expected to produce concrete with optimal flexural strength values. This study aims to determine the value of slump-flow and determine the highest percentage of bagasse ash used as a substitute for some cement by testing the flexural strength of the concrete. To increase the flexural strength used bagasse ash variation 0%, 5%, 7,5%, 10% and 12.5%. The results showed that bagasse ash can produce a mixture of concrete with the category of SCC proven during slump-flow testing and increase the value of the flexural strength of SCC concrete with the highest value is at a variation of 7.5% with a value of 3.5044 MPa age 14 days and 4.1836 MPa age 28 days. So bagasse ash can affect SCC concrete at certain bagasse ash content with sufficient cement conditions.

Keywords: *SCC concrete, superplasticize, bagasse ash, slump-flow and strong bending*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Infrastruktur di Indonesia semakin berkembang sangat pesat seiring berjalannya waktu. Dewasa ini banyak pembangunan yang telah terealisasi. Salah satu pembangunan yang banyak dilaksanakan adalah pembangunan apartemen. Hal ini sejalan dengan peningkatan kebutuhan konstruksi beton.

Bangunan jenis apartemen biasanya memiliki struktur dengan puluhan lantai. Namun bangunan dengan lantai tingkat memiliki resiko yang lebih tinggi dikarenakan berat bangunan yang semakin besar seiring dengan meningkatnya jumlah lantai. Sehingga harus memiliki kekuatan struktur yang mampu menahan beban struktur itu sendiri dan beban hidup yang diterima. Struktur bangunan harus memenuhi standar mutu yang telah ditentukan sehingga membuat bangunan tersebut kokoh dan kuat. Salah satu yang membuat struktur bangunan tersebut kokoh dan kuat adalah mutu material yang digunakan. Mutu material yang baik akan memberikan kekuatan dalam menahan beban apapun.

Bahan material yang paling umum digunakan untuk bangunan konstruksi adalah Beton. Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil dan air yang dicampur jadi satu dengan semen sebagai pengikat dan penguat agar semua campuran tersebut menyatu. Terkadang satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pekerjaan, durabilitas dan waktu pengerasan (MC. Cormac, 2004)

Pengecoran adalah salah satu tahap yang pasti dilakukan dalam pekerjaan konstruksi. Tetapi pada saat melakukan pengecoran kolom bangunan tingkat tinggi, beton sulit memasuki celah-celah yang sempit meski telah dilakukan pemadatan sehingga beton dapat mengalami pengeroposan. Keroposnya beton yang terjadi menyebabkan luas penampang efektif beton menjadi kecil sehingga nilai kekuatan beton menurun. Salah satu tipe beton yang dapat digunakan agar rongga udara dapat diisi secara sempurna yaitu beton jenis memadat sendiri atau disebut beton SCC.

Beton *self compacting concrete* (SCC) adalah beton yang mampu memadat sendiri dan memiliki sebaran yang efektif, sehingga diharapkan mampu mengisi rongga-rongga udara yang dapat mengurangi kekuatan struktur. Campuran beton SCC lebih cair daripada beton konvensional dimana beton SCC segar mampu mengisi celah-celah yang tidak mudah untuk dijangkau di area antar besi tulangan tanpa mengalami segregasi dan bleeding. (EFNARC, 2002). Beton SCC merupakan inovasi beton saat ini karena bekisting dapat dipenuhi dengan berat sendirinya tanpa alat penggetar dengan alasan memiliki *workability* yang tinggi (Safarizki, 2017) yang dikutip dari Tri Susanto (2019)

Mampu memadat sendiri, mengisi celah-celah yang sempit, lebih cepat dalam pengerjaan, permukaan lebih luas, lebih awet, dan tidak ada proses pemadatan sehingga ramah lingkungan adalah kelebihan yang diperoleh dari penggunaan beton SCC. Namun kuat lentur yang sangat lemah menjadi kekurangan pada beton SCC (Iis dan Abinhot, 2018). Agar sifat kuat lentur masih bisa dipertahankan, beton tersebut akan dilakukan rekayasa. Beberapa kajian mengenai beton SCC sudah banyak dilakukan diantaranya Nugraha (2017) dan Nasution (2017), namun masih sedikit yang meneliti penggunaan beton SCC dengan bahan tambah limbah abu ampas tebu. Sehingga salah satu cara untuk melakukan rekayasa tersebut adalah dengan menambahkan bahan tambah yang diharapkan membuat kuat lentur tersebut mendekati optimal.

Bahan tambah yang akan digunakan untuk campuran beton SCC adalah abu ampas tebu yang didapatkan dari salah satu perusahaan gula yang ada di Provinsi Lampung. Abu ampas tebu merupakan hasil perubahan secara kimiawi dari pembakaran ampas tebu murni (Siregar, 2010). Abu ampas tebu ini memiliki kandungan silika yang cukup tinggi, sehingga memiliki sifat pozzolan (Rompas et al. 2013). Menurut standar ASTM C 125-07 (2007), pozzolan ialah bahan yang mempunyai silika atau silika alumina yang memiliki sedikit atau tidak ada sifat semen tetapi apabila dalam bentuk butiran yang halus dan dengan kehadiran kelembaban, bahan ini dapat bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu biasa untuk membentuk senyawa bersifat semen. Dengan ukuran butiran yang halus dan kandungan silika yang tinggi, maka abu ampas tebu dapat dimanfaatkan

sebagai bahan tambah semen dalam campuran beton. Limbah abu ampas tebu yang akan ditambahkan pada campuran beton untuk mengurangi penggunaan terhadap semen. Presentase limbah abu ampas tebu yang akan ditambahkan sebesar 0%, 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5% dari total berat semen. Kadar limbah abu ampas tebu dibuat variasi untuk menentukan presentase mana yang mendekati nilai optimal kekuatan beton dan dapat mengurangi biaya pembangunan konstruksi beton khususnya pada daerah di sekitar pabrik.

Berdasarkan hal-hal tersebut, peneliti ini mencoba melakukan penambahan limbah abu ampas tebu yang berupa butiran halus ke dalam campuran beton sebagai bahan tambah. Judul penelitian yang diambil yaitu Pengaruh Bahan Tambah Limbah Abu Ampas Tebu terhadap Kuat Lentur Beton *Self Compacting Concrete* (SCC)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari penjelasan latar belakang diatas, dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana hasil pengujian *slump-flow* pada beton SCC setelah ditambahkan abu ampas tebu?
2. Bagaimana perbandingan kuat lentur beton sebelum dan sesudah ditambahkan abu ampas tebu?
3. Berapa kandungan abu ampas tebu yang optimal pada rentang 0% sampai dengan 12,5% agar mendapatkan nilai kuat lentur beton yang paling baik?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Menentukan hasil dari pengujian *slump-flow* pada beton SCC
2. Membandingkan nilai kuat lentur beton sebelum dan sesudah ditambahkan abu ampas tebu
3. Mengetahui apakah terdapat nilai optimum penambahan abu ampas tebu pada rentang 0% sampai dengan 12,5%

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan khususnya di dunia konstruksi
2. Menggunakan hasil penelitian yang dilakukan ini untuk penelitian di masa yang akan datang
3. Diharapkan teknologi SCC dapat dikembangkan dan diaplikasikan dalam industri konstruksi nasional

1.5 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian adalah sebagai berikut.

1. Mutu Beton K-400 ($f'_c = 33 \text{ MPa}$)
2. Komposisi SCC akan diadopsi dari penelitian Nugraha (2017)
3. Untuk limbah abu ampas tebu berbentuk butiran lolos saringan no, 200 yang telah dibakar berasal dari PT. Gunung Madu Plantations.
4. *Superplasticizer* tipe *viscoCrete 3115N* menggunakan produk dari PT. Sika Indonesia
5. Variasi penambahan limbah abu ampas tebu yang digunakan adalah 0%, 5%, 7,5%, 10% dan 12.5% dari berat semen serta *superplasticizer* yang digunakan berjenis *ViscoCrete 3115N* dengan kadar 0,9% dari berat semen.
6. Abu ampas tebu dan *ViscoCrete 3115N* yang digunakan tidak dilakukan proses pengujian komposisi senyawa kimia.
7. Semen jenis yang digunakan adalah semen *Portland* merek Tiga Roda
8. Agregat kasar atau kerikil didapatkan dari Clereng, Kab. Kulon Progo, Provinsi DIY
9. Agregat halus atau pasir didapatkan dari Progo, Kab. Kulon Progo, Provinsi DIY
10. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia

11. Pengujian *slump-flow* dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan penyebaran campuran beton untuk mengisi ruangan
12. Alat *mixer* beton digunakan untuk melakukan pencampuran bahan pembuatan beton
13. Benda uji yang digunakan sebanyak 30 buah beton dengan bentuk benda uji berupa balok sederhana dengan ukuran 40x10x10 cm
14. Pengujian kuat lentur dilakukan setelah umur beton 14 hari dan 28 hari
15. Perawatan beton dilakukan dengan merendam beton di dalam air
16. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Beton

Di dunia konstruksi beton diuraikan sebagai campuran dari bahan-bahan penyusun yang terdiri dari semen (*Portland cement*), agregat halus, agregat kasar dan air. Campuran beton bisa menggunakan bahan tambah ataupun tidak. Berdasarkan SNI 03-2847-2013, definisi beton adalah campuran antara semen Portland (*Portland cement*) atau semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat.

2.2 Pengertian Beton SCC

Beton SCC yaitu suatu beton ketika masih berbentuk beton segar mampu mengalir melalui tulangan dan memenuhi seluruh ruang yang ada didalam cetakan secara padat tanpa ada bantuan pemadatan manual atau getaran mekanik menurut Tjaronge et.al (2006) dan Hartono, et.al (2007)

Menurut penelitian Herbudiman dan Siregar (2013), beton SCC memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan beton SCC adalah sebagai berikut.

1. Tidak memerlukan pemadatan dengan alat vibrator
2. Tenaga kerja yang diperlukan sedikit
3. Mengurangi polusi suara yang dapat mengganggu lingkungan sekitar
4. Pengecoran pada bagian struktur beton yang sulit dijangkau vibrator menjadi lebih mudah
5. Waktu pelaksanaan proyek menjadi lebih cepat
6. Struktur menjadi lebih durabel

Tak luput dari kelebihan, beton SCC juga memiliki kekurangan. Kekurangan beton SCC adalah sebagai berikut.

1. Beton SCC lebih mahal daripada beton konvensional
2. Bekisting beton harus benar-benar menjadi atensi karena mudah terjadi kebocoran akibat campuran beton yang terlalu encer

3. Beton harus tidak terjadi segregasi tetapi harus menjaga untuk memenuhi syarat flowabilitas

2.3 Penelitian Terdahulu

Penelitian pengujian kuat lentur terdahulu sudah banyak dilakukan penelitian sebelumnya yaitu sebagai berikut.

2.2.1 Pemanfaatan Mineral Local Zeolite Alam Terhadap Perilaku Lentur Balok *Self Compacting Concrete* (SCC)

Sukarno Yudha Arisandi (2014) melakukan penelitian pemanfaatan mineral local zeolite alam terhadap perilaku lentur balok *self compacting concrete* (SCC). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan zeolite alam terhadap perilaku kuat lentur balok *self compacting concrete* (SCC) zeolite alam dan mengetahui perbandingan kuat lentur balok *self compacting concrete* (SCC) zeolite alam dengan beton biasa

Hasil penelitian yang dilakukan dijabarkan sebagai berikut:

1. Nilai rata-rata beban ultimit dari 3 benda uji balok beton tanpa kandungan zeolite alam sebesar 1197 kg, benda uji dengan kandungan zeolite alam 5% sebesar 1217 kg, benda uji dengan kandungan zeolite alam 10% sebesar 1274 kg, sedangkan benda uji dengan kandungan zeolite alam sebesar 1255 kg. Dari data yang disebutkan, benda uji balok beton dengan kandungan zeolite alam 10% memperoleh nilai beban ultimit yang paling baik
2. Nilai rata-rata uji kuat lentur dari 3 benda uji balok beton tanpa kandungan zeolite alam sebesar $123,73 \text{ kg/cm}^2$, benda uji dengan kandungan zeolite alam 5% sebesar $125,80 \text{ kg/cm}^2$, benda uji dengan zeolite alam 10% sebesar $131,77 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan benda uji dengan zeolite alam 15% sebesar $129,77 \text{ kg/cm}^2$. Dari nilai rata-rata tersebut, benda uji balok beton dengan kandungan zeolite alam 10% mendapatkan nilai kuat lentur yang paling baik.
3. Nilai rata-rata uji kuat lentur dari 3 benda uji balok beton tanpa kandungan zeolite alam sebesar $123,73 \text{ kg/cm}^2$, benda uji dengan kandungan zeolite alam 5% sebesar $125,80 \text{ kg/cm}^2$, benda uji dengan zeolite alam 10% sebesar $131,77$

kg/cm², sedangkan benda uji dengan zeolite alam 15% sebesar 129,77 kg/cm². Dari nilai rata-rata tersebut, benda uji balok beton dengan kandungan zeolite alam 10% mendapatkan nilai kuat lentur yang paling baik.

2.2.2 Analisis Sifat Mekanis Beton *Self Compacting Concrete* (SCC) Bahan Tambah *Superplasticizer* Dengan Pemanfaatan *High Volume Fly Ash Concrete*

Fatin Haqqu Zein (2016) melakukan penelitian beton dengan benda uji balok berukuran 500 mm x 150 mm x 150mm dengan menambahkan bahan tambah *superplasticizer* dengan pemanfaatan *high volume fly ash concrete*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik mekanis beton *self compacting concrete* (SCC) mutu normal dengan pemanfaatan bahan semen dan *superplasticizer* 1,5% dari berat semen dengan uji kuat tekan, kuat lentur, dan serapan air.

Hasil penelitian kuat lentur beton yang dilakukan dapat dijabarkan sebagai berikut

1. Kuat lentur beton rata-rata dengan balok beton tanpa *fly ash* sebesar 6,71 Mpa, sedangkan balok beton dengan menambahkan *fly ash* sebesar 5,15 Mpa. Ini menunjukkan bahwa kuat lentur beton tanpa menggunakan *fly ash* lebih baik daripada menambahkan *fly ash* 50%
2. Rata-rata berat beton dari 3 benda uji tanpa menggunakan *fly ash* sebesar 26,473 kilogram, sedangkan yang menggunakan *fly ash* 5 0% sebesar 25,272 kilogram. Ini menunjukkan bahwa berat beton tanpa menggunakan *fly ash* lebih berat daripada menambahkan *fly ash* 50%

2.2.3 Pengaruh Penambahan *Sika Fume* Terhadap Kuat Tekan *Self Compacting Concrete* Yang Menggunakan *Superplasticizer Viscocrete 3115N*

Nugraha (2017) melakukan penelitian pengaruh penambahan *sika fume* terhadap kuat tekan *Self Compacting Concrete* yang menggunakan *Superplasticizer Viscocrete 3115N*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *sika fume* terhadap kuat tekan serta karakteristik beton SCC yang menggunakan *Superplasticizer Viscocrete 3115N*

Hasil penelitian yang dilakukan dijabarkan sebagai berikut.

1. Semakin banyak penambahan *sika fume* akan membuat beton SCC semakin padat terbukti dengan semakin kecil penyerapan air dan semakin meningkat kecepatan rambat gelombang. Pada kuat desak dan modulus elastis tetap meningkat sampai batas penambahan tertentu (3%).
2. Nilai optimum penambahan sika fume pada campuran beton SCC terdapat pada penambahan sebesar 3% dari berat semen yang memberikan performa optimal beton dengan kuat desak sebesar 50,54 MPa, modulus elastisitas sebesar 32992,4 MPa, diameter akhir slump flow 650 mm, T50 selama 4,3 detik, serapan air sebesar 4,468 %, kecepatan rambat gelombang sebesar 4774 m/s.
3. Penambahan sika fume terhadap campuran beton SCC yang menggunakan *superplasticizer viscocrete 3115N* dan masih menghasilkan beton SCC seperti yang disyaratkan EFNARC 2002, yaitu sampai dengan penambahan maksimum 3% terhadap berat semen

2.2.4 Kajian Karakteristik Beton Memadat Sendiri Menggunakan Serat Ijuk

Iis Nurjamilah dan Abinhot Sihotang (2018) melakukan penelitian kajian karakteristik beton memadat sendiri menggunakan serat ijuk dengan umur benda uji beton yakni 28 hari. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengkajikan karakteristik beton *Palm Fiber Self-Compacting* (PESCC)

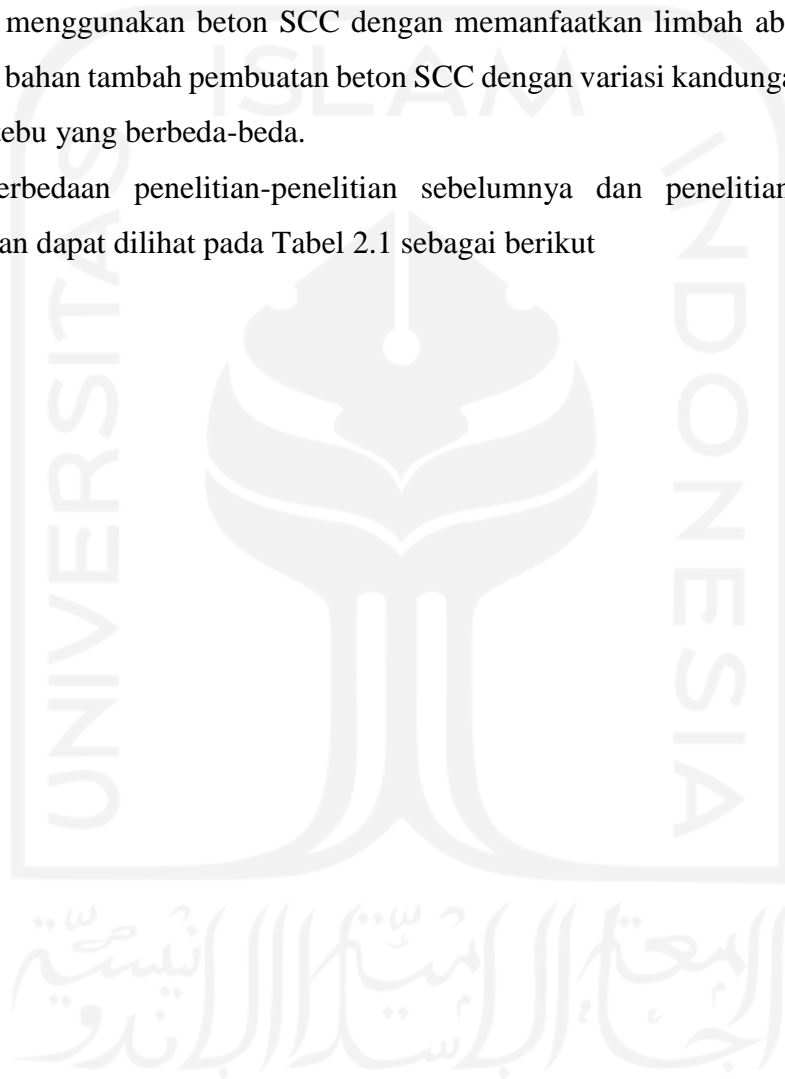
Hasil penelitian yang dilakukan dijabarkan sebagai berikut.

1. Beton SCC murni memperoleh nilai rata-rata kuat lentur dari 3 benda uji adalah 4.387 Mpa
2. Nilai rata-rata uji kuat lentur yang diperoleh dari 3 benda uji beton PESCC 0,5% sebesar 3.729 Mpa, benda uji beton PESCC 1% sebesar 4,466 Mpa, benda uji beton PESCC 1,5% sebesar 4,098 Mpa, benda uji beton PESCC 2% sebesar 3,618%, sedangkan benda uji beton PESCC 3% sebesar 3,866 Mpa.
3. Dari data eksperimen nomo 1 dan 2, beton PESCC 1% memperoleh nilai kuat lentur paling baik yaitu sebesar 4,466 Mpa. Sedangkan 0,6% sebesar 3,374 Mpa

2.4 Keaslian Penelitian

Topik penelitian yang akan dibahas merupakan pengembangan dari penelitian-penelitian sebelumnya yang sudah dipublikasikan oleh Sukarno Yudha Arisandi (2014), Fatih Haqqu Zein (2016), Nugraha (2017), Iis Nurjamilah dan Abinhot Sihotang (2018). Penelitian ini akan meninjau pengujian kuat lentur beton dengan menggunakan beton SCC dengan memanfaatkan limbah abu ampas tebu sebagai bahan tambah pembuatan beton SCC dengan variasi kandungan limbah abu ampas tebu yang berbeda-beda.

Perbedaan penelitian-penelitian sebelumnya dan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut



Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

	Penelitian Terdahulu				Penelitian yang Dilakukan
Penelitian	Arisandi, Sukarno Yudha. (2014).	Zein, Fatih Haqqu. (2016)	Nugraha, (2017).	Nurjamilah, Iis. Sihotang, Abinhot, (2018)	Safitri, Komala. (2021).
Judul	Pemanfaatan Mineral Lokal Zeolit Alam Terhadap Perilaku Lentur Balok <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC)	Analisis Sifat Mekanis Beton SCC Menggunakan Bahan Tambah Superplasticizer dengan Pemanfaatan High Volume Fly Ash Concrete	Pengaruh Penambahan <i>Sika Fume</i> Terhadap Kuat Tekan SCC Yang Menggunakan <i>Superplasticizer Viscocrete 3115N</i>	Kajian Karakteristik Beton Memadat Sendiri Menggunakan Serat Ijuk Kajian Karakteristik Beton Memadat sendiri	Pengaruh Bahan Tambah Limbah Abu Ampas Tebu Terhadap Kuat Lentur Beton <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

	Penelitian Terdahulu				Penelitian yang Dilakukan
Penelitian	Arisandi, Sukarno Yudha. (2014).	Zein, Fatih Haqqu. (2016)	Nugraha, (2017).	Nurjamilah, Iis. Sihotang, Abinhot, (2018)	Safitri, Komala. (2021).
Tujuan	Mengetahui pengaruh penambahan zeolite alam terhadap perilaku kuat lentur balok SCC zeolite alam dan mengetahui perbandingan kuat lentur.	Mengetahui karakteristik mekanis beton SCC mutu normal dengan pemanfaatan bahan semen dan <i>superplasticizer</i> 1,5% dari berat semen dengan uji kuat tekan	Mengetahui pengaruh <i>sika fume</i> terhadap kuat tekan serta karakteristik beton SCC yang menggunakan <i>Superplasticizer Viscocrete</i> 3115N	Mengkaji karakteristik beton <i>Palm Fiber Self Compacting (PESCC)</i>	Menentukan nilai kuat lentur beton setelah diberikan limbah abu ampas tebu, membandingkan nilai kuat lentur beton sebelum dan sesudah diberikan limbah, menggambarkan

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

	Penelitian Terdahulu				Penelitian yang Dilakukan
Penelitian	Arisandi, Sukarno Yudha. (2014).	Zein, Fatih Haqqu. (2016)	Nugraha. (2017).	Nurjamilah, Iis. Sihotang, Abinhot, (2018)	Safitri, Komala. (2021).
	Balok SCC zeolite alam dengan beton biasa	Dengan uji kuat tekan, kuat lentur, dan serapan air	Pembebanan		Sseudah diberi limbah abu ampas tebu
Hasil	Dari benda uji dengan kandungan, mendapatkan nilai rata-rata beban ultimit, kuat lentur, dan momen ultimit	Nilai kuat lentur dan berat benda uji dengan kandungan <i>fly ash</i> 50%	Benda uji beton dengan penambahan <i>sika fume</i> akan membuat beton SCC semakin padat	Benda uji beton SCC dengan kandungan <i>palm</i> . Daripada beton SCC tanpa kandungan <i>palm fiber</i> dan beton SCC dengan	

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

	Penelitian Terdahulu				Penelitian yang Dilakukan
Penelitian	Arisandi, Sukarno Yudha. (2014).	Zein, Fatih Haqqu. (2016)	Nugraha. (2017).	Nurjamilah, Iis. Sihotang, Abinhot, (2018)	Safitri, Komala. (2021).
	yang paling baik yaitu benda uji beton dengan kandungan zeolite alam 10%			kandungan <i>Palm fiber</i> kurang dan lebih dari 1%	

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Pendahuluan

Pada bab ini peneliti akan membahas teori-teori dan pengujian didalam penelitian yang dilakukan

3.2 Bahan Penyusun Balok Beton SCC

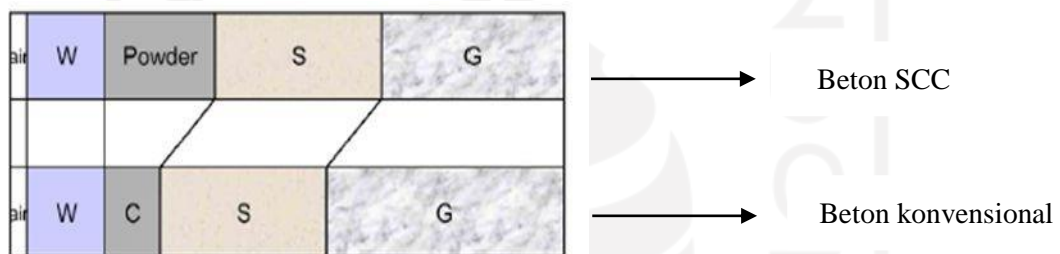
3.2.1 Beton Self Compacting Concrete (SCC)

SCC adalah jenis beton yang mudah mengalir yang dapat dengan mudah masuk ke dalam daerah cetakan meskipun dalam prosesnya jarang digunakan alat penggetar atau *vibrator* atau bahkan tidak dibutuhkan alat penggetar sama sekali, karena beton ini mempunyai sifat memadat dengan sendirinya. Penggunaan jenis beton SCC lebih mudah dalam proses pengecorannya daripada beton konvensional, ini dikarenakan beton SCC lebih mudah mengalir masuk ke dalam sela-sela tulangan atau tempat pengecoran yang sulit dijangkau. Hasil pengecoran dengan beton SCC jauh lebih padat dan meminimalisir rongga-rongga di dalam area yang dicor, sehingga beton SCC jauh lebih efektif daripada beton konvensional.

Awal mula teknologi beton SCC terjadi pada tahun 1990an di Jepang. Pada tahun 1983 di Jepang, terdapat permasalahan mengenai durabilitas pada beton. Masalah yang terjadi yaitu rongga udara yang biasanya terdapat di dalam area pengecoran, dan beton tidak mampu mengisi rongga udara tersebut sehingga mengakibatkan kekuatan beton berkurang. Tahun 1988, Jepang memperkenalkan beton dengan spesifikasi beton segar yang dapat memadat sendiri. Pada tahun 1990, beton *Self Compacting Concrete* (SCC) diperkenalkan di Okamura sebagai usaha untuk mengatasi permasalahan pengecoran di Jepang. Campuran beton SCC lebih encer daripada beton konvensional yang membuat campuran beton SCC dapat mengisi rongga udara dan mengisi permukaan yang diinginkan dengan rata tanpa terjadi *bleeding* serta dapat mengalir mengisi celah-celah tulangan tanpa terjadi pemisahan material.

Pada beton SCC komposisi beton yang menjadikan perbedaan paling utama antara beton konvensional dengan beton SCC yaitu pada penggunaan bahan pengisi sangat besar dimana pasir halus yang berperan sebagai bahan pengisi ini dengan ukuran maksimum diameter $0,125$ ($d_{\max} \leq 0,125$ mm). Banyaknya porsi pada penggunaan bahan pengisi ini yaitu 40% dari volume total campuran beton. Porsi bahan pengisi sangat besar sehingga menyebabkan campuran beton berperilaku sebagai pasta.

Perbandingan beton SCC dengan beton konvensional dapat dilihat pada gambar 3.1 sebagai berikut



Gambar 3.1 Perbandingan Porsi Beton SCC dengan Beton Konvensional

(Sumber: Okamura dan Ouchi, 2003)

Dari Gambar 3.1, dapat disimpulkan bahwa perbedaan campuran beton SCC dengan beton konvensional yaitu terdapat powder terhadap semen (C) dan porsi agregat kasarnya. Beton SCC membutuhkan lebih sedikit agregat kasar, sedangkan powder adalah semen yang dicampur dengan bahan-bahan halus lainnya dengan diameter maksimal $0,125$ mm seperti *silica fume* dan *fly ash*. Bahan lain yang digunakan untuk admixture yaitu *superplasticizer*. Jumlah pasir (S) dan Air (W) pada kedua jenis beton tersebut tidak ada perbedaan yang banyak bahkan sama

Menurut Okamura dan Ozawa (1994), suatu campuran beton dapat dikatakan *Self Compacting Concrete* (beton memadat sendiri) apabila memenuhi kriteria yang dapat dilihat padahal Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3.1 Sifat-Sifat Beton SCC (Okamura & Ozawa, 1994)

Beton segar	Beton keras
<i>Filling ability</i> , kemampuan campuran beton segar untuk mengisi ruangan tanpa alat penggetar	Memiliki tingkat penyerapan dan permeabilitas yang rendah
<i>Passing ability</i> , kemampuan campuran beton segar untuk melewati tulangan	Memiliki tingkat durabilitas yang tinggi
<i>Segregation resistance</i> , campuran beton yang tidak mengalami pemisahan material atau segregasi	Mampu membentuk campuran beton yang homogen

The European Federation of National Associations Representing for Concrete (EFNARC) juga menetapkan kriteria teknis dari beton SCC yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3.2 Kriteria SCC Menurut EFNARC

No	Metode pengujian	Typical range of values		Satuan
		Minimal	maksimal	
1	<i>Slump-flow</i>	600	800	mm
2	T_{50} <i>Slump-flow</i>	2	5	detik
3	<i>J-ring</i>	0	10	mm
4	<i>L-shape box</i>	0,8	1,0	-
5	<i>V-Funnel</i>	6	12	detik

Sumber: EFNARC (2002)

Kriteria persyaratan yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode pengujian *Slump-flow* dan T_{50} *Slump-flow* yang berguna untuk menentukan tingkat penyebaran (*filling ability*) pada campuran SCC sesuai dengan persyaratan dari Tabel 3.2

3.2.1 Kelebihan Beton Self Compacting Concrete (SCC)

Kelebihan dari beton SCC adalah sebagai berikut:

1. Sangat encer, bahkan dengan bahan adiktif tertentu bisa menahan slump tertinggi dalam jangka waktu lama (*slump keeping admixture*)
2. Tidak memerlukan pemadatan manual ataupun alat penggetar (*vibrator*)
3. Lebih homogen dan stabil
4. Susut lebih rendah
5. Dalam jangka panjang struktur lebih awet (*durable*)

3.2.2 Karakteristik *Self Compacting Concrete* (SCC)

Berdasarkan spesifikasi SCC dari EFNARC, workabilitas atau kelecakan campuran beton segar dapat dikatakan sebagai beton SCC apabila memenuhi kriteria sebagai berikut:

1. *Filling ability*, adalah kemampuan beton SCC untuk mengalir dan mengisi keseluruhan bagian cetakan melalui beratnya sendiri. Untuk menentukan "*filling ability*" dari beton SCC digunakan *slump-flow test* dengan menggunakan kerucut *abrams* dapat diketahui kondisi workabiliti beton berdasarkan kemampuan penyebaran beton segar yang dinyatakan dengan besaran diameter yaitu antara 60-75 cm
2. *Passing ability* adalah kemampuan beton SCC untuk mengalir melalui celacela antar besi tulangan atau bagian cela yang sempit dari cetakan tanpa terjadi adanya segregasi atau *blocking*. Untuk menentukan "*passing ability*" dari beton SCC, digunakan alat uji yaitu *L-Shape box*. Dengan *L-shape box test* akan didapatkan nilai *blocking ratio*, yaitu nilai yang didapatkan dari perbandingan H2/H1. Semakin besar nilai *blocking ratio*, semakin baik beton segar mengalir dengan viskositas tertentu. Untuk kriteria beton SCC nilai *blocking ratio* berkisar antara 0,8-1,0.
3. *Segregation resistance*, adalah kemampuan beton SCC untuk tetap menjaga keadaan yang homogen selama waktu transportasi sampai pada pengecoran. *V-Funnel test* digunakan untuk mengukur fiskositas beton SCC dan sekaligus mengetahui "*segration resistance*". Kemampuan beton segar untuk segera mengalir melalui mulut diujung bawah alat ukur *V-Funnel* diukur dengan besaran waktu antara 3-15 detik

3.3 Komposisi Beton SCC

Material pembentuk beton SCC dengan bahan tambah abu ampas tebu dan *superplasticizer* ini tidak berbeda dengan material penyusun beton pada umumnya, yaitu terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Secara umum, SCC merupakan varian yang memiliki tingkat pengerjaan (*workability*) tinggi dan juga memiliki kekuatan awal yang besar, sehingga membutuhkan faktor air semen yang rendah. Menurut Sugiharto dkk (2001), untuk mendapatkan campuran beton dengan tingkat *workability* dan kekuatan awal yang tinggi, perlu diperhatikan persyaratan material berikut ini.

1. Agregat halus dibatasi jumlahnya kurang lebih 40% dari volume beton.
2. Agregat kasar dibatasi jumlahnya kurang lebih 50% dari campuran beton.
3. Gradasi agregat kasar yaitu 5-20 mm yang berfungsi untuk tingkat penyebaran pada campuran SCC dan kekuatan pada beton.
4. Ditambahkan bahan pengisi (*filler*) pada campuran beton, antara lain fly ash dan silica fume untuk menggantikan sebagian komposisi semen, hal ini ditujukan untuk meningkatkan keawetan (*durabilitas*) dan kekuatan tekan beton.
5. Penggunaan *superplasticizer* pada campuran beton berfungsi untuk meningkatkan *workability* dan menekan faktor air semen agar mendapatkan kekuatan awal yang besar.

Dari penjelasan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pada pembuatan campuran SCC harus teliti dalam pemilihan dan pencampuran material terutama dalam pembuatan benda uji.

3.3.1 Semen *Portland*

Semen *Portland* merupakan bahan ikat yang penting dalam campuran adukan beton, karena berfungsi untuk mengikat agregat kasar dan agregat halus sehingga menyatu dan mengeras seperti batuan. Akan tetapi, semen akan berfungsi sebagai pasta jika direaksikan dengan air. Oleh karena itu, dalam campuran adukan beton dapat dibagikan menjadi dua kelompok yaitu kelompok aktif dan kelompok pasif. Kelompok aktif yaitu semen dan air, sedangkan kelompok pasif yaitu agregat kasar

dan agregat halus.

Menurut SNI 15-2049-2004 semen portland dibedakan menjadi 5 jenis/tipe, sebagai berikut ini.

1. Semen *portland* tipe I, yaitu semen *portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Semen *portland* tipe II, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Semen *portland* tipe III, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen *portland* tipe IV, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya membutuhkan kalor hidrasi rendah.
5. Semen *portland* tipe V, yaitu semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Semen tidak dapat bereaksi tanpa adanya air sebagai pereaksinya. Menurut Tjokrodimuljo (2004), semen dan air termasuk dalam bahan perekat setelah dicampurkan dan mengalami reaksi kimia menjadi pasta dalam beberapa jam mulai merekat dan dalam beberapa hari menjadi keras.

3.3.2 Agregat Halus

Agregat halus atau pasir yaitu agergat yang semua butirannya lolos pada ayakan 4,8 mm. Menurut SNI 03-6821-2002, persyaratan umum agregat halus yang digunakan sebagai campuran beton sebagai berikut

1. agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras
2. butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat diuji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat.
3. agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpur melebihi 5% maka pasir harus di cuci.

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah pasir dari sungai Progo. Pengujian agregat halus dilakukan untuk mengetahui kualitas dari pasir

yang digunakan sebagai material dalam pembuatan campuran beton. Pengujian yang dilakukan berikut ini.

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat.

Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat merupakan pengujian yang dilakukan untuk menentukan berat jenis dan penyerapan air sebelum merencanakan mix design. Berat jenis pada agregat halus terbagi menjadi 3 kategori sebagai berikut:

- a. berat jenis kering mutlak (*bulk specific gravity*)
yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suatu suhu tertentu.
- b. berat jenis kering permukaan (*saturated and surface dry/SSD*)
yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.
- c. berat jenis semu (*apparent specific gravity*)
yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.
- d. Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Perhitungan analisis dalam pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat menggunakan Persamaan 3.1 sampai 3.4.

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{BK}{B+500 - Bt} \quad (3.1)$$

$$\text{Berat jenis (SSD)} = \frac{500}{B+500 - Bt} \quad (3.2)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{BK}{B+BK - Bt} \quad (3.3)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{500 - BK}{Bk} \quad (3.4)$$

dengan :

Bk = berat pasir kering mutlak

Bt = berat piknometer berisi air dan pasir (gram)

B = berat piknometer berisi air (gram)

2. Pengujian berat isi padat

Berat isi adalah perbandingan berat agregat dalam keadaan padat dengan volume silinder yang digunakan dalam pengujian. Perhitungan berat isi padat agregat halus menggunakan Persamaan 3.5 berikut ini

$$\text{Berat isi padat} = \frac{W}{Vol.} \quad (3.5)$$

dengan :

W = berat agregat (gram)

Vol. = volume silinder yang digunakan cm^3

3. Analisa saringan

Analisa saringan adalah pengelompokan besar butir analisa agregat kasar dan agregat halus menjadi komposisi gabungan yang ditinjau berdasarkan saringan. Adapun tujuan dari analisa saringan sebagai berikut :

- a. untuk mendapatkan beton yang mudah dikerjakan (diaduk, dialirkan dan didapatkan) yang mempunyai tingkat *workability* yang tinggi.
- b. untuk mendapatkan harga beton yang ekonomis, kekuatan tinggi
- c. untuk mendapatkan beton yang betul-betul padat
- d. untuk mendapatkan batas gradasi dari agregat, dan
- e. untuk mendapatkan komposisi campuran analisa agregat halus dalam bentuk ideal

Dalam pengujian analisa saringan ini analisis perhitungan persentase berat yang hilang dan modulus kehalusan menggunakan Persamaan 3.6 dan 3.7.

$$\text{Persentase berat yang hilang} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (3.6)$$

$$\text{Modulus kehalusan} = \frac{\sum(kom\%) - 100}{100} \quad (3.7)$$

dengan :

- a = berat agregat kering mutlak sebelum diayak (gram)
 b = berat agregat setelah diayak (gram) Σ
 $\Sigma(\text{kom } \%)$ = berat tertinggal kumulatif (%)

4. Pengujian lolos saringan no. 200 (pengujian kandungan lumpur dalam agregat)
 Lumpur adalah gumpalan atau lapisan yang menutupi permukaan butiran agregat dan lolos ayakan No. 200. Kandungan kadar lumpur pada permukaan butiran agregat akan mempengaruhi kekuatan ikatan antara pasta semen dan agregat sehingga akan mengurangi kekuatan dan ketahanan beton. Lumpur dan debu halus hasil pemecahan batu adalah partikel berukuran antara 0,002 mm s/d 0,006 mm (2 s/d 6 mikron). Adanya Lumpur dan tanah liat menyebabkan bertambahnya air pengaduk yang diperlukan dalam pembuatan beton, disamping itu pula akan menyebabkan berkurangnya ikatan antara pasta semen dengan agregat sehingga akan menyebabkan turunnya kekuatan beton yang bersangkutan serta menambah penyusutan dan creep. Oleh karena itu penting bagi kita untuk melakukan pengujian, sehingga didapatkan kadar lumpur yang memenuhi syarat menurut SNI 03-2461-2002, yaitu tidak boleh lebih dari 5% untuk agregat halus dan 1% untuk agregat kasar. Untuk perhitungan analisis berat agregat yang lolos saringan no. 200 dalam pengujian kandungan lumpur dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.8.

$$\text{Kandungan lumpur} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (3.8)$$

dengan :

W1 = berat agregat halus kering oven (gram)

W2 = berat agregat halus kering oven setelah dicuci (gram)

3.3.3 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan material pengisi adukan campuran beton. Ukuran agregat yang digunakan dalam penelitian SCC yaitu ukuran maksimum 10 mm. Agregat kasar dapat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batubatuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu. Menurut SK SNI S-

04-1989-F, persyaratan umum agregat kasar yang digunakan sebagai campuran beton adalah sebagai berikut ini.

1. Agregat kasar berupa kerikil yang berasal dari batu-batuan alami, atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecah batu.
2. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
3. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering).
4. Tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
5. Ukuran butir maksimum tidak boleh melebihi $1/5$ jarak terkecil antara bidang samping cetakan, $1/3$ tebal pelat beton, $3/4$ jarak bersih antar tulangan

Untuk mengetahui karakteristik dari agregat dapat dilakukan dengan melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat, pengujian analisa saringan, dan Pengujian abrasi/keausan agregat dengan mesin los angeles. Agregat kasar yang dipakai dalam penelitian ini adalah agregat kasar yang berasal dari batu pecah. Pengujian yang dilakukan sebagai berikut ini.

1. pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat.

Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat merupakan pengujian yang dilakukan untuk menentukan berat jenis dan penyerapan air sebelum merencanakan *mix design*. Berat jenis pada agregat kasar terbagi menjadi 3 kategori sebagai berikut:

- a. Berat jenis kering mutlak (*bulk specific gravity*)

Yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suatu suhu tertentu.

- b. Berat jenis kering permukaan (*saturated and surface dry/SSD*)

Yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

c. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*)

Yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

d. Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Perhitungan analisis dalam pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat menggunakan Persamaan 3.9 sampai 3.12.

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{BK}{Bj - Ba} \quad (3.9)$$

$$\text{Berat jenis (SSD)} = \frac{Bj}{Bj - Ba} \quad (3.10)$$

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{BK}{Bk - Ba} \quad (3.11)$$

$$\text{Penyerapan air} = \frac{Bj - BK}{Bk} \times 100\% \quad (3.12)$$

dengan :

Bk= berat kerikil kering mutlak (gram)

Bj = berat kerikil kondisi jenuh kering muka/SSD (gram)

Ba= berat kerikil dalam air (gram)

3 Pengujian berat isi padat

Berat isi padat adalah perbandingan berat agregat dalam keadaan padat dengan volume silinder yang digunakan dalam pengujian. Perhitungan berat isi padat agregat kasar sama dengan perhitungan berat isi padat pada agregat halus dengan menggunakan Persamaan 3.5.

4 Pengujian analisa saringan

Analisa saringan adalah pengelompokan besar butir analisa agregat kasar dan agregat halus menjadi komposisi gabungan yang ditinjau berdasarkan saringan. Adapun tujuan dari analisa saringan sebagai berikut :

- a. untuk mendapatkan beton yang mudah dikerjakan (diaduk, dialirkan, dan didapatkan) yang mempunyai tingkat workability yang tinggi,
- b. untuk mendapatkan harga beton yang ekonomis, kekuatan tinggi,

- c. untuk mendapatkan baton yang betul–betul padat,
- d. untuk mendapatkan batas gradasi dari agregat, dan
- e. untuk mendapatkan komposisi campuran analisa agregat kasar dalam bentuk ideal.

Dalam pengujian analisa saringan untuk perhitungan persentase berat yang hilang dan modulus kehausan sama dengan perhitungan dari analisa saringan pada agregat halus, maka analisa saringan agregat kasar menggunakan Persamaan 3.6 dan 3.7.

3.3.4 Air

Fungsi air pada campuran beton *self compacting concrete* (SCC) adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan. Persyaratan air sesuai Peraturan beton Bertulang Indonesia 1971 dalam Prihantasm (2007) adalah sebagai berikut:

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

3.4 Bahan Tambah (*Admixture*)

Bahan tambah (*admixture*) adalah bahan diluar semen, agregat, dan air yang dicampurkan kedalam campuran beton. Tujuan menambahkan bahan tambah adalah untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu dari campuran beton segar dan beton keras.

Admixture atau bahan tambah yang didefinisikan dalam *Standard Definitions of terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates* (ASTM C.125-1995:61) dan dalam *Cement and Concrete Terminology* (ACI SP-19) adalah sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolis yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, mempercepat

pengerasan, menambah kuat tekan, penghematan, atau untuk tujuan lain seperti penghematan energi.

Terdapat beberapa keuntungan penggunaan bahan tambah pada sifat beton, yakni:

1. Pada beton segar (*Fresh concrete*)
 - Memudahkan pekerjaan tanpa perlu menambahkan kandungan air
 - Memperlambat ataupun mempercepat proses pengikatan awal dari campuran beton.
 - Mencegah secara preventif perununan atau perubahan volume beton.
 - Mengurangi terjadinya *segregation*.
 - Memperkecil faktor air semen.
 - Mengurangi penggunaan semen
2. Pada beton keras (*Hardwened concrete*)
 - Meningkatkan mutu beton
 - Mempercepat laju perkembangan mutu beton pada umur muda.
 - Meningkatkan ketahanan beton dari gangguan luar.
 - Kedap terhadap air (*low permeability*).
 - Meningkatkan ketahanan beton (*durability*).
 - Berat jenis beton meningkat

Bahan tambah biasanya memakai zat kimia dan bahan mineral. Bahan tambah terdapat 2 jenis, yaitu bahan tambah alami dan bahan tambah kimia. Uraian penjelasan bahan tambah alami dan bahan tambah kimia adalah sebagai berikut.

3.4.1 Bahan Tambah Kimia (*Chemical Admixture*)

Chemical admixture, yaitu bahan tambah cairan kimia yang ditambahkan untuk mengendalikan waktu pengerasan (memperlambat atau mempercepat), mereduksi kebutuhan air, menambah kemudahan pengerjaan beton, meningkatkan nilai *slump* dan sebagainya. Biasanya digunakan dalam jumlah yang sedikit pada campuran beton. Tujuan penggunaannya adalah untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu dari campuran. Penggunaan *admixture* harus mengikuti spesifikasi yang telah ditetapkan oleh produsennya. *Trial Mix* dianjurkan untuk dilakukan sebelum

penggunaannya. Bahan tambah kimia terdiri dari beberapa jenis, yaitu:

1. Tipe A, *water-reducing admixtures*
adalah bahan tambah yang mengurangi pencampur yang diperlukan guna menghasilkan beton dengan konsisten tertentu. Bahan tambah ini biasa disebut *water reducer* atau *plasticizer*
2. Tipe B, *Retarder*
adalah bahan tambah guna memperlambat proses pengikatan beton. Bahan ini digunakan apabila dibutuhkan waktu yang cukup lama antara pencampuran beton dengan penuangan adukan atau kondisi dimana jarak antara pengadukan beton ke penuangan adukan cukup jauh atau mengalami hambatan
3. Tipe C, *Accelerator*
yaitu bahan tambah guna mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton. Bahan ini digunakan apabila adukan dilakukan di bawah permukaan air, atau pada struktur beton yang memerlukan pengerasan segera. Bahan tambah akselerator yaitu *calcium chloride* (CaCl_2), *Aluminium Chlorida*, *Natrium Sulfat*, dan *Aluminium Sulfat*
4. Tipe D, *Water Reducer Retarder (WRR)*
yaitu bahan kimia tambahan guna mengurangi air dan memperlambat proses ikatan. Pengaruh pada beton adalah kekuatan tekan, *setting time* dimana retarder menghambat *setting time*.
5. Tipe E, *water reducer accelerator*
yaitu bahan kimia tambahan guna mengurangi air dan mempercepat proses ikatan. Jika diberi bahan tambah ini, akan berpengaruh pada beton adalah kekuatan, *setting time*, *workability*, *air entrainment*, *bleeding*, panas hidrasi, perubahan volume, dan *durability*.
6. Tipe F, *high range water reducer*
yaitu bahan tambah kimia yang digunakan untuk mengurangi kadar air sampai 12% atau lebih. Penggunaan bahan tambah ini, diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama atau diperoleh adukan dengan kekentalan adukan yang lebih encer dengan faktor air semen

sama sehingga kekuatan beton yang diperoleh lebih tinggi. Contoh bahan tambah ini adalah *superplasticizer*

7. Tipe G, *high range water reducer*

bahan tambah kimia yang berfungsi ganda yaitu mengurangi air dan mempercepat pengikatan dan pengerasan beton. Tingkat kontrol untuk menambahkan bahan tambah ini lebih besar daripada pekerjaan beton biasa karena bahan tambah yang dimasukkan ke dalam campuran beton dalam jumlah yang kecil dibanding bahan-bahan utama.

3.4.2 Bahan Tambah Mineral (*Mineral Admixture*)

Mineral admixture (bahan tambah mineral), merupakan bahan tambah yang dimaksudkan untuk memperbaiki kinerja beton. Beberapa bahan tambah mineral ini adalah pozzolan, fly ash, slag, silica fume, dan abu ampas tebu.

1. Kerak Tanur Tinggi (*Ground Granulated Blast Furnace*)

Blast furnace slag adalah kerak (*slag*), bahan sisa dari pengecoran besi (*pig iron*), dimana prosesnya memakai dapur (*furnace*) yang bahan bakarnya dari udara yang ditiupkan (*blast*). Material penyusun *slag* adalah kapur, silika dan alumina yang bereaksi pada temperatur 1600°C dan berbentuk cairan. Bila cairan ini didinginkan secara lambat maka akan terjadi kristal yang tak berguna sebagai campuran semen dan dapat dipakai sebagai pengganti agregat. Namun membentuk *granulated glass* yang sangat reaktif, yang cocok untuk pembuatan semen *slag*. Bijih dari *blast furnace* tersebut kemudian digiling hingga halus, dapat dipakai sebagai bahan pengganti semen pada pembuatan beton.

2. Uap Silika (*Silica Fume*)

Silica Fume adalah material pozzollan yang halus, dimana komposisi silika lebih banyak yang dihasilkan dari tanur tinggi atau sisa produksi silikon atau *alloy* besi silikon (dikenal sebagai gabungan antara *microsilika* dengan silika fume). Juga disebut *siliks fume* (SF), *microsilika*, *silica fume dust*, *amorphous silica*, dan sebagainya. Namun *silica fume* yang dipakai untuk beton adalah yang mengandung lebih dari 75% silikon. Secara umum, *silica fume* mengandung SiO₂ 86-96%, ukuran butir rata-rata 0,1- 0,2 micrometer, dan

strukturnya *amorphous* (bersifat reaktif dan tidak terkrystalisasi). Ukuran *silica fume* ini lebih halus dari pada asap rokok. *Silica fume* berbentuk seperti *fly ash* tetapi ukurannya lebih kecil sekitar seratus kali lipatnya. *silica fume* bisa didapat dalam bentuk bubuk, dipadatkan atau cairan yang dicampurkan dengan air 50%. Berat jenisnya sekitar 2,20 tetapi *bulk density* hanya 200-300 kg/m³. *Specific surface area* sangat besar, yaitu 15-25 m²/g.

Silica fume bisa dipakai sebagai pengganti sebagian semen, meskipun tidak ekonomis. Kedua sebagai bahan tambahan untuk memperbaiki sifat beton, baik beton segar maupun beton keras. Untuk beton normal dengan kadar semen di atas 250 kg/m³, kebutuhan air bertambah dengan ditambahkan *silica fume*. Campuran lebih kohesif. Pada *slump* yang sama, lebih banyak energi dibutuhkan untuk menghasilkan aliran tertentu. Ini mengindikasikan stabilitas lebih baik dari beton cair. Perdarahan (*bleeding*) sangat berkurang sehingga perlu perawatan dini untuk mencegah retak susut plastis, khususnya pada cuaca panas dan berangin. *Silica fume* biasanya dipakai bersama *superplasticizer*.

Beton dari *silica fume* memperlihatkan kekuatan awal yang rendah. Namun perawatan temperatur tinggi memberi pengaruh percepatan yang besar. Potensi kekuatan adalah 3 sampai 5 kali dari semen portland per unit massa sehingga untuk kekuatan yang sama, umur 28 hari memberikan faktor air semen yang lebih besar. Panas hidrasi juga 2 kali lebih besar, namun karena potensi kekuatan tinggi, evolusi panas total bisa lebih rendah bila kadar semen dikurangi. Jadi beton dengan kekuatan tinggi (diatas 100 Mpa) dapat dihasilkan. Sifat mekanis lainnya seperti kuat tarik dan lentur dan modulus elastisitas berkaitan dengan kuat tekan seperti halnya beton dari semen portland.

3. Abu Terbang (*Fly Ash*)

Abu terbang didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batu bara atau bubuk batu bara. *Fly ash* atau abu terbang dikenal di Inggris sebagai serbuk abu pembakaran. Abu terbang sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh abu terbang akan

bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. Di karenakan *fly ash* merupakan bahan pozzolanic yang mampu bereaksi secara kimia dengan kapur bebas.

4. Abu Ampas Tebu

Abu ampas tebu (*bagasse ash of sugar cane*) adalah hasil pembakaran ampas tebu yang berubah secara kimiawi, dan terdiri dari garam-garam inorganik. Ampas tebu berasal dari proses penggilingan tanaman tebu (*saccharum officinarum*) setelah diekstrak atau dikeluarkan niranya pada industri pemurnian gula sehingga didapat hasil samping sejumlah besar produk limbah berserat yang dikenal sebagai ampas tebu (*bagasse*). Pada proses penggilingan tebu, terdapat 5 kali proses penggilingan dari batang tebu, dimana hasil penggilingan pertama dan kedua merupakan nira mentah yang berwarna kuning kecoklatan, dan pada proses penggilingan ketiga, keempat dan kelima dihasilkan nira dengan volume yang berbeda-beda. Kemudian pada gilingan terakhir menghasilkan ampas tebu kering

Ampas tebu (*bagasse*) ini memiliki aroma yang segar dan tidak menimbulkan bau busuk karena ampas tebu mudah dikeringkan. Limbah padat yang kedua adalah blotong. Blotong merupakan endapan limbah pemurnian nira sebelum dimasak dan dikristalkan menjadi gula pasir. Blotong memiliki bentuk seperti tanah berpasir berwarna hitam, memiliki bau tidak sedap jika masih basah. Rata-rata ampas tebu yang diperoleh dari proses giling adalah sebesar 32 % dari tebu.

Limbah ampas tebu (*bagasse*) yang berlebih dapat membawa masalah bagi pabrik gula, karena ampas tebu bersifat *bulky* (meruah) sehingga untuk menyimpannya perlu area yang luas. Maka dilakukan pemanfaatan ampas tebu oleh pabrik sebagai bahan bakar boiler.

Ampas tebu yang dihasilkan dari proses penggilingan digunakan sebagai bahan bakar untuk memanaskan boiler dengan suhu mencapai 550⁰C-600⁰ C dan lama pembakaran setiap 4-8 jam, dan dilakukan pengangkutan atau pengeluaran abu dari dalam boiler, apabila dibiarkan tanpa dibersihkan, maka akan terjadi

penumpukan yang akan mengganggu proses pembakaran ampas tebu berikutnya (Batubara, 2009). Abu ampas tebu yang dibuang begitu saja sehingga menjadi limbah yang tidak dimanfaatkan.

Abu ampas tebu yang digunakan pada penelitian ini berasal dari PT. Gunung Madu Plantations yang berada di KM 90 Gunung Batin Udik, Kec. Terusan Nunyai, Kab. Lampung Tengah, Lampung

Abu ampas tebu memiliki komposisi kimia yang terdiri dari SiO_2 sebesar 71%, Al_2O_3 sebesar 1,9%, Fe_2O_3 sebesar 7,8%, CaO sebesar 3,4% MgO sebesar 0,3%, K_2O sebesar 8,2%, P_2O_5 sebesar 3%, dan MnO sebesar 0,2%.

Abu ampas tebu memiliki kandungan silika yang cukup tinggi. Kandungan silika pada campuran beton dibutuhkan dalam reaksi pengikatan senyawa-senyawa yang ada pada semen, sehingga semen dapat mengikat agregat-agregat pada campuran beton. Campuran kalsium dan silika merupakan komponen utama dalam penyumbang kekuatan semen portland.

3.5 Rancangan Campuran Beton (*Mix Design*)

Perencanaan campuran beton adalah proses dalam menentukan komposisi campuran adukan beton berdasarkan data-data dari bahan dasar pembuatan beton itu sendiri. Dari perencanaan campuran beton ini diharapkan akan menghasilkan beton yang sesuai dengan standar sifat-sifat minimum kekuatan, kekentalan, keawetan dan ekonomis. Perencanaan campuran beton (*Mix Design*) menggunakan standar SNI 03 2834-2000. Tujuan digunakan standar SNI-03-2834-2000 adalah menghasilkan beton sesuai dengan standar pengerjaan di Indonesia dan mudah dikerjakan. Perencanaan campuran adukan beton mengikuti prosedur sesuai dengan SNI-03-2384-2000 sebagai berikut.

1. Menetapkan nilai deviasi standar (Sd). Penetapan nilai deviasi standar (Sd) berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton. Apabila mutu pelaksanaan semakin baik, maka nilai deviasi standarnya semakin kecil. Koreksi nilai deviasi standar dilakukan apabila jumlah data hasil benda uji kurang dari 30 buah dengan faktor pengali deviasi standar dan nilai tambah (M) diambil tidak kurang dari 12 MPa apabila jumlah data hasil uji

kurang dari 15 buah. Nilai faktor pengali deviasi standar dapat dilihat pada Tabel 3.5 sebagai berikut

Tabel 3.5 Faktor Pengali Deviasi Standar

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

Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan dapat dilihat pada tabel 3.6 sebagai berikut.

Tabel 3.6 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
Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan	Sd (MPa)
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendai	8,4

Sumber: SNI-03-2384-2000

- Menghitung nilai tambah (M) dengan menggunakan persamaan 3.13 sebagai berikut.

$$M = 1,64 \times Sd \quad (3.13)$$

dengan :

M = nilai tambah (MPa)

Sd = deviasi standar rencana (MPa)

3. Ditetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan dengan kemungkinan lebih rendah 5% sesuai persyaratan perencanaan strukturnya. Kemudian ditentukan kuat tekan rata-rata rencana (f'_{cr}) dengan persamaan 3.14 sebagai berikut.

$$F'_{cr} = f'c + M \quad (3.14)$$

dengan :

F'_{cr} = kuat tekan rata-rata rencana (MPa)

$f'c$ = kuat tekan yang disyaratkan (MPa)

M = nilai tambah (MPa)

4. Ditentukan jenis semen yang digunakan
5. Ditentukan jenis agregat yang digunakan
6. Ditentukan nilai fas (faktor air semen) menggunakan tabel perkiraan kekuatan tekan (MPa) dengan fas = 0,5, kemudian menggunakan grafik hubungan antara kuat desak dan faktor air semen untuk benda uji silinder. Tabel Perkiraan Kekuatan Tekan (MPa) dengan fas = 0,5 dapat dilihat pada tabel 3.7 sebagai berikut

Tabel 3.7 Perkiraan Kekuatan Kekuatan Tekan (MPa) dengan fas = 0,5

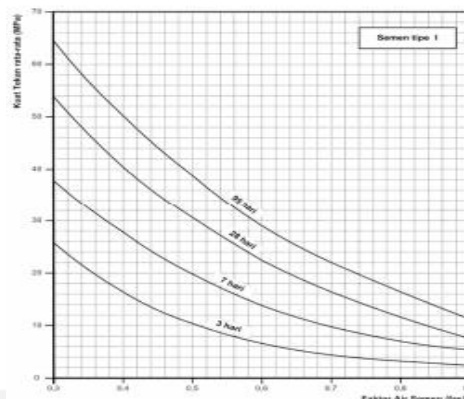
Jenis semen	Jenis agregat kasar	Kuat tekan (MPa)				Bentuk benda uji
		Pada umur (hari)				
		3	7	14	28	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Portland Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	46	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	

Lanjutan Tabel 3.7 Perkiraan Kekuatan Kekuatan Tekan (MPa) dengan fas = 0,5

Jenis semen	Jenis agregat kasar	Kuat tekan (MPa)				Bentuk benda uji
		Pada umur (hari)				
		3	7	14	28	
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-0302834-2000

Sedangkan untuk Grafik Hubungan antara Kuat Desak dan Faktor Air Semen untuk Benda Uji Silinder dapat dilihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut



Gambar 3.2 Grafik Hubungan antara Kuat Desak dan Faktor Air Semen untuk Benda Uji Silinder

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

- Parameter guna mengetahui kelecakan adukan beton adalah nilai slump yang ditentukan. Tingkat kemudahan pekerjaan atau disebut *workability* ditentukan oleh kelecakan adukan beton tersebut. Perlu diperhatikan pelaksanaan adukan beton dalam pembuatan pengangkutan, penuangan, pemadatan, dan jenis strukturnya dalam menetapkan nilai slump. Agar beton mudah dituangkan,

dipadatkan, dan diratakan saat pengerjaan, nilai slump ditentukan sesuai dengan kondisi pelaksanaan

8. Maksimum besar butir agregat yang ditetapkan yaitu seperlima jarak terkecil dari bidang samping cetakan
9. Kadar air bebas untuk agregat dipecah dan tak dipecah ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\frac{2}{3} Wh + \frac{1}{3} Wk \quad (3.15)$$

dengan:

Wh = perkiraan jumlah air untuk agregat halus

Wk = perkiraan jumlah air untuk agregat kasar

Nilai Wh dan Wk dapat dilihat pada Tabel 3.8 sebagai berikut.

Tabel 3.8 Perkiraan Kadar Air Bebas setiap Meter Kubik Beton

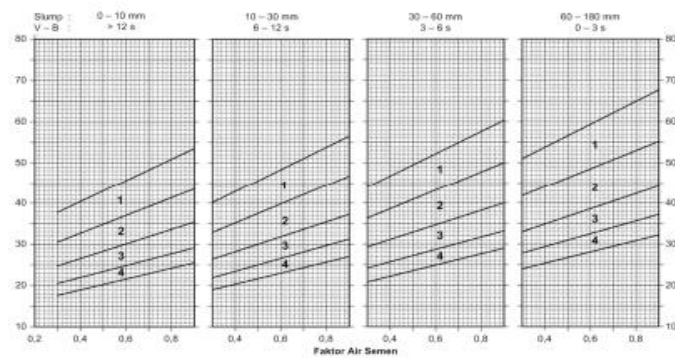
Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Jenis Agregat	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-100
10	Batu tak dipecah	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecah	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecah	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

(Sumber: SNI 03-2834-2000)

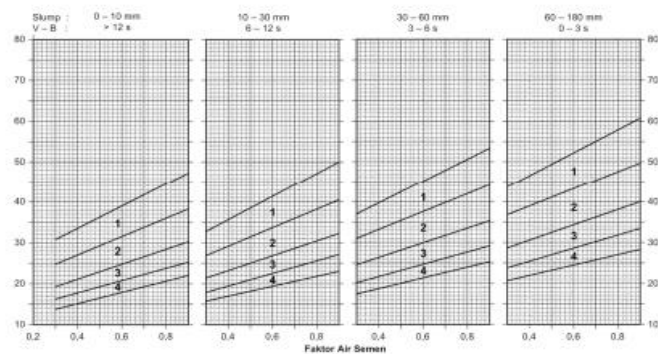
10. Jumlah kadar semen yang digunakan per m³ beton dihitung dengan cara sebagai berikut.
 - a. Menggunakan Tabel 3.5 dalam perhitungan nilai fas dan kondisi lingkungan beton yang sudah tertera
 - b. Menggunakan rumus jumlah kadar semen yang dipakai per m³ beton yang dapat dihitung dengan persamaan 3.16 sebagai berikut.

$$\text{Jumlah semen minimum per m}^3 \text{ beton} = \frac{\text{Kadar air bebas}}{fas} \quad (3.16)$$

11. Persentase agregat kasar dan halus ditentukan menggunakan grafik pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 sebagai berikut.



Gambar 3.3 Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Maksimum 20 mm
(Sumber: SNI-03-2834-2000)

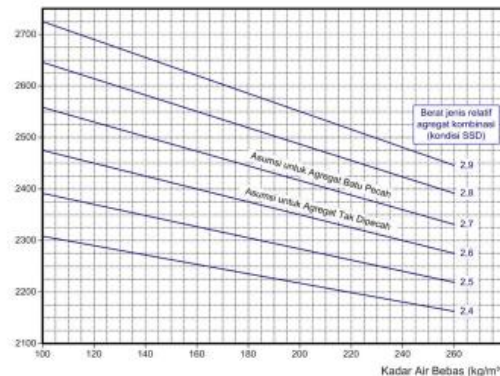


Gambar 3.4 Grafik Persentase Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan untuk Ukuran Maksimum 40 mm
(Sumber: SNI-03-2834-2000)

Persentase agregat halus dan agregat kasar ditentukan menggunakan grafik diatas dengan cara sebagai berikut.

- Grafik yang akan dipakai pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 ditentukan berdasarkan ukuran agregat maksimum dan rencana nilai slump
- Ditarik garis vertikal sampai ke kurva paling atas antara 2 kurva yang menunjukkan daerah gradasi pasir

- c. Garis horizontal ditarik ke kanan bagian kurva batas atas dan bawah yang berada di area gradasi dan nilainya dicatat
 - d. Kedua nilai tersebut dirata-rata dan diambil
12. Berdasarkan data hasil pengujian laboratorium, dihitung berat jenis relative agregat yang diambil
 13. Digunakan grafik perkiraan berat isi beton basah yang telah selesai dipadatkan untuk menentukan nilai isi berat beton dimana grafik tersebut terdapat pada Gambar 3.5 sebagai berikut.



Gambar 3.5 Grafik Perkiraan Berat Isi Beton yang Telah Selesai Dipadatkan

(Sumber: SNI-03-2834-2000)

Nilai berat isi beton dicari dengan grafik diatas. Prosedur mencari nilai tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Tarik sejajar garis yang sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan dengan garis linier yang terdapat pada grafik
 - b. Tarik ke atas garis vertical sampai memotong garis yang telah dibuat sesuai nilai kadar air bebas kemudian tarik ke kiri garis horizontal pada perpotongan kedua garis di atas dan nilainya dicatat
14. Dihitung kadar agregat gabungan dengan persamaan 3.17 sebagai berikut.
Kadar agregat gabungan = berat isi beton – kadar semen – kadar air bebas
(3.17)
 15. Dihitung kadar agregat halus dengan persamaan 3.18 sebagai berikut.

$$\text{Kadar agregat halus} = \frac{\% \text{ agregat halus}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (3.18)$$

16. Dihitung agregat kasar dihitung dengan persamaan 3.19 sebagai berikut

$$\text{Kadar agregat kasar} = \frac{\% \text{agregat kasar}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (3.19)$$

17. Dihitung proporsi campuran yang kondisi agregatnya SSD dan susunan campuran teoritis didapat untuk setiap 1 m³ beton

18. Setiap variasi campuran, dihitung berat masing-masing bahan

3.6 Perawatan Benda Uji

Menurut SNI 2493-2011, perawatan benda uji harus memenuhi ketentuan sebagai berikut ini.

1.6 Penutupan setelah penyelesaian, yaitu benda uji ditutup dengan bahan yang tidak mudah menyerap air, tidak reaktif dan dapat menjaga kelembaban sampai saat benda uji dilepas dari cetakan.

2.6 Perawatan untuk pemeriksaan proporsi campuran untuk kekuatan atau sebagai dasar untuk penerimaan atau pengendalian mutu sebagai berikut :

a. perawatan awal sesudah pencetakan sebagai berikut :

- 1) Benda uji harus disimpan dalam suhu antara 16°C sampai 27°C dan dalam lingkungan yang lembab selama 48 jam, harus terlindungi dari sinar matahari langsung atau alat yang memancarkan panas,
- 2) Benda uji dilepas dari cetakan dan diberi perawatan standar,
- 3) Jika benda uji tidak akan diangkat selama 48 jam, cetakan harus dilepas dalam waktu 24 jam ± 8 jam dan diberi perawatan standar sampai tiba waktu pengangkutan.

b. Perawatan standar sebagai berikut :

1) Benda uji silinder sebagai berikut :

- a) Dalam waktu 30 menit sesudah dilepas dari cetakan, harus disimpan dalam keadaan lembab pada suhu 23°C ± 1,7°C,
- b) Tidak lebih dari 3 jam sebelum pengujian pada suhu antara 20°C sampai 30°C,
- c) Benda uji tidak boleh terkena tetesan atau aliran air.

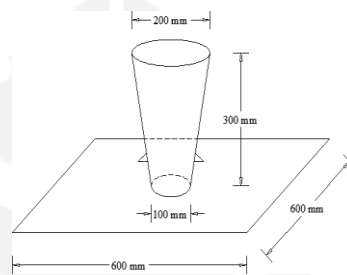
Penyimpanan benda uji dalam keadaan basah, yaitu dengan perendaman dalam air kapur jenuh atau dengan ditutupi kain

basah.

3.7 Pengujian SCC

3.7.1 *Slump-flow*

Menurut Ouchi (2003), pengujian *slump-flow* bertujuan untuk mengetahui kemampuan SCC mengalir dan mengisi keseluruhan bagian cetakan. Peralatan yang digunakan pada pengujian *slump-flow* sama dengan peralatan yang digunakan pada pengujian *slump* yaitu kerucut *abrams* pada Gambar 3.6. Adapun posisi alat yang digunakan pada pengujian *slump-flow* pada Gambar 3.6



Gambar 3.6 Posisi alat pada pengujian *slump-flow*

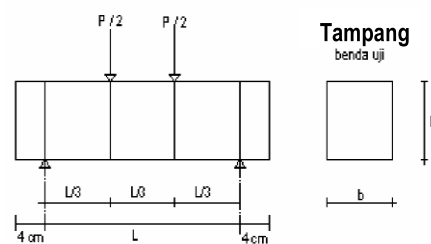
(Sumber: Ouchi, 2003)

slump-flow merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui penyebaran SCC, cara kerja alat *slump-flow* dapat dilihat sebagai berikut:

2. *Slump-flow* diletakan dengan posisi diameter yang kecil diletakan pada bagian dasar papan datar
3. Campuran beton dimasukan dalam *slump-flow* sampai penuh, campuran beton tidak boleh ditumbuk
4. *Slump-flow* diangkat secara perlahan
5. Diameter maksimum penyebaran yang dicapai aliran dicatat (SF_{max}) yaitu 600-800 cm (EFNARC, 2000)
6. Waktu yang diperlukan aliran beton untuk mencapai diameter diperlukan waktu T_{50} dicatat(SF_{50}), 2-5 detik (EFNARC, 2000).

3.7.2 Kuat Lentur

Kuat lentur beton merupakan sebuah kemampuan beton balok yang diletakan pada dua perletakkan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan sampai benda uji patah. Nilai kuat lentur didapat dari nilai tegangan tarik dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang. Pada pengujian kuat lentur terdapat dua metode titik pembebanan yaitu, metode pembebanan dengan satu titik dan sistem dua titik. Pada penelitian ini digunakan metode pembebanan dua titik dengan acuan SNI 03-4431-2011. Menurut SNI 03-4431-2011 ukuran minimal balok adalah 50 cm tetapi pada penelitian digunakan ukuran balok berdasarkan acuan SNI 03-4154-1996 dikarenakan mengikuti penelitian terdahulu Daffa Ari Prasetya (2018). Selain itu ada syarat rasio yang dipenuhi lainnya yaitu sisi penampang $\frac{1}{4}$ dari bentang sudah memenuhi. Sketsa pengujian kuat lentur beton dapat dilihat pada Gambar 3.7 sebagai berikut.



Gambar 3.7 Pemodelan Uji Kuat Lentur Beton

Dari ilustrasi pemodelan uji kuat lentur, diuraikan keterangan-keterangan sebagai berikut.

a = Jarak bebas minimum (75 mm)

b = batang besi

c = bola baja

d = batang penahan

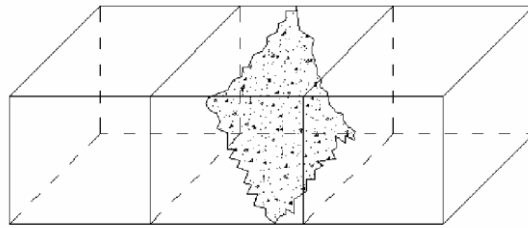
L = panjang bentang benda uji

Perhitungan kuat lentur beton dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

- a. Bila akibat pengujian patahnya benda uji berada didaerah pusat pada $\frac{1}{3}$ jarak titik perletakkan pada bagian tarik beton. Maka dihitung menurut persamaan

3.20 berikut

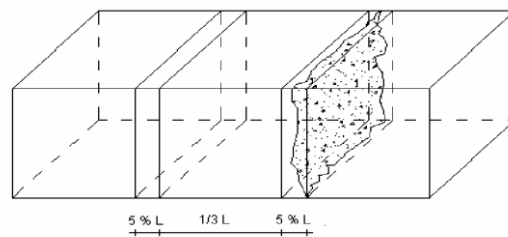
$$F_{lt} = \frac{P \times L}{b \times h^2} \quad (3.20)$$



Gambar 3.8 Patah Berada di daerah Pusat Pada 1/3 Jarak Titik

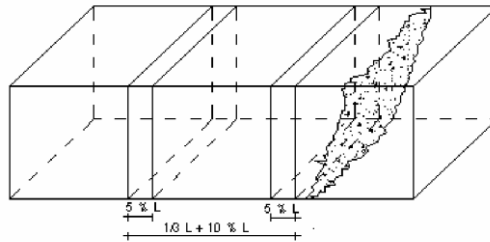
- b. Bila akibat pengujian benda uji patah diluar pusat (diluar 1/3 jarak titik perletakan) dibagian tarik beton, dan jarak antara titik patah dan titik pusat (beban) kurang dari 5% jarak titik perletakan, maka kuat lentur beton dihitung dengan persamaan 3.21 berikut

$$F_{lt} = \frac{3 \times P \times c}{b \times h^2} \quad (3.21)$$



Gambar 3.9 Patah Berada Di Luar Pusat Pada 1/3 Jarak Titik

- c. Untuk benda uji yang patahnya di luar 1/3 lebar pusat pada bagian tarik beton dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah dari 5% bentang, hasil pengujian tidak dipergunakan



Gambar 3.9 Patah di luar 1/3 bentang tengah dan garis patah pada >5% dari bentang

dengan:

f_t = kuat lentur beton

P = beban maksimal

L = jarak (bentang) antara dua perletakan

b = lebar tampang lintang patah

h = tinggi tampang lintang patah

c = jarak rata-rata antara tampng lintang patah dan tumpuan terdekat, diukur pada empat tempat pada sisi titik dari bentang.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Metode penelitian yaitu rangkaian dalam melaksanakan penelitian yang bermaksud untuk menemukan jawaban dari suatu masalah yang ada dengan mengambil, identifikasi dan analisis variabel yang diteliti. Penelitian dapat berjalan dengan tersistem dan baik serta tujuan peneliti tercapai tidak lepas dari metode penelitian yang diambil sehingga sesuai dengan prosedur, bahan yang digunakan, peralatan yang digunakan dan jenis penelitiannya. Secara umum tahapan penelitian sebagai berikut ini

1. Tahap persiapan, meliputi pengadaan bahan dan material serta pemeriksaan alat pengujian sehingga sesuai dengan standar yang berlaku
2. Tahap pembuatan benda uji dan pengecekan nilai *slump-flow* dan pembuatan balok beton
3. Tahap pengujian setelah benda uji selesai dicetak dan telah dilakukan perawatan pada pengujian karakteristik SCC yaitu kuat lentur
4. Tahap pengumpulan data, meliputi data hasil pengujian di laboratorium
5. Tahap pengolahan data, meliputi menganalisis data hasil pengujian sesuai dengan standar dan teori yang digunakan

4.2 Bahan-Bahan Yang Digunakan

Sebelum melakukan penelitian, bahan yang digunakan harus disiapkan dahulu. Bahan yang digunakan untuk benda uji adalah sebagai berikut.

1. Bahan-bahan beton
 - a. Semen Portland

Semen Portland berfungsi sebagai bahan pengisi serta pengikat di dalam beton mix. Semen yang digunakan untuk benda uji pada penelitian adalah semen tiga roda

- b. Agregat halus dan pasir
 - 1) Agregat halus atau pasir didapatkan dari Progo, Kab. Kulon Progo, Provinsi DIY
 - 2) Agregat kasar atau kerikil didapatkan dari Clereng, Kab. Kulon Progo, Provinsi DIY
- c. Air

Air diambil dari PAM Laboraturium Bahan Konstruksi Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia

2 Bahan Tambah

- a. *Superplasticizer*

Superplasticizer yang digunakan yaitu *viscocrate 3115N* yaitu yang berasal dari PT. Sika Indonesia yang digunakan
- b. Limbah Ampas Tebu

Limbah ampas tebu yang digunakan yaitu berupa butiran halus yang berasal dari PT. Gunung Madu Plantation

4.3 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan untuk membuat benda uji adalah sebagai berikut

- a. Mesin Pengaduk

Mixer/pengaduk beton, digunakan untuk pencampuran material pembuatan beton
- b. Cetakan

Cetakan berbentuk balok dengan ukuran 40 cm, lebar 10 cm dan tinggi 10 cm untuk membuat benda ujinya
- c. Timbangan

Timbangan yang digunakan adalah timbangan merek OHAUS dengan kapasitas 20 kg
- d. Kaliper

Kaliper yang digunakan untuk mengukur dimensi benda uji balok beton sebelum dilakukan pengujian kuat lentur
- e. Mesin Pembebanan

Digunakan untuk pengujian kuat lentur, adapun perlengkapannya antara lain manometer dengan dua jarum pembacaan beban, dua buah titik perletakan bentuk silender, dua buah titik pembebanan bentuk silinder, ketelitian peralatan pada skala pembacaan minimum adalah 12,5 g

f. Alat-alat bantu

Alat-alat yang digunakan yaitu sekop, cetok, cangkul, saringan/ayakan, tang, palu, kuas, dan lain-lain.

4.4 Pengujian Agregat

4.4.1 Agregat Halus

Pengujian agregat halus terdiri dari beberapa pengujian yaitu pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat, pengujian analisa saringan, dan pengujian lolos saringan no. 200 (pengujian kandungan lumpur dalam agregat). Untuk lebih jelasnya proses pengujian adalah sebagai berikut ini.

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat.

Proses atau langkah pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus sebagai berikut:

- a. Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, sampai berat benda uji tetap. Yang dimaksud dengan berat tetap adalah keadaan 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%, mendinginkan pada suhu ruang, kemudian merendam dalam air selama 24 ± 4 jam,
- b. Membuang air perendam dengan hati-hati, supaya tidak ada butiran yang hilang, kemudian menebarkan agregat di atas talam, mengeringkan diudara panas dengan cara membalik-balikan benda uji. Melakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh
- c. Pemeriksaan dalam keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, memadatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali dan meratakan permukaannya. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila kerucut terpancung diangkat, benda

- uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak,
- d. Point a, b, c merupakan pengecekan benda uji pada keadaan jenuh kering permukaan (SSD). Apabila telah terpai SSD, maka masukkan benda uji sebanyak 500 gr ke dalam piknometer, lalu memasukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, memutar piknometer sambil diguncangkan sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya. Untuk mempercepat proses ini dapat menggunakan pompa hampa udara, tetapi harus diperhatikan dan jangan sampai ada air yang ikut terisap, dan dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer,
 - e. Merendam piknometer dalam air dan mengukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu air standart 25°C,
 - f. Menambahkan air sampai mencapai tanda batas,
 - g. Menimbang piknometer yang berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0.1 gr (Bt),
 - h. Mengeluarkan benda uji, dan mengeringkannya dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap, kemudian mendinginkan benda uji dalam desikator,
 - i. Setelah benda uji dingin, kemudian menimbangya kembali (Bk),
 - j. Menimbang berat piknometer yang penguh dengan air (B), dan mengukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan terhadap suhu air standar yaitu 25°C,
 - k. setelah semua data pengujian didapatkan, maka hasil data pengujian sudah bisa dianalisis.
2. Pengujian berat isi padat.
- Proses atau langkah pengujian berat isi padat pada agregat halus sebagai berikut:
- a. Menggunakan benda uji dalam keadaan jenuh atau kering permukaan (SSD),
 - b. Menimbang cetakan silinder yang akan dijadikan dalam penelitian ini. Menggunakan cetakan silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm,

- c. Meletakkan cetakan silinder ketempat yang datar,
 - d. Memasukkan benda uji kedalam cetakan silinder. Dalam memasukkan benda uji ke dalam cetakan silinder ada beberapa tahap yaitu Memasukkan benda uji sebanyak $1/3$ dari volume isi cetakan silinder dan menumbuk benda uji yang telah dimasukkan ke dalam cetakan silinder sebanyak 25 kali, lakukan tahap tersebut sampai cetakan silinder penuh dengan benda uji lalu menimbang cetakan silinder dan benda uji untuk menentukan beratnya,
 - e. Setelah melakukan proses pada tahap e, maka berat isi padat pada agregat sudah bisa dianalisis dengan menggunakan persamaan 3.5.
3. Pengujian analisa saringan.
- Proses atau langkah pengujian analisa saringan pada agregat halus sebagai berikut:
- a. Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap. Untuk mendapatkan hasil dengan ketelitian yang tinggi, sebaiknya melakukan pengujian minimal 2 kali,
 - b. Mengeluarkan benda uji dari oven, kemudian mendinginkan benda uji pada suhu ruang selama 1-3 jam,
 - c. Point a dan b merupakan suatu proses dalam membuat benda uji agar menjadi kering mutlak. Setelah benda uji kering oven, selanjutnya menimbang benda uji sebanyak 2000 gram,
 - d. Menyusun saringan dari lubang yang paling besar (atas) ke lubang yang kecil (bawah) sesuai urutan lubang ayakan yang dianjurkan pada rencana penelitian. memasukkan benda uji ke dalam ayakan, selanjutnya meletakkan ayakan pada mesin penguncang. Apabila mesin penguncang tidak ada, maka pengayakan dilakukan dengan cara manual,
 - e. Menggetarkan mesin ayakan sekitar 10-15 menit,
 - f. Mengeluarkan benda uji dari masing-masing saringan dan diletakkan masing-masing pada cawan (jangan sampai ada yang tercecer),
 - g. Menimbang dan mencatat berat benda uji yang tertahan di masing-masing saringan. Dalam pembersihan saringan, menggunakan sikat kawat untuk

- saringan yang lubang besar dan kuas untuk lubang yang kecil/halus,
- h. Setelah semua data pengujian didapatkan, maka hasil data pengujian sudah bisa dianalisis.
4. Pengujian lolos saringan no. 200 (pengujian kandungan lumpur dalam agregat).
Proses atau langkah pengujian lolos saringan no. 200 (pengujian kandungan lumpur dalam agregat) sebagai berikut:
 - a. Menggunakan benda uji dalam keadaan kering oven,
 - b. Meletakkan benda uji diatas saringan dan mengalirkan air diatasnya,
 - c. Menggerakkan benda uji dalam saringan dengan aliran air yang cukup deras, aliri air secukupnya sehingga bagian yang halus menembus saringan no. 200 dan bagian yang kasar tertinggal diatasnya,
 - d. Mengulangi pekerjaan pada point c hingga air pencucian menjadi jernih,
 - e. Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Setelah kering, melakukan penimbangan benda uji dengan ketelitian 0,1 gram,
 - f. Setelah semua data pengujian didapatkan, maka hasil data pengujian sudah bisa dianalisis

4.4.2 Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar terdiri dari beberapa pengujian yaitu pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat, pengujian analisa saringan, dan pengujian berat isi padat. Untuk lebih jelasnya proses pengujian adalah sebagai berikut ini.

5. Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar.
Proses atau langkah pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat kasar sebagai berikut:
 - a. Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, sampai berat benda uji tetap. Yang dimaksud dengan berat tetap adalah keadaan 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%, mendinginkan pada suhu ruang, kemudian merendam dalam air selama 24 ± 4 jam,
 - b. Membuang air perendam dengan hati-hati, supaya tidak ada butiran yang

hilang, kemudian menebarkan agregat di atas talam, mengeringkan di udara panas dengan cara membalik-balikan benda uji. Melakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh,

- c. Pemeriksaan dalam keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, memadatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali dan meratakan permukaannya. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila kerucut terpancung diangkat, benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak,
- d. Point a, b, c merupakan pengecekan benda uji pada keadaan jenuh kering permukaan (SSD). Apabila telah terpai SSD, maka masukkan benda uji sebanyak 500 gr ke dalam piknometer, lalu memasukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, memutar piknometer sambil diguncangkan sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya. Untuk mempercepat proses ini dapat menggunakan pompa hampa udara, tetapi harus diperhatikan dan jangan sampai ada air yang ikut terisap, dan dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer,
- e. Merendam piknometer dalam air dan mengukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu air standart 25°C ,
- f. Menambahkan air sampai mencapai tanda batas,
- g. Menimbang piknometer yang berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0.1 gr (Bt),
- h. Mengeluarkan benda uji, dan mengeringkannya dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, kemudian mendinginkan benda uji dalam desikator,
- i. Setelah benda uji dingin, kemudian menimbangnya kembali (Bk),
- j. Menimbang berat piknometer yang penguh dengan air (B), dan mengukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan terhadap suhu air standar yaitu 25°C ,
- k. Setelah semua data pengujian didapatkan, maka hasil data pengujian sudah bisa dianalisis.

6. Pengujian berat isi padat.

Pengujian berat isi padat pada agregat kasar proses dan langkah pengujiannya sama dengan pengujian isi padat pada agregat halus dan dalam analisis hasil pengujian menggunakan persamaan 3.5.

7. Pengujian analisa saringan.

Proses atau langkah pengujian analisa saringan pada agregat kasar sebagai berikut:

- a. Mengeringkan benda uji dalam oven pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai berat tetap. Untuk mendapatkan hasil dengan ketelitian yang tinggi, sebaiknya melakukan pengujian minimal 2 kali,
- b. Mengeluarkan benda uji dari oven, kemudian didinginkan pada suhu ruang selama 1-3 jam,
- c. Point a dan b merupakan suatu proses dalam membuat benda uji agar menjadi kering mutlak. Setelah benda uji kering oven, selanjutnya menimbang benda uji sebanyak 5000 gram,
- d. Menyusun saringan dari lubang yang paling besar ke lubang yang kecil sesuai urutan lubang ayakan yang dianjurkan pada rencana penelitian. memasukkan benda uji ke dalam ayakan, selanjutnya meletakkan ayakan pada mesin penguncang. Apabila mesin penguncang tidak ada, maka pengayakan dilakukan dengan cara manual,
- e. Menggetarkan mesin ayakan sekitar 10-15 menit,
- f. Mengeluarkan benda uji dari masing-masing saringan dan diletakkan masing-masing pada cawan (jangan sampai ada yang tercecer),
- g. menimbang dan mencatat berat benda uji yang tertahan di masing-masing saringan. Dalam pembersihan saringan, menggunakan sikat kawat untuk saringan yang lubang besar dan kuas untuk lubang yang kecil/halus,
- h. setelah semua data pengujian didapatkan, maka hasil data pengujian sudah bisa dianalisis,

4.5 Proporsi Campuran Beton SCC

Proposi campuran beton SCC harus dihitung terlebih dahulu sebelum melakukan pelaksanaan penelitian, Acuan yang dipakai untuk proporsi campuran beton SCC menggunakan penelitian dari Nugraha (2017). Alasan menjadikan penelitiannya sebagai acuan karena memiliki nilai kuat tekan beton yang lebih maksimal ketimbang penelitian beton SCC lainnya. Selain itu, bahan-bahan yang digunakan penelitian dari Nugraha (2017) lebih mudah didapat. Hasil perhitungan proporsi campuran beton SCC dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Proporsi Campuran Beton SCC dalam 1 m³

Bahan	Jumlah	Satuan
Semen	559	Kg
Air	190	Liter
Agregat halus/pasir	862,92	Kg
Agregat kasar/kerikil	829,08	Kg
Superplasticizer	5,03	Kg

4.6 Rencana Benda Uji

Berdasarkan SNI 03-4154-1991 untuk pemodelan balok uji lentur dengan panjang balok empat kali lebar balok. Sehingga pengujian ini menggunakan balok sederhana yang memiliki ukuran 40x10x10 cm berjumlah 30 benda uji dengan 5 variasi kadar abu ampas tebu dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini

Tabel 4.2 Permodelan Benda Uji

Limbah Abu Ampas Tabu (%)	Jumlah Benda (buah)	Lama Perendaman	Penamaan
0,0	3	14	3-14-A
		28	3-28-A
5	3	14	3-14-B
		28	3-28-B

Lanjutan Tabel 4.2 Permodelan Benda Uji

Limbah Abu Ampas Tabu (%)	Jumlah Benda (buah	Lama Perendaman	Penamaan
7,5	3	14	3-14-C
		28	3-28-C
10	3	14	3-14-D
		28	3-28-D
12,5	3	14	3-14-D
		28	3-28-D

4.7 Pelaksanaan Pengujian

Penelitian dilaksanakan dengan melalui tahapan-tahapan yang meliputi persiapan alat dan bahan, pembuatan benda uji dan pelaksanaan pengujian yang telah dijelaskan di dalam subbab ini

4.7.1 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Tahap-tahap penelitian yang dilakukan dalam pembuatan dan perawatan benda uji adalah sebagai berikut.

1. Siapkan alat-alat yang dibutuhkan untuk proses cor
2. Siapkan bahan dengan ukuran yang telah ditentukan
3. Buat cetakan berbentuk balok dengan dimensi sesuai dengan benda uji
4. Masukkan kerikil dan pasir kedalam *mixer* dan aduk sampai rata
5. Masukkan semen serta tambahkan air kedalam *mixer* dan aduk sampai rata
6. Masukkan bahan tambah (*superplasticizer*). Durasi minimal pengadukan setelah penambahan bahan tambah yaitu 3 menit
7. Masukkan juga bahan tambah limbah ampas tebu sebesar takaran yang telah ditentukan (0%, 5%, 7,5%, 10% dan 12,5%) dan aduk sampai rata
8. Lakukan uji *slumpflow test* untuk mengukur diameter sebaran beton *Self Compacting Concrete (SCC)*
9. Cetak benda uji setelah semua tes beton segar memenuhi syarat
10. Diamkan cetakan beton *Self Compacting Concrete (SCC)* selama 24 jam.

Setelah 24 jam, buka cetakan tersebut

11. Lakukan perawatan benda uji dengan cara direndam selama 28 hari

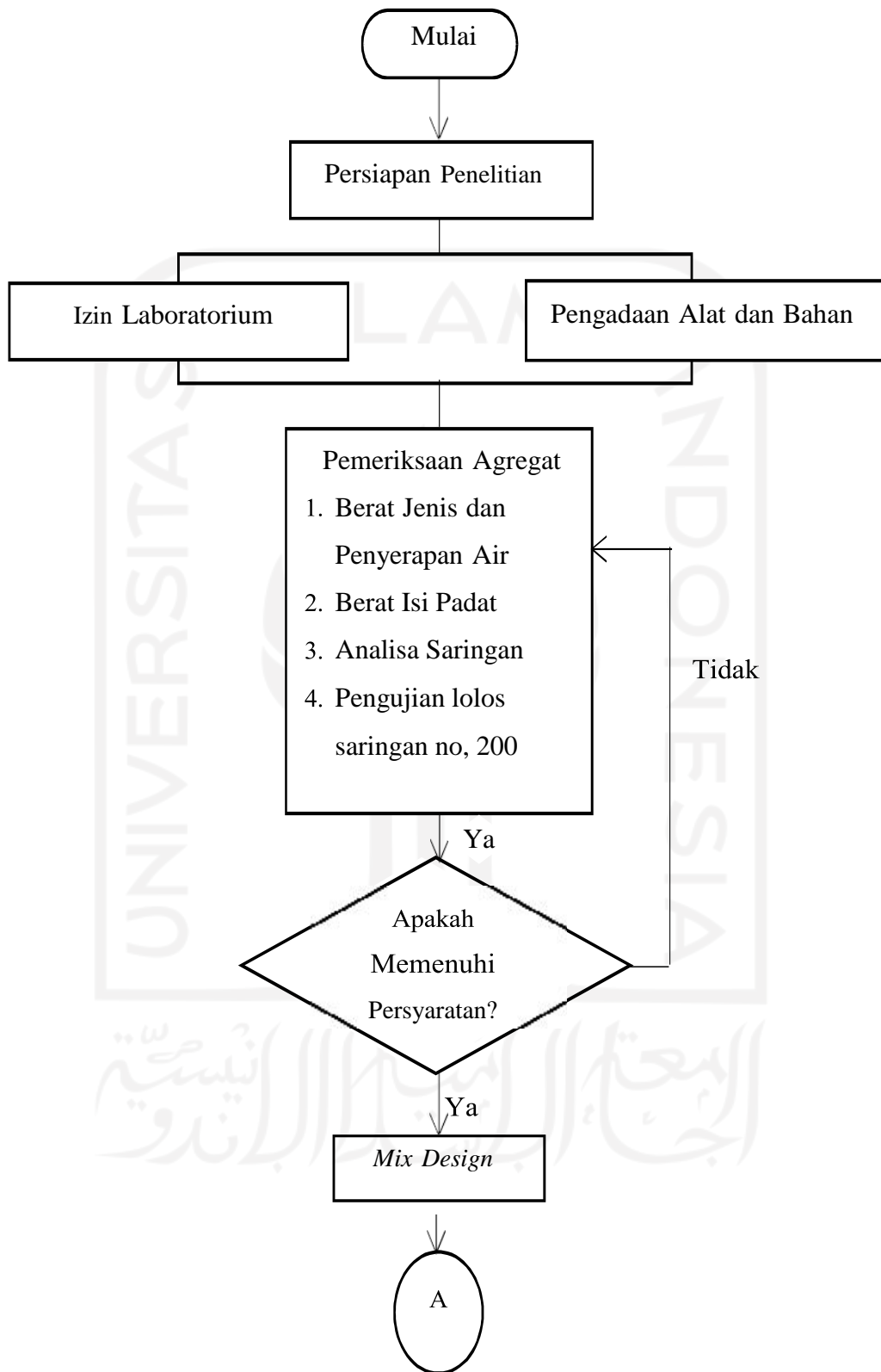
4.7.2 Pelaksanaan Pengujian

Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kuat lentur beton. Tujuan pengujian ini yaitu mengetahui gaya lentur akibat diberi beban. Pengujian dilakukan setelah melalui perawatan (direndam) selama 28 hari dan setelah itu benda uji dikeringkan terlebih dahulu sebelum memulai pengujian. Nilai uji kuat lentur ditentukan berdasarkan beban maksimal yang dicapai dalam menahan beban. Prosedur uji kuat lentur benda uji balok beton adalah sebagai berikut:

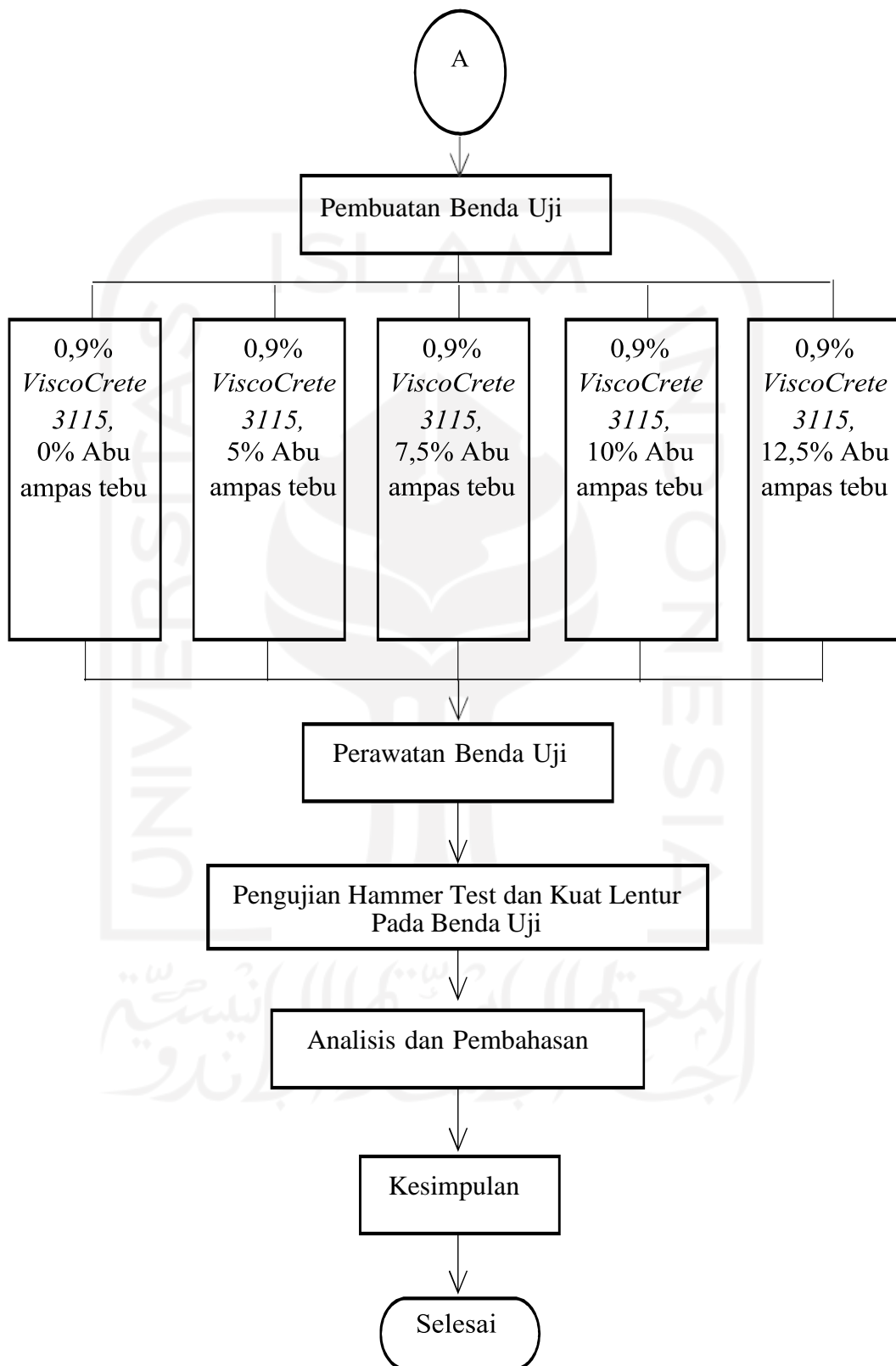
1. Ukur dan catat dimensi benda uji
2. Buatlah garis melintang untuk tanda dan petunjuk titik perletakan dan pola retak yang terjadi setelah pembebanan. Ukur garis dengan bentuk kotak-kotak 5 cm x cm
3. Tempatkan tanda perletakan pada tumpuan
4. Tempatkan benda uji yang telah diukur dimensinya diatas dudukan benda uji
5. Letakkan pembebanan dan alat-alat bantu nya di titik pembebanan benda uji
6. Pasang *load cell* sampai menyentuh permukaan alat bantu dengan rata
7. Pasang *dial* untuk membaca penurunan
8. Lakukan pembebanan sampai mencapai beban maksimum dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji
9. Gambar bentuk pola retak balok saat benda diuji
10. Olah data untuk mendapatkan hasil dari penelitian serta dapat menarik kesimpulan dari penelitian yang telah dilaksanakan

4.8 Kerangka Penelitian

Dari penjelasan diatas, dapat digambarkan *flowchart* penelitian yang dapat dilihat pada gambar 4.2 sebagai berikut



Gambar 4.1 *Flow Chart* Prosedur Pengujian Benda Uji di Laboratorium



BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Pada bab ini ditampilkan hasil-hasil dari pengujian yang telah dilakukan. Hasil pengujian yang telah dianalisis ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memberikan kemudahan dalam mencapai tujuan dari penelitian ini. Hasil penelitian ini dimulai dari menampilkan hasil dari pengujian karakteristik material dan hasil pengujian kinerja struktural.

5.2 Pengujian Agregat

5.2.1 Agregat Halus

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang didapatkan dari Progo, Kab. Kulon Progo, Prov DIY. Pengujian agregat halus yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat,

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus

Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat halus dapat dilihat pada persamaan 5.1 sampai 5.4 dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.1.

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis curah} &= \frac{486}{733 + 500 - 1040} = 2,518 \\ \text{Berat jenis (SSD)} &= \frac{500}{733 + 500 - 1040} = 2,591 \\ \text{Berat Jenis semu} &= \frac{486}{733 + 486 - 1040} = 2,715 \\ \text{Penyerapan air} &= \frac{500-486}{486} \times 100 = 2,88 \% \end{aligned}$$

Perhitungan tersebut merupakan hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat. Menurut ASTM C.128-79, syarat berat jenis kondisi jenuh kering muka (SSD) antara 2,5-2,7, maka hasil analisis perhitungan agregat halus dari perhitungan didapatkan hasil 2,661 berarti berada dalam rentang yang memenuhi syarat dan dapat digunakan untuk

material SCC. Hasil Selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air pada Agregat Halus

No	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1.	Berat pasir kering mutlak, gram (BK)	486	484	485
2.	Berat pasir kondisi jenuh kering muka. gram (SSD)	500	500	500
3.	Berat piknometer berisi pasair dan air, gram (Bt)	1040	1043	1041
4.	Berat piknometer berisi air, gram (B)	733	733	733
5.	Berat jenis curah	2,518	2,547	2,532
6.	Berat jenis kering muka (SSD)	2,591	2,631	2,611
7.	Berat jenis semu	2,715	3,781	2,748
8.	Penyerapan air, %	2,88	3,31	3,00

2. Berat isi padat

Perhitungan hasil analisis berat isi padat pada agregat halus dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

$$\text{Berat isi padat} = \frac{9400}{5350,106} = 1,757 \text{ gr/cm}^3 = 1757 \text{ kg/m}^3$$

Hasil pengujian dengan menggunakan persamaan 5.5 tersebut merupakan hasil dari pengujian berat isi padat pada agregat halus. Untuk hasil data pengujian berat isi padat agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus

No	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1.	Berat volume, gram (W1)	10200	11600	10900
2.	Berat tabung + agregat pasir konsidi jenuh, gram (W2)	19600	20500	20050

Lanjutan Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus

No	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
3.	Berat agregat pasir, gram (W3)	9400	8900	9150
4.	Diameter silinder, cm (d)	15,013	15,013	15,013
5.	Tinggi silindeer, cm (t)	30,223	30,223	20,223
6.	Volume tabung, cm^3 (V)	5350,106	5422,129	5386,118
7.	Berat isi padat, gr/cm^3	1,757	1,641	1,699

3. Analisa Saringan Agregat Halus

Hasil analisa saringan pada agregat halus dari sungai Progo dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Analisa Pengujian Agregat Halus

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gr)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif (%)
40,00				
20,00				
10,00	0	0	0	100
4,80	2,7	0,14	0,14	99,86
2,40	118,4	5,96	6,09	93,91
1,20	220	11,07	17,16	82,84
0,60	627,2	31,56	48,73	51,27
0,30	665,7	33,50	82,23	17,77
0,15	260,8	13,12	95,35	4,65
Sisa	92,4	4,65		100
Jumlah	1987,2	100	249,7	

Dari Tabel 5.3 didapatkan perhitungan modulus kehalusan sebagai berikut

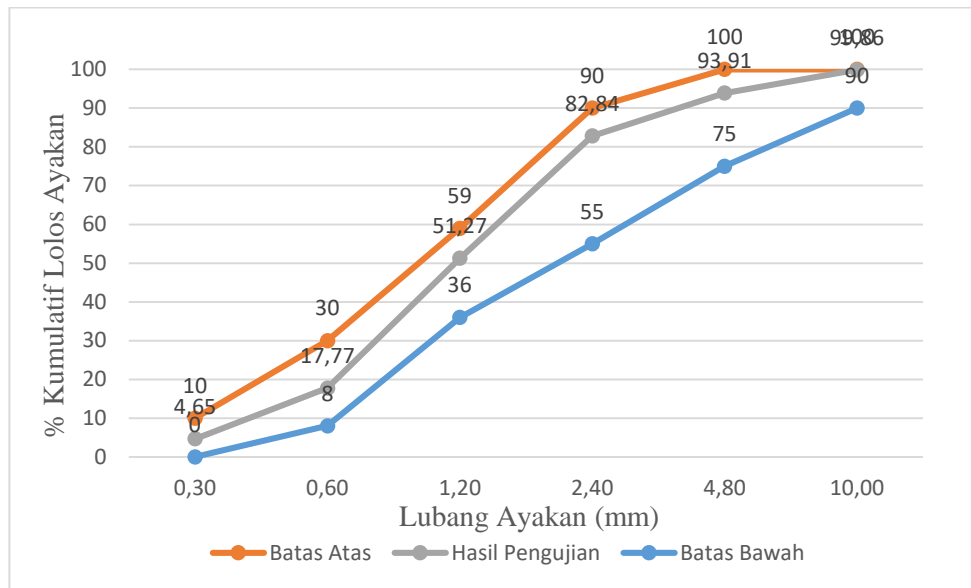
$$\text{Modulus Kehalusan} = \frac{249,7}{100} = 2,49$$

Berdasarkan (ASTM C.33-97), modulus kehalusan agregat memiliki persyaratan nilai yang masuk dalam rentang nilai $2,3 < MK < 3,1$, dari hasil perhitungan diatas didapatkan nilai modulus kehalusan sebesar 2,49. Hasil modulus kehalusan ini termasuk dalam rentang persyaratan, maka agregat halus (pasir sungai Progo) memenuhi persyaratan sebagai material SCC. Untuk hubungan persen lolos kumulatif agregat halus (pasir sungai Progo), dengan diameter lubang ayakan dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut ini

Tabel 5.4 Daerah Gradasi Agregat Halus

No Saringan	Lubang Saringan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat saringan			
		Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
4	4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
8	2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
16	1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
30	0,6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
50	0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
100	0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Berdasarkan Tabel 5.4 agregat halus yang digunakan memenuhi persyaratan gradasi daerah II dengan jenis pasir agak kasar. Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan persen bahan butiran yang lewat saringan gradasi daerah II dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Grafik Hubungan Persen Lolos Kumulatif dengan Diameter Lubang Ayakan Agregat Halus

4. Pengujian lolos saringan no. 200

Hasil perhitungan terhadap berat agregat yang lolos saringan no. 200 dalam pengujian kandungan lumpur dapat dilihat pada persamaan berikut

$$\text{Kandungan lumpur} = \frac{500-497}{500} \times 100\% = 4,97 \%$$

Dari perhitungan kandungan lumpur tersebut. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.5

Tabel 5.5 Hasil Analisa Pengujian Kandungan Lumpur Pada Agregat Halus

No	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1.	Berat agregat kering oven, gr (W1)	500	500	500
2.	Berat agregat kering oven setelah di cuci. gr (W2)	496	497	496,5
3.	Berat yang lolos ayakan no. 200, (%)	0,80	0,60	0,70

5.2.2 Agregat Kasar (Kerikil)

Kerikil yang digunakan dalam penelitian ini adalah kerikil yang didapatkan dari Clereng, Kab. Kulon Progo, Prov DIY. Pengujian agregat kasar yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat

Pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat dapat dilihat pada persamaan 5.8 sampai 5.11 dan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.5.

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis curah} &= \frac{4918}{5000 - 3131} = 2,631 \\ \text{Berat jenis (SSD)} &= \frac{5000}{5000 - 3131} = 2,675 \\ \text{Berat Jenis semu} &= \frac{4918}{4918 - 3131} = 2,752 \\ \text{Penyerapan air} &= \frac{5000 - 4918}{4918} \times 100 = 1,67\% \end{aligned}$$

Perhitungan tersebut merupakan hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat. Untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.6

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air pada Agregat Kasar

No	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1.	Berat kerikil kering mutlak, gr (BK)	4918	4920	4919
2.	Berat kerikil kondisi jenuh kering muka, gr (Bj)	5000	5000	5000
3.	Berat dalam air, gr (Ba)	3131	3128	3129
4.	Berat jenis curah	2,631	2,628	2,630
5.	Berat jenis jenuh kering muda (SSD)	2,675	2,671	2,673
6.	Berat jenis semu	2,752	2,746	2,749
7.	Penyerapan air. %	1,67	1,63	1,65

Menurut ASTM C.128-79, syarat berat jenis kondisi jenuh muka (SSD) antara 2,5-2,7, maka hasil pengujian agregat kasar pada tabel 5.5 yaitu 2,673

memenuhi rentang persyaratan tersebut dan bisa digunakan sebagai material SSC.

2. Berat isi padat

Perhitungan hasil analisis berat isi padat pada agregat halus dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

$$\text{Berat isi padat} = \frac{7800}{5371,543} = 1,452 \text{ gr/cm}^3 = 1452 \text{ kg/m}^3$$

Hasil pengujian dengan menggunakan persamaan 5.12 tersebut merupakan hasil dari pengujian berat isi padat pada agregat halus. Untuk hasil data pengujian berat isi padat agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.7

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar

No	Uraian	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1.	Berat volume, gr (W1)	10600	10800	10700
2.	Berat tabung + agregat kasar konsidi jenuh, gr (W2)	18400	18300	18350
3.	Berat agregat kasar, gr (W3)	7800	7500	7650
4.	Diameter silinder, cm (d)	15,073	15,073	15,073
5.	Tinggi silinder, cm (t)	30,103	30,103	30,103
6.	Volume tabung, cm^3 (V)	5371,543	5426,097	5398,820
7.	Berat isi padat, gr/cm^3	1,452	1,382	1,417

3. Analisa Saringan Agregat Kasar

Analisa saringan merupakan hasil pengujian dalam pemisahan gradasi pada agregat kasar berdasarkan lubang ayakan. Untuk hasil analisa dapat dilihat pada tabel 5.7 berikut ini

Tabel 5.8 Hasil Analisa Pengujian Agregat Kasar

Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gr)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif (%)
40,00	0	0	0	100
20,00	20	0,4	0,4	99,6
10,00	4087	81,74	82,14	17,86
4,80	837	16,74	98,88	1,12
2,40	38	0,76	99,64	0,36
1,20	1	0,02	99,66	0,34
0,60	0	0	99,66	0,34
0,30	0	0	99,66	0,34
0,15	0	0	99,66	0,34
Pan	17	0,34		100
Jumlah	5000	100	679,7	

Dari Tabel 5.8 didapatkan perhitungan modulus halus butir (MHB) sebagai berikut

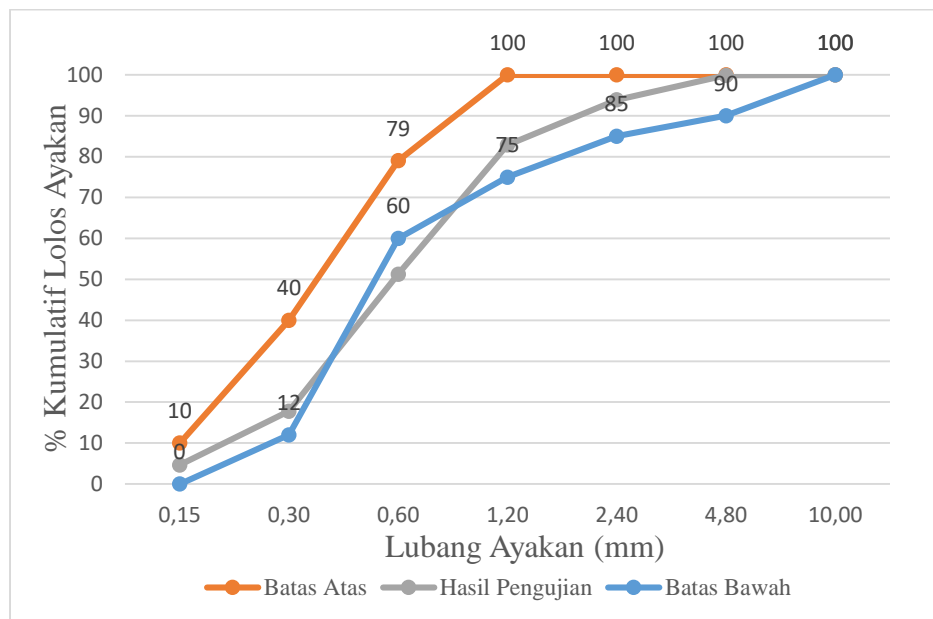
$$\text{Modulus Kehalusan (MHB)} = \frac{679,7}{100} = 6,799$$

Pada pengujian ini diperoleh hasil nilai modulus halus butir agregat kasar sebesar 6,799. Berdasarkan SNI 03-2461-2002 modulus kehalusan adalah $MK < 7$. Hal ini menunjukkan pengujian yang dilakukan terhadap agregat kasar dari Clereng, Kulon Progo telah memenuhi syarat yang telah ditetapkan. Hasil pengujian agregat kasar selain menentukan nilai modulus halus butir juga digunakan untuk mengetahui batas gradasi ukuran maksimum agregat kasar yang dapat dilihat pada Tabel 5.9

Tabel 5.9 Batas Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Saringan (mm)	Presentase Lolos (%)		
	Gradasi Agregat		
	40 mm	20 mm	10 mm
76	100	-	-
38	95 – 100	100	-
19	37 – 70	95 – 100	100
9,6	10 – 40	30 – 60	50 – 85
4,8	0 - 5	0 – 10	0 – 10

Berdasarkan Tabel 5.9 gradasi agregat kasar menggunakan persyaratan gradasi agregat dengan ukuran butir maksimum 20 mm, tetapi dalam analisa saringan agregat kasar ini diperoleh gradasi sela karena terdapat fraksi ukuran 20 mm dan 10 mm yang tidak terpenuhi. Apabila salah satu fraksi ukuranyang tidak terpenuhi maka akan mengakibatkan volume pori (ruang kosong) pada beton menjadi lebih banyak. Variasi ukuran agregat kasar akan mengakibatkan volume pori menjadi lebih kecil dan beton yang dihasilkan akan menjadi lebih padat. Grafik hubungan antara persentase lolos kumulatif dengan persen bahan butiran yang lewat saringan dapat dilihat pada Gambar 5.2.

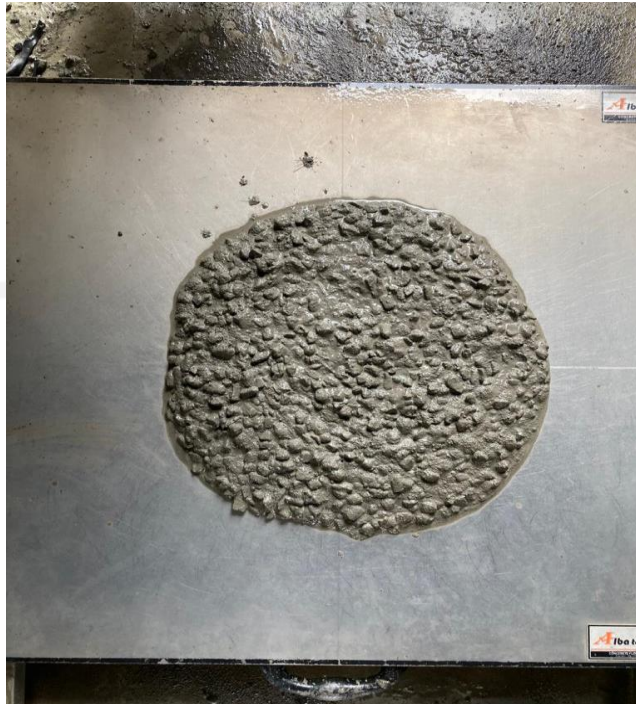


Gambar 5.2 Grafik Hubungan Persen Lolos Kumulatif dengan Diameter Lubang Ayakan Agregat Kasar (Kerikil Clereng)

5.3 Pengujian SCC

5.3.1 Slump-flow

Slump-flow merupakan pengujian campuran beton yang sudah diaduk merata dan belum dimasukkan kedalam cetakan. Pengujian *Slump-flow* ini dilakukan untuk mengetahui tingkat penyebaran campuran material SCC. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.3

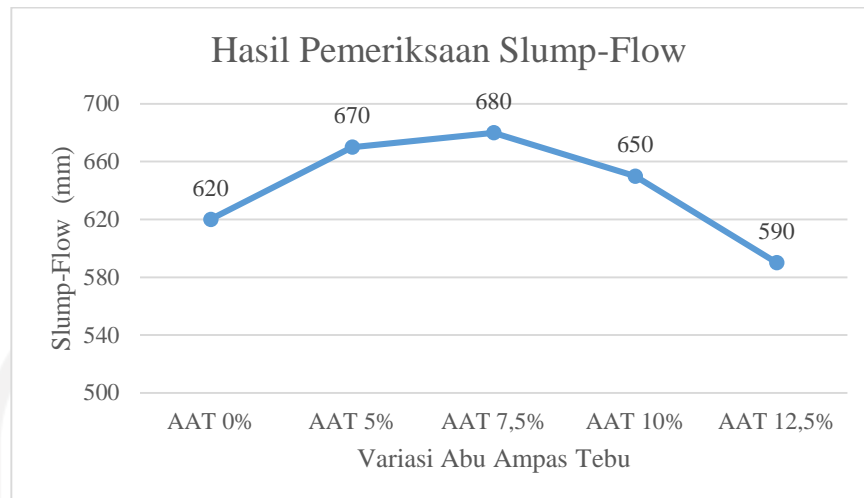


Gambar 5.3 Slump-flow Penelitian SCC

Dari gambar diatas dapat dilihat tingkat penyebaran SCC setelah menggunakan zat tambah *superplasticizer*. Hasil pengujian *Slump-flow* pada penelitian SCC dapat dilihat pada Tabel 5.10

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Nilai *Slump-flow* SCC

No	Tipe benda uji	Nilai <i>Slump-flow</i> (mm)	T_{50} Detik
1	SCC-1	620	3,74
2	SCC-2	670	3,24
3	SCC-3	680	2,96
4	SCC-4	650	4,06
5	SCC-5	590	4,62



Gambar 5.4 Grafik Hasil Pemeriksaan *Slump-Flow*

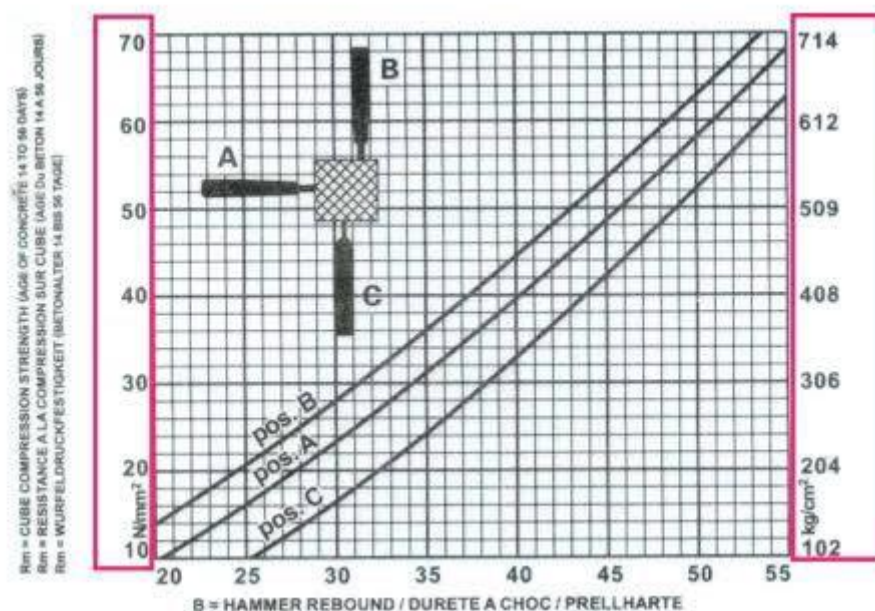
Menurut EFNARC *slump-flow* memiliki persyaratan dengan nilai 600-800 mm dan T_{50} 2-5 detik. Persyaratan tersebut digunakan untuk dipakai pada awal menentukan *workability* SCC yang akan berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Dari Tabel 5.8 untuk nilai SCC-5 tidak termasuk kedalam persyaratan EFNARC, tetapi saat dilakukan pengujian *hammer test* ternyata beton tersebut memiliki kuat tekan yang melebihi kuat tekan rencana. Meskipun *Slump-flow* SCC-5 tidak termasuk dalam persyaratan akan tetapi termasuk dalam persyaratan kuat tekan beton rencana, sehingga campuran SCC-5 tetap bisa digunakan dilapangan. Sedangkan nilai *slump-flow* SCC-1 sampai SCC-4 termasuk kedalam persyaratan EFNARC. Perbedaan nilai *slump-flow* itu terjadi dikarenakan kemampuan abu ampas tebu untuk menyerap air lebih besar dan cepat, Sehingga, dengan semakin bertambahnya abu ampas tebu yang digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen maka akan dapat menyebabkan terhalangnya *slump-flow* untuk mengalir yang kemudian berpengaruh terhadap menurunnya nilai *workability* pada beton.

5.3.2 Hammer Test

Concrete Hammer Test atau *Schmidi Hammer Test* merupakan suatu metode uji yang mudah dan praktis untuk memperkirakan mutu beton. Adapun prinsip kerja *Concrete Hammer* adalah dengan memberikan beban impact (tumbukan) pada permukaan beton dengan menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan

menggunakan *energy* yang besarnya tertentu. Karena timbul massa tersebut dengan permukaan beton, massa tersebut akan dipantulkan kembali. Jarak pantulan massa yang terukur memberikan indeks kekerasan permukaan beton. Kekerasan beton dapat memberikan indikasi kuat tekannya.

Karena prinsip kerja dan penggunaannya sangat mudah, sehingga alat ini banyak digunakan untuk memperkirakan mutu beton, terutama pada struktur bangunan yang sudah jadi. Dan dengan proses uji yang sangat cepat dan alat ini secara praktis dapat menguji secara keseluruhan struktur bangunan. Sebagai catatan karena alat ini hanya membaca kekerasan beton pada lapisan permukaan (+4 cm), sehingga untuk elemen struktur dengan dimensi yang besar, *concrete hammer test* hanya menjadi indikasi awal bagi mutu dan keragaman mutu. Dan juga pada saat pengujian permukaan beton yang akan diuji harus dibersihkan dan diratakan karena alat ini peka terhadap variasi yang ada dipermukaan beton. Hubungan empirik dari nilai *hammer rebound* dengan kuat tekan ditunjukkan pada grafik seperti pada Gambar 5.2 Berikut ini

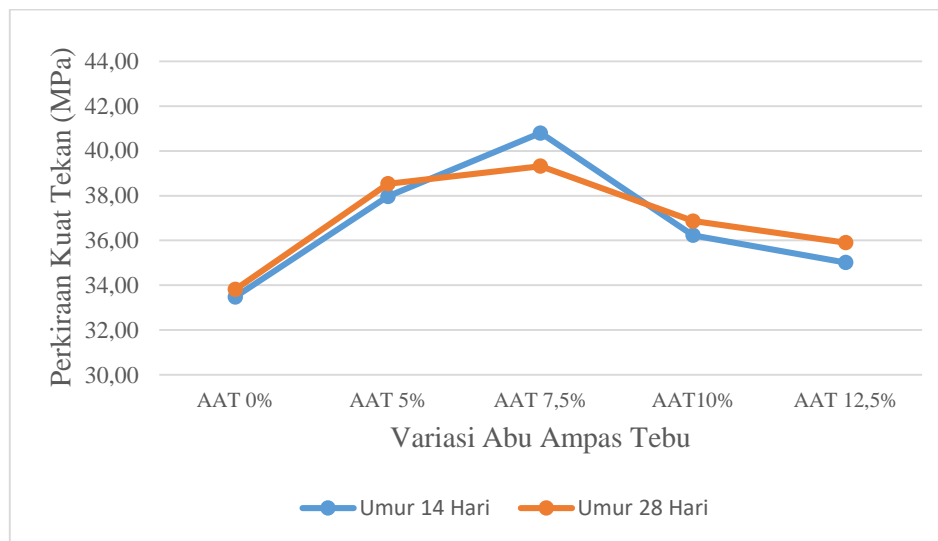


Gambar 5.4 Hubungan Empirik Nilai Hammer Rebound dengan Kuat Tekan

Pada kali ini dilakukan pengujian pada posisi pukulan B dimana *hammer* dilentingkan dari arah tegak lurus sumbu panjang benda uji, sehingga dihasilkan nilai lenting seperti pada Tabel 5.11 berikut ini.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Hasil Uji Hammer Test

Variasi Abu Ampas Tebu	No	Perkiraan	Rata-rata	Perkiraan	Rata-rata
		Kuat Tekan Beton	Perkiraan Kuat Tekan Beton	Kuat Tekan Beton	Perkiraan Kuat Tekan Beton
		Terkoreksi (MPa)	Terkoreksi (MPa)	Terkoreksi (MPa)	Terkoreksi (MPa)
		Umur 14 Hari		Umur 28 Hari	
0%	B1	33,40	33,48	33,55	33,82
	B2	34,05		34,10	
	B3	33,00		33,80	
5% 5%	B1	38,10	37,97	38,30	38,53
	B2	37,90		39,00	
	B3	37,90		38,30	
7,5%	B1	38,90	40,80	38,80	39,32
	B2	40,00		39,50	
	B3	43,50		39,65	
105	B1	34,90	36,23	36,00	36,87
	B2	37,90		37,00	
	B3	35,90		37,60	
12,50%	B1	34,65	35,02	35,50	35,90
	B2	34,90		35,90	
	B3	35,50		36,30	



Gambar 5.5 grafik Hasil Pengujian Hammer Test

Dari hasil pengujian *hammer test* didapatkan nilai perkiraan kuat tekan beton terkoreksi terbesar pada variasi abu ampas tebu 7.5% dengan umur 14 hari dengan nilai sebesar 40,80 MPa. Dengan adanya penggunaan abu ampas tebu memberikan pengaruh peningkatan kekuatan pada beton. Dan secara keseluruhan dengan adanya abu ampas tebu memberi harga kuat tekan beton lebih dari kuat tekan beton yang direncanakan dalam penelitian ini yaitu 3 MPa. Hal ini dapat terjadi karena abu ampas tebu memiliki ukuran butiran kecil sehingga berperan sebagai *filler* pada beton. Di mana dengan adanya bahan pengganti sebagian semen maka pori-pori beton terisi oleh abu ampas tebu. Selain itu dengan adanya bahan pengganti sebagian semen dengan abu ampas tebu membuat beton pada penelitian ini yang dipertahankan penggunaan air dalam campuran beton menjadi berkurang sehingga meningkatkan kuat tekan beton. Tetapi pada variasi abu ampas tebu yang semakin besar dapat menurunkan kekuatan beton karena air yang dibutuhkan untuk reaksi hidrasi semakin berkurang.

5.3.3 Kuat Lentur

Pada pengujian kuat lentur tujuannya adalah untuk mengetahui *modulus of rupture*, yaitu kuat lentur maksimum yang diderita oleh bagian bawah balok. Menurut (Iis dan Abinhot, 2018) nilai kuat lentur yang sangat lemah menjadi kekurangan pada beton SCC, agar sifat kuat lentur masih bisa dipertahankan beton

tersebut akan dilakukan rekayasa dengan menggunakan abu ampas tebu dengan variasi 0%, 5%, 7,5%, 10% dan 12,5%. Pada kuat lentur dilakukan pengujian pada umur 14 hari dan 28 hari dengan sampel berbentuk balok yang berukuran rerata 40x10x10 cm yang sebelumnya telah dilakukan perawatan dengan cara perendaman. Pada saat pengujian pembebanan yang diberikan pada balok adalah beban titik yang didistribusi menjadi 2 beban terpusat dengan jarak sepertiga bentang. Beban diberikan secara bertahap hingga mencapai beban maksimum, yang menyebabkan keruntuhan pada penampang balok. Setelah melakukan pengambilan data kuat lentur dengan menggunakan alat mesin kuat lentur, maka selanjutnya menganalisis data kuat lentur beton menggunakan dua persamaan, dimana persamaan tersebut memiliki ketentuan dan rumus-rumus yang tergantung sistem pengujian yaitu sebagai berikut

Perhitungan kuat lentur dengan variasi abu ampas tebu 0% pada umur 14 hari. Bila akibat pengujian patahnya benda uji berada didaerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik beton, maka dihitung menurut persamaan berikut

Beban maksimum (P)	= 985 kgf
Lebar tampang patah (b)	= 96 mm
Tinggi tampang patah (h)	= 100 mm
Panjang bentang (L)	= 321 mm

$$F_{tt} = \frac{P \times L}{b \times h^2}$$

$$= \frac{985 \times 9,81 \times 321}{96 \times 100^2}$$

$$= 3,23 \text{ Mpa}$$

Bila akibat pengujian benda uji patah diluar pusat (diluar 1/3 jarak titik perletakan) dibagian tarik beton, dan jarak antara titik patah dan titik pusat (beban) kurang dari 5% jarak titik perletakan, maka kuat lentur beton dihitung dengan persamaan berikut

Beban maksimum (P)	= 1010 kgf
Lebar tampang patah (b)	= 98 mm
Tinggi tampang patah (h)	= 99 mm
Jarak bidang patah ketumpuan (c)	= 121 mm

$$\begin{aligned}
 F_{lt} &= \frac{3 \times P \times c}{b \times h^2} \\
 &= \frac{3 \times 1010 \times 9,81 \times 121}{98 \times 99^2} \\
 &= 3,74 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

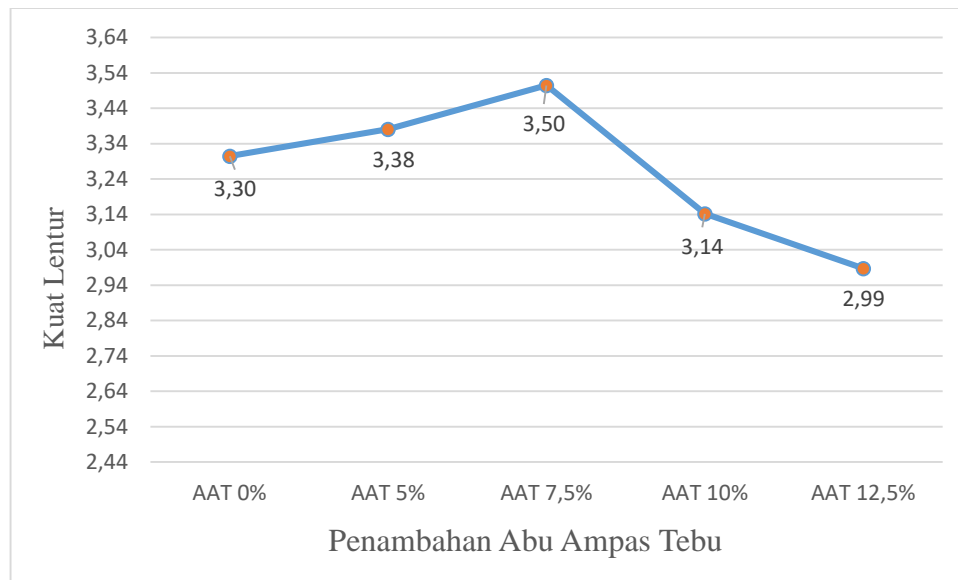
Hasil selengkapnya untuk semua benda uji pada perhitungan kuat lentur beton dapat dilihat pada Tabel 5.12. Untuk perhitungan kuat lentur beton menggunakan persamaan diatas

Tabel 5.12 Analisis Kuat Lentur Beton Umur 14 hari

Variasi Abu Ampas Tebu	No	Beban Maksimum (kgf)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur Rata-rata (MPa)
0%	B1	900	2,94	3,3044
	B2	1010	3,74	
	B3	985	3,23	
5%	B1	1170	3,68	3,3805
	B2	1188	3,96	
	B3	773	2,50	
7,5%	B1	1043	3,48	3,5044
	B2	1130	3,77	
	B3	1027	3,26	
10%	B1	975	3,06	3,1416
	B2	960	2,99	
	B3	1075	3,37	
12,5%	B1	920	3,10	2,9868
	B2	900	3,01	
	B3	898	2,85	

Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa hasil kuat lentur beton SCC umur 14 hari mengalami peningkatan setelah ditambahkan abu ampas tebu. Variasi abu

ampas tebu 5% dan 7,5% mengalami peningkatan, sedangkan variasi abu ampas tebu 10% dan 12,5% mengalami penurunan.



Gambar 5.6 Grafik hubungan antara Variasi abu ampas tebu dengan Pengujian Kuat Lentur Beton Umur 14 Hari

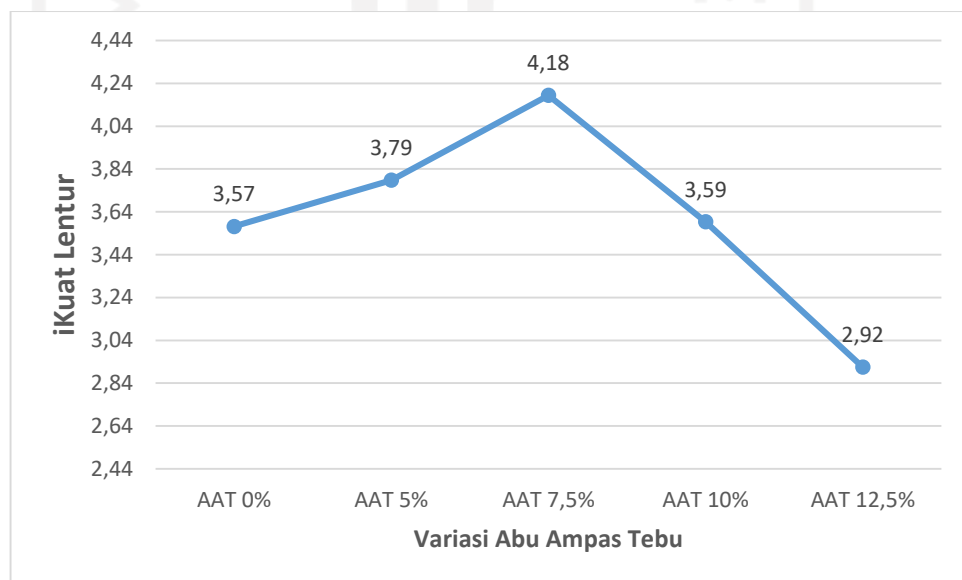
Tabel 5.13 Analisis Kuat Lentur Beton Umur 28 hari

Variasi Abu Ampas Tebu	No	Beban Maksimum (kgf)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur Rata-rata (MPa)
0%	B1	1105	3,88	3,5721
	B2	1010	3,14	
	B3	1205	3,69	
5%	B1	1250	3,87	3,7877
	B2	1210	3,82	
	B3	1120	3,67	
7,5%	B1	1310	4,19	4,1836
	B2	1245	3,98	
	B3	1435	4,38	

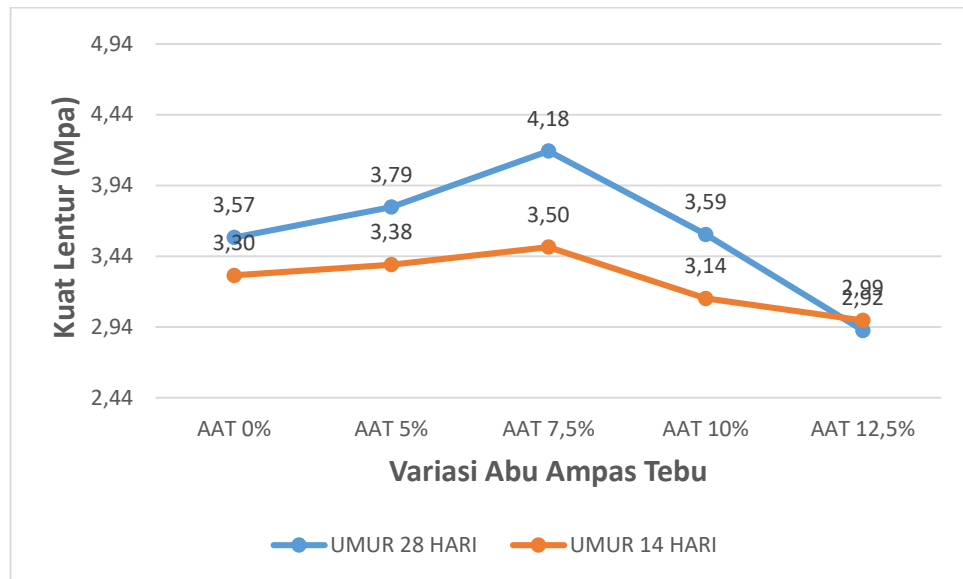
Lanjutan Tabel 5.13 Analisis Kuat Lentur Beton Umur 28 hari

Variasi Abu Ampas Tebu	No	Beban Maksimum (kgf)	Kuat Lentur (MPa)	Kuat Lentur Rata-rata (MPa)
10%	B1	1155	3,85	2,9153
	B2	1020	3,20	
	B3	1150	3,73	
12.5%	B1	970	3,80	2,9153
	B2	730	2,15	
	B3	1270	2,80	

Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa hasil kuat lentur beton SCC umur 28 hari mengalami peningkatan setelah ditambahkan abu ampas tebu. Variasi abu ampas tebu 5% dan 7,5% mengalami peningkatan, sedangkan variasi abu ampas tebu 10% dan 12,5% mengalami penurunan.



Gambar 5.7 Grafik hubungan antara Variasi abu ampas tebu dengan Pengujian Kuat Lentur Beton Umur 28 Hari



Gambar 5.8 Grafik hubungan antara Pengujian Kuat Lentur Beton dengan Umur Beton

Berdasarkan grafik diatas nilai kuat lentur terbesar pada umur 14 hari berada pada variasi abu ampas tebu 7,5% dimana beton memiliki nilai kuat lentur sebesar 3,5044 MPa atau mengalami kenaikan kekuatan 6.05% dari beton tanpa menggunakan abu ampas tebu. Pada penambahan abu ampas tebu selanjutnya mengalami penurunan dan nilai kuat lentur mengalami penurunan dan nilai kuat lenturnya lebih kecil dari beton tanpa abu ampas tebu

Pada umur 28 hari kuat lentur terbesar juga berada pada variasi abu ampas tebu 7,5% di mana beton mengalami kenaikan kekuatan 17,11% dari beton tanpa menggunakan tambahan abu ampas tebu. Pada penambahan abu ampas tebu lebih dari 7,5% selanjutnya mengalami penurunan dan nilai kuat lenturnya lebih kecil dari beton tanpa abu ampas tebu. Dan pada variasi abu ampas 12,5% kuat lentur terendah yaitu 2,9153 MPa.

Kuat lentur beton umur 14 dan 28 hari memberikan hasil yang bersesuaian di mana kuat lentur terbesar terjadi pada variasi abu ampas tebu 7,5% dan nilai penurunan rata-rata terdapat pada penambahan abu ampas tebu 12,5%. Peningkatan kuat lentur disebabkan karena abu ampas tebu memiliki kandungan silika yang tinggi yang saling mengikat sehingga dapat mendukung kinerja semen dan mengikat agregat. Fungsi abu ampas tebu sebagai pengikat dapat dilihat dari hasil

kuat lenturnya.

Dari hasil pengujian kuat lentur menunjukkan bahwa penggunaan abu ampas tebu dapat meningkatkan kuat lentur pada kadar abu ampas tebu tertentu dengan kondisi semen yang cukup. Terjadi penurunan persentase seiring bertambahnya jumlah penggunaan abu ampas tebu terhadap volume semen. Sehingga penggunaan abu ampas tebu dapat digunakan sebagai rekayasa dan bisa mempetahankan nilai kuat lentur yang menjadi kekurangan pada beton SCC.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan di bab sebelumnya, maka ada beberapa kesimpulan dari hasil penelitian sebagai berikut:

1. Penggunaan abu ampas tebu mempengaruhi hasil nilai *slump-flow*. Semakin tinggi kadar abu ampas tebu yang digunakan pada campuran maka dapat menurunkan nilai *slump-flow*.
2. Dari hasil pengujian kuat lentur beton, abu ampas tebu memiliki fungsi dapat meningkatkan kuat lentur pada kondisi semen yang cukup dengan kadar abu ampas tebu tertentu, karena pada kuat lentur abu ampas tebu memiliki fungsi sebagai pengikat.
3. Nilai optimum kuat lentur berada pada variasi campuran abu ampas tebu 7,5% dengan nilai 3,5044 MPa umur 14 hari dan 4,1836 MPa umur 28 hari. Perkembangan peningkatan kekuatan kuat lentur pada umur beton 14 hari dan 28 hari mengalami peningkatan yang signifikan. Jika dibandingkan dengan variasi campuran abu ampas tebu 12,5%, perkembangan kenaikan kuat lentur beton mengalami perlambatan. Hal ini disebabkan karena banyaknya penambahan abu ampas tebu yang banyak.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah didapatkan. Maka disarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait ukuran benda uji dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) terbaru
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan melakukan pecampuran bahan tambah abu ampas tebu dengan nilai presentasi yang berbeda
3. Perlu dilakukan penelitian dengan bahan tambah yang berbeda tetapi memiliki fungsi yang sama dengan abu ampas tebu

4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan ukuran balok sesuai dengan SNI terbaru dan dengan metode pengujian yang lainnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Arisandi, Sukarno Yudha. 2014. *Pemanfaatan Mineral Lokal Zeolit Alam Terhadap Perilaku Lentur Balok Self Compacting Concrete (SCC)*
- EFNARC, 2002, *Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete*, February 2002, United Kingdom.
- Nugraha. 2017, *Pengaruh Penambahan Sika Fume Terhadap Kuat Tekan Self Compacting Concrete Yang Menggunakan Superplasticizer Viscocrete 3115N*
- Nurjamilah, Iis dan Sihotang, Abinhot. 2018, *Kajian Karakteristik Beton Memadat Sendiri Menggunakan Serat Ijuk*
- Okamura, H., Ouchi, M., 2003, Self-Compacting Concrete, *Journal of Advanced Concrete Technology*, Volume 1: 5-15, April, 2003. Number 1.
- Prasetya, Daffa Ari, 2018, *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Viscocrete 1003 Terhadap Karakteristik Beton N*
- SNI 4431-1996. 1996, *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*, Badan Standarisasi Nasional (BSN)
- SNI 03-2834-2000. 2000, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Badan Standarisasi Nasional (BSN)
- SNI 4431-2011. 2011, *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*, Badan Standarisasi Nasional (BSN)
- tTjokrodinuljo, K. Satyarno, I., Suratmin, 2007, *Pemanfaatan Kulit Ale-Ale sebagai Agregat Kasar dalam Pembuatan Beton*, Forum Teknik Sipil, Volume 17: 530-538, Mei, 2007, Nomor 2.
- Zein, Fatih Haqqu. 2016, *Analisis Sifat Mekanis Beton SCC Menggunakan Bahan Tambah Superplasticizer dengan Pemanfaatan High Volume Fly Ash Concrete*





Lampiran

Lampiran 1 Data Hasil Pengujian Pemeriksaan Bahan



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR AGREGAT HALUS

Pengirim	Komala Safitri
Tanggal Terima	29 November 2021
Asal Agregat	Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat pasir kering mutlak, gram (Bk)	486	484	485
Berat pasir kondisi jenuh kering muka (SSD), gram	500	500	500
Berat piknometer berisi pasir dan air, gram (Bt)	1040	1043	1041
Berat piknometer berisi air, gram (B)	733	733	733
Berat jenis curah,(1) $Bk / (B + 500 - Bt)$	2,5181	2,5474	2,5327
Berat jenis jenuh kering muka,(2) $500 / (B + 500 - Bt)$	2,591	2,631	2,611
Berat jenis semu,(3) $Bk / (B+ Bk - Bt)$	2,7151	2,7816	2,7483
Penyerapan air,(4) $(500 - Bk) / Bk \times 100\%, \%$	2,88	3,31	3,09

Keterangan:

500 : berat benda uji dalam kondisi jenuh kering permukaan, gram

Kesimpulan	Nilai berat jenis jenuh kering muka memenuhi persyaratan berada diantara 2,5–2,7
------------	--



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

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

Pengirim	Komala Safitri
Tanggal Terima	29 November 2021
Asal Agregat	Clereng Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Pengamatan		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Berat agregat kasar kering mutlak, gram (Bk)	4918	4920	4919
Berat agregat kasar kondisi jenuh kering permukaan (SSD), gram (Bj)	5000	5000	5000
Berat agregat kasar dalam air, gram (Ba)	3131	3128	3129
Berat jenis curah, $Bk / (Bj - Ba)$	2,631	2,626	2,630
Berat jenis jenuh kering muka, $Bj / (Bj - Ba)$	2,675	2,671	2,673
Berat jenis semu, $Bk / (Bk - Ba)$	2,752	2,740	2,749
Penyerapan air, $(Bj - Bk) / Bk \times 100\%$, %	1,67	1,63	1,65

Keterangan :

5000 : berat benda uji dalam kondisi jenuh kering permukaan, gram

Kesimpulan	Nilai berat jenis jenuh kering muka memenuhi persyaratan berada diantara 2,5–2,7
------------	--



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

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

Pengirim		Komala Safitri			
Tanggal Terima		29 November 2021			
Asal Agregat		Clereng Kulon Progo			
Keperluan		Tugas Akhir			
No	Lubang ayakan	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif
1.	19	-	-	-	100
2.	9,5	2385	47,7	47,7	52,3
3.	4,75	2514,5	50,29	97,99	2,01
4.	2,36	56,4	1,128	99,12	0,88
5.	1,18	8,5	0,17	99,29	0,17
6.	Pan	35,6		100	
7.	Jumlah	5000	100	444,10	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{444,10}{100} = 4,441$$

GRADASI KERIKIL

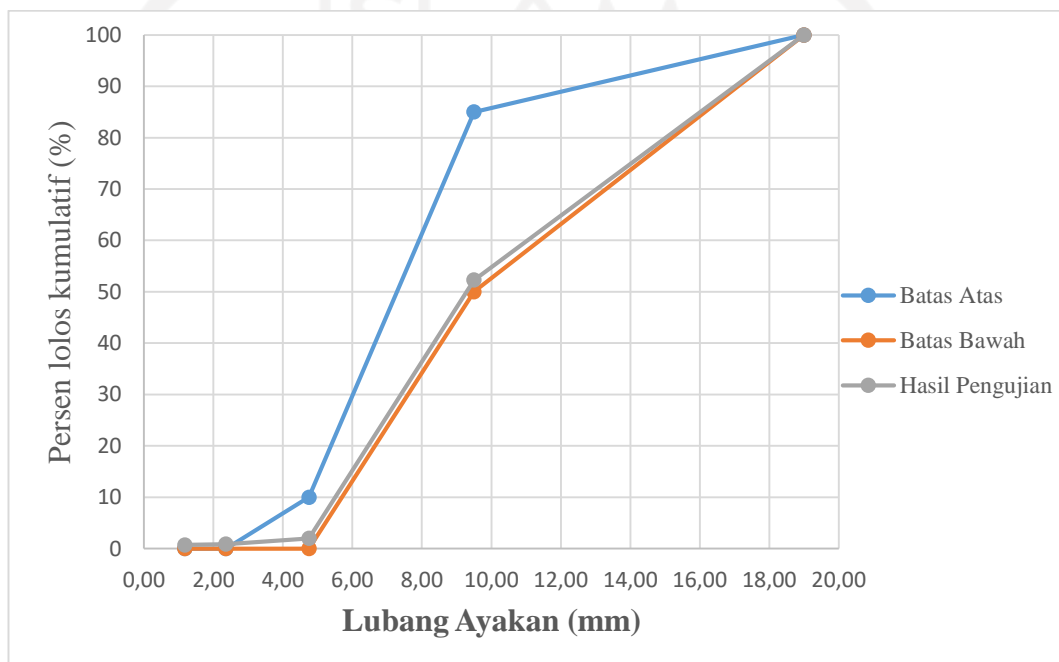
Ukuran Saringan	Persen Butir Agregat Lolos Saringan / Besar Butiran Maksimum :		
	10 mm	20 mm	40 mm
76,0			100 – 100
38,0		100 – 100	95 – 100
19,0	100 – 100	95 – 100	35 – 70
9,6	50 – 85	30 – 60	10 – 40
4,8	0 – 10	0 – 10	0 – 5

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

Hasil Analisa Saringan:

- Ukuran Maksimum Kerikil : (10 mm)

GAMBAR ANALISIS SARINGAN AGREGAT KASAR





**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

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

Pengirim		Rahmat Adi Setianto			
Tanggal Terima		1 Oktober 2021			
Asal Agregat		Clereng Kulon Progo			
Keperluan		Tugas Akhir			
No	Lubang ayakan (mm)	Berat tertinggal (gram)	Berat tertinggal (%)	Berat tertinggal kumulatif (%)	Persen lolos kumulatif
1.	10	-	-	-	100
2.	4,8	6	0,3	0,2	99,7
3.	2,4	85	4,25	3,95	95,45
4.	1,2	189	9	10,95	86,45
5.	0,6	610	30,5	38,25	55,85
6.	0,3	730	36,50	79,35	19,45
7.	0,15	305	15,25	95,40	4,2
8.	Sisa	85	4,20		100
9.	Jumlah	2000	100	338,1	

$$\text{Modulus Halus Butir} = \frac{338,1}{100} = 2,381$$

GRADASI PASIR

Lubang Ayakan (mm)	Persen Butir Agregat yang Lolos Ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah VI
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

Keterangan: Daerah I : Pasir Kasar

Daerah II : Pasir Agak Kasar

Daerah III : Pasir Agak Halus

Daerah IV : Pasir Halus

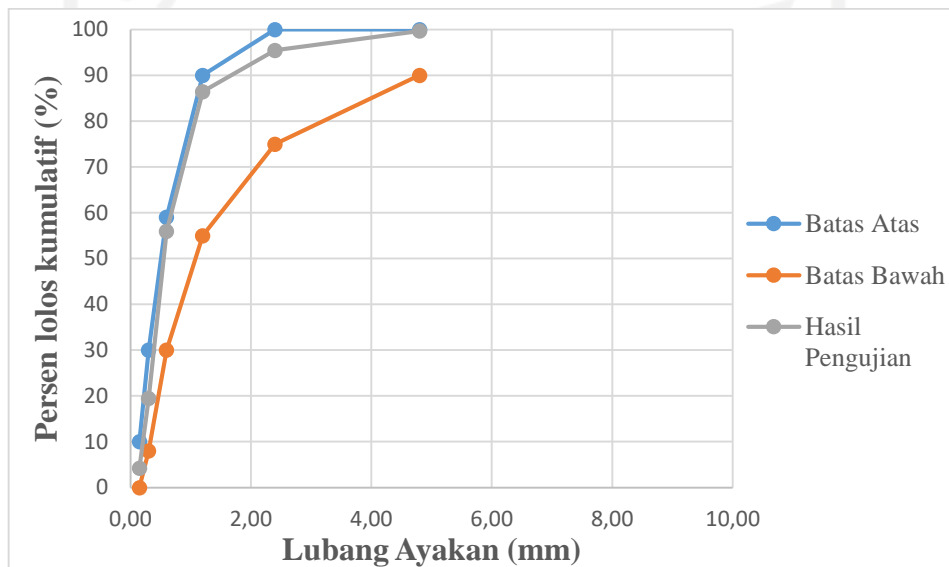


**MODULUS HALUS BUTIR (MHB) / ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS
(SNI 03-1968-1990)**

Hasil Analisa Saringan:

- Pasir Masuk Daerah : (Daerah II)
- Jenis Pasir : Pasir Agak Kasar

GAMBAR ANALISIS SARINGAN AGREGAT HALUS





**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

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

Pengirim	Komala Safitri
Tanggal Terima	29 November 2021
Asal Agregat	Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat silinder (W1), gram	10200	11600
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) (W2), gram	19600	20500
Berat agregat (W3), gram	9400	8900
Volume Silinder (V), cm ³	5350,106	5422,129
Berat isi gembur = W3/V, gram/cm ³	1,757	1,641
Berat isi gembur rata – rata, gram/cm ³	1,569	



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

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

Pengirim	Komala Safitri
Tanggal Terima	29 November 2021
Asal Agregat	Clereng Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir

Uraian	Hasil Penelitian	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat silinder (W1), gram	10600	10800
Berat silinder + agregat kering permukaan (SSD) (W2), gram	18400	18300
Berat agregat (W3), gram	7800	7500
Volume Silinder (V), cm ³	5371,543	5426,097
Berat isi gembur = W3/V, gram/cm ³	1,4521	1,382



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

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

Pengirim	Komala Safitri
Tanggal Terima	29 November 2021
Asal Agregat	Kulon Progo
Keperluan	Tugas Akhir

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 Penelitian	
	Sampel 1	Sampel 2
Berat agregat halus kering mutlak (W1), gram	500	500
Berat Agregat halus setelah dicuci dan dioven (W2), gram	496	497
Berat lumpur (W3) = (W1-W2), gram	4	3
Kadar lumpur = $W3 \times 100\%$, %	0,80%	0,60%
Kadar lumpur rata-rata, %	0,70%	

Menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia 1982 (PUBI-1982), berat bagian yang lolos ayakan no. 200 (0,075 mm):

- a. untuk pasir maksimum 5% (lima persen)
- b. untuk kerikil maksimum 1% (satu persen)

Lampiran 2 Hasil Pengujian Hammer Test



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I Data Benda Uji

Benda Uji: AAT 0% 14 Hari (Sampel 1)

II Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenting	Nilai Lenting
1	35	35
2	34	31
3	35	32
4	32	34
5	34	33
6	35	32
7	34	33
8	30	34
9	35	34
10	34	32
Jumlah data	338	330
R maksimum	35	35
R minimum	30	31
R rata-rata	33,3	33
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	33,8	33



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

II. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT 0% 14 Hari (Sampel 2)

III. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenting	Nilai Lenting
1	34	30
2	35	35
3	33	32
4	34	34
5	35	32
6	32	33
7	30	34
8	33	32
9	33	31
10	34	35
Jumlah data	333	328
R maksimum	35	35
R minimum	30	30
R rata-rata	33,3	32,89
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	34	34,1



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT 0% 14 Hari (Sampel 3)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenting	Nilai Lenting
1	33	35
2	34	32
3	31	33
4	32	34
5	35	33
6	32	30
7	33	31
8	35	34
9	32	33
10	33	35
Jumlah data	330	330
R maksimum	35	35
R minimum	31	30
R rata-rata	33	33
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	33	33



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT % 14 Hari (Sampel 1)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenting	Nilai Lenting
1	36	37
2	38	37
3	37	37
4	36	38
5	37	36
6	35	38
7	36	36
8	37	37
9	38	38
10	36	37
Jumlah data	366	371
R maksimum	38	38
R minimum	35	36
R rata-rata	36,6	37,1
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	38	39,8



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT % 14 Hari (Sampel 2)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenteng	Nilai Lenteng
1	37	37
2	38	37
3	38	36
4	37	37
5	36	37
6	37	38
7	38	38
8	37	38
9	38	37
10	37	37
Jumlah data	373	372
R maksimum	38	38
R minimum	36	36
R rata-rata	37,30	37,20
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	40	40



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT % 14 Hari (Sampel 3)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenting	Nilai Lenting
1	37	37
2	38	36
3	36	37
4	37	37
5	38	38
6	36	36
7	38	37
8	36	38
9	37	37
10	37	38
Jumlah data	370	371
R maksimum	38	38
R minimum	36	36
R rata-rata	37	37,1
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	38	39



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT % 14 Hari (Sampel 1)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenting	Nilai Lenting
1	37	37
2	36	37
3	37	36
4	36	38
5	38	36
6	36	37
7	35	36
8	37	36
9	38	38
10	36	37
Jumlah data	366	368
R maksimum	38	38
R minimum	35	36
R rata-rata	36,60	36,80
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	38	38,2



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT % 14 Hari (Sampel 2)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenteng	Nilai Lenteng
1	36	38
2	38	37
3	37	36
4	34	38
5	36	37
6	37	38
7	36	36
8	37	38
9	38	37
10	37	37
Jumlah data	368	372
R maksimum	38	38
R minimum	35	36
R rata-rata	36,80	37,20
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	38	37,8



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT % 14 Hari (Sampel 3)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenteng	Nilai Lenteng
1	38	38
2	38	37
3	37	37
4	36	36
5	36	36
6	37	38
7	38	37
8	36	38
9	35	37
10	37	38
Jumlah data	368	372
R maksimum	38	38
R minimum	33	36
R rata-rata	36,80	37,20
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	38	37,8



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT 10% 14 Hari (Sampel 1)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenting	Nilai Lenting
1	35	34
2	34	33
3	37	32
4	35	36
5	36	33
6	38	30
7	33	36
8	30	37
9	35	33
10	34	35
Jumlah data	347	339
R maksimum	38	37
R minimum	30	30
R rata-rata	34,70	33,90
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	35,8	34



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT 10% 14 Hari (Sampel 2)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenteng	Nilai Lenteng
1	35	34
2	36	35
3	38	35
4	35	34
5	37	38
6	33	36
7	36	37
8	35	37
9	34	33
10	36	35
Jumlah data	355	354
R maksimum	38	38
R minimum	33	33
R rata-rata	35,50	35,40
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	36,9	36



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT 10% 14 Hari (Sampel 3)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenting	Nilai Lenting
1	35	35
2	35	33
3	34	32
4	36	34
5	35	37
6	37	38
7	38	36
8	37	34
9	36	35
10	35	33
Jumlah data	358	347
R maksimum	38	38
R minimum	34	32
R rata-rata	35,80	34,70
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	37	34,8



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT 12,5% 14 Hari (Sampel 1)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenteng	Nilai Lenteng
1	34	34
2	33	33
3	35	35
4	34	37
5	36	33
6	37	34
7	33	36
8	32	30
9	33	35
10	34	35
Jumlah data	341	342
R maksimum	37	37
R minimum	32	30
R rata-rata	34,10	34,20
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	34,5	34,8



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT 12,5% 14 Hari (Sampel 2)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenteng	Nilai Lenteng
1	33	32
2	34	32
3	33	33
4	35	37
5	36	35
6	36	36
7	37	34
8	38	33
9	34	31
10	36	32
Jumlah data	352	335
R maksimum	38	37
R minimum	33	31
R rata-rata	35,20	33,50
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	36,8	33



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT 12,5% 14 Hari (Sampel 3)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenteng	Nilai Lenteng
1	33	35
2	32	33
3	34	32
4	35	34
5	35	38
6	38	37
7	37	33
8	37	34
9	35	35
10	35	34
Jumlah data	351	
R maksimum	38	38
R minimum	32	32
R rata-rata	35,10	34,50
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	36	35



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT 0% 28 Hari (Sampel 1)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenting	Nilai Lenting
1	34	35
2	35	31
3	35	34
4	33	34
5	35	35
6	35	33
7	35	34
8	32	30
9	35	29
10	35	32
Jumlah data	344	327
R maksimum	35	35
R minimum	32	29
R rata-rata	34,40	32,70
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)		



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT 0% 28 Hari (Sampel 2)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenting	Nilai Lenting
1	35	30
2	35	35
3	34	30
4	34	34
5	35	33
6	34	33
7	32	34
8	33	35
9	35	33
10	34	35
Jumlah data	341	332
R maksimum	35	35
R minimum	32	30
R rata-rata	34,10	33,20
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	34.40	33,80



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT 0% 28 Hari (Sampel 3)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenting	Nilai Lenting
1	35	34
2	34	35
3	32	33
4	33	34
5	35	35
6	34	31
7	33	32
8	35	33
9	32	34
10	33	31
Jumlah data	336	332
R maksimum	35	35
R minimum	32	31
R rata-rata	33,60	33,20
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	33,80	33,80



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT % 28 Hari (Sampel 1)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenting	Nilai Lenting
1	38	37
2	38	37
3	37	37
4	37	38
5	38	36
6	36	38
7	36	36
8	38	37
9	38	38
10	36	37
Jumlah data	372	371
R maksimum	38	38
R minimum	36	36
R rata-rata	37,20	37,1
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	39,80	38,6



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT % 28 Hari (Sampel 2)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenteng	Nilai Lenteng
1	37	37
2	38	37
3	38	36
4	37	36
5	38	37
6	37	38
7	37	37
8	38	38
9	37	37
10	38	37
Jumlah data	375	370
R maksimum	38	38
R minimum	37	36
R rata-rata	37,50	37
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (Mpa)	40	38



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT % 28 Hari (Sampel 3)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenteng	Nilai Lenteng
1	38	37
2	37	36
3	37	37
4	37	36
5	38	38
6	37	38
7	38	37
8	36	37
9	38	37
10	37	38
Jumlah data	373	371
R maksimum	38	38
R minimum	36	36
R rata-rata	37,30	37,10
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	40,4	38,6



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT % 28 Hari (Sampel 1)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenting	Nilai Lenting
1	38	37
2	37	38
3	37	36
4	38	38
5	38	36
6	36	37
7	35	36
8	37	37
9	37	38
10	36	38
Jumlah data	369	371
R maksimum	38	38
R minimum	35	36
R rata-rata	36,90	37,10
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	39	38,6



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT % 28 Hari (Sampel 2)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenteng	Nilai Lenteng
1	38	36
2	38	37
3	37	38
4	35	38
5	36	37
6	37	38
7	36	36
8	37	38
9	38	38
10	37	37
Jumlah data	369	373
R maksimum	38	38
R minimum	35	36
R rata-rata	36,90	37,30
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	39	40



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT % 28 Hari (Sampel 3)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenteng	Nilai Lenteng
1	36	38
2	37	37
3	37	37
4	38	36
5	36	38
6	38	35
7	36	37
8	38	38
9	35	37
10	37	37
Jumlah data	368	370
R maksimum	38	38
R minimum	35	35
R rata-rata	36,80	37
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	39,5	39,8



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT 10% 28 Hari (Sampel 1)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenting	Nilai Lenting
1	36	34
2	35	35
3	36	35
4	38	36
5	36	32
6	38	30
7	34	37
8	32	36
9	35	35
10	34	33
Jumlah data	354	343
R maksimum	38	37
R minimum	32	30
R rata-rata	35,40	34,30
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	37	35



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT 10% 28 Hari (Sampel 2)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenting	Nilai Lenting
1	37	34
2	36	36
3	35	35
4	35	34
5	37	37
6	33	36
7	36	37
8	35	36
9	37	37
10	36	35
Jumlah data	357	357
R maksimum	37	37
R minimum	33	34
R rata-rata	35,70	35,70
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	37	37



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT 10% 28 Hari (Sampel 3)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenteng	Nilai Lenteng
1	36	35
2	37	33
3	35	35
4	36	34
5	35	37
6	37	38
7	38	36
8	37	34
9	37	36
10	36	34
Jumlah data	365	352
R maksimum	38	28
R minimum	35	33
R rata-rata	36,40	35,20
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	38,8	36,4



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Jl. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT 12,5% 28 Hari (Sampel 1)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenting	Nilai Lenting
1	33	34
2	35	36
3	34	35
4	34	37
5	37	33
6	37	35
7	34	36
8	32	33
9	35	36
10	34	35
Jumlah data	345	350
R maksimum	37	37
R minimum	32	33
R rata-rata	34,50	35
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	35	36



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT 12,5% 28 Hari (Sampel 2)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenting	Nilai Lenting
1	35	33
2	34	32
3	35	33
4	35	37
5	36	35
6	37	36
7	37	34
8	38	34
9	35	32
10	36	33
Jumlah data	358	37
R maksimum	38	32
R minimum	34	32
R rata-rata	35,80	33,90
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	37,8	34



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

. Kaliurang KM. 14,4 Telp. (0274) 895042, 895707 Fax. 895330 Yogyakarta

PENGUJIAN HAMMER TEST

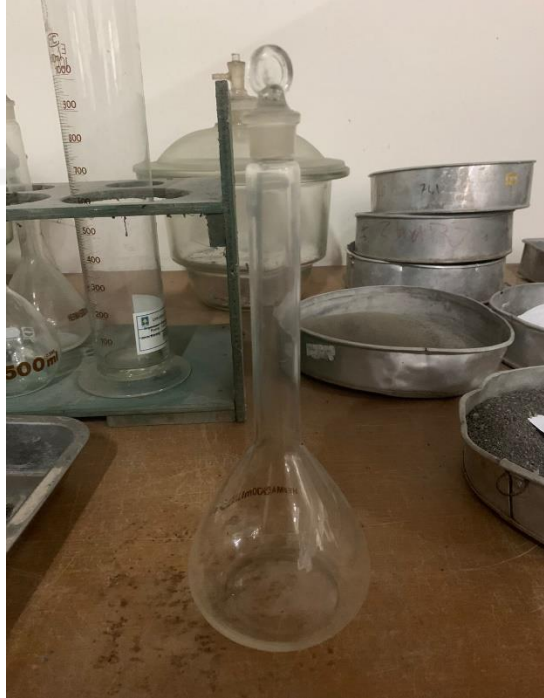
I. Data Benda Uji

Benda Uji: AAT 12,5% 28 Hari (Sampel 3)

II. Hasil Pengujian

Elemen struktur	Balok	Balok
Posisi Pukulan	B	B
Kode bidang uji	B1	B1
Pukulan ke	Nilai Lenteng	Nilai Lenteng
1	34	33
2	33	34
3	34	32
4	35	34
5	36	38
6	37	37
7	37	34
8	36	34
9	35	37
10	36	34
Jumlah data	353	347
R maksimum	37	38
R minimum	33	32
R rata-rata	35,39	34,70
Perkiraan kuat tekan beton terkoreksi (MPa)	36,8	35,8

Lampiran 3 Alat yang Digunakan



Gambar L-3.1 Piknometer



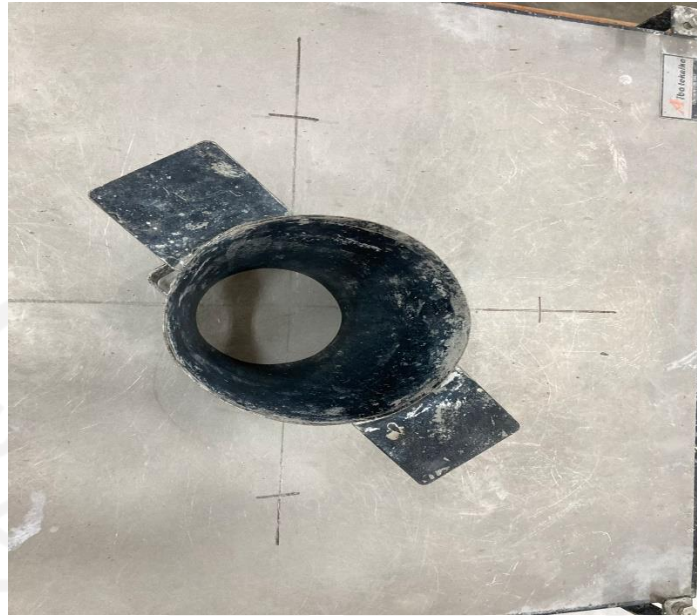
Gambar L-3.2 Timbangan



Gambar L-3.3 Mesin Pengaduk Beton



Gambar L-3.4 Cetakan Benda Uji



Gambar L-3.5 Slump-flow



Gambar L-3.6 Hammer Test



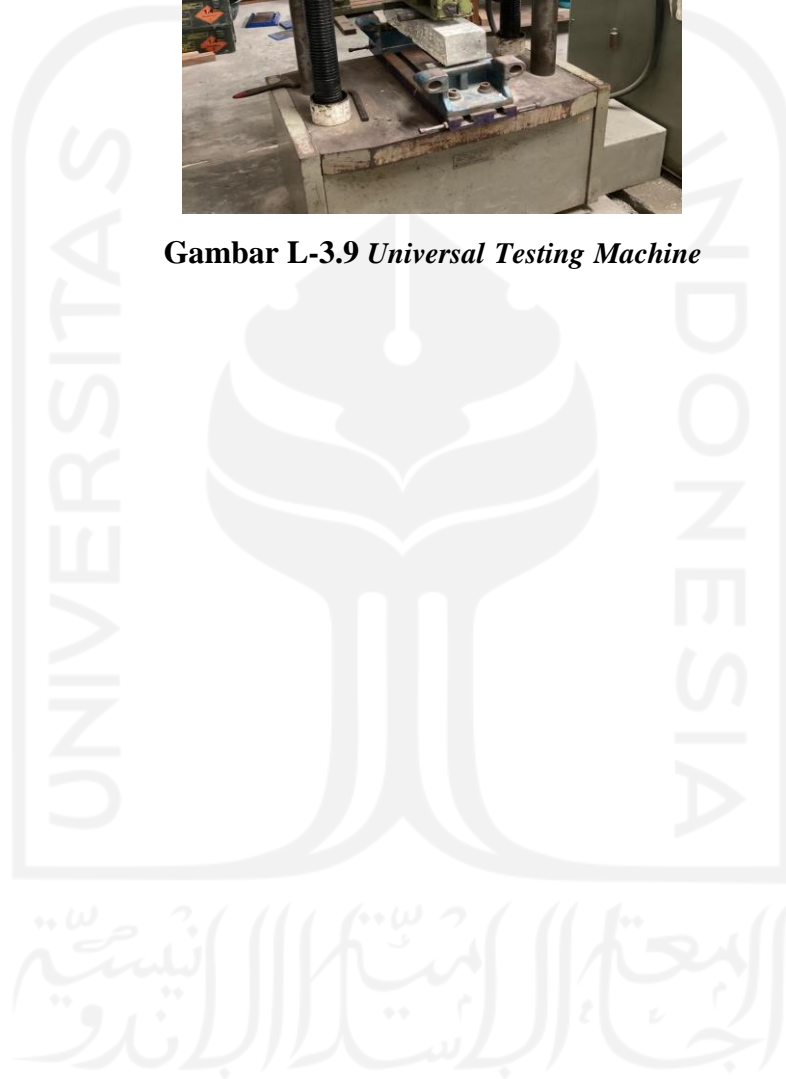
Gambar L-3.7 Saringan



Gambar L-3.8 Mesin Saringan



Gambar L-3.9 *Universal Testing Machine*



Lampiran 4 Proses Pembuatan



Gambar L-4.1 Mempersiapkan Cetakan



Gambar L-4.2 Proses Penakaran Bahan

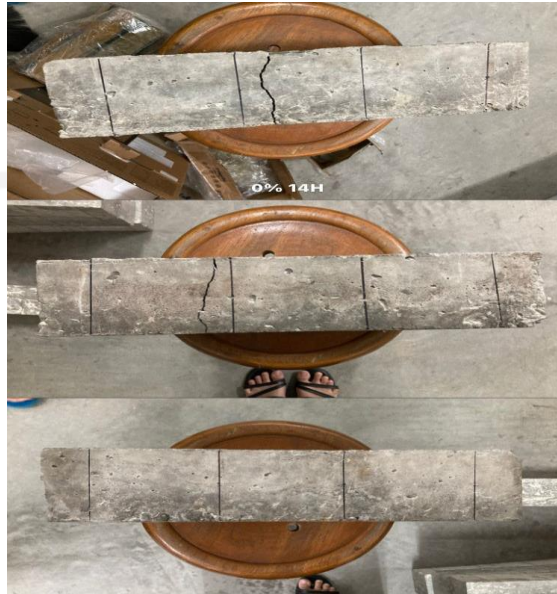


Gambar L-4.3 Proses Penakaran Bahan



Gambar L-4.4 Proses Pengujian *Slump-flow*

Lampiran 5 Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton



Gambar L-5.1 Hasil Pengujian Variasi 0% 14 Hari



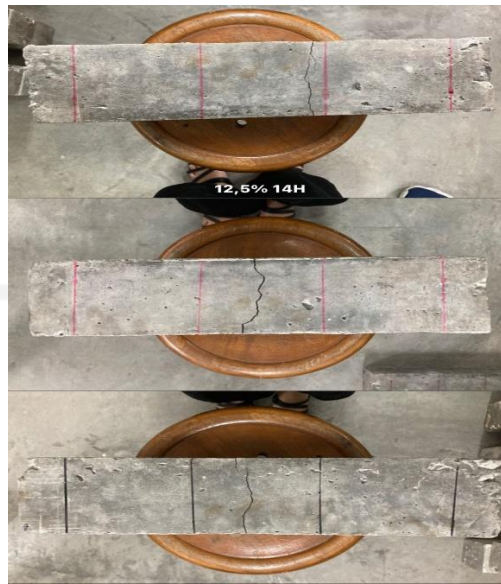
Gambar L-5.2 Hasil Pengujian Variasi 5% 14 Hari



Gambar L-5.2 Hasil Pengujian Variasi 7,5% 14 Hari



Gambar L-5.2 Hasil Pengujian Variasi 10% 14 Hari



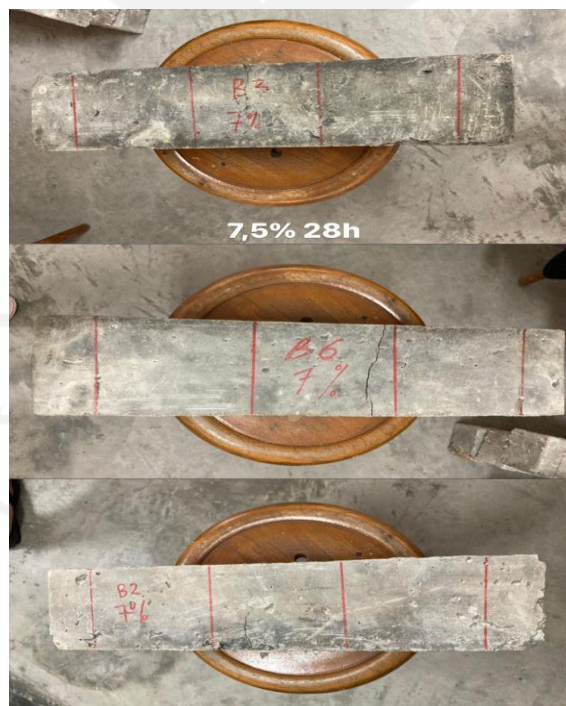
Gambar L-5.2 Hasil Pengujian Variasi 12,5% 14 Hari



Gambar L-5.2 Hasil Pengujian Variasi 0% 28 Hari



Gambar L-5.2 Hasil Pengujian Variasi 5% 28 Hari



Gambar L-5.2 Hasil Pengujian Variasi 7,5% 28 Hari



Gambar L-5.2 Hasil Pengujian Variasi 10% 28 Hari



Gambar L-5.2 Hasil Pengujian Variasi 12,5% 28 Hari

